การเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวี

นายบิณฑสันต์ ขวัญข้าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5265-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHANGES OF COLOR AND PHYSICAL PROPERTIES OF FABRICS AFTER UV PROTECTION FINISHING

Mr. Bintasan Khwankhao

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2003
ISBN 974-17-5265-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวี
โดย	นายบิณฑสันต์ ขวัญข้าว
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.กาวี ศรีกลูกิจ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาแสงวัฒนาโรจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.กาวี ศรีกลูกิจ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายบิณฑสันต์ ขวัญข้าว : การเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวี. (CHANGES OF COLOR AND PHYSICAL PROPERTIES OF FABRICS AFTER UV PROTECTION FINISHING) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.กาวี ศรีกูลกิจ จำนวนหน้า 208 หน้า. ISBN 974-17-5265-2

งานวิจัยนี้แสดงผลของการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวีต่อการเปลี่ยนของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จ สีที่ใช้ในการย้อมได้แก่ สีรีแอคทีฟและสีดิสเพอร์ส 3 เฉดสีคือ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยมีการใช้สารดูดซับรังสียูวี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้กับเส้นใยฝ้ายและชนิดที่ใช้กับเส้นใยพอลิเอสเทอร์

ผ้าฝ้ายถูกย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ ผ้าพอลิเอสเทอร์ถูกย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ถูกย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ ที่ระดับความเข้มข้นของสีตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักผ้าและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมและหลังการย้อม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมถูกทดสอบหาการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าและสมบัติการดูดซึมน้ำ ความแข็งแรงของผ้า ความแข็งกระด้างของผ้า ความคงทนของสีผ้าต่อการซัก ความคงทนของสีผ้าต่อแสงและการป้องกันรังสียูวีของผ้าเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ผลการวิจัยพบว่าผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่มีการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมสีรีแอคทีฟ จะมีสีที่แตกต่างมากจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จโดยเฉพาะเฉดสีแดงและสีน้ำเงินคือ มีค่าความแตกต่างของสีผ้าอยู่ในช่วง 2.0 – 8.4 แต่ถ้ามีการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม ผ้าจะมีสีที่ไม่แตกต่างกันกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จคือ มีค่าความแตกต่างของสีผ้าอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 ส่วนผ้าพอลิเอสเทอร์ที่มีการตกแต่งสำเร็จทั้งพร้อมการย้อมและหลังการย้อมจะไม่มีความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จจะมีความแข็งแรงลดลงสูงสุดเพียง 4% และความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยราว 2% ทั้งในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งของผ้า ผ้าสามารถดูดซึมน้ำได้ทันทีสม่ำเสมอทั่วทั้งผืน มีความคงทนของสีผ้าต่อการซักดีถึงดีมากเช่นเดียวกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ มีความคงทนของสีผ้าต่อแสงดีถึงดีมากและสามารถป้องกันรังสียูวีดีกว่าผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

ภาควิชา ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572352323 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORDS: UV ABSORBER / UV PROTECTION FINISHING / DYES

BINTASAN KHWANKHAO : CHANGES OF COLOR AND PHYSICAL PROPERTIES OF FABRICS AFTER UV PROTECTION FINISHING. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. USA SANGWATANAROJ, Ph.D. : THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. KAWEE SRIKULKIT, Ph.D. 208 pp
ISBN 974-17-5265-2

This research shows the effects of UV protection finishing on changes of color and physical properties of dyed cotton, polyester, and cotton/polyester fabrics. Three color shades (red, yellow, and blue) of reactive and disperse dyes were selected to dye fabrics containing cotton and polyester fibers, respectively. Two different UV absorbers were used for cotton and polyester finishing.

Cotton, polyester, and cotton/polyester fabrics were dyed at various depth of shades ranging from 0.5 – 4 % owf and were finished during dyeing and after dyeing using 2 % owf UV absorber. All dyed and finished fabrics were analyzed for color differences and were tested for water absorbency, fabric strength, fabric stiffness, colorfastness to washing and to light, and UV penetration, compared with dyed fabrics.

Results indicate that dyed and finished cotton and cotton/polyester fabrics show significant color differences (ΔE^*) compared to dyed fabrics, especially when fabrics were dyed with red or blue shade and finished together. Color differences of these fabrics were in the ranges of 2.0 – 8.4 . UV finishing on dyed fabrics does not alter the fabric color and thus dyed and finished fabrics show very low color differences in the range of 0.1 – 0.5 compared to dyed fabrics. Polyester fabrics can be dyed with disperse dye and UV finished simultaneously and separately without any effect on fabric colors. Dyed and finished fabrics show a slight decrease in fabric strength of maximum 4%, a slight increase in fabric stiffness of 2%, good water absorbency, good to excellent wash and light fastness, and better UV protection than dyed fabrics.

Department of Materials Science Student's signature……
Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology Advisor's signature……..
Academic year 2003 Co-advisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านสถานที่ เครื่องมือ และวัตถุดิบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งได้รับความช่วยเหลือและการแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.กาวี ศรีกูลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

นอกจากนี้ขอขอบคุณ รศ.เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ รศ.ไพพรรณ สันติสุข และ ผศ.ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ แนวคิดซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์และภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยและคณาจารย์ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ บริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สีย้อมและสารดูดซับรังสียูวีในการวิจัย บริษัท บีเอเอสเอฟ (ประเทศไทย) จำกัดและบริษัท สหวรกิจจำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีช่วยย้อมในการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องและมิตรสหายทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธ์ประสาทวิชาการทั้งหลายให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฌ

สารบัญแผนภาพ..... ท

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 2

2.1 ฝ้าย..... 2

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ..... 2

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี..... 4

2.1.3 สมบัติของเส้นใยฝ้าย..... 4

2.1.4 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา..... 6

2.2 พอลิเอสเทอร์..... 7

2.2.1 กระบวนการผลิต..... 7

2.2.2 สมบัติของเส้นใย..... 8

2.2.3 การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา..... 10

2.3 การมองเห็นสี..... 11

2.4 หลักการย้อมสี..... 12

2.4.1 สีย้อมสิ่งทอ..... 12

2.4.2 ทฤษฎีของสี..... 14

2.4.3 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสี..... 15

2.5 สีรีแอคทีฟ..... 16

2.5.1 โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟ..... 16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 อิทธิพลที่มีผลต่อความว่องไวของปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ..... 17
2.5.2.1 โครงสร้างทางเคมีของหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยา..... 17
2.5.2.2 อุณหภูมิ..... 19
2.5.2.3 ด่าง..... 19
2.6 สีดิสเพอร์ส..... 22
2.6.1 โครงสร้างทางเคมีของสีดิสเพอร์ส..... 23
2.6.2 การจำแนกสีดิสเพอร์ส..... 23
2.6.3 กระบวนการย้อมสีดิสเพอร์ส..... 26
2.7 การตกแต่งสำเร็จผ้าเพื่อป้องกันรังสียูวี..... 27
2.7.1 รังสีอัลตราไวโอเลต..... 27
2.7.2 SPT/SPF..... 29
2.7.3 ผ้าป้องกันรังสียูวี..... 30
2.7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตกแต่งสำเร็จผ้าเพื่อป้องกันรังสียูวี..... 31
3 การทดลอง..... 34
3.1 วัสดุและสารเคมี..... 34
3.1.1 ผ้าตัวอย่าง..... 34
3.1.2 สีย้อมและสารดูดซับรังสียูวี..... 34
3.1.3 สารเคมี..... 35
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 36
3.3 ขั้นตอนการทดลอง..... 36
3.3.1 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟ..... 36
3.3.2 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 39
3.3.3 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 40
3.3.4 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส..... 42
3.3.5 การตกแต่งสำเร็จผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 44
3.3.6 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.7 การย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยสีรีแอคทีฟและสีดิสเพอร์ส... 46
3.3.8 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี... 46
3.3.9 การย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 47
3.4 การทดสอบ..... 47
3.4.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) หลังการตกแต่งสำเร็จ..... 47
3.4.2 ความแข็งแรงของผ้า..... 50
3.4.3 การดูดซึมน้ำของผ้า..... 51
3.4.4 ความแข็งกระด้างของผ้า..... 51
3.4.5 ความคงทนของสีผ้าต่อแสง..... 52
3.4.6 ความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 54
3.4.7 การป้องกันรังสียูวีของผ้า..... 57
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 58
4.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) หลังการตกแต่งสำเร็จ..... 58
4.2 ความแข็งแรงของผ้า..... 73
4.3 การดูดซึมน้ำของผ้า..... 85
4.4 ความแข็งกระด้างของผ้า..... 86
4.5 ความคงทนของสีผ้าต่อแสง..... 99
4.6 ความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 102
4.7 การป้องกันรังสียูวีของผ้า..... 112
5 สรุปผลการทดลอง..... 129
รายการอ้างอิง..... 131
ภาคผนวก..... 134
ภาคผนวก ก..... 135
ภาคผนวก ข..... 156
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 208

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สารให้สีที่ดูดแสงสีซึ่งจะทำให้ตามองเห็นเป็นสีต่างๆ..... 12

ตารางที่ 2.2 ระดับความว่องไวของหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ…….. 17

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟและชื่อทางการค้า…….. 18

ตารางที่ 2.4 ความยาวคลื่นและพลังงานโฟตอนของรังสียูวี แสงที่มองเห็น และรังสีอินฟาเรดในช่วงฤดูร้อน ณ ภาวะปกติ…… 29

ตารางที่ 3.1 ผ้าที่ใช้ในงานวิจัย…….. 34

ตารางที่ 3.2 สีย้อมที่ใช้ในงานวิจัย……. 35

ตารางที่ 3.3 สารดูดซับรังสียูวีที่ใช้ในงานวิจัย…… 35

ตารางที่ 3.4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย…….. 35

ตารางที่ 3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย…… 36

ตารางที่ 3.6 ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมสีรีแอคทีฟ……... 37

ตารางที่ 3.7 ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมสีรีแอคทีฟพร้อม การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี…… 40

ตารางที่ 3.8 ค่าความแตกต่างของสีผ้าที่วัดด้วยเครื่องวัดสี(CIELAB Units) เทียบกับ ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล…….. 48

ตารางที่ 3.9 ค่าการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเครื่องวัดสี(CIELAB Units) เทียบกับระดับการเปื้อนติดสีของผ้าประกบวัดด้วยเกรย์สเกล…… 55

ตารางที่ 4.1 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน…… 59

ตารางที่ 4.2 ค่า L* , a* , b* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE*) ระหว่างผ้าฝ้าย ที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จ ด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่ง สำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี…….. 60

ตารางที่ 4.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าฝ้ายย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยสารดูดซับรังสียูวี…… 61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.4 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน..... 63

ตารางที่ 4.5 ค่า L^* , a^* , b^* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ระหว่างผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 65

ตารางที่ 4.6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 66

ตารางที่ 4.7 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน..... 68

ตารางที่ 4.8 ค่า L^* , a^* , b^* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ระหว่างผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 69

ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 70

ตารางที่ 4.10 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน..... 99

ตารางที่ 4.11 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน..... 100

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน..... 101

ตารางที่ 4.13 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 103

ตารางที่ 4.14 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 104

ตารางที่ 4.15 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 106

ตารางที่ 4.16 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 107

ตารางที่ 4.17 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 109

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก..... 110

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.19 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blueที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน)และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด..... 113

ตารางที่ 4.20 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด..... 114

ตารางที่ 4.21 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน..... 115

ตารางที่ 4.22 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน..... 116

ตารางที่ 4.23 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด..... 118

ตารางที่ 4.24 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด..... 119

ตารางที่ 4.25 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน..... 120

ตารางที่ 4.26 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีดิสเพอร์สสีแดงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน..... 121

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.27 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด…….. 123

ตารางที่ 4.28 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด…….. 124

ตารางที่ 4.29 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน…… 125

ตารางที่ 4.30 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีแดงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน…… 126

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย……..	3
รูปที่ 2.2	เส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด……...	3
รูปที่ 2.3	โครงสร้างตามภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย……...	3
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของโมเลกุลเซลลูโลส…….	4
รูปที่ 2.5	C.I Acid Red 1…….	15
รูปที่ 2.6	โครงสร้างโดยทั่วไปของสีรีแอคทีฟ……	16
รูปที่ 2.7	เปรียบเทียบความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ…….	19
รูปที่ 2.8	การกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบที่ผิวหน้าเส้นใย ก่อนที่มีการเติมเกลือ…….	20
รูปที่ 2.9	การกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบที่ผิวหน้าเส้นใย หลังจากการเติมเกลือ……	21
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของสีดิสเพอร์ส……	23
รูปที่ 2.11	การจำแนกกลุ่มสีดิสเพอร์สโดยอาศัยสมบัติการย้อม และความคงทนต่อความร้อน……	24
รูปที่ 2.12	ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม A……	24
รูปที่ 2.13	ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม B……	25
รูปที่ 2.14	ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม C……	25
รูปที่ 2.15	ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม D……	25
รูปที่ 2.16	สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า……	27
รูปที่ 2.17	สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลต……	28
รูปที่ 3.1	เครื่องย้อม circular jet……..	37
รูปที่ 3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีผ้าระบบ CIELAB ที่วัดด้วยเครื่องวัดสีกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า ที่วัดด้วยเกรย์สเกล……	49
รูปที่ 3.3	เครื่องวัดสี Macbeth reflectance spectrophotometer รุ่น COLOR® - EYE 7000……	49
รูปที่ 3.4	เครื่องวัดความต้านทานแรงดึง ของ LLOYD รุ่น LR 5 K……..	50
รูปที่ 3.5	เครื่องทดสอบความแข็งกระด้าง Shirley Stiffness Tester…….	52
รูปที่ 3.6	เครื่องทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง XenoTest Belta LM……..	53

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเครื่องวัดสี ระบบ CIELAB กับระดับการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบ วัดด้วยเกรย์สเกล..... 56

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก RotaWash รุ่น M 228..... 56

รูปที่ 4.1 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 73

รูปที่ 4.2 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 74

รูปที่ 4.3 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลือง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 74

รูปที่ 4.4 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลือง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 75

รูปที่ 4.5 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 75

รูปที่ 4.6 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 76

รูปที่ 4.7 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 77

รูปที่ 4.8 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 78

รูปที่ 4.9 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลือง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 78

รูปที่ 4.10 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลือง และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 79

รูปที่ 4.11 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 79

รูปที่ 4.12 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 80

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 81

รูปที่ 4.14 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 82

รูปที่ 4.15 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 82

รูปที่ 4.16 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 83

รูปที่ 4.17 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 83

รูปที่ 4.18 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 84

รูปที่ 4.19 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 86

รูปที่ 4.20 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 87

รูปที่ 4.21 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 87

รูปที่ 4.22 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 88

รูปที่ 4.23 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C…….. 88

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.24 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 89

รูปที่ 4.25 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 91

รูปที่ 4.26 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 91

รูปที่ 4.27 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 92

รูปที่ 4.28 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 92

รูปที่ 4.29 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 93

รูปที่ 4.30 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วย สารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P..... 93

รูปที่ 4.31 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืน ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 95

รูปที่ 4.32 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่ง ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 95

รูปที่ 4.33 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืน ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 96

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.34 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่ง ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 96

รูปที่ 4.35 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืน ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 97

รูปที่ 4.36 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่ง ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C..... 97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 3.1 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟ..... 38

แผนภาพที่ 3.2 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 39

แผนภาพที่ 3.3 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จ
ด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 41

แผนภาพที่ 3.4 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส..... 43

แผนภาพที่ 3.5 การทำ reduction clearing ของผ้าพอลิเอสเทอร์..... 43

แผนภาพที่ 3.6 การตกแต่งสำเร็จผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 44

แผนภาพที่ 3.7 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สพร้อมการตกแต่งสำเร็จ
ด้วยสารดูดซับรังสียูวี..... 45

แผนภาพที่ 3.8 การทำ reduction clearing ของผ้าพอลิเอสเทอร์..... 46

แผนภาพที่ 3.9 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสี methylene blue..... 57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผ้าที่มีสมบัติพิเศษสำหรับการสวมใส่นอกเหนือจากสมบัติพื้นฐานของเส้นใยแต่ละชนิด เช่น ต้องการผ้าที่มีความนุ่ม มีผิวสัมผัสดี มีความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการของตลาดสิ่งทอเสื้อผ้าและเคหะสิ่งทอมากขึ้น ผ้าชนิดนี้จะป้องกันหรือช่วยกรองรังสียูวีจากแสงอาทิตย์

ความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้าหรือเสื้อผ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิดของเส้นใยที่นำมาผลิต สิ่งที่อยู่ในเส้นใยหรือเคลือบอยู่บนเส้นใย โครงสร้างผ้า สีในผ้า และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้าดิบที่ผลิตจากเส้นใยต่างชนิดกัน ภายใต้ภาวะเดียวกัน ระหว่างฝ้าย เรยอน ไหม ขนสัตว์ ไนลอน และพอลิเอสเทอร์ พบว่าฝ้ายป้องกันรังสียูวีได้น้อยที่สุดและปล่อยให้รังสียูวีทะลุผ่านผ้ามากที่สุด พอลิเอสเทอร์ป้องกันรังสียูวีได้มากที่สุด รองลงมาเป็นไหม ขนสัตว์ ไนลอน และเรยอน ผ้าดิบที่ผลิตจากใยธรรมชาติจากพืช (ฝ้าย) หรือสัตว์ (ไหมและขนสัตว์) จะมีสีธรรมชาติอยู่ในเส้นใยซึ่งช่วยดูดซับรังสียูวีได้บางส่วน การฟอกผ้าดิบเหล่านี้และไม่ได้ย้อมสีจะทำให้ดูดซับรังสียูวีได้น้อยลงอีกเพราะสีธรรมชาติถูกทำลายไป ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเอสเตอร์ ไนลอน และเรยอนจะมีสารลดความมันอยู่ในเส้นใย (ไททาเนียมไดออกไซด์) ซึ่งช่วยดูดซับรังสียูวีได้บางส่วน คือเฉพาะรังสียูวีเอ ผ้าย้อมหรือพิมพ์จะป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าไม่ย้อมหรือไม่พิมพ์และผ้าสีเข้มป้องกันดีกว่าผ้าสีอ่อนเพราะสีจะช่วยดูดซับรังสียูวีเอาไว้ ผ้าย้อมสีแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีเมื่อถูกรังสียูวีไปนานๆ จะทำให้สีที่ติดอยู่บนผ้าซีดจางลง [12,17]

การตกแต่งสำเร็จผ้าด้วยสารดูดซับรังสียูวีเป็นการเคลือบผ้าด้วยสารเคมีที่สามารถดูดซับรังสียูวีเอและยูวีบีซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สารดูดซับรังสียูวีบางชนิดถูกนำมาตกแต่งสำเร็จบนผ้าพร้อมกับการย้อมได้เลยและบางชนิดต้องตกแต่งสำเร็จหลังย้อม การตกแต่งสำเร็จผ้าด้วยสารดูดซับรังสียูวีบางครั้งพบว่าผ้ามีสีที่เปลี่ยนไปหลังการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งยังไม่มีการศึกษาจริงจังถึงปัญหานี้เพื่อหาสาเหตุและวิธีการป้องกัน

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาให้เข้าใจถึงสาเหตุและวิธีป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีและศึกษาสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์และผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมและการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งสีที่ใช้ในการย้อมได้แก่ สีรีแอคทีฟ สีดิสเพอร์สและใช้สารดูดซับรังสียูวี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยฝ้ายและชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ฝ้าย (Cotton)

ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่สำคัญที่สุดและใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายทาง มีแหล่งปลูกกระจายทั่วโลกยกเว้นบางประเทศที่มีอากาศหนาว ฝ้ายเป็นไม้พุ่มให้เส้นใยจากเมล็ดหรือปุยฝ้าย เส้นใยที่ใช้นำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ต้องมีความยาวเหมาะสมคือไม่สั้นจนเกินไป อาจปั่นด้ายจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ หรือผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยอื่นๆ ได้เกือบทุกชนิดเพื่อปั่นด้ายใยผสม

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

เส้นใยเซลลูโลสเป็นเส้นใยเซลล์เดียว ลักษณะเซลล์บิดตัว ความยาวเส้นใยตั้งแต่ 1/8 –2 ½ นิ้ว (3 - 63 มม.) ถ้าตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก ผนังเซลล์ และลูเมน โดยมีรายละเอียดดังนี้ [1]

2.1.1.1 **เยื่อหุ้มชั้นนอก** (cuticle) เป็นเยื่อหุ้มบางๆ หุ้มภายนอกเส้นใยทั้งหมด ประกอบด้วยขี้ผึ้ง เพกติน และแร่ธาตุอื่นๆ

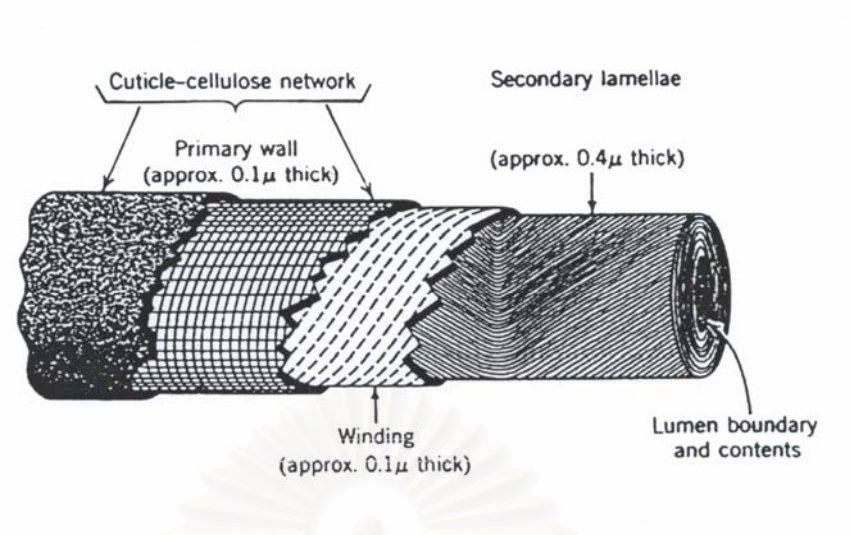
2.1.1.2 **ผนังเซลล์** (cell wall) ประกอบด้วยผนังชั้นนอกและผนังชั้นใน

ผนังชั้นนอก (primary wall) มีเซลลูโลสซึ่งประกอบด้วยไฟบริล (fibrils) เส้นเล็กๆ มีความต้านทานต่อกรดและสารเคมีทั่วไป [2]

ผนังชั้นใน (secondary wall) อยู่ชิดกับผนังชั้นนอก เป็นผนังรูปวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้นๆ ประกอบด้วยไฟบริลเล็กๆเรียงตัวกันอยู่ในวงแหวนแต่ละรอบ มีขนาดไม่เท่ากัน

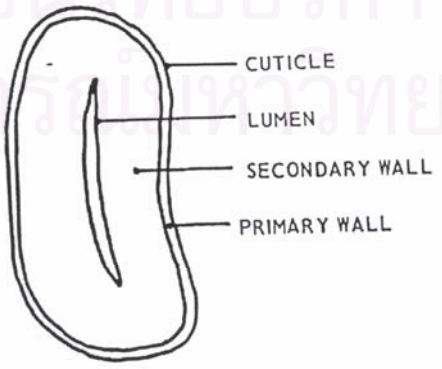
ผนังชั้นนอกและผนังชั้นใน จะมีใยเรียงตัวเป็นวงแหวนล้อมรอบลูเมนซึ่งอยู่ตรงกลาง วงแหวนจะแสดงอายุของเส้นใย ฝ้ายที่แก่จะมีผนังชั้นในที่หนา

2.1.1.3 **ลูเมน** (lumen) คือช่องว่างตรงกลางภายในเซลล์มีลักษณะเป็นโพรง ใยฝ้ายสดที่อยู่ในเมล็ดฝ้ายจะมีน้ำอยู่ภายในลูเมนทำให้เส้นใยพองตัวตรง เมื่อเมล็ดฝ้ายแตกออก น้ำภายในลูเมนระเหยออกมา เกิดเป็นโพรงอากาศตรงช่องว่างลูเมน อากาศภายนอกกดดันให้โพรงอากาศแฟบลง เส้นใยฟีบและบิดตัว เมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็กๆ ในผนังเซลล์จะยุบตัวลงทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีเมื่อนำเส้นใยฝ้ายไปปั่นเป็นเส้นด้าย คือ ปั่นได้ง่ายเพราะเกลียวของเส้นใยทำให้เส้นใยเกาะกันได้ดี



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [3]

รูปที่ 2.2 เส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [4]

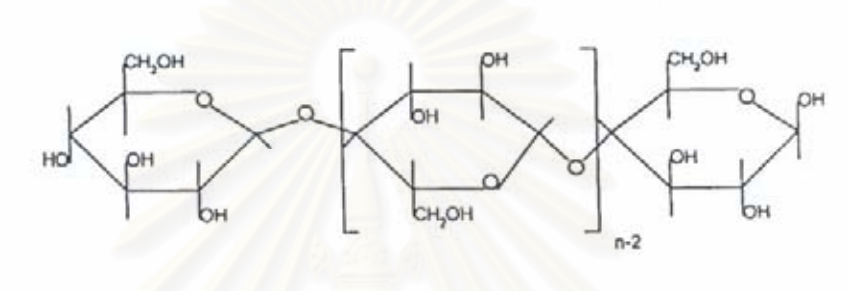


รูปที่ 2.3 โครงสร้างตามภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย [5]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 **โครงสร้างทางเคมี**

องค์ประกอบธาตุหลักทางเคมีของเซลลูโลสในใยฝ้ายคือ คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน [1] ใยฝ้ายมีส่วนประกอบเป็นเซลลูโลส 94% โมเลกุลของเซลลูโลสจะประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ คือ กลูโคส ซึ่งแต่ละหน่วยของกลูโคสในสายโซ่พอลิเมอร์จะประกอบไปด้วย หมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2,3 และ 6 โดยกลูโคสแต่ละหน่วยจะมาเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 ของกลูโคสคนละหน่วยดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโมเลกุลเซลลูโลส [4]

2.1.3 **สมบัติของเส้นใยฝ้าย**

2.1.3.1 **สมบัติทางกายภาพ** [6,7]

ลักษณะภายนอก เส้นใยฝ้ายมีลักษณะคล้ายหลอดแบนบิดกันเป็นเกลียว รูปร่างภาคตัดขวางเป็นรูปถั่ว ตรงกลางเส้นใยเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อส่งน้ำตามแกนกลางของเส้นใย ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง

ความยาวเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 1/8 – 2 ½ นิ้ว (3 - 63 มม.) โดยทั่วไปใยฝ้ายยาวมีความแข็งแรงมากกว่าใยฝ้ายสั้น

สี ปกติฝ้ายจะมีสีขาว บางชนิดอาจพบเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาล

ความมัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความมันน้อย ยกเว้นกรณีที่ผ่านการชุบมันแล้วมีความมันมากขึ้น

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าประมาณ 3.0 - 5.0 กรัมต่อดีเนียร์ เมื่อเปียกน้ำฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10 – 20%

ฝ้ายที่ชุบมันแล้วความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปความแข็งแรงของฝ้ายแปรโดยตรงกับความยาวของเส้นใย เมื่อนำมาตีเกลียวเป็นเส้นด้าย เส้นใยที่ยาวจะมีจุดสัมผัสและการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยที่สั้น ส่งผลให้เส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่ยาวมีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าเส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยที่สั้น

การยืดตัว ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดีและนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ง่าย ใยฝ้ายสามารถยืดตัวได้ประมาณ 3 – 7%

การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังที่ถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับได้ง่าย

การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 70°F (21°C) และความชื้นสัมพัทธ์ 65% ฝ้ายมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้สูงถึง 7 – 10% และความแข็งแรงของฝ้ายสูงขึ้นเมื่อเปียก

ความร้อน ฝ้ายทนต่อความร้อนได้ดีแต่ฝ้ายเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 400 - 425°F (204 - 218°C) และถ้าสูงกว่านั้น อาจถูกทำลายได้ สามารถซักด้วยน้ำร้อนระดับ 212 °F (100°C) และอบแห้งที่ 160 – 200 °F (71 - 93°C)

ความถ่วงจำเพาะ 1.5

การติดไฟ ฝ้ายเมื่อติดไฟจะลุกไหม้อย่างรวดเร็ว

การเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน ฝ้ายเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี

2.1.3.2 **สมบัติทางเคมี** [6]

กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่กรดซัลฟูริกหรือไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว

ด่าง ฝ้ายทนต่อสารละลายด่างได้ดีเช่น สามารถซักล้างทำความสะอาดฝ้ายในน้ำสบู่ที่เป็นด่างและสมารถชุบมันฝ้ายในสารละลายโซดาไฟเข้มข้นได้

สารละลายอินทรีย์ สามารถซักแห้งฝ้ายได้ เนื่องจากฝ้ายมีความคงทนต่อสารละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดีมาก

สารซักฟอก สารซักฟอกโดยทั่วไปที่มีขายในท้องตลาดชนิดที่ไม่รุนแรงมากนักสามารถใช้ซักฟอกฝ้ายได้ แต่ต้องระวังเรื่องความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้ในการซักฟอก ภายหลังการซักฟอกควรล้างสารซักฟอกออกให้หมด

แสง ฝ้ายเมื่อถูกแสงแดดทำให้ส่วนเกิดการออกซิไดซ์เป็นออกซีเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและทำให้ฝ้ายเสื่อมคุณภาพลง

การย้อมสี สามารถรับสีย้อมได้หลายชนิดเช่น สีรีแอคทีฟ สีแวต และสีไดเรกท์

2.1.3.3 **สมบัติทางชีวภาพ** [7]

เห็ดราและแบคทีเรีย ฝ้ายที่อยู่ในสภาพเปียกชื้น และอับจะไม่ทนต่อเชื้อเห็ดรา โดยราดำจะขึ้นได้ง่ายบนฝ้าย ทำให้เกิดจุดดำฝั่งแน่นในเส้นใย แบคทีเรียจะทำให้ผ้าฝ้ายที่หมักแช่ไว้นานๆ มีกลิ่นเหม็นและเปื่อยขาดได้ง่าย

แมลง ตัวมอด ตัวด้วงไม่กัดกินฝ้าย แต่แมลงบางชนิดเช่น ตัวสามง่าม จะชอบกัดกินฝ้ายโดยเฉพาะผ้าที่ผ่านการลงแป้ง

2.1.4 **การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา**

ผ้าฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งการทำเป็นเสื้อผ้า เครื่องใช้ในบ้าน งานอุตสาหกรรม สำหรับการใช้ทำเสื้อผ้ามีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผ้าฝ้ายให้ความสบายในการสวมใส่หลายประการ เช่น เป็นตัวนำความร้อนที่ดีจึงไม่สะสมความร้อน ดูดความเปียกชื้นได้ดี และระเหยไปได้เร็ว ผ้าจึงดูดซับความเปียกชื้นได้อยู่เรื่อยๆ คล้ายไส้ตะเกียงดูดซับน้ำมัน สมบัตินี้เรียกว่า wickability ฝ้ายไม่สะสมประจุไฟฟ้าสถิตย์ เหมาะสวมใส่ในทุกภูมิอากาศ

ผ้าฝ้ายถึงแม้จะยับง่าย แต่ก็แก้ไขโดยการตกแต่งสำเร็จให้ทนยับได้ หรือผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยที่มีความเหนียวและไม่ยับง่าย เช่น พอลิเอสเทอร์ การผสมมักจะใช้ปริมาณเส้นใยทั้งสองต่างกันเช่น พอลิเอสเทอร์ 65% ฝ้าย 35% หรือ พอลิเอสเทอร์ 45% ฝ้าย 55% นอกจากนี้สามารถตกแต่งสำเร็จให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติเหมาะกับการใช้งานมากขึ้นได้แก่ การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายให้ต้านทานรังสียูวี ตกแต่งให้สะท้อนน้ำ และตกแต่งให้ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรงมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปียกน้ำ จึงซักได้ทั้งในน้ำและซักแห้ง โดยสามารถใช้สารซักฟอกและสารฟอกขาวได้ทุกชนิด ฝ้ายดูดซับน้ำได้ดี จึงดูดรอยเปื้อนที่ละลายน้ำได้ เมื่อน้ำระเหยไปก็ทิ้งคราบรอยเปื้อนติดอยู่บนผ้า หากการซักฟอกธรรมดาไม่สามารถกำจัดรอยเปื้อนได้ ก็ควรกำจัดรอยเปื้อนด้วยสารลบรอยเปื้อนที่เหมาะสม ผ้าฝ้ายทนต่อแสงแดด หรือความร้อนที่ใช้ทำให้ผ้าฝ้ายแห้งได้ แต่ถ้าถูกแดดตลอดเวลาก็จะทำให้ผ้าเหลืองและความแข็งแรงลดลง การซักและการตากผ้าฝ้ายควรให้แห้งสนิท หากยังชื้นแล้วนำไปเก็บไว้จะเกิดราและกลิ่นอับขึ้นได้ การรีดผ้าฝ้ายให้เรียบจะต้องรีดที่อุณหภูมิสูง ขณะที่ผ้าชื้นทั่วทั้งผืน

2.2 **พอลิเอสเทอร์** (Polyester)

พอลิเอสเทอร์ เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่มีผู้ใช้มากที่สุดในกลุ่มเส้นใยประดิษฐ์ทั้งหลาย ทั้งนี้เนื่องมาจากมีสมบัติที่ดีหลายประการ ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์สิ่งทอของสหรัฐอเมริกา (The Textile Fiber Products Identification Act TFPIA) ได้ให้คำจำกัดความของพอลิเอสเทอร์ว่าเป็นพอลิเมอร์ของเส้นใยที่หมู่คาร์บอกซิลิกของสารแอโรแมติกซึ่งรวมทั้งของเทเรฟทาลิกหรือไฮดรอกซีเบนโซเอท ถูกแทนที่อย่างน้อย 85 % โดยน้ำหนัก เกิดเป็นสารเอสเทอร์โมเลกุลยาว [7]

โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าพอลิเอสเทอร์ที่ผลิตในปัจจุบันมีเพียงสองชนิดใหญ่ๆเท่านั้น คือ PET (polyethylene terephthalate) และ PCDT(poly1,4cyclohexylene terephthalate) แต่ส่วนมากที่ผลิตมักเป็นชนิด PET โดยมีสมบัติคล้ายกันดังนี้ มีสมบัติการคืนตัวดี ทั้งในขณะเปียกและแห้ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่รักษารูปทรงได้ดี ทนทานต่อแสงแดด มีความคงทนต่อการขัดถูดี มีความสวยงามเหนือกว่าไนลอนและสามารถผสมกับเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ [6]

2.2.1 **กระบวนการผลิต**

การผลิตเส้นใยพอลิเอสเทอร์ มี 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การผลิตพอลิเมอร์ การปั่นเป็นเส้นใย และการดึงยืดเส้นใย [7]

2.2.1.1 **การผลิตพอลิเมอร์** (Polymerization)

พอลิเอสเทอร์เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาแบบควบแน่น (condensation polymerization) ระหว่างสารไดคาร์บอกซิลิกแอซิดและไดไฮดริกแอลกอฮอล์ PET เป็นพอลิเอสเทอร์ชนิดแรกที่ผลิตออกสู่ตลาดในชื่อทางการค้าว่า Terylyne, Dacron, Trevira ผลิตโดยใช้กรดเทเรฟทาลิก และเอทิลีนไกลคอล ซึ่งเป็นผลิตผลจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม นำมาทำปฏิกิริยาภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงเกิน 200°C โดยมีเกลือโคบอลท์ 0.05% เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) จะเกิดสารพอลิเอสเทอร์โมเลกุลเล็กๆ (oligomers) ขึ้น จากนั้นควบคุมปฏิกิริยาให้โมเลกุลเล็กควบแน่นเป็นโมเลกุลใหญ่ที่อุณหภูมิ 270°C ความดัน 0.5 ทอร์ โดยใช้แอนติโมนีหรือเจอร์มาเนียมฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกริยา พอลิเอสเทอร์ที่ผลิตได้จะถูกฉีดออกมาเป็นแถบยาวแล้วตัดเป็นชิ้นเล็กๆ (chips) ขนาด 4 x 4 ตารางมิลลิเมตร เพื่อส่งไปยังขั้นปั่นเส้นใย

2.2.1.2 **การปั่นเส้นใย** (Fiber Spinning)

การปั่นเส้นใยพอลิเอสเทอร์เป็นแบบปั่นหลอม (melt spinning) โดยการหลอมชิ้นพอลิเอสเทอร์ที่แห้งในหม้อหลอม กรองและอัดฉีดเป็นเส้นผ่านหัวฉีด (spinneret) เมื่อเส้นใยกระทบอากาศที่เย็นภายนอกจะแข็งตัว เส้นใยจะถูกม้วนเข้าหลอดเพื่อจะส่งต่อไปยังเครื่องดึงยืด

2.2.1.3 **การดึงยืด** (Fiber Drawing)

การดึงยืดเส้นใยที่ฉีดออกมา เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อจะทำให้เส้นใยที่ได้มีสมบัติที่ดีขึ้น มีความแข็งแรงและความละเอียดเพิ่มขึ้น โดยเส้นใยจะถูกเครื่องดึงขณะร้อนทำให้เส้นใยมีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่าของความยาวเดิม เมื่อเย็นลงก็จะนำไปผ่านกรรมวิธีขั้นต่อไปเช่น นำไปบิดเกลียวเป็นเส้นด้าย หรือถ้าต้องการนำไปทำเป็นเส้นใยสั้น ก็ต้องนำไปผ่านเครื่องทำให้เกิดรอยหยิก (crimp) ตามเส้นใยคล้ายขนแกะ แล้วตัดให้ได้ความยาวตามต้องการ

2.2.2 **สมบัติของเส้นใย**

2.2.2.1 **สมบัติทางกายภาพ** [6]

ลักษณะภายนอก เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์เป็นเส้นใยผิวเรียบ พื้นที่หน้าตัดมีหลายแบบ ส่วนมากเป็นวงกลม ดังนั้น จึงดูเป็นแท่งยาว โดยมีความยาวแตกต่างกันไปตามความต้องการของการใช้งาน โดยทั่วไปมีสีขาว และมีความมันหลายระดับ ตั้งแต่มัน (bright) กึ่งขุ่น (semi-dull) และขุ่น (dull)

ความแข็งแรง จัดได้ว่าเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงไม่ว่าจะอยู่ในสภาพแห้งหรือสภาพเปียกก็ตาม พอลิเอสเทอร์ชนิด PET โดยทั่วไปมีความแข็งแรงดีกว่า PCDT การดึงยืดร้อนทำให้การเรียงตัวของโครงสร้างภายในมีความเป็นผลึกมากขึ้น เป็นผลโดยตรงกับความแข็งแรงของเส้นใยที่สูงขึ้น ความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าอยู่ในช่วง 4.0 – 5.5 กรัมต่อดีเนียร์ สำหรับเส้นใยยาวทั่วไป เส้นใยยาวชนิดความแข็งแรงสูง มีค่าอยู่ในช่วง 6.3 - 9.5 กรัมต่อดีเนียร์ และเส้นใยสั้นมีค่า 2.2 – 5.5 กรัมต่อดีเนียร์

ความยืดหยุ่น อยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงดี โดยทั่วไปพอลิเอสเทอร์เป็นเส้นใยที่ไม่มีสภาพยืดหยุ่น หรือการยืดตัวดีนัก โดยเฉพาะที่เปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูง จะคืนกลับสภาพไม่ดี ในขณะที่ถ้ามีการยืดตัวเพียงเล็กน้อยจะสามารถคืนตัวกลับได้ดีกว่า

การคืนตัวจากแรงอัด อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ทนทานต่อการยับทั้งในสภาพแห้งและสภาพเปียก นับเป็นสมบัติเด่นที่เหมาะกับการนำเส้นใยพอลิเอสเทอร์ไปใช้บรรจุภายในหมอนและผ้าห่มที่ต้องการรับน้ำหนักโดยไม่เสียรูปทรง หรือสามารถคืนตัวกลับอยู่ในสภาพเดิมได้ดีภายหลังการใช้งาน

ความสามารถในการดูดซึมความชื้น ค่อนข้างต่ำมาก โดยมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นอยู่ระหว่าง 0.4 – 0.8 % เหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการให้น้ำเกาะซึมได้มาก และจับคราบต่างๆ ได้ยากโดยเฉพาะคราบที่มากับน้ำสามารถกำจัดออกได้ง่ายเพียงเช็ดออกเท่านั้น มีปัญหาการสะสมประจุไฟฟ้าและมีการจับเกาะของคราบที่มากับน้ำมันได้ง่าย ปัญหาจุดอ่อนตรงนี้มักแก้ด้วยการผสมกับเส้นใยชนิดอื่นๆ เช่น ฝ้าย เป็นต้น

ผลจากความร้อน ขึ้นกับชนิดของพอลิเอสเทอร์ ซึ่งเริ่มเกิดการเหนียวหรืออ่อนตัวลงที่อุณหภูมิ 440 – 468°F (227 – 242 °C) ดังนั้นหากต้องการรีดต้องใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าระดับนี้เสมอ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 480 – 554°F (249 – 290°C) พอลิเอสเทอร์จะหลอมตัวและติดไฟแต่ดับได้ด้วยตัวมันเอง เนื่องจากพอลิเอสเทอร์เป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อนได้เช่น ทำจีบถาวรในเสื้อผ้าได้รูปทรงที่สวยงามและทนทาน

การติดไฟ เมื่อพอลิเอสเทอร์ถูกความร้อนจากเปลวไฟจะเกิดการหดตัว หลอมและจับตัวเป็นหยด เมื่อถูกเปลวไฟจะติดไฟช้าๆ และดับเอง ขี้เถ้าแข็งเป็นเม็ดดำและมีกลิ่นคล้ายน้ำมันเบนซินและมีเขม่าดำเป็นผงเกิดขึ้นด้วย

ความถ่วงจำเพาะ แล้วแต่ชนิดของพอลิเอสเทอร์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.22 – 1.38

2.2.2.2 **สมบัติทางเคมี**

กรดและด่าง โดยทั่วไปทนต่อสารเคมีทั้งกรดและด่างได้ แต่ในภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้นความทนทานจะลดลง เช่น ในกรดกำมะถันที่อุณหภูมิสูงเส้นใยเสื่อมสภาพลงได้ เหงื่อไม่มีผลต่อเส้นใย นอกจากนั้นแล้วพอลิเอสเทอร์ยังสามารถซักแห้งได้

สารซักฟอก สามารถใช้สารซักฟอกทั้งชนิดออกซิไดซ์และชนิดรีดิวซ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดได้ทุกชนิด โดยไม่มีผลเสียต่อเส้นใย

แสงแดด ภายใต้ภาวะปกติพอลิเอสเทอร์ทนต่อแสงได้ดี แต่ถ้าหากถูกแสงโดยตรงเป็นเวลานานๆ เส้นใยอาจเสื่อมสภาพได้ ในกรณีที่รับแสงผ่านกระจก ความสามารถในการทนต่อแสงจะยืดยาวออกไป

การย้อมสี สีที่สามารถใช้ย้อมติดเส้นใยพอลิเอสเทอร์ คือ สีดิสเพอร์ส ย้อมที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง นอกจากนั้นก็มีความพยายามในการดัดแปรเพื่อให้พอลิเอสเทอร์สามารถย้อมติดสีประเภทเบสิคและสีไดเรกท์

2.2.2.3 **สมบัติทางชีวภาพ** [7]

เห็ดราและแมลง เส้นใยพอลิเอสเทอร์มีความต้านทาน เชื้อเห็ดราและแมลง

2.2.3 **การใช้ประโยชน์และการดูแลรักษา**

พอลิเอสเทอร์เป็นเส้นใยที่มีสมบัติดีหลายประการสำหรับการนำไปใช้ประโยขน์ เช่น มีความทนทานต่อการยืดหด ไม่ยับง่าย เมื่ออัดจีบจะได้รอยจีบที่คงทน ทนทานต่อการขัดถู ทนทานต่อสารเคมีซึ่งมีผลต่อการดูแลรักษา ทำความสะอาดได้ง่าย ซักได้ทั้งวิธีซักน้ำและซักแห้ง

พอลิเอสเทอร์มีสมบัติไม่เหมาะต่อการใช้ประโยชน์หลายประการ เช่น การเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี การดูดความชื้นต่ำ ทำให้สวมใส่ไม่สบายในอากาศร้อนและความชื้นสูง จะสะสมประจุไฟฟ้าสถิตย์ในขณะอากาศเย็นและแห้ง ผู้ผลิตผ้าพอลิเอสเทอร์ได้แก้ข้อเสียโดยวิธีการต่างๆ เช่น ดัดแปลงรูปร่างเส้นใยให้มีภาคตัดขวางเป็นเหลี่ยมต่างๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของเส้นใยให้สูงขึ้น เมื่อทำเป็นเส้นด้ายก็จะมีสมบัติดูดซับความชื้นไว้ตามพื้นที่ผิวของเส้นใย และจะระเหยไปได้รวดเร็ว ทำให้มีการดูดซับความชื้นได้เรื่อยๆ นอกจากนี้การผลิตเส้นด้ายผสมระหว่างเส้นใยพอลิเอสเทอร์กับเส้นใยธรรมชาติก็เป็นวิธีที่ช่วยให้ผ้ามีสมบัติที่ดีขึ้น เช่น การผสมพอลิเอสเทอร์กับฝ้าย เมื่อผลิตเป็นผ้าจะให้ความสบายในการสวมใส่เพิ่มขึ้น มักนิยมใช้สัดส่วนของพอลิเอสเทอร์กับฝ้ายเป็น 65/35

ผ้าพอลิเอสเทอร์ค่อนข้างกระด้าง ไม่อ่อนนุ่มและหนัก ปัจจุบันผู้ผลิตได้ใช้วิธีลดน้ำหนักผ้าพอลิเอสเทอร์ (weight reduction) โดยแช่ในสารละลายโซดาไฟที่มีความเข้มข้นสูงและในเวลาที่เหมาะสม ทำให้ลดน้ำหนักผ้าไป 20 – 30% ทำให้ผ้ามีน้ำหนัก เบาและอ่อนนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ทิ้งตัวดี มีความเงางามเหมือนไหม ผ้าพอลิเอสเทอร์ใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน โดยใช้ตัดเสื้อผ้าทุกชนิด ทุกแบบ โดยเฉพาะที่ต้องการให้ไม่ยับง่าย หรือต้องการอัดจีบถาวร

การซักผ้าพอลิเอสเทอร์กระทำได้ทั้งซักน้ำและซักแห้ง การซักน้ำใช้สารซักฟอกได้ทุกชนิด ในขณะที่อากาศแห้งควรใช้น้ำยาปรับผ้านุ่มหลังการซัก กรณีที่ถูกรอยเปื้อนคราบไขมันจะซักออกยากจึงควรซักแห้ง ควรรีดที่อุณหภูมิ 140 - 165°C นอกจากผ้าที่ผ่านการทำให้อยู่ตัวด้วย

ความร้อนจึงจะรีดได้ด้วยอุณหภูมิสูงกว่านั้น ไม่ควรต้มผ้าในน้ำเดือดเพราะผ้าจะยับย่น การอบแห้งด้วยเครื่องควรใช้อุณหภูมิต่ำ เมื่ออบเสร็จแล้วต้องรีบนำผ้าออก ถ้าทิ้งไว้จะเกิดรอยยับ

2.3 การมองเห็นสี

การที่ดวงตาของมนุษย์สามารถมองเห็นสารหรือวัสดุใดๆ มีสีได้นั้นเป็นเพราะมีแสงไปกระทบที่วัสดุนั้น แล้วมีการสะท้อนคลื่นแสงมายังดวงตา แสงจะผ่านเยื่อหุ้มตา (cornea) ม่านตา (iris) และเลนส์ตาไปยังเรตินา (retina) ซึ่งอยู่ด้านในของดวงตา ที่เรตินามีเซลล์อยู่มากมายซึ่งมีปลายเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงเซลล์ เมื่อได้รับแสงจะส่งกระแสประสาทไปรวมกันที่เส้นประสาทตา (optic nerve) ซึ่งต่อเนื่องไปยังสมองที่จะแปลกระแสประสาทเป็นภาพและสี

สำหรับการมองเห็นวัตถุเป็นสีอะไรได้นั้นเป็นปรากฏการณ์อันเนื่องมาจากสมบัติของแสงและสมบัติของวัตถุให้สี นักฟิสิกส์ได้ศึกษาพบว่าแสงเป็นพลังงานในรูปการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) พลังงานแสงจะเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นช่วงคลื่นที่เรียกว่า quantum การเคลื่อนที่ของแสงทุกช่วงคลื่นจะมีความเร็ว 3×10^{10} ซม. วินาที$^{-1}$ หรือ 186,000 ไมล์$^{-1}$ แสงในจักรวาลมีหลายรูปแบบจะแตกต่างกันในขนาดของพลังงานและความยาวคลื่น

แมกซ์ แพลงค์ (Max Planck) ให้ข้อสรุปว่า แสงที่มีช่วงคลื่นยาวจะมีพลังงานน้อย ขณะที่แสงที่มีช่วงคลื่นสั้นจะมีพลังงานมาก สำหรับแสงที่ตามองเห็นได้ (visible light) จะเป็นแสงสีขาวที่มีช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร เมื่อให้แสงสีขาวผ่านแก้วปริซึมแสงจะแยกออกเป็นแสงที่มีสี (spectrum) เรียงลำดับกันจากสีม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง แต่ถ้ารวมกันจะเป็นแสงสีขาว แสงแต่ละสีจะมีความยาวของช่วงคลื่นต่างกันตามลำดับคือ [7]

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง (violet)	400
น้ำเงิน (blue)	450
เขียว (green)	500
เหลือง (yellow)	600
ส้ม (orange)	650
แดง (red)	700

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนุษย์สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ มีสีได้ เพราะแสงที่ตามองเห็นได้ตกกระทบสิ่งนั้น สารที่ทำให้เกิดสีในสิ่งนั้นจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นมากระทบเรตินา ซึ่งจะส่งกระแสประสาทพร้อมรับรู้แสงในช่วงคลื่นนั้นไปยังสมอง จึงทำให้รับรู้ว่าเป็นสีอะไร ถ้าวัตถุนั้นสะท้อนแสงทุกช่วงคลื่นก็จะทำให้ตามองเห็นวัตถุนั้นเป็นขาว แต่ถ้าวัตถุนั้นดูดแสงทุกช่วงคลื่นไว้ก็จะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ ดังนั้นสารให้สี (colorants) ที่แสดงสีต่างๆ กันได้เพราะสารแต่ละชนิดมีสมบัติดูดแสงในช่วงความยาวคลื่นหนึ่งแล้วสะท้อนแสงให้เห็นสีในช่วงความยาวคลื่นที่ไม่ดูดกลืน ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สีที่สารดูดและสีที่ตามองเห็น ณ ความยาวคลื่นแสงต่างๆ [7]

สีที่สารดูด	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สีที่ตามองเห็น
เหนือม่วง (ultra violet)	น้อยกว่า 400	มองไม่เห็น
ม่วง (violet)	400	เหลือง
น้ำเงิน (blue)	450	ส้ม
เขียว (green)	500	แดง
เหลือง (yellow)	600	ม่วง
ส้ม (orange)	650	น้ำเงิน
แดง (red)	700	เขียว

2.4 **หลักการย้อมสี** (Principle of Dyeing)

การย้อมสีสิ่งทอ เป็นการทำให้วัสดุสิ่งทอเกิดสีขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ ได้สีตามความต้องการที่สม่ำเสมอและมีความคงทนต่อการใช้งานและทั้งกระบวนการผลิตขั้นต่อมา เช่น กระบวนการตกแต่งสำเร็จ นอกจากวัตถุประสงค์หลักแล้วยังควรคำนึงถึงด้านอื่นด้วย เช่น ความสามารถในการย้อมซ้ำ ต้นทุนการย้อม กระบวนการและวิธีการย้อมที่ถูกต้องเหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการย้อม [8]

2.4.1 **สีย้อมสิ่งทอ** (Textile Dyes)

สีย้อมในปัจจุบันเกือบทั้งหมดเป็นสีย้อมสังเคราะห์ซึ่งสีย้อมที่ดีควรจะมีลักษณะดังนี้ [9]

2.4.1.1 **มีความเข้มสูง** สีย้อมที่มีค่าเฉพาะการดูดกลืนแสงสูงกว่า 10,000 (molar absorptivity $\sum$ 10,000) จัดเป็นสีย้อมที่มีความเข้มสูง ซึ่งสีย้อมที่มีลักษณะดังกล่าวมีข้อดี คือ ต้องการสารช่วยย้อมน้อยและใช้สีสำหรับย้อมในปริมาณน้อย

2.4.1.2 **มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี** สีย้อมจะต้องสามารถละลายน้ำหรืออยู่ในรูปของสารแขวนลอย ทั้งนี้เพราะว่าตัวกลางที่ใช้ในการย้อมสีคือน้ำซึ่งหน้าที่ของน้ำคือเป็นตัวพาสีให้สามารถดูดซึมเข้าไปในเส้นใยได้อย่างสม่ำเสมอ

2.4.1.3 **มีแรงดึงดูดกับเส้นใย** การย้อมวัสดุสิ่งทอแบบวิธีย้อมแช่ (exhaustion method) จัดเป็นระบบสองเฟส ประกอบด้วยวัฏภาค (phase) ของแข็งคือเส้นใย กับวัฏภาค (phase) ของเหลวคือ น้ำย้อม สมดุลของการแพร่ของสีย้อมจากน้ำย้อมเข้าสู่เส้นใยหรือจากเส้นใยออกสู่น้ำย้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับอิทธิพลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ สารช่วยย้อม อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำย้อมต่อน้ำหนักของเส้นใย สีย้อมที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ย้อมเส้นใยนั้นควรมีสมบัติการเกาะติดเส้นใยที่ดีคือสมดุลการแพร่ของสีเคลื่อนไปทางเส้นใย สีย้อมที่มีสมบัติชอบเกาะติดกับเส้นใยมากกว่าชอบละลายอยู่ในน้ำย้อมจัดว่าเป็นสีที่มีความสามารถในการเกาะติดกับเส้นใย (substantivity) สูง แต่ในทางกลับกันสีที่เกาะกับเส้นใยได้ไม่ดีคือสมดุลการแพร่ของสีจะเคลื่อนมาทางน้ำย้อม จัดเป็นสีที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี (affinity to water)

2.4.1.4 **มีความคงทนต่อการซักและการนำไปใช้งาน** สีที่มีค่า substantivity สูงมีข้อดีคือ สามารถย้อมสีเข้มๆ โดยใช้สีในปริมาณที่น้อยและสีประเภทนี้มีความคงทนต่อการซักได้ดีระดับหนึ่ง ซึ่งถ้าไม่คงทนต่อการซักก็ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน สีจะค่อยๆ หลุดออกมาในขณะซักล้างทำความสะอาด การทำกระบวนการหลังการย้อม (after-treatment) จะช่วยเพิ่มความคงทนของสีย้อมต่อการซัก แต่ข้อเสียของสีที่มี substantivity สูง คือ เสี่ยงต่อการย้อมที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการแพร่ของสีจากน้ำย้อมไปยังเส้นใยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่การดูดซึมเข้าไปภายในเส้นใยจะต่ำ ทำให้สีที่เกาะอยู่ที่ผิวเส้นใยมีความไม่สม่ำเสมอ

2.4.1.5 **มีความคงทนต่อสภาวะในกระบวนการหลังการย้อม** เช่นกระบวนการตกแต่งสำเร็จเพื่อเพิ่มสมบัติพิเศษให้วัสดุที่ผ่านการย้อมสีแล้ว

2.4.1.6 **สีย้อมควรมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค** สีย้อมที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะสีย้อมบางตัวสามารถสลายตัวให้โมเลกุลที่เล็กลงซึ่งอาจจะแทรกซึมเข้าไปในร่างกายทำให้เป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่

2.4.2 ทฤษฎีของสี

2.4.2.1 ทฤษฎีสีของวิท (Witt's Chromophore Theory)

วิทได้ให้คำจำกัดความของสีไว้ 2 ข้อคือ

(1) สารที่มีสีนั้นจะต้องมีหมู่ไม่อิ่มตัว (unsaturated groups) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเรียกหมู่ไม่อิ่มตัวนี้ว่า โครโมฟอร์ (chromophore)

(2) หมู่ข้างเคียงที่เกาะอยู่บนโครโมฟอร์คือ ออโซโครม (auxochrome) ซึ่งหมู่เหล่านี้มีผลต่อความเข้มของสีของโครโมฟอร์ ตัวอย่าง ออโซโครม ได้แก่ –OH, NH_2, SO_3Na เป็นต้น

เมื่อมีหมู่อื่นๆ มาเกาะแทนไฮโดรเจนอะตอมบน ออโซโครม (auxochrome) เช่น หมู่อัลคิล (alkyl group) หมู่เอไมด์ (amide groups) หรือหมู่อัลคอกซี (alkoxy) เป็นต้น พบว่าจะทำให้สีเข้มขึ้นกว่าเดิม หรือในทางตรงกันข้ามทำให้สีอ่อนลงจากเดิม ปรากฏการณ์ที่ทำให้ความเข้มของสีเปลี่ยนไปทางเข้มเรียกว่า bathochromic shift ส่วนปรากฏการณ์ที่ความเข้มของสีเปลี่ยนไปทางอ่อนลง เรียกว่า hypsochromic shift เพราะฉะนั้นสีที่มีโครงสร้างโครโมฟอร์เหมือนกันสามารถดัดแปรให้มีความหลากหลายของเฉดสีได้ นักเคมีสีย้อมได้อาศัยหลักการนี้ในการสังเคาระห์สีย้อมให้มีเฉดสีต่างๆ โดยดัดแปรหมู่ ออโซโครม (auxochrome) อย่างไรก็ตามทฤษฎีของวิทยังไม่สามารถอธิบายสีได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมสารบางชนิดที่มีพันธะไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบจึงไม่มีสี เช่น เบนซิลหรือทำไมสารอนินทรีย์เช่น $CuSO_4$ หรือ Cr_2O_7 จึงมีสีทั้งๆที่ไม่มีพันธะคู่

2.4.2.2 ทฤษฎีควินโนนอยด์ของอาร์มสตรอง (Armstrong Quinonoid theory)

อาร์มสตรองได้กล่าวไว้ว่าสีต้องมีหมู่ควินโนนอยด์เป็นองค์ประกอบเช่นสารจำพวก carbizol เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดของทฤษฎีนี้คือ มีสีหลายตัวที่ให้สีมีความเข้มสูงแต่ไม่มีหมู่ควินโนนอยด์เป็นองค์ประกอบและสารประกอบควินโนนอยด์บางกลุ่มให้เฉดสีเข้มแต่บางกลุ่มกลับให้เฉดสีอ่อนจางๆ เท่านั้น ซึ่งไม่สามารถอธิบายโดยทฤษฎีควินโนนอยด์ได้

2.4.2.3 ทฤษฎีสารสีสมัยใหม่

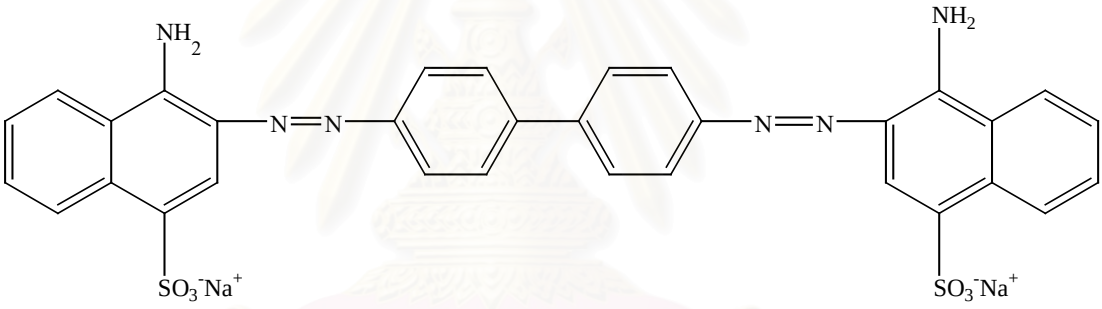
อาศัยปรากฏการณ์การดูดกลืนและการคายแสงทำให้ทฤษฎีนี้สามารถอธิบายว่าทำไมสีจึงมีทั้งให้สีได้และให้สีไม่ได้ ลักษณะสำคัญของสารที่จะสามารถให้สีได้นั้นจะต้องดูดกลืนแสงสเปกตรัมได้และเมื่อพิจารณาโครงสร้างของสารแล้วมีเพียงอิเลคตรอนของสารเท่านั้นที่มีความ

สามารถดูดกลืนพลังงานต่ำๆ ในระดับนี้ได้ และยังเฉพาะเจาะจงอิเลคตรอนที่อยู่ในชั้นพันธะคู่เท่านั้นที่ต้องการพลังงานเพียงเล็กน้อยก็เคลื่อนที่ไปมาได้ สีที่มีพันธะคู่มากๆ ก็จะสามารถดูดแสงสเปคตรัมเพื่อนำไปให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปมาและช่วยทำให้สีชนิดมีสีแตกต่างกัน ซึ่งทฤษฎีใหม่สามารถอธิบายโครโมฟอร์ของวิทได้อย่างสมบูรณ์

2.4.3 **โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสี**

โครงสร้างของโมเลกุลสีนั้นประกอบด้วย 3 ส่วนคือ [8]

2.4.3.1 **พันธะคู่สลับ** (conjugated double bonds) ทั้งโครโมฟอร์และออโซโครมต่างเชื่อมอยู่กับพันธะคู่สลับ ทั้ง 3 ส่วนนี้เรียกรวมกันว่า โครโมเจน (chromogen) ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสีเช่น C.I Acid Red 1



รูปที่ 2.5 C.I Acid Red 1 [8]

2.4.3.2 **โครโมฟอร์** คือ หมู่ปฏิกริยาที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้เป็นหมู่ที่ไม่อิ่มตัวยกเว้น $-NR^{+}_{3}$ หน้าที่ของโครโมฟอร์คือ เป็นตัวรับอิเลคตรอน ตัวอย่างของโครโมฟอร์ได้แก่

-N=N- หมู่เอโซ (azo groups)
$-NO_2$ หมู่ไนโทร (nitro groups)
-C=O หมู่คาร์บอนิล (carbonyl groups)
$-NR^{+}_{3}$ หมู่แอลคิลแอมโมเนียม (alkyl ammonium groups)

2.4.3.3 **ออโซโครม** (auxochrome) คือหมู่อิ่มตัวที่มีอิเลคตรอนซึ่งยังไม่เกิดพันธะเชื่อมอยู่กับพันธะคู่สลับ ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเลคตรอน ตัวอย่างของออโซโครมได้แก่

-NH_2 หมู่อะมิโน (amino groups)

-NHR หมู่โมโนแอลคิลอะมิโน (mono alkyl amino groups)

-NR_2 หมู่ไดแอลคิลอะมิโน (dialkyl amino groups)

-OH หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups)

-OR หมู่อีเทอร์ (ether groups)

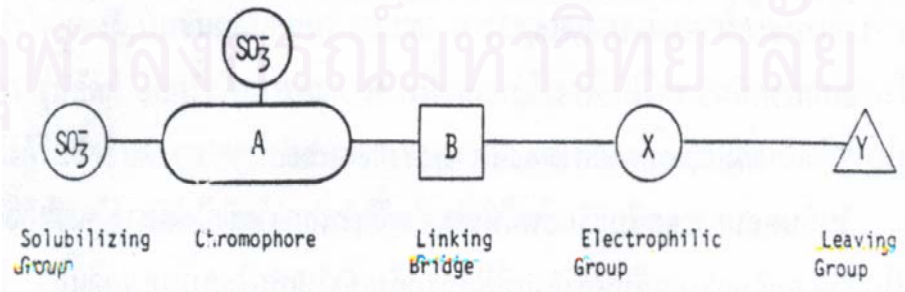
นอกจากนี้ ออโซโครมยังให้สมบัติการละลายน้ำ รวมทั้งการรวมตัวเกิดเป็นพันธะกับเส้นใยอีกด้วย การรวมกันของพันธะคู่สลับกับโครโมฟอร์ทำให้เกิดสีขึ้น แต่ความเข้มความสว่างของสีขึ้นอยู่กับออโซโครม

2.5 **สีรีแอคทีฟ** (Reactive Dyes)

สีรีแอคทีฟเป็นสีที่มีประจุลบเมื่อละลายน้ำ สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลในเส้นใยเซลลูโลส ได้พันธะโควาเลนต์ที่มีความแข็งแรงมากกว่าพันธะไฮโดรเจนที่เกิดระหว่างสีไดเรกท์กับเส้นใยเซลลูโลส[10]

2.5.1 **โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟ** [8,9]

สีรีแอคทีฟมีโครงสร้างทางเคมีพื้นฐานเหมือนกับสีไดเรกท์เพียงแต่พัฒนาให้มีส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสได้ การออกแบบโครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟจะไม่เน้นให้เหมือนกับสีไดเร็กท์ในแง่ของโครงสร้างแบนราบและมีความเป็นเส้นตรง แต่จะเน้นความสามารถในการเข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใย ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของสีรีแอคทีฟ [8]

จากรูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟจะประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆคือ [8]

$-SO_3$ คือ ตัวอย่างของหมู่ที่ละลายน้ำได้ (solubilizing group)

A คือ โครโมฟอร์ (chromophore)

B คือ ตัวเชื่อม (binding group)

X คือ หมู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (reactive group)

ส่วนที่สำคัญที่สุดของสีรีแอคทีฟคือส่วนที่เป็นหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (reactive group) เพราะว่าสีจะเกาะติดอยู่กับเส้นใยได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำปฏิกิริยาของหมู่นี้ การจำแนกกลุ่มสีรีแอคทีฟจึงแยกตามความสามารถในการทำปฏิกิริยาของสีที่อุณหภูมิต่างๆ พอจะแบ่งออกได้เป็น 6 ระดับ ซึ่งสรุปไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2. 2 ระดับความว่องไวของหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ [9]

หมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยา	ชื่อทางการค้า	อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา($^{\circ}C$)	ระดับความว่องไว
Dichlorotriazine	Procion MX	30	1
Difluorochloropyrimidine	Levefix EA	40	2
Dichloroquinoxaline	Levafix E	50	3
Monofluorotriazine	Cibacron F	60	4
Vinylsulphone	Ramazol	70	5
Monochlorotriazine	Procion H	80	6

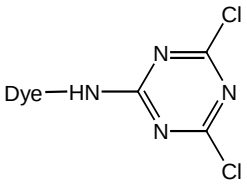
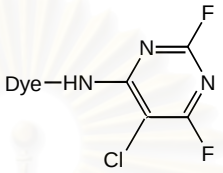
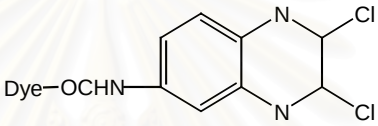
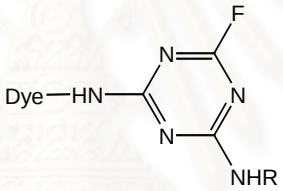
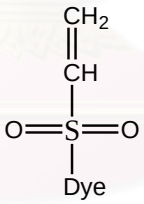
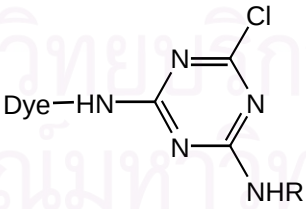
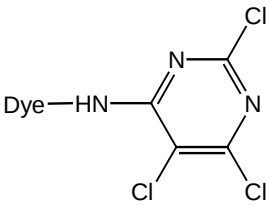
2.5.2 อิทธิพลที่มีผลต่อความว่องไวของปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ

2.5.2.1 โครงสร้างทางเคมีของหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยา

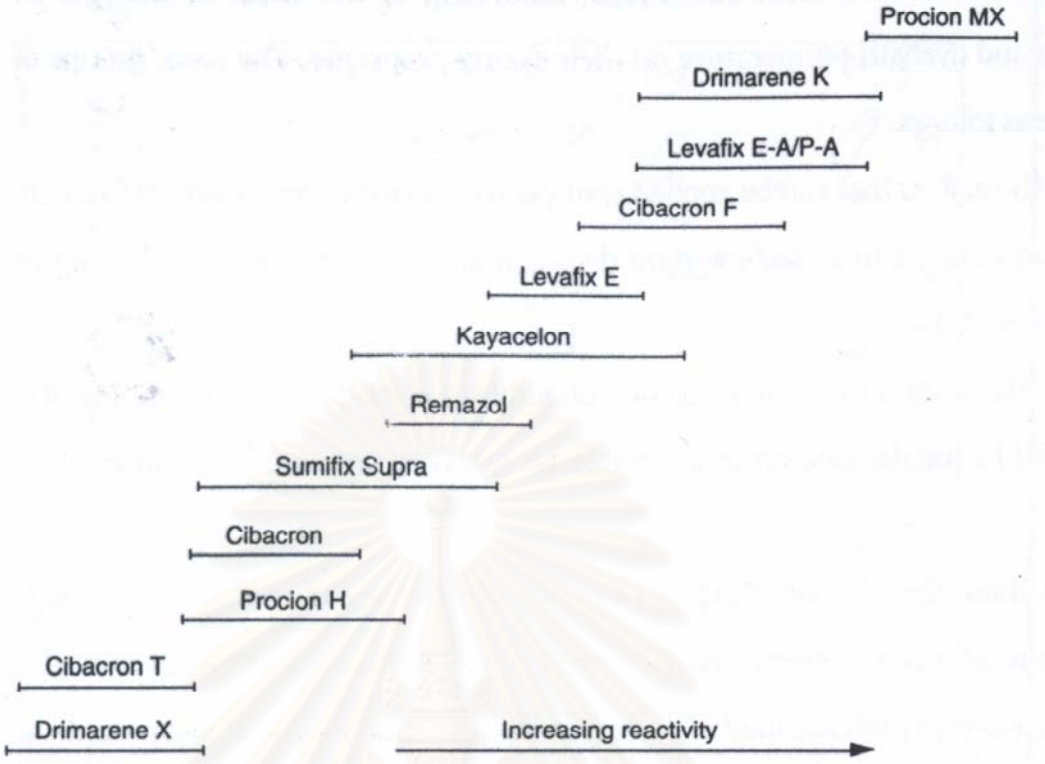
โครงสร้างทางเคมีของหมู่ว่องไวต่อปฏิกริยาที่แตกต่างกันย่อมมีผลให้ความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีนั้นแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถจัดออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- กลุ่มที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง เช่น dichlorotriazine
- กลุ่มที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาปานกลาง เช่น vinylsulphone
- กลุ่มที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาต่ำ เช่น monochlorotriazine และ chloropyrimidine

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างหมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟและชื่อทางการค้า [9]

หมู่ว่องไวต่อปฏิกิริยา	สูตรโครงสร้างอย่างง่าย	ชื่อทางการค้า
Dichlorotriazine		Procion MX
Difluorochloropyrimidine		Levefix EA
Dichloroquinoxaline		Levafix E
Monofluorotriazine		Cibacron F
Vinylsulphone		Ramazol
Monochlorotriazine		Procion H
Trichlopyrimidine		Drimarene

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟ [11]

2.5.2.2 อุณหภูมิ

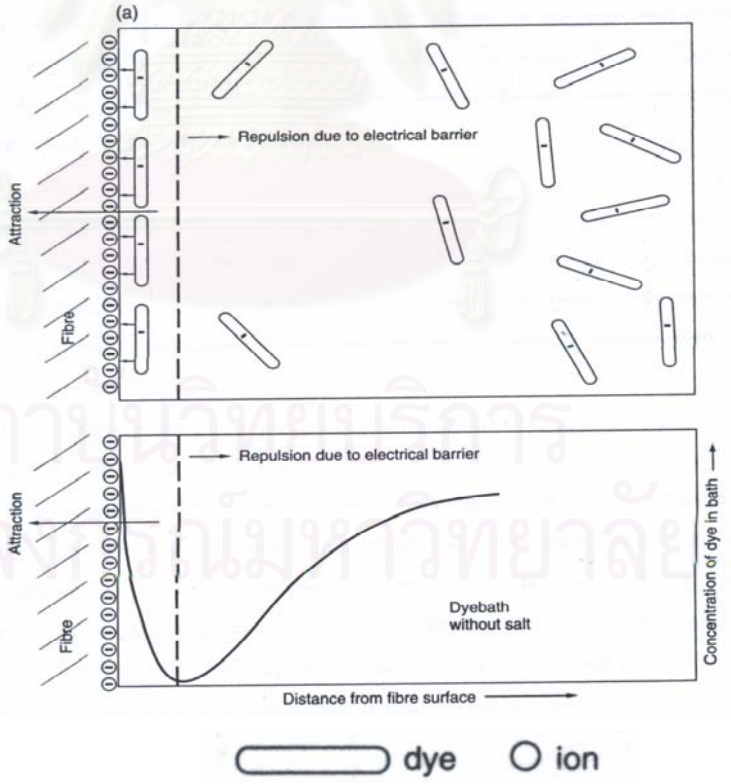
การเพิ่มอุณหภูมิการย้อมเป็นการเร่งปฏิกิริยาให้กับสีย้อมโดยตรง ในขณะเดียวกัน ยังมีผลต่อความสม่ำเสมอและระดับความเข้มอ่อนของเฉดสีอีกด้วย

2.5.2.3 ด่าง

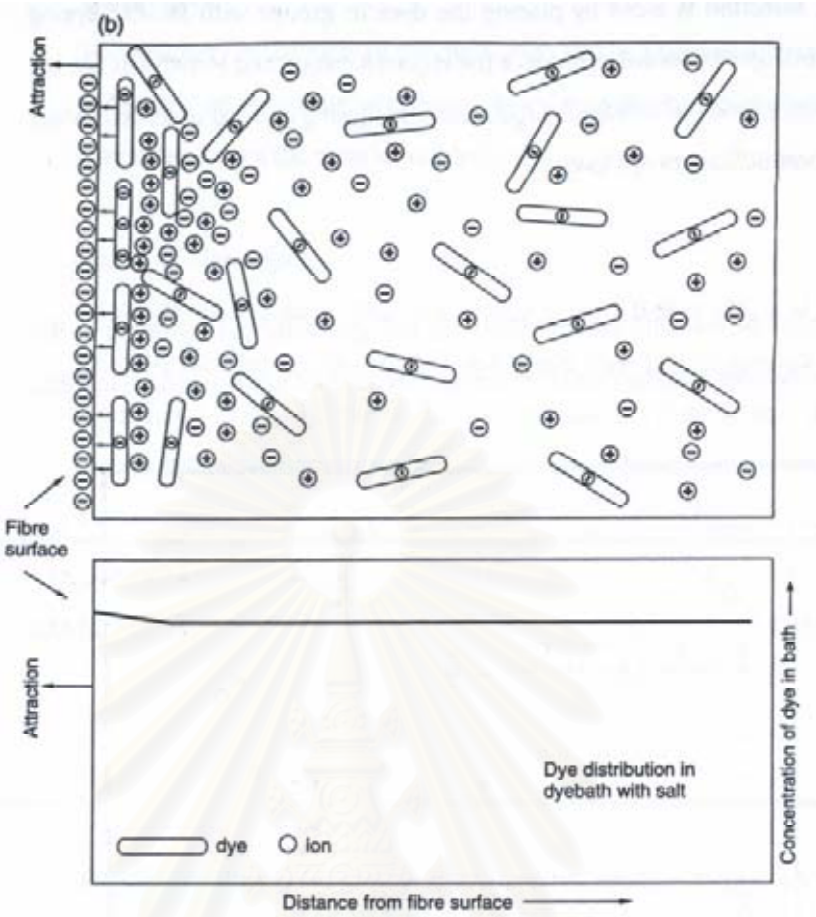
ปฏิกิริยาระหว่างสีรีแอคทีฟกับเซลลูโลสจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของด่างสูงขึ้น ด่างที่ใช้ในการย้อมจะมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันดังนี้ $NaHCO_3 < Na_2CO_3 < NaOH$ แต่อย่างไรก็ตาม NaOH จะไม่นิยมนำมาใช้ย้อมเพราะมีความรุนแรงมากเกินไปทำให้สีเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสก่อนที่สีจะทำปฏิกิริยากับเส้นใย

2.5.3 อิทธิพลของอิเลคโตรไลท์ที่มีผลต่อการดูดซึมของสีรีแอคทีฟ

อิเลคโตรไลท์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ หน้าที่ของอิเลคโตรไลท์คือช่วยให้โมเลกุลสีสามารถดูดซึมเข้าไปในเส้นใยให้ได้มากที่สุด สีที่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยได้คือสีส่วนที่ดูดซึมเข้าไปภายในเส้นใยเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นว่าความเข้มข้นของอิเลคโตรไลท์เป็นตัวกำหนดความสามารถในการดูดซึมของสีเข้าไปภายในเส้นใย รวมทั้งยังมีอิทธิพลต่อความสามารถในการแพร่ของสีภายในเส้นใยด้วย ซึ่งอิเลคโตรไลท์ในที่นี้คือ เกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือโซเดียมซัลเฟต เกลือชนิดอื่นก็สามารถนำมาใช้ย้อมได้แต่จะมีราคาแพงกว่าเกลือทั้งสองชนิดนี้ เกลือเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ดังนั้นจึงมีความสามารถละลายน้ำได้ดีเมื่อเติมเกลือลงไปในเครื่องย้อมเกลือจะเปลี่ยนรูปจากของแข็งเป็นสารละลายที่ประกอบด้วยอิออนบวกและอิออนลบ ซึ่งโดยปกติแล้วการกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อมีเส้นใยแช่อยู่ในสารละลายอิเลคโตรไลท์ สมดุลการกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบจะเปลี่ยนไปอย่างเดิมเนื่องมาจากประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นรอบผิวของเส้นใย ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อเส้นใยแช่ในน้ำประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นรอบเส้นใยจะเป็นประจุลบ ทำให้การกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบของสารละลายอิเลคโตรไลท์มีการจัดเรียงตัวใหม่ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 การกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบที่ผิวหน้าเส้นใยก่อนที่มีการเติมเกลือ [11]



รูปที่ 2.9 การกระจายตัวของอิออนบวกและอิออนลบที่ผิวหน้าเส้นใยหลังจากการเติมเกลือ [11]

จากรูปจะเห็นว่าปริมาณอิออนบวกที่รอบผิวของเส้นใยจะมีความหนาแน่นสูงกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไปจากผิวของเส้นใย ถ้ามีการเติมสีรีแอคทีฟลงไปในอ่างย้อมที่มีอิเลคโตรไลท์อยู่ สีรีแอคทีฟซึ่งมีประจุเป็นลบก็จะสามารถแพร่เข้าหาผิวของเส้นใยที่มีประจุบวกหนาแน่น และถ้าโมเลกุลของสีเข้าไปใกล้เส้นใยเพียงพอที่จะเกิดแรงดึงดูดต่อกันอันเนื่องมาจากพันธะทางกายภาพของสีจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ จึงจะเห็นได้ว่าความสามารถของสีที่จะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิออนบวกที่อยู่รอบผิวเส้นใย ซึ่งนั่นก็หมายความว่าขึ้นอยู่กับปริมาณของเกลือที่เติมลงไปในเครื่องย้อม

2.5.4 กระบวนการย้อมสีรีแอคทีฟ

การใช้งานของสีรีแอคทีฟเป็นไปอย่างกว้างขวางทั้งกับผ้าฝ้าย 100% และใช้ร่วมกับสีดิสเพอร์ส สำหรับผ้าใยผสมระหว่างพอลิเอสเทอร์กับฝ้าย โดยมีกระบวนการย้อมหลัก 3 แบบ คือ การย้อมแบบแช่ (exhaust) แบบต่อเนื่อง (continuous) และแบบกึ่งต่อเนื่องโดยการจุ่มอัดแล้วหมัก (pad-batch) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงแต่การย้อมแบบแช่ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลอง

การย้อมสีรีแอคทีฟแบบแช่ (exhaust) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

(1) การย้อม (exhaust dyeing)

(2) การผนึกสี (fixation)

(3) การล้าง (wash-off)

ในขั้นตอนการดูดซึมของสีรีแอคทีฟนั้น เกิดขึ้นในภาวะที่เป็นกลางโดยมีเกลือเป็นตัวช่วยการดูดซึมหลังจากที่สีแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยสม่ำเสมอดีแล้ว จึงทำการใส่สารละลายด่างลงไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยากับเส้นใยได้พันธะโควาเลนท์ เมื่อได้สีตามต้องการแล้วจึงหยุดกระบวนการย้อมและผนึกสี ต่อด้วยการล้างสีและสารเคมีต่างๆ ที่หลงเหลืออยู่ออก รวมทั้งทำการขจัดสีที่ไม่เกิดพันธะกับเส้นใยออกด้วย

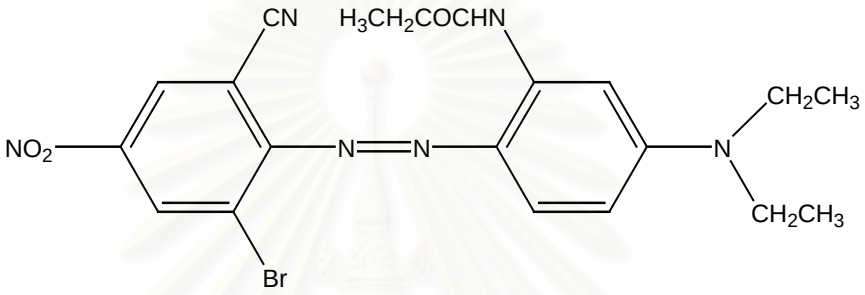
ถ้าจำแนกการย้อมแบบดูดซึมตามอุณหภูมิการย้อม สามารถจำแนกได้ 2 แบบคือ การย้อมเย็นหรือย้อมอุ่น (cold or warm dyeing) กับการย้อมร้อน (hot dyeing) โดยพิจารณาจากความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสี ถ้าสีมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูงควรใช้การย้อมเย็นหรือย้อมอุ่น แต่ถ้าสีมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาต่ำ ควรใช้การย้อมร้อน

2.6 สีดิสเพอร์ส (Disperse Dyes)

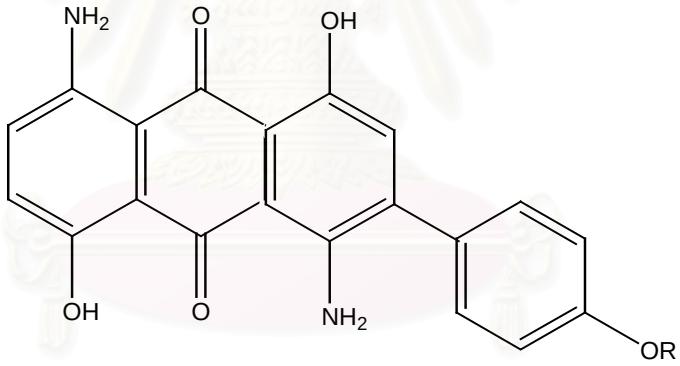
สีดิสเพอร์สเป็นสีที่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องได้น้อยมากแต่สามารถกระจายตัวในน้ำได้ มีแรงยึดกับเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำบางชนิดเช่น พอลิเอสเทอร์ จัดเป็นสีที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่สูงนัก ส่วนใหญ่จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 150 - 250°C และระเหิดได้โดยไม่สลายตัว การละลายของสีชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ [8]

2.6.1 โครงสร้างทางเคมีของสีดิสเพอร์ส

ส่วนให้สีของสีดิสเพอร์สส่วนใหญ่เป็นพวกเอโซและอนุพันธ์ anthraquinone โดยสีในกลุ่มของสีเอโซจะให้สีเหลืองและสีแดง มีส่วนน้อยที่ให้สีน้ำเงิน ส่วนสีในกลุ่ม anthraquinone จะให้สีน้ำเงินกับสีม่วง ซึ่งสีในกลุ่มนี้จะย้อมง่ายกว่าเนื่องจากโมเลกุลของสีมีขนาดเล็กทำให้สีมีการแพร่ที่ดี



C.I. Disperse Blue 183

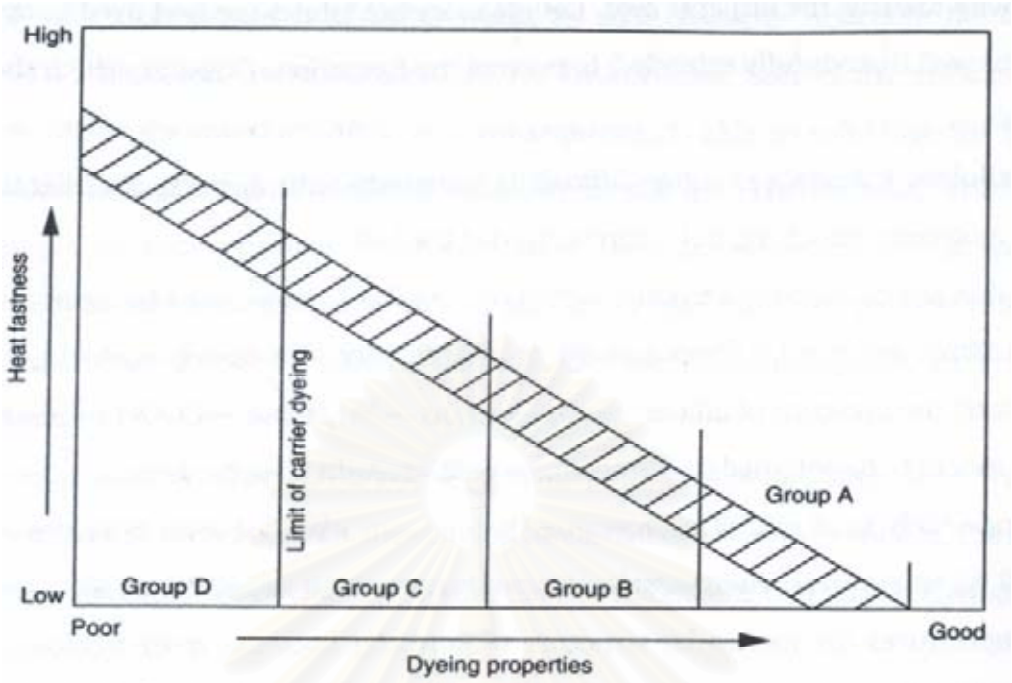


C.I. Disperse Blue 173

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของสีดิสเพอร์ส [10]

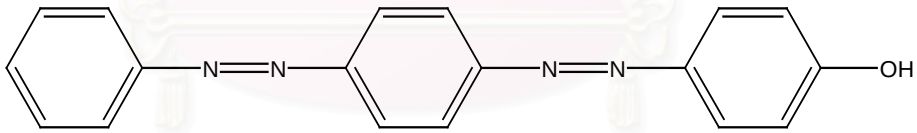
2.6.2 การจำแนกสีดิสเพอร์ส

การจัดกลุ่มสีดิสเพอร์สจะอาศัยสมบัติในการย้อมและความคงทนต่อความร้อนของสี ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ A, B, C และ D ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การจำแนกกลุ่มสีดิเพอร์สโดยอาศัยสมบัติการย้อมและความคงทนต่อความร้อน [11]

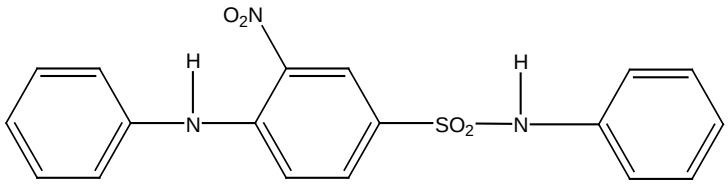
จากรูปสีในกลุ่ม A จะเหมาะกับการย้อมเส้นใยอะซิเตทหรือไนลอน ซึ่งสีกลุ่มนี้ย้อมง่าย แต่มีความคงทนของสีต่อความร้อนต่ำ ตัวอย่างของสีกลุ่ม A แสดงในรูปที่ 2.12



C.I Disperse Yellow 23 (low energy)

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม A [9]

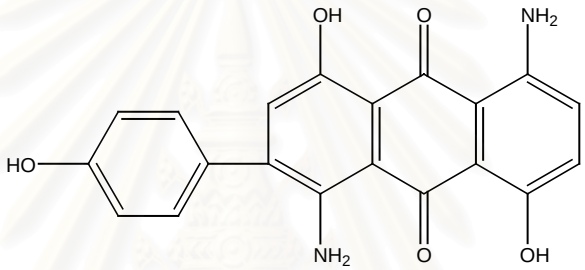
สีในกลุ่ม B จะมีการกระจายตัวที่ดีในเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จึงเหมาะสำหรับย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่ไม่มีความสม่ำเสมอของเส้นใย (barre') เช่นเส้นใยชนิด texturised แต่ความคงทนต่อความร้อนของสีกลุ่มนี้อยู่ในระดับปานกลาง ตัวอย่างของสีกลุ่ม B แสดงในรูป 2.13



C.I Disperse Yellow 42 (medium energy)

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม B [9]

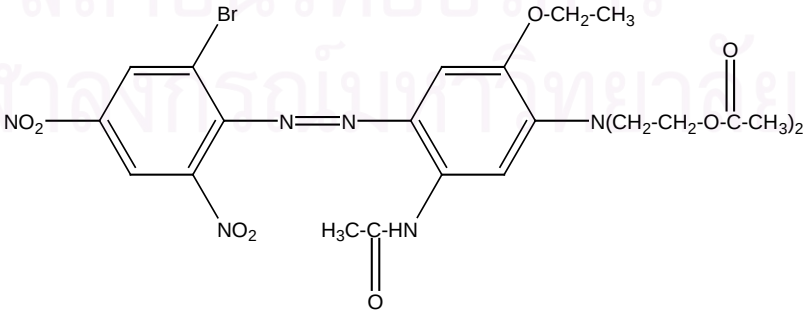
สีในกลุ่ม C เป็นสีที่ออกแบบมาสำหรับเทคนิคการย้อมที่ต้องเติมสารช่วยพา (carrier) มีความคงทนของสีต่อความร้อนสูง ตัวอย่างของสีกลุ่ม C แสดงในรูปที่ 2.14



C.I Disperse Blue 73 (medium-high energy)

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม C [9]

สีกลุ่ม D เป็นสีที่ความสามารถในการทนต่อความร้อนได้สูงสุด โดยการย้อมไม่ต้องเติมสารช่วยพา (carrier) แต่ต้องย้อมที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°C ภายใต้ความดัน ตัวอย่างของสีกลุ่ม D แสดงในรูปที่ 2.15



C.I Disperse Blue 79 (high energy)

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของสีดิสเพอร์สในกลุ่ม D [9]

2.6.3 กระบวนการย้อมสีดิสเพอร์ส

การย้อมสีดิสเพอร์สแบ่งได้เป็น 3 วิธี [9]

2.6.3.1 การย้อมโดยอาศัยสารช่วยพา (carriers) การย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์แบบแช่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C เส้นใยจะติดสีแบบจางๆ เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของพอลิเอสเทอร์มีการจัดเรียงที่เป็นระเบียบมาก ทำให้สีดิสเพอร์สไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ การใช้สารช่วยพา (carriers) จะช่วยย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ได้ สารช่วยพา (carriers) นั้นเป็นสารที่ไม่มีประจุเหมือนกับสีดิสเพอร์ส แต่มีโมเลกุลเล็กกว่าและไม่มีสี ทำให้สามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อสารช่วยพาเข้าไปอยู่ในเส้นใย และก็จะไปทำลายความเป็นผลึกของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นภายในเส้นใย จึงทำให้สีสามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้

2.6.3.2 การย้อมที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน อุณหภูมิที่สามารถย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารช่วยพา จะต้องสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ คืออยู่ที่ระหว่างอุณหภูมิ 120 -135°C ซึ่งการย้อมเพื่อให้ได้อุณหภูมิระดับนี้จะต้องย้อมภายใต้ความดัน เครื่องย้อมจะต้องเป็นระบบปิด ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะเป็นพลังงานที่เพียงพอที่จะทำให้โมเลกุลของเส้นใยพอลิเอสเทอร์เกิดการสั่นได้ ทำให้โครงสร้างของเส้นใยเปิดออก และสีก็จะสามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้ ซึ่งการย้อมแบบนี้มีข้อดีคือ ให้ความคงทนต่อการซักดีกว่าและการย้อมที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้ผลการย้อมสม่ำเสมอ ลดปัญหาการติดสีไม่สม่ำเสมอเนื่องจากปัญหา bareness

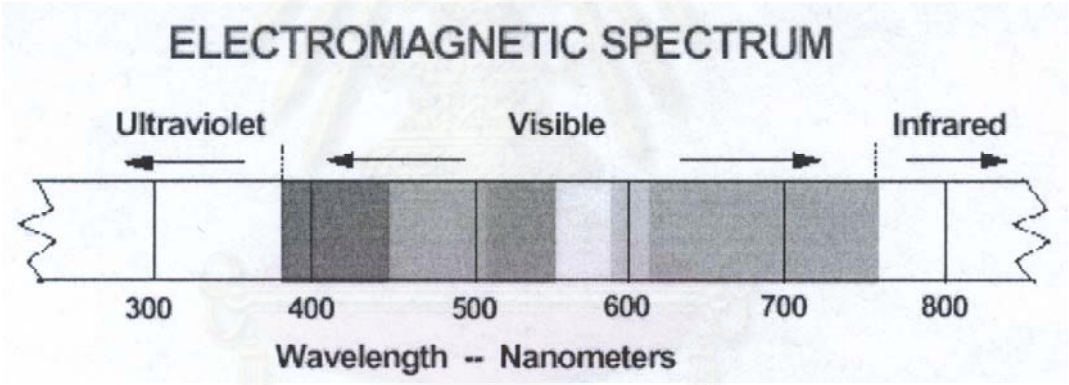
2.6.3.3 การอบด้วยความร้อนแห้งที่อุณหภูมิสูง (pad-thermosol) การย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สสามารถย้อมโดยใช้วิธีต่อเนื่องได้ โดยกระบวนการย้อมจะเริ่มจากการจุ่มอัดสี (padding) แล้วตามด้วยการทำให้แห้ง (drying) และสุดท้ายเป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (curing) ที่อุณหภูมิระหว่าง 180 - 210°C ซึ่งในน้ำสีจะมีส่วนผสมของสีดิสเพอร์ส สารลดแรงตึงผิวและกรดอะซิติกเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสีให้อยู่ระหว่าง pH 4.4 - 5.5 โดยปกติสีดิสเพอร์สจะผสมสารลดแรงตึงผิวมาแล้วแต่ก็สามารถเติมลงไปอีกได้เล็กน้อยถ้าจำเป็น การที่น้ำย้อมมีสารลดแรงตึงผิวมากเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์การติดสีของเส้นใยน้อยลง เพราะสีจะจับอยู่กับสารลดแรงตึงผิวจึงไม่เกิดการดูดซึมเข้าไปในเส้นใย การทำให้แห้งก่อนทำ การอบแห้งหรือ thermofixation จะต้องทำที่อุณหภูมิประมาณ 180 - 210°C เป็นเวลา 1 - 2 นาที ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของพอลิเอสเทอร์เปิดออก ทำให้สีดิสเพอร์สที่อยู่ที่ผิวของเส้นใยจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยอย่างรวดเร็วทำให้การย้อมแบบนี้อาจเรียกอีกแบบหนึ่งว่า solid solution

2.7 การตกแต่งสำเร็จผ้าเพื่อป้องกันรังสียูวี

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผ้าที่มีสมบัติพิเศษสำหรับการสวมใส่นอกเหนือจากสมบัติพื้นฐานของเส้นใยแต่ละชนิด เช่น ต้องการผ้าที่มีความนุ่ม มีผิวสัมผัสที่ดี มีความต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการของตลาดสิ่งทอเสื้อผ้าและเคหะสิ่งทอมากขึ้น ผ้าชนิดนี้จะป้องกันหรือช่วยกรองรังสียูวีชนิดยูวีเอและยูวีบีจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ [12,13]

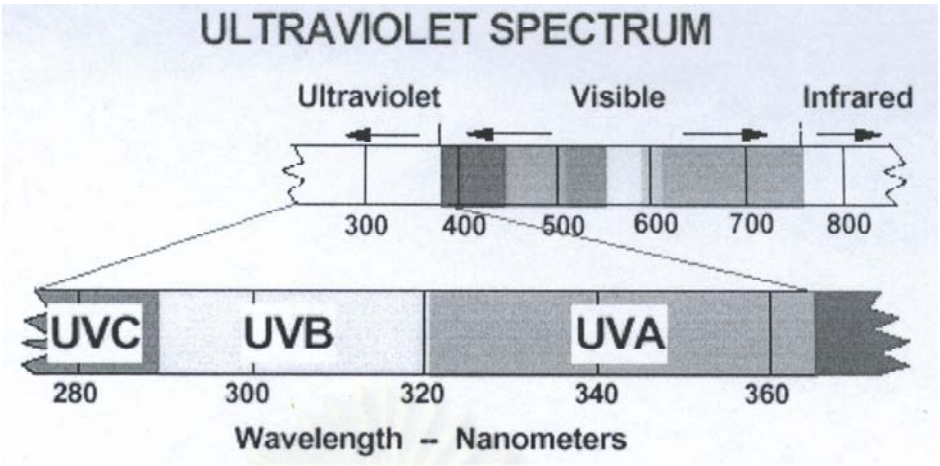
2.7.1 **รังสีอัลตราไวโอเลต** (Ultraviolet Radiation) [12,14,15]

รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องถึงพื้นโลก รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) เป็นพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีออกมาจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยสเปกตรัม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แถบกว้างตามรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [15]

รังสีดวงอาทิตย์ประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) รังสีช่วงแสงที่มองเห็น (visible) และอินฟราเรด (infrared) รังสีมีสมบัติตามช่วงคลื่น มักแสดงในหน่วยนาโนเมตร เพื่อที่จะอธิบายผลกระทบทางชีววิทยา สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลต (solar ultraviolet spectra) ประกอบด้วย 3 ส่วนดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลต [15]

พลังงานในช่วงความยาวคลื่นเริ่มต้นจนถึง 175 นาโนเมตร จะถูกดูดซับไว้ด้วยออกซิเจนที่อยู่เหนือชั้นบรรยากาศสตราโทสเฟียร์ หรือที่ระยะทาง 100 กิโลเมตรจากโลก พลังงานความยาวคลื่นถึง 280 นาโนเมตรจะถูกดูดซับไว้ด้วยชั้นโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์หรือที่ระยะทาง 15 - 30 กิโลเมตรจากผิวโลก ซึ่งพลังงานนี้ก็คือรังสีอัลตราไวโอเลตซีหรือรังสียูวีซี ที่มีพลังงานสูงสุดของรังสียูวีทั้ง 3 ชนิด ที่ประกอบด้วยรังสียูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี ถ้าชั้นโอโซนในบรรยากาศถูกทำลาย รังสียูวีซีนี้จะแผ่จากดวงอาทิตย์มาถึงผิวโลกได้และมนุษย์จะได้รับอันตรายอย่างมาก

พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มาถึงผิวโลกโดยไม่มีส่วนใดของบรรยากาศโลกช่วยกรองไว้ มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 280 ถึง 3,000 นาโนเมตร ประกอบด้วยพลังงานของรังสียูวีบีที่มีความยาวคลื่น 280-320 นาโนเมตร รังสียูวีเอมีความยาวคลื่น 320 - 400 นาโนเมตร แสงที่มนุษย์มองเห็นความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร และรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 700 - 3,000 นาโนเมตร แสงที่มนุษย์มองเห็นและรังสีอินฟราเรดมีพลังงานต่ำ สามารถแทรกซึมเข้าไปในผิวหนังของมนุษย์ได้แต่ไม่ได้ถูกดูดซับไว้จึงไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ในขณะที่ผิวหนังจะดูดซับรังสียูวีไว้เมื่อรังสียูวีแทรกซึมเข้าไป รังสียูวีเอจะแทรกซึมเข้าไปลึกที่สุด รองลงมาคือรังสียูวีบี

รังสียูวีบีมีพลังงานสูงพอที่จะทำลายดีเอ็นเอและเปลี่ยนเซลล์ผิวหนังมนุษย์ให้กลายเป็นเซลล์มะเร็งได้ เมื่อถูกรังสีมากเกินไปเป็นเวลานานๆ ส่วนรังสียูวีเอแม้จะมีพลังงานต่ำกว่า แต่เมื่อถูกรังสีบ่อยๆ และนานๆ อายุของผิวหนังก็จะถูกเร่งจนทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่น เกิดสิวและเมื่อถูกมากเกินไปก็มีแนวโน้มทำให้เป็นมะเร็งผิวหนังได้เช่นกัน

ตารางที่ 2.4 ความยาวคลื่นและพลังงานโฟตอนของรังสียูวี แสงที่มองเห็นและรังสีอินฟราเรดในช่วงฤดูร้อน ณ ภาวะปกติ [12]

รังสีและแสง	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	พลังงานโฟรตอนเฉลี่ย (กิโลจูลล์ต่อโมล)
รังสียูวีบี	280 – 320	400
รังสียูวีเอ	320 – 360	350
	360 – 400	315
แสงที่มองเห็น	400 – 700	200
รังสีอินฟราเรด	700 – 3,000	63

จากตารางพบว่ารังสียูวีบีมีความยาวคลื่นต่ำสุดแต่มีพลังงานแสงโฟรตอน (อนุภาคแสง) สูงที่สุดในกลุ่มนี้ พลังงานโฟรตอนระดับนี้สามารถทำลายพันธะทางเคมีของสารโปรตีนที่ประกอบเป็นเซลล์และอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์ผิดปกติและในที่สุดเป็นเซลล์มะเร็ง พลังงานจากรังสียูวีบีนี้จึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด

2.7.2 SPT/SPF

ค่า SPT (self-protection time) หมายถึง ระยะเวลาที่แต่ละบุคคลสามารถตากแดดได้ก่อนที่ผิวเริ่มแดงโดยไม่มีสิ่งป้องกันซึ่งมีหน่วยเป็นนาที แต่แม้ว่ารังสียูวีจะมีอันตรายต่อมนุษย์มากเพียงใด มนุษย์ก็ยังปกป้องตนเองจากอันตรายเหล่านั้นได้ด้วยวิธีต่างๆ เช่น ใส่เสื้อผ้าให้มิดชิด ทาผิวด้วยครีมกันแดดหรือแม้กระทั่งการใส่แว่นกันแดด วัสดุเหล่านี้ต่างก็มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้โดยการช่วยดูดซับรังสีไว้หรือช่วยสะท้อนออกไป ความสามารถนี้ระบุได้เป็นค่าตัวเลขหนึ่งที่เรียกว่าค่า SPF (sun protection factor) และในบางกรณีอาจเรียกว่าค่า UPF (ultraviolet protection factor) ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการกรองแสงแดดหรือรังสียูวี วัสดุต่างๆ จะมีความสามารถนี้ต่างกัน วัสดุที่มีค่า SPF/UPF สูงจะกรองหรือป้องกันรังสียูวีได้นานกว่าวัสดุที่มีค่านี้ต่ำ [12,16]

2.7.3 ผ้าป้องกันรังสียูวี

ในประเทศออสเตรเลียได้มีการแบ่งประเภทของสิ่งทอออกเป็น 5 กลุ่มตามความสามารถในการป้องกันรังสียูวีดังนี้

- สิ่งทอที่มีค่า SPF น้อยกว่า 10 ไม่สามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีพอ
- สิ่งทอที่มีค่า SPF 10 -19 ยอมให้รังสียูวีทะลุผ่าน 10.0-5.1% มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ปานกลาง
- สิ่งทอที่มีค่า SPF 20 - 29 ยอมให้รังสียูวีทะลุผ่าน 5.0-3.4% มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดี
- สิ่งทอที่มีค่า SPF 30 - 49 ยอมให้รังสียูวีทะลุผ่าน 3-2%มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดี
- สิ่งทอที่มีค่า SPF ตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ยอมให้รังสียูวีทะลุผ่านน้อยกว่า 2%มีความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีเยี่ยม

ความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้าหรือเสื้อผ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิดของเส้นใยที่นำมาผลิต สิ่งที่อยู่ในเส้นใยหรือเคลือบอยู่บนเส้นใย โครงสร้างผ้า สีในผ้า จากการวิจัยของ G. Reinert และคณะ [17] ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้าดิบที่ผลิตจากเส้นใยต่างชนิดกัน ภายใต้ภาวะเดียวกัน ระหว่างฝ้าย เรยอน ไหม ขนสัตว์ ไนลอน และพอลิเอสเทอร์ พบว่าฝ้ายป้องกันรังสียูวีได้น้อยที่สุดและปล่อยให้รังสียูวีทะลุผ่านผ้าได้มากที่สุด พอลิเอสเทอร์ป้องกันรังสียูวีได้มากที่สุด รองลงมาเป็นไหม ขนสัตว์ไนลอน และเรยอน ผ้าดิบที่ผลิตจากใยธรรมชาติจากพืช (ฝ้าย) หรือ สัตว์ (ไหมและขนสัตว์) จะมีสีธรรมชาติอยู่ในเส้นใยซึ่งช่วยดูดซับรังสียูวีได้บางส่วน การฟอกผ้าดิบเหล่านี้แล้วไม่ได้ย้อมสีจะทำให้ดูดซับรังสียูวีได้น้อยลงไปอีกเพราะสีในธรรมชาติถูกทำลายไป ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ไนลอน และเรยอนจะมีสารลดความมันอยู่ในเส้นใย (ไททาเนียมไดออกไซด์) ซึ่งจะช่วยดูดซับรังสียูวีได้บางส่วนคือ เฉพาะรังสียูวีเอ ผ้าที่ย้อมหรือพิมพ์จะป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าที่ไม่ย้อมหรือไม่พิมพ์และผ้าสีเข้มป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าสีอ่อนเพราะสีจะช่วยดูดซับรังสียูวีเอาไว้

Patricia Cox Crews, Stephen Kachman และ Andrea G. [18] ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้าที่ทอจากเส้นใยฝ้าย เรยอน ไหม ขนสัตว์ ไนลอน และพอลิเอสเทอร์ ที่ไม่ผ่านการย้อมสีและมีโครงสร้างของผ้าที่ต่างกัน พบว่าผ้าที่มีเนื้อแน่นจะสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าเนื้อโปร่ง ผ้าหนาสามารถป้องกันรังสียูวีดีกว่าผ้าบาง ผ้าที่มีรูพรุนน้อยสามารถป้องกันรังสียูวีดีกว่าผ้าที่มีรูพรุนมาก

2.7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตกแต่งสำเร็จผ้าเพื่อป้องกันรังสียูวี

การตกแต่งสำเร็จผ้าด้วยสารดูดซับรังสียูวี (uv absorber) เป็นการเคลือบสารเคมีที่สามารถดูดซับรังสียูวีเอและยูวีบีลงบนผ้า และทำให้ผ้าดูดซับรังสียูวีได้มากขึ้น จนในบางครั้งได้เกือบ 100% คือ แทบไม่มีรังสียูวีทะลุผ่านผ้า ซึ่งสารป้องกันรังสียูวีที่สามารถนำมาใช้ในการตกแต่งสำเร็จมีอยู่ 2 ชนิดคือ สารป้องกันแสงและสารต่อต้านตัวรับอิเลคตรอน สารป้องกันแสงจะมีปฏิกิริยาต่อรังสียูวีและแสงที่มองเห็น (visible light) โดยการดูดซับและ/หรือ เกิดการกระเจิงของแสง และค่อยๆ ปล่อยพลังงานที่ดูดซับไว้ออกมาในรูปความร้อนที่ไม่เป็นอันตราย ผ้าชนิดนี้จะป้องกันหรือช่วยกรองรังสียูวีจากแสงอาทิตย์ สารป้องกันแสงจะประกอบด้วย ออกไซด์ของโลหะเช่น titanium dioxide, tin oxide เกลือของโลหะหลายๆ ชนิดและสารประกอบอินทรีย์ที่ดูดซับรังสียูวี เช่น ortho-substituted benzotriazoles, triazine หรือ benzophenones ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารอินทรีย์อะโรมาติก สามารถถ่ายทอดพลังงานที่ดูดซับไว้ภายในโครงสร้างวงแหวนอะโรมาติกและด้วยเหตุนี้ ทำให้เกิดการกระจายของพลังงานจนในที่สุดจะเกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลและความร้อนเกิดขึ้น

สารต่อต้านตัวรับอิเลคตรอน ปกติจะเกลือโลหะหนัก ซึ่งจะไปรบกวนปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารประกอบอินทรีย์อะโรมาติก เช่น phenols และ อนุพันธ์ของ thiol ซึ่งสามารถให้ไฮโดรเจนกับอนุมูล ทำให้อนุมูลอิสระมีเสถียรภาพมากขึ้น จึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาอีกต่อไป สารต่อต้านตัวรับอิเลคตรอนนี้เมื่อหมดไปแล้วก็ไม่สามารถป้องกันรังสียูวีได้อีก [19,20] ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายกลุ่มสนใจที่จะศึกษาการตกแต่งสำเร็จผ้าด้วยสารดูดซับรังสียูวีดังต่อไปนี้

A.H. Kehayoglou และ E.G. Tsatsaroni [21] ได้ทดลองนำผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีดิสเพอร์สที่มีความเข้มข้นของสีตั้งแต่ 0.5 – 2% owf มาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Tinuvin P ที่มีความเข้มข้น 0.1 – 2.5% owf โดยมีกระบวนการตกแต่งสำเร็จพร้อมกับการย้อมและหลังการย้อมพบว่า ผ้าที่ผ่านการตกแต่งพร้อมกับการย้อม มีการดูดติดของสี (uptake) ลดลงเล็กน้อย และผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีจะมีความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ แต่ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม

E.G. Tsatsaroni และ A.H. Kehayoglou [22] ทดลองนำผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีดิสเพอร์สที่มีความเข้มข้นของสีตั้งแต่ 0.5 – 2% owf มาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี 3 ชนิดคือ Tinuvin P Tinuvin 320 และ Ultrafast 800 ซึ่งในแต่ละชนิดจะใช้ความเข้มข้นเท่ากันคือ 0.5 – 2% owf โดยมีกระบวนการตกแต่งสำเร็จพร้อมกับการย้อมและหลังการย้อมพบว่า การดูดติดสีของผ้าที่มีการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมกับการย้อมทั้ง 3 ชนิดจะขึ้นอยู่กับ

ความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการย้อมและความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ แต่ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Ultrafast 800 และมีการตกแต่งหลังการย้อมจะมีความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Tinuvin P และ Tinuvin 320

A.H. Kehayoglou และคณะ [23] ได้ศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันของสารดูดซับรังสียูวี 3 ชนิดคือ Tinuvin P Tinuvin 327 และ DHB ต่อความคงทนของสีต่อแสงของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส โดยมีกระบวนการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมพบว่า ความคงทนของสีต่อแสงของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทั้ง 3 ชนิดให้ผลที่ใกล้เคียงกัน

E.G. Tsatsaroni และคณะ [24] ได้ศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันของสารดูดซับรังสียูวี 3 ชนิดคือ Tinuvin P Tinuvin 327 และ DHB ต่อความคงทนของสีต่อแสงของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส โดยมีกระบวนการตกแต่งพร้อมกับการย้อมและหลังการย้อมพบว่า ความคงทนของสีต่อแสงของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทั้ง 3 ชนิดที่มีการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีการดูดติดสีและมีความคงทนของสีต่อแสงที่ดีกว่าการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม

Ping Yueh Wang, Yu ping Chen และ Pei Zhen Yang [25] ได้ทดลองนำผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วย CI Acid Blue 113 และ CI Acid Blue 40 มาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีเพิ่มขึ้นจะทำให้การดูดติดสีลดลง แต่จะทำให้ผ้ามีความคงทนของสีต่อแสงเพิ่มขึ้นและผ้าที่ผ่านการย้อมด้วย CI Acid Blue 40 จะมีความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าผ้าที่ผ่านการย้อมด้วย CI Acid Blue 113 ที่ความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีเดียวกัน

Violeta Vassileva, Stela Baltova และ Sneja Handjieva [26] ได้ศึกษาการเปลี่ยนสี (ΔE) หลังจากที่ถูกรังสียูวีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีแอซิดและมีการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารดูดซับรังสียูวีเพิ่มขึ้นจะทำให้การเปลี่ยนสีของผ้าหลังถูกรังสียูวีลดน้อยลง

Hironori Oda [27] ทดลองนำฟิล์มเซลลูโลสอะซิเตดที่ผ่านการย้อมด้วยสีแอซิดมาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพบว่า การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีจะช่วยให้สีที่ติดอยู่บนฟิล์มทนต่อรังสียูวีได้นานขึ้น

Lee. J.J. และคณะ [28] ได้ศึกษาผลของการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนผ้าไหมและผ้าขนสัตว์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีแอซิด โดยมีกระบวนการตกแต่งสำเร็จหลังจากการย้อม พบว่า ผ้าไหมและผ้าขนสัตว์จะไม่มีการเปลี่ยนสีของผ้าหลังจากการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี แต่สมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าขนสัตว์จะดีกว่าผ้าไหม

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาให้เข้าใจถึงสาเหตุและวิธีป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีและศึกษาสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์และผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมและการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งสีที่ใช้ในการย้อมได้แก่ สีรีแอคทีฟ สีดิสเพอร์ส และใช้สารดูดซับรังสียูวี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยฝ้ายและชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 ผ้าตัวอย่าง :

ผ้าที่ใช้ในงานวิจัยมี 3 ชนิด ซึ่งผ่านการทำความสะอาดและฟอกขาวแล้ว รายละเอียดของผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผ้าที่ใช้ในงานวิจัย

ชนิดของผ้า	โครงสร้างผ้า	จำนวนของเส้นด้ายในแนว (เส้นต่อนิ้ว)		เบอร์เส้นด้าย		น้ำหนักผ้า (กรัม/100 ตร.ซม.)
		ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	
ผ้าฝ้าย	ผ้าทอลายทแยง 3:1	108	56	16 Ne'	12 Ne'	2.8302
ผ้าพอลิเอสเทอร์	ผ้าทอลายทแยง 2:1	109	87	150 De'	150 De'	1.5453
ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (55/45)	ผ้าทอลายทแยง 3:1	78	40	16 Ne'	12 Ne'	2.0004

หมายเหตุ Ne' คือ cotton count

De' คือ denier

3.1.2 สีย้อมและสารดูดซับรังสียูวี

สีย้อมและสารดูดซับรังสียูวีที่ใช้ในงานวิจัย แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 สีย้อมที่ใช้ในงานวิจัย

ชนิดของสี	ชื่อทางการค้าของสี	C.I. Number	ผู้ผลิต
สีรีแอคทีฟ	Drimarene® Red X-6BN p Drimarene® Yellow X-4RN p Drimarene® Blue X-BLN p	C.I. Reactive Red 243 C.I. Reactive Orange 70 C.I. Reactive Blue 198	Clariant Chemicals (Thailand) Ltd.
สีดิสเพอร์ส	Foron® Red RD-GL 200 Foron® Yellow-Brown RD-2RS Foron® Blue RD-GLF	- - -	Clariant Chemicals (Thailand) Ltd.

ตารางที่ 3.3 สารดูดซับรังสียูวีที่ใช้ในงานวิจัย

ชื่อทางการค้าของสารดูดซับรังสียูวี	ผู้ผลิต
Rayosan® C Paste	Clariant Chemicals (Thailand) Ltd.
Rayosan® P Liquid	Clariant Chemicals (Thailand) Ltd.

3.1.3 **สารเคมี**

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	ผู้ผลิต
โซเดียมคลอไรด์	รุ่งทรัพย์เคมีคอล จำกัด
โซเดียมคาร์บอเนต	"
กรดแอซิติก	"
โซเดียมไฮดรอกไซด์	"
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์	"
สารช่วยกระจายสี (Setamal® BL)	BASF (ประเทศไทย) จำกัด
สารหล่อลื่น (Primasol® FH-JET-S)	"
สารลดฟอง	สหวรกิจ จำกัด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์/เครื่องมือ	แบบ/รุ่น	ผู้ผลิต
เครื่องย้อมผ้า	Circular Jet	Hisaka Works Ltd., Japan
เครื่องวัดสี (Macbeth reflectance spectrophotometer)	COLOR®-EYE 7000	Kollmogan Instrument Corporation, Germany
เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Tester)	LLOYD,LR 5 K	LLOYD Instrument
เครื่องทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า (Stiffness Tester)	Shirley Stiffness Tester	Shirley Development Ltd., England
เครื่องวัดความคงทนของสีต่อแสง	XenoTEST Belta LM	Heraeus Industrietechnik, Germany
เครื่องวัดความคงทนของสีต่อการซัก	Rota Wash, M228	-

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟ

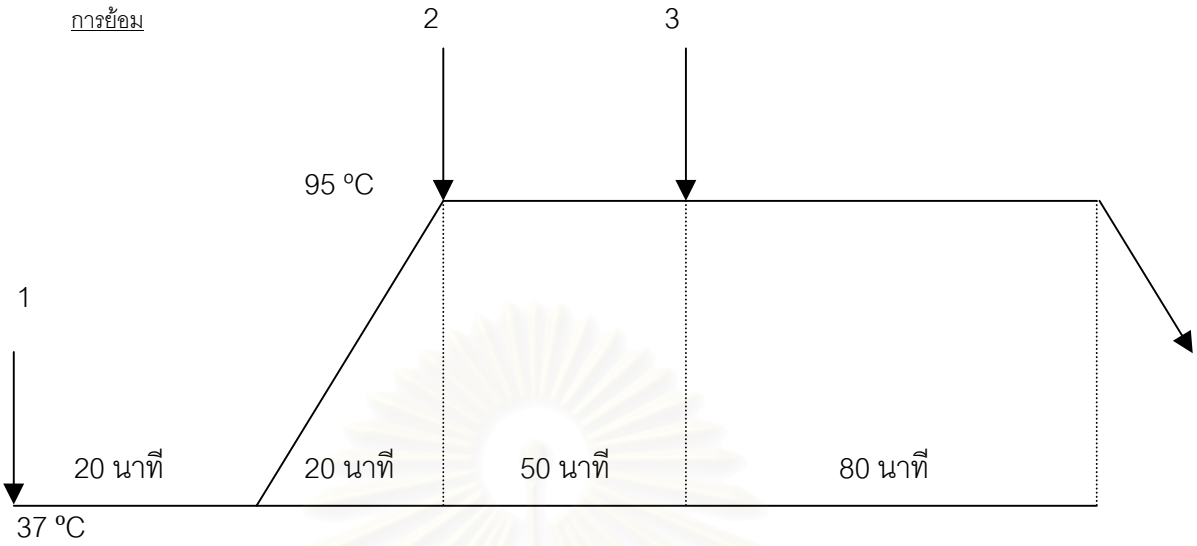
ทำการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟเฉดสีต่าง ๆ คือ สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p) สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p) หรือ สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p) ที่ระดับความเข้มข้นของสีร้อยละ (%owf) 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักผ้า ในเครื่องย้อม circular jet ใช้อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 pH 10.5 -11 โดยขั้นแรกจะใส่ผ้าฝ้ายลงในเครื่องย้อมจากนั้นจึงเติมโซเดียมคลอไรด์ตามความเข้มข้นในตารางที่ 3.6 และสารลดฟอง ความเข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อลิตร สารหล่อลื่น ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95 องศาเซลเซียสแล้วจึงเติมสีรีแอคทีฟลงในเครื่องและคงไว้ที่อุณหภูมินี้เพื่อย้อมเป็นเวลา 50 นาที แล้วจึงเติมโซเดียมคาร์บอเนต ตามความเข้มข้นในตารางที่ 3.6 จากนั้นจึงย้อมต่อไปอีก 80 นาที หลังจากย้อมเสร็จแล้ว ล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงล้างต่อเพื่อกำจัดสีที่ไม่ผนึกบนผ้าออกด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร

ที่อุณหภูมิ 95 - 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำเย็นอีกหนึ่งครั้งและทำให้แห้ง ปริมาณสารช่วยย้อมที่ใช้และขั้นตอนการย้อมแสดงในตารางที่ 3.6 และแผนภาพที่ 3.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.6 ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมสีรีแอคทีฟ [29]

สี Drimarene X (% owf)	สารช่วยย้อม	
	โซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อลิตร)	โซเดียมคาร์บอเนต (กรัมต่อลิตร)
0.5	30	8
1.0	40	10
2.0	50	12
3.0	60	15
4.0	70	18

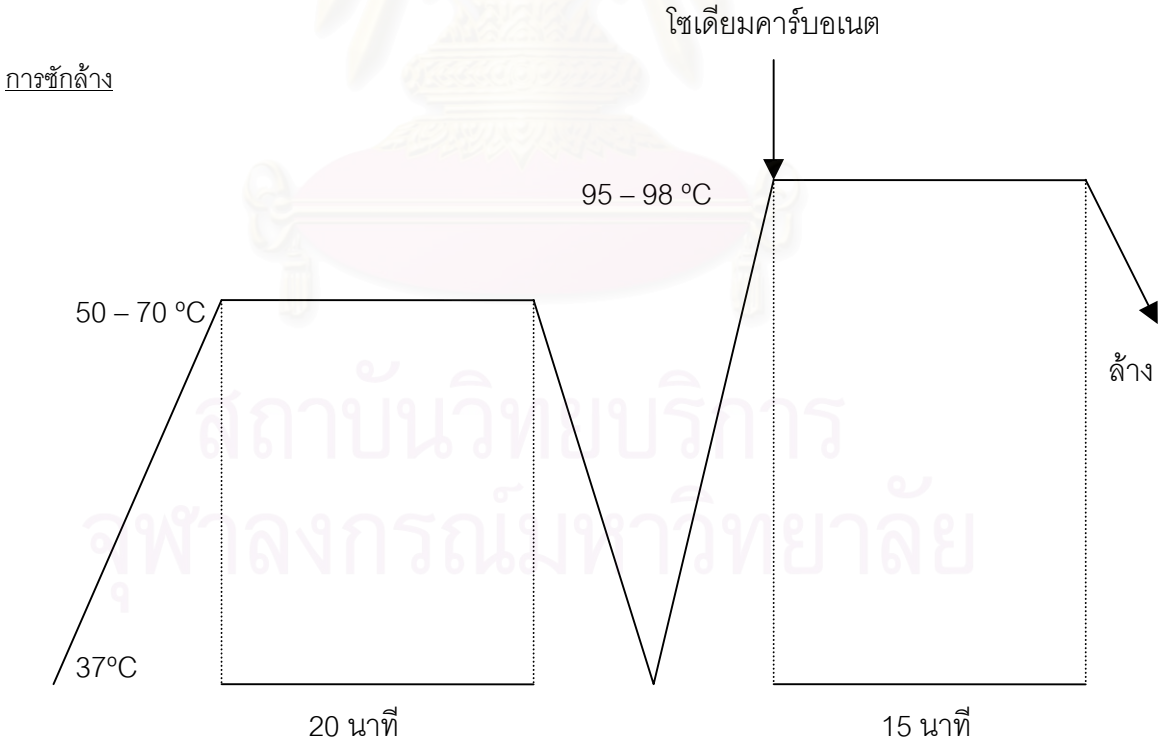
รูปที่ 3.1 เครื่องย้อม circular jet



อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 ค่า pH 10.5-11

ขั้นตอนการย้อม

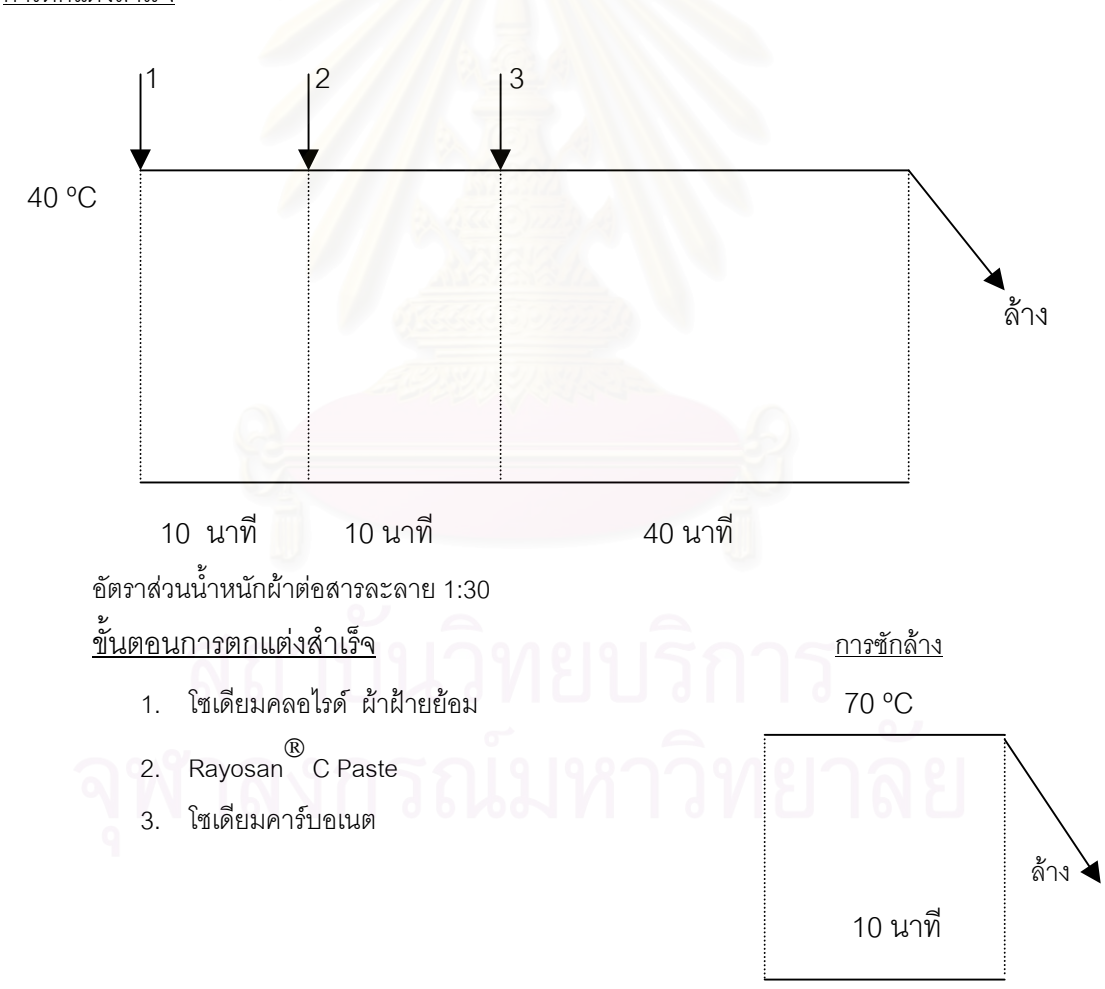
1. ผ้าฝ้าย เกลือโซเดียมคลอไรด์ สารลดฟอง สารหล่อลื่น
2. สี Drimarene® Blue X-BLN p สี Drimarene® Yellow X-4RN p หรือสี Drimarene® Red X-6BN p
3. โซเดียมคาร์บอเนต



แผนภาพที่ 3.1 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟ [29]

3.3.2 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟตามวิธีในข้อ 3.3.1 แล้วถูกนำมาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C Paste โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:30 ซึ่งขั้นตอนแรกจะใส่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟแล้วลงในเครื่องย้อม circular jet และเติมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเติมสารดูดซับรังสียูวีความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีแล้วจึงเติมโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า แล้วตกแต่งสำเร็จผ้าต่อไปอีก 40 นาที หลังจากนั้นจึงล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำเย็นอีกหนึ่งครั้งและทำให้แห้ง ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จแสดงในแผนภาพที่ 3.2



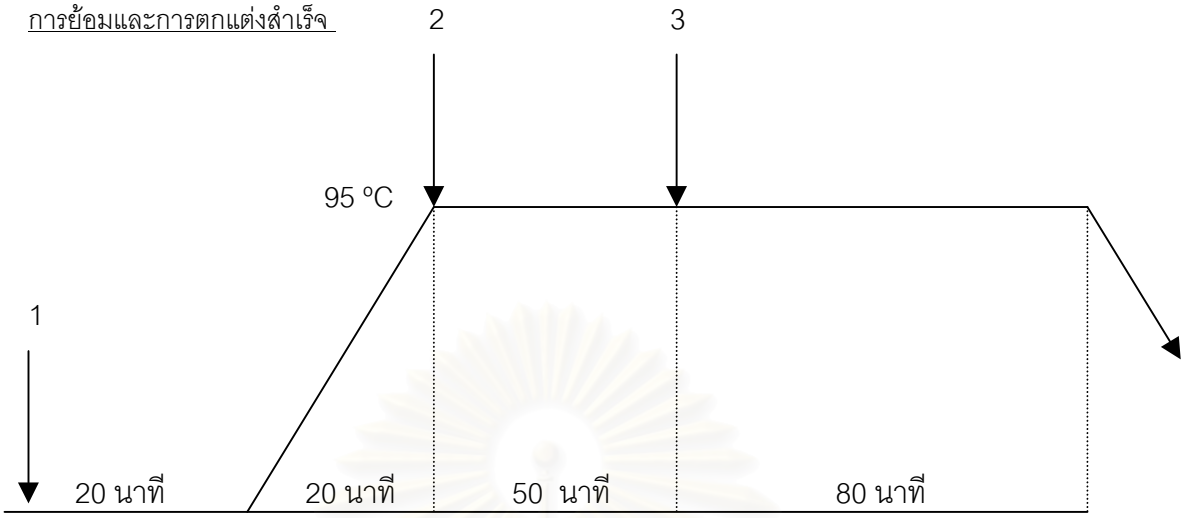
แผนภาพที่ 3.2 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี [30]

3.3.3 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี เป็นการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟเฉดสีต่างๆ คือ สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p) สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p) หรือ สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p) ที่ระดับความเข้มข้นของสีร้อยละ (%owf) 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักผ้าพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C Paste ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ในเครื่องย้อม circular jet โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 pH 10.5 -11 โดยขั้นแรกจะใส่ผ้าฝ้ายลงในเครื่องย้อมจากนั้นจึงเติมโซเดียมคลอไรด์ตามความเข้มข้นในตารางที่ 3.7 และสารลดฟอง ความเข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อลิตร สารหล่อลื่น ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมสีรีแอคทีฟและสารดูดซับรังสียูวี ลงในเครื่องและคงไว้ที่อุณหภูมินี้เพื่อย้อมเป็นเวลา 50 นาที แล้วจึงเติมโซเดียมคาร์บอเนตตามความเข้มข้นในตารางที่ 3.7 จากนั้นจึงย้อมต่อไปอีก 80 นาที หลังจากย้อมเสร็จแล้ว ล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 50 – 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงล้างต่อเพื่อกำจัดสีที่ไม่ผนึกบนผ้าออกด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 95 -98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำเย็นอีกหนึ่งครั้ง และทำให้แห้ง ปริมาณสารช่วยย้อมที่ใช้และขั้นตอนการย้อมแสดงในตารางที่ 3.7 และแผนภาพที่ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.7 ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี [29,30]

สี Drimarene X (% owf)	สารช่วยย้อม	
	โซเดียมคลอไรด์(กรัมต่อลิตร)	โซเดียมคาร์บอเนต (กรัมต่อลิตร)
0.5	100	12
1.0	110	14
2.0	120	16
3.0	130	19
4.0	140	22



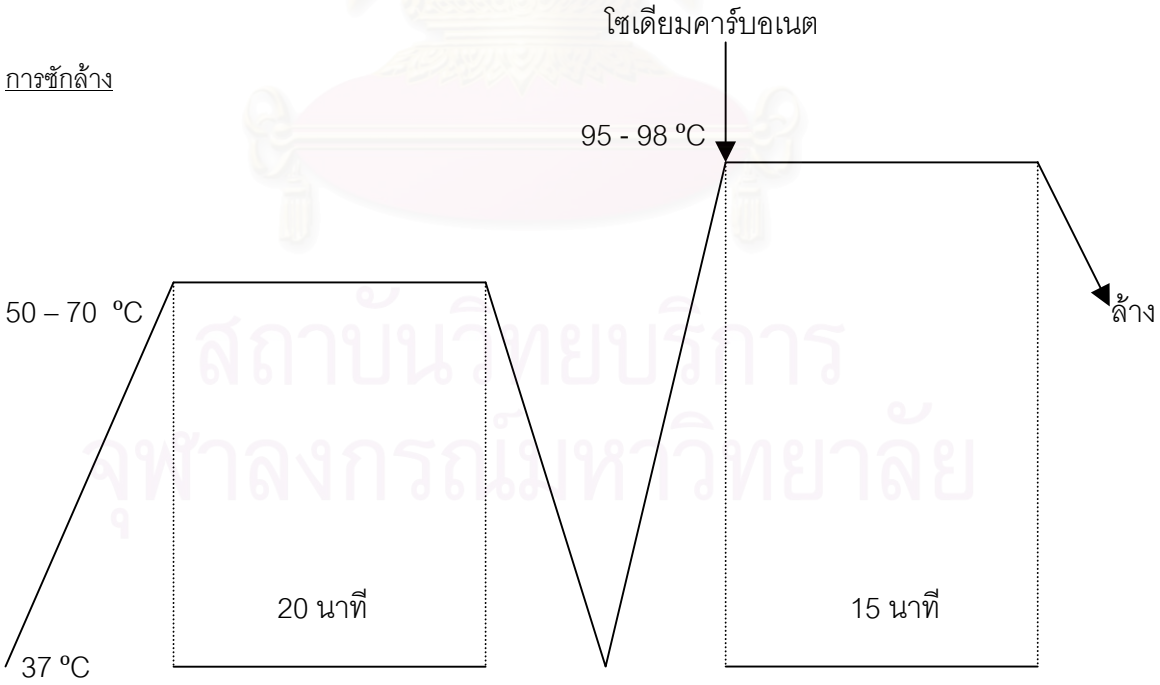
อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 ค่า pH 10.5-11

ขั้นตอนการย้อมและตกแต่งสำเร็จ

1. ผ้าฝ้าย โซเดียมคลอไรด์ สารลดฟอง สารหล่อลื่น

2.สี Drimarene® Blue X-BLN p สี Drimarene® Yellow X-4RN p หรือสี Drimarene® Red X-6BN p และ Rayosan® C Paste

3.โซเดียมคาร์บอเนต



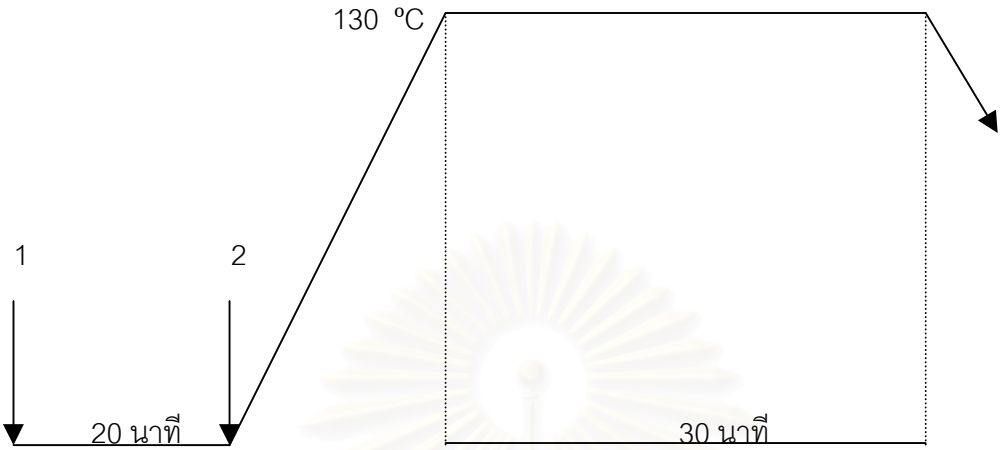
แผนภาพที่ 3.3 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี [29,30]

3.3.4 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส

ทำการย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์เฉดสีต่าง ๆ คือ สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD – GLF) สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD – 2RS) หรือสีแดง (Foron® Red RD – GL 200) ที่ระดับความเข้มข้นของสีร้อยละ(%owf) 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักผ้า ในเครื่องย้อม circular jet ใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 pH 4.5-5 โดยขั้นแรกจะใส่ผ้าพอลิเอสเทอร์ลงในเครื่องย้อม จากนั้นจึงเติม Setamol® BL ซึ่งเป็นสารช่วยกระจายสีความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตรและกรดแอซิติกความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที จึงทำการเติมสีดิสเพอร์สลงในเครื่องเพื่อย้อม แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 130 องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้เพื่อย้อมเป็นเวลา 30 นาที หลังจากย้อมเสร็จแล้วล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นกระทำการ reduction clearing เพื่อกำจัดสีที่ไม่ผนึกติดบนผ้าออกในสารละลายที่ประกอบด้วยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และทำให้แห้ง ขั้นตอนการย้อมและการทำ reduction clearing แสดงในแผนภาพที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การย้อม



60 ºC

อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 ค่า pH 4.5-5

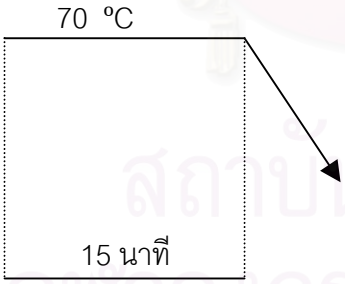
ขั้นตอนการย้อม

1. ผ้าพอลิเอสเทอร์ สารช่วยกระจายสี (Setamol® BL) กรดแอซิติก

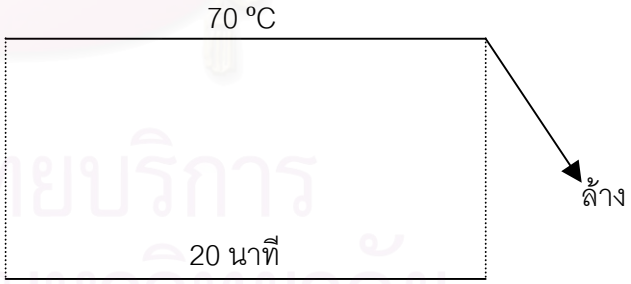
2. สี Foron® Blue RD – GLF สี Foron® Yellow-Brown RD – 2RS หรือสี Foron® Red RD – GL 200

แผนภาพที่ 3.4 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส [31]

การซักล้าง



การทำ reduction clearing



อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:30

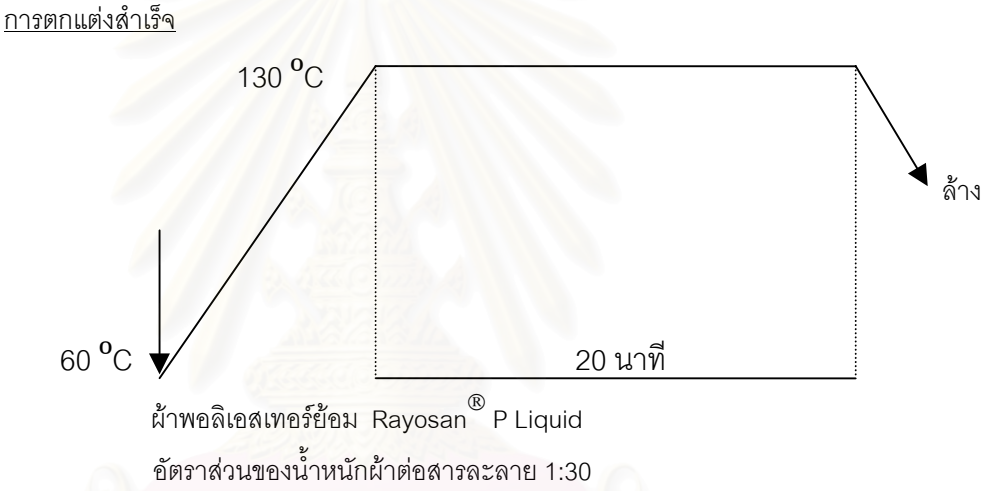
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

โซเดียมไฮดรอกไซด์

แผนภาพที่ 3.5 การทำ reduction clearing ของผ้าพอลิเอสเทอร์ [31]

3.3.5 การตกแต่งสำเร็จผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมและการทำ reduction clearing ตามวิธีในข้อ 3.3.4 ถูกนำมาตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P Liquid ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:30 โดยจะใส่ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมสีดิสเพอร์สแล้วพร้อมกับสารดูดซับรังสียูวี ลงในเครื่องย้อม circular jet อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 130 องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 20 นาทีเพื่อตกแต่งสำเร็จ หลังจากตกแต่งสำเร็จเสร็จแล้ว ล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำร้อนและน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงทำให้แห้ง ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จแสดงในแผนภาพที่ 3.6



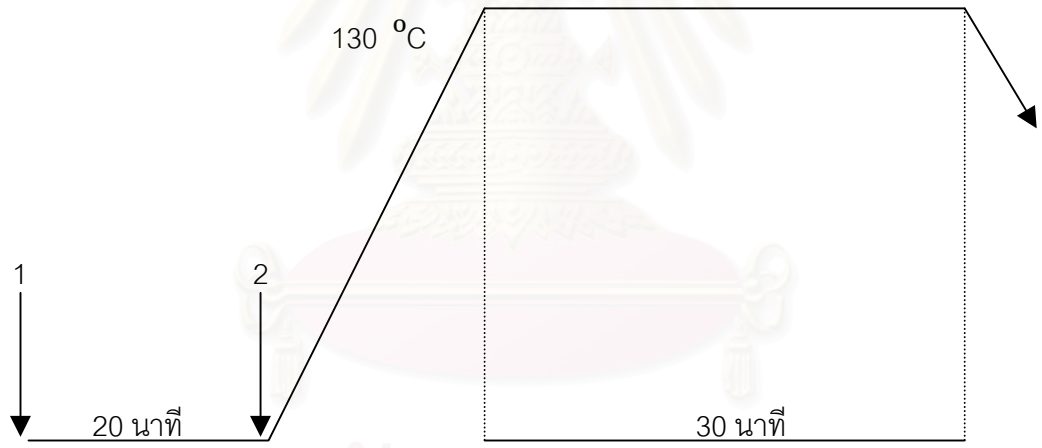
แผนภาพที่ 3.6 การตกแต่งสำเร็จผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี [32]

3.3.6 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์พร้อมการตกแต่งสำเร็จ เป็นการย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยเฉดสีต่าง ๆ คือ สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD – GLF) สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD – 2RS) หรือสีแดง (Foron® Red RD – GL 200) ที่ระดับความเข้มข้นของสีร้อยละ(%owf) 0.5 ถึง 4 ของน้ำหนักผ้า พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P Liquid ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ในเครื่องย้อม circular jet ใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40

pH 4.5 - 5 โดยขั้นแรกจะใส่ผ้าพอลิเอสเทอร์ลงในเครื่องย้อม จากนั้นจึงเติม Setamol® BL ซึ่งเป็นสารช่วยกระจายสีความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตรและกรดแอซิติก ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที จึงทำการเติมสีดิสเพอร์สและสารดูดซับรังสียูวีลงในเครื่องเพื่อย้อมและตกแต่งสำเร็จ แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 130 องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้เพื่อย้อมเป็นเวลา 30 นาที หลังจากย้อมเสร็จแล้วล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นกระทำการ reduction clearing เพื่อกำจัดสีที่ไม่ผนึกติดบนผ้าออกในสารละลายที่ประกอบด้วยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงล้างผ้าในเครื่องด้วยน้ำอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และทำให้แห้ง ขั้นตอนการย้อมและการทำ reduction clearing แสดงในแผนภาพที่ 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ

<u>การย้อมและตกแต่งสำเร็จ</u>



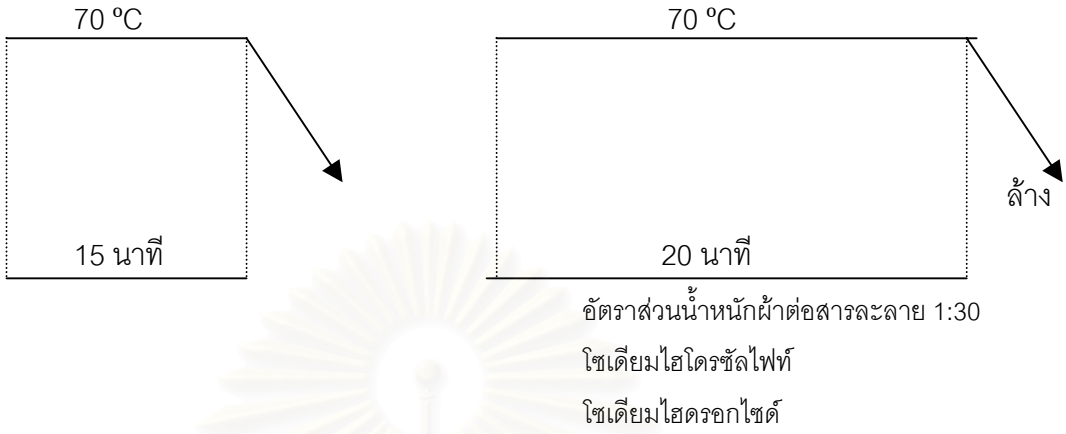
อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40 ค่า pH 4.5-5

<u>ขั้นตอนการย้อมและตกแต่งสำเร็จ</u>

1. ผ้าพอลิเอสเทอร์ สารช่วยกระจายสี (Setamol® BL) กรดแอซิติก

2. สี Foron® Blue RD – GLF สี Foron® Yellow-Brown RD – 2RS หรือสี Foron® Red RD – GL 200 และ Rayosan® P Liquid

แผนภาพที่ 3.7 การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สพร้อมการตกแต่งสำเร็จ [31,32]



แผนภาพที่ 3.8 การทำ reduction clearing ของผ้าพอลิเอสเทอร์ [31]

3.3.7 การย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยสีรีแอคทีฟและสีดิสเพอร์ส

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ถูกย้อมส่วนของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สและทำ reduction clearing ก่อนตามวิธีในข้อ 3.3.4 ซึ่งขั้นตอนการย้อมและ reduction clearing แสดงในแผนภาพที่ 3.4 และ 3.5 จากนั้นจึงกระทำการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟและซักล้างตามวิธีในข้อ 3.3.1 ซึ่งขั้นตอนการย้อม การซักล้างและปริมาณสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟจะแสดงในแผนภาพที่ 3.1 และตารางที่ 3.6 ตามลำดับ [29,31]

3.3.8 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ ตามวิธีในข้อ 3.3.7 ถูกนำมาแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีตามวิธีในข้อ 3.3.2 ซึ่งขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จแสดงในแผนภาพที่ 3.2 [30]

3.3.9 การย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พร้อมตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ถูกย้อมส่วนของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สและทำ reduction clearing ก่อนตามวิธีในข้อ 3.3.4 ซึ่งขั้นตอนการย้อมแสดงในแผนภาพที่ 3.4, 3.5 จากนั้นจึงกระทำการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและซักล้างตามวิธีในข้อ 3.3.3 ซึ่งขั้นตอนการย้อมพร้อมการการตกแต่งสำเร็จ การซักล้างและปริมาณสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี จะแสดงในแผนภาพที่ 3.3 และตารางที่ 3.7 ตามลำดับ [29,30,31]

3.4 การทดสอบ

การทดสอบผ้าในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาสมบัติของผ้าที่ผ่านการย้อมและการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งการทดสอบประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) หลังการตกแต่งสำเร็จ ความแข็งแรงของผ้า การดูดซึมน้ำของผ้า ความแข็งกระด้างของผ้า ความคงทนของสีผ้าต่อแสง ความคงทนของสีผ้าต่อการซักและการป้องกันรังสียูวีของผ้า

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) หลังการตกแต่งสำเร็จ

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีเทียบกับผ้าที่ย้อมสีแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมถูกนำมาวัดค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยเครื่องวัดสี (Macbeth reflectance spectrophotometer) แต่ละตัวอย่างจะวัดซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสี ถ้าค่าความแตกต่างของสีนี้มีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไป ถือว่าผ้าเหล่านี้มีสีแตกต่างกันในระดับที่ตามองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งหมายความว่าผ้ามีสีแตกต่างกันมากเกินไปโดยปกติมักกำหนดว่าค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ไม่ควรเกิน 0.3 – 0.5 (เกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ) และนำค่าที่วัดได้จากเครื่องดังกล่าวมาเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า ตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 “Gray Scale for Color Change” [33] โดยกำหนดไว้ตามตารางที่ 3.8

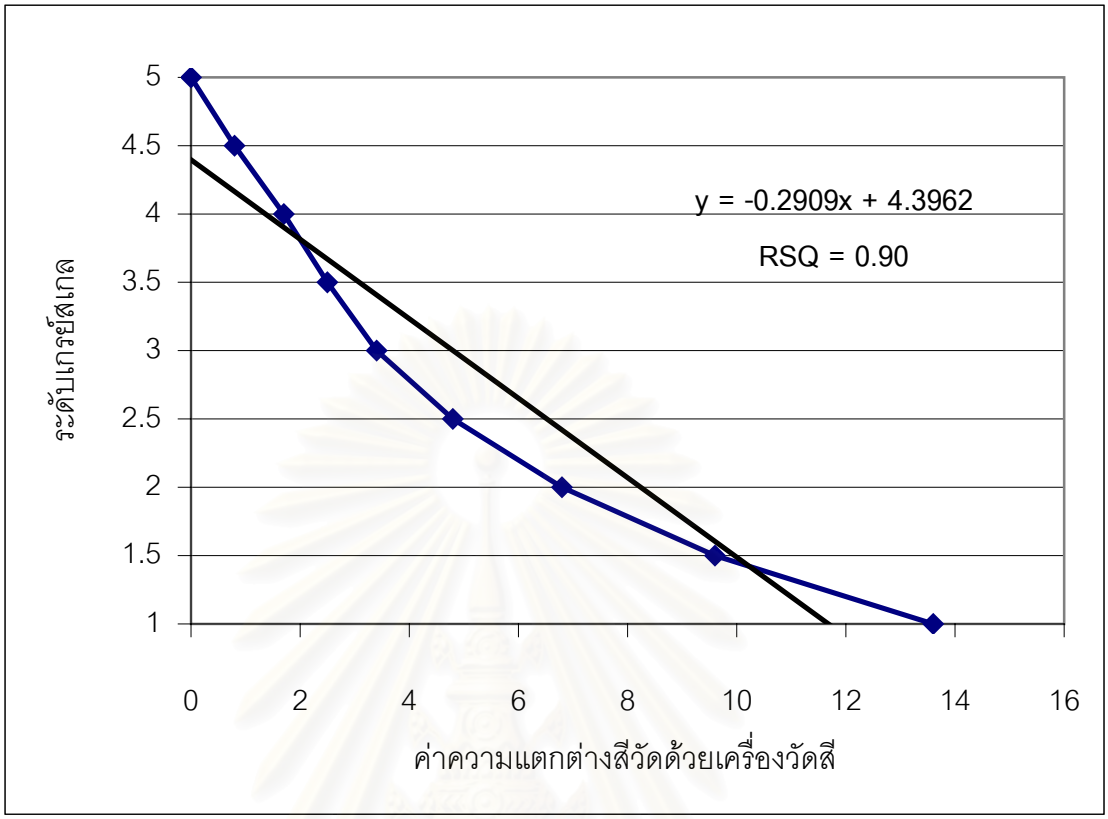
ตารางที่ 3.8 ค่าความแตกต่างของสีผ้าที่วัดด้วยเครื่องวัดสี (CIELAB Units) เทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล [33]

ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล	ค่าความแตกต่างของสีผ้าระบบ (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

โดยที่ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 “Gray Scale for 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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของสีผ้าระบบ CIELAB ที่วัดด้วยเครื่องวัดสีกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกล

รูปที่ 3.3 เครื่องวัดสี Macbeth reflectance spectrophotometer รุ่น COLOR® - EYE 7000

3.4.2 **ความแข็งแรงของผ้า**

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อวัดค่าความแข็งแรงที่เปลี่ยนแปลงไปของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีเทียบกับผ้าที่ย้อมสีแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งผ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผ้าทอ จึงเลือกใช้การทดสอบหาแรงดึงและการยืดตัวที่ทำให้ผ้าขาดโดยวิธีแกรบ

การทดสอบความแข็งแรงของผ้าทอจะใช้วิธีวัดความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 121 เล่มที่ 16 พ.ศ. 2526 “ แรงดึงและการยืดตัวที่ทำให้ผ้าขาดโดยวิธีแกรบ ” ซึ่งวิธีแกรบ หมายถึง การทดสอบต้านทานแรงดึงของผ้าตามสภาพการใช้งานของผ้าซึ่งในที่นี้หมายถึงแรงต้านทานของเส้นด้ายในความกว้างที่กำหนดรวมถึงแรงต้านทานเสริมจากเส้นด้ายข้างเคียง

วิธีหาความต้านทานแรงดึงของผ้าทำได้โดย ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 10 เซนติเมตรและยาว 20 เซนติเมตร ตามแนวด้ายยืน (warp) และด้ายพุ่ง (weft) ด้านละ 7 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง และทดสอบด้วยเครื่อง LLOYD รุ่น LR 5 K โดยใช้ load cell ขนาด 5 กิโลนิวตัน อัตราเร็วที่ใช้ในการดึง 200 มิลลิเมตรต่อนาที มี gage length หรือระยะดึง 75 มิลลิเมตร ใช้ปากจับชิ้นตัวอย่างขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตรและบันทึกค่าแรงดึงขาด (breaking load) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด (elongation at break) ของแต่ละชิ้นในแต่ละแนวเส้นด้ายแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความต้านทานแรงดึง ของ LLOYD รุ่น LR 5 K

3.4.3 การดูดซึมน้ำของผ้า

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและผ้าที่ย้อมสีแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้าใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 79-2000 “Absorbency of Bleached Textiles” โดยการใช้หลอดหยด หยดน้ำลงบนผิวชิ้นทดสอบที่ขึงตึง เป็นจำนวน 10 หยด ในจุดที่ต่างๆ กันโดยแต่ละจุดห่างกัน 2 เซนติเมตร แล้วจับเวลาจนกระทั่งหยดน้ำซึมหายไป ซึ่งผ้าที่ผ่านการย้อมและตกแต่งสำเร็จในงานวิจัยนี้ควรมีสมบัติการดูดซึมน้ำที่ดีคือ ดูดซึมน้ำได้ทันทีที่หยดน้ำลงบนผ้า

3.4.4 ความแข็งกระด้างของผ้า

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบความแข็งกระด้างที่เปลี่ยนไปของผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมถูกนำมาวัดหาค่าความแข็งกระด้างเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จตามมาตรฐาน ASTM D 1388-96, “ Stiffness of Fabrics “ โดยใช้เครื่อง Shirley Stiffness Tester

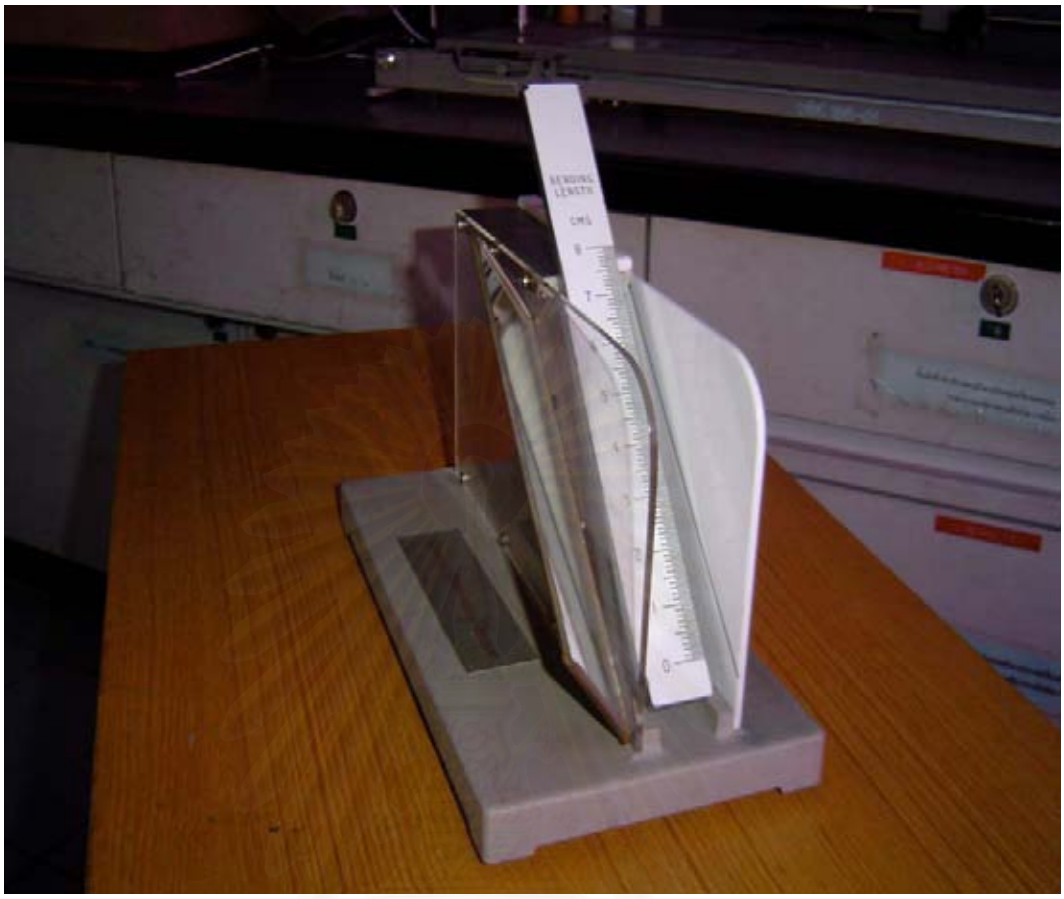
วิธีหาความแข็งกระด้างของผ้ากระทำโดยการตัดผ้าเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้างและความยาวเท่ากับไม้บรรทัดของเครื่องทดสอบ โดยตัดทั้งแนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืน จากนั้นจึงวางผ้าที่ขอบของเครื่องแล้ววางไม้บรรทัดทับบนผ้าให้เลขศูนย์ตรงกับขีดที่ขอบเครื่อง แล้วจึงเลื่อนไม้บรรทัดวัดออกมาให้ปลายโค้งตกลงมาที่เส้น 41.5º โดยมองภาพในกระจก อ่านค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอลงมา (bending length) แล้วทำซ้ำโดยกลับผ้าทำจนครบ 4 ด้าน ในแต่ละชิ้นทดสอบ การทดสอบจะทำซ้ำในแนวด้ายยืนและในแนวด้ายพุ่งอย่างละชิ้น นำค่าความยาวที่ได้ในแต่ละชิ้นมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณค่าความแข็งกระด้างของผ้าตามสมการต่อไปนี้

$$G = W.c^3$$

เมื่อ G คือ ความแข็งกระด้างของผ้า , มิลลิกรัม.เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่ของผ้า , มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

c คือ ค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอ (bending length) , เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบความแข็งกระด้าง Shirley Stiffness Tester

3.4.5 ความคงทนของสีผ้าต่อแสง

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของสารดูดซับรังสียูวีที่มีต่อความคงทนสีผ้าต่อแสงของผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมถูกนำมาวัดความคงทนของสีผ้าต่อแสงเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จตามมาตรฐาน AATCC Test Method 16-1998 “Colorfastness to Light” Option I โดยใช้เครื่อง XenoTest Belta LM และหลอดไฟซีนอนรุ่น Xonstrahler มีพลังงานที่ฉายออกมาจากหลอด 48 ± 1 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30 ± 5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดสอบกระทำโดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบกับผ้ามาตรฐานขนสัตว์สีน้ำเงิน (standard blue wool fabrics) ซึ่งมีอัตราความคงทนของสีต่อแสงจากระดับ 1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึงระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด) ซึ่งชิ้นทดสอบจะผ่านการฉายแสงพร้อมกับผ้ามาตรฐานทั้ง 8 ระดับ เมื่อชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับระดับ 3 และหรือ 4 ของเกรย์สเกลก็ตรวจดูว่า ผ้ามาตรฐานชิ้นใดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเช่นเดียวกับชิ้นทดสอบ ให้จัดระดับความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบเท่ากับผ้ามาตรฐานชิ้นนั้น ซึ่งการทดสอบจะกระทำ 1 ชิ้นทดสอบต่อตัวอย่างและทดสอบเพียงครั้งเดียว

รูปที่ 3.6 เครื่องทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง XenoTest Belta LM

3.4.6 **ความคงทนของสีผ้าต่อการซัก**

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของสารดูดซับรังสียูวีที่มีต่อความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ผ่านการย้อมและตกแต่งสำเร็จเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมถูกนำมาวัดความคงทนของสีผ้าต่อการซักเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 121 เล่มที่ 3 พ.ศ. 2518 “ความคงทนของสีต่อการซักฟอก” วิธีที่ 1 โดยใช้เครื่อง Rota Wash รุ่น M 228 มีความเร็วแกนหมุน 40 $\pm$ 2 รอบต่อนาที

วิธีการทดสอบทำโดยการประกบด้านหน้าผ้าที่จะทดสอบด้วยผ้าชนิดเดียวกันที่ไม่ได้ย้อมและตกแต่งสำเร็จแล้วนำมาซักในน้ำสบู่มาตรฐานความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผ้าตัวอย่างต่อน้ำสบู่ 1 : 50 อุณหภูมิที่ใช้ในการซัก 42 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เวลาในการซัก 30 นาที เมื่อซักเสร็จแล้วให้นำชิ้นทดสอบมาล้างในน้ำกลั่น 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำซึ่งไหลตลอดเวลาเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงผึ่งชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการทดสอบจะกระทำ 1 ชิ้นทดสอบต่อตัวอย่างและทดสอบเพียงครั้งเดียว แล้ววัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและการเปื้อนติดสีและค่าความขาวบนผ้าประกบหลังการทดสอบ ด้วยเครื่องวัดสี (Macbeth reflectance spectrophotometer) และนำค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องดังกล่าวมาเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า ตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 “Gray Scale for Color Change” [33] โดยกำหนดไว้ตามตารางที่ 3.8 และ AATCC Evaluation Procedure 2 “Gray Scale for Staining” [34] ตามตาราง 3.9 ซึ่งเป็นมาตรฐานในการแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงของสีและการเปื้อนติดสีเพื่อบอกระดับความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

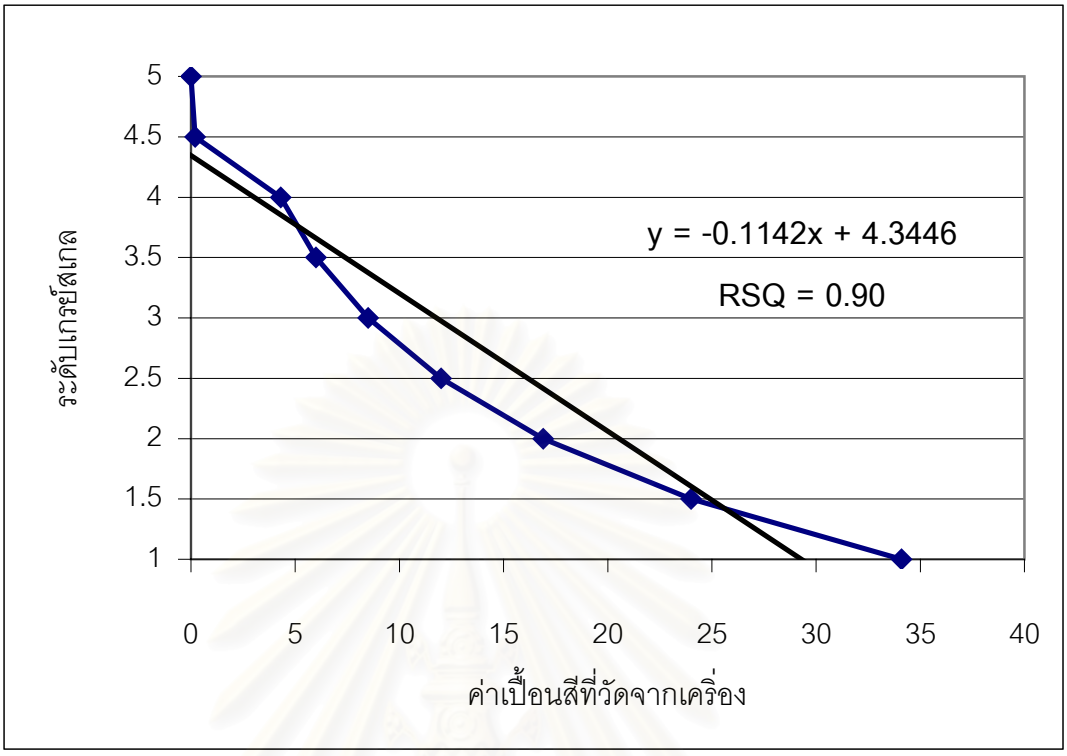
ตารางที่ 3.9 ค่าการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเครื่องวัดสี (CIELAB Units) เทียบกับระดับการเปื้อนติดสีของผ้าประกบวัดด้วยเกรย์สเกล [34]

ระดับการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเกรย์สเกล	ค่าการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIELAB	ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับมาตรฐาน CIELAB Units
5	0.0	+0.2
4-5	2.2	±0.3
4	4.3	±0.3
3-4	6.0	±0.4
3	8.5	±0.5
2-3	12.0	±0.7
2	16.9	±1.0
1-2	24.0	±1.5
1	34.1	±2.0

โดยที่ระดับการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 2 “Gray Scale for Staining” แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIELAB กับระดับการเปื้อนติดสีบนผ้าที่ประกบวัดด้วยเกรย์สเกล

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก RotaWash รุ่น M 228

3.4.7 การป้องกันรังสียูวีของผ้า

การทดสอบนี้กระทำขึ้นเพื่อศึกษาการป้องกันรังสียูวีจากแสงอาทิตย์ของผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีและเนื่องจากไม่มีเครื่องวัดการทะลุผ่านผ้าของรังสียูวี ดังนั้นจึงได้ดัดแปลงวิธีการทดสอบการป้องกันรังสียูวีของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีโดยวิธีต่อไปนี้

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมย้อมและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมถูกนำมาทดสอบความสามารถในการป้องกันรังสียูวีโดยสภาวะตามธรรมชาติเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ โดยวิธีการทดสอบกระทำโดยการย้อมผ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ด้วยสี methylene blue ในเครื่อง circular jet ความเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า ที่อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1 : 40 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (ขั้นตอนการย้อมแสดงได้ดังแผนภาพที่ 3.9) จากนั้นจึงนำมาล้างด้วยน้ำหลายๆ ครั้ง แล้วจึงทำให้แห้งโดยตากในที่ที่ไม่มีแสง จากนั้นนำผ้าที่ย้อมด้วยสี methylene blue ไปวางไว้ด้านหลังของผ้าตัวอย่างที่จะทดสอบ แล้วนำไปตากแดดโดยหันหน้าผ้าตัวอย่างที่จะทดสอบเข้าหาแสงอาทิตย์ โดยที่รังสียูวีจากแสงอาทิตย์จะทะลุผ่านผ้าตัวอย่างที่จะทดสอบลงมาถึงผ้าที่ย้อมสี methylene blue ซึ่งเป็นสีที่มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีที่เร็วมากเมื่อถูกแสง โดยจะทดสอบตากแสงอาทิตย์ที่กลางแจ้ง อุณหภูมิประมาณ 32 – 42 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อการทดสอบ 1 ครั้งและการทดสอบจะกระทำไปจนกว่าผ้าที่ย้อมด้วยสี methylene blue ไม่มีการเปลี่ยนสี โดยจะวัดจากค่าความแตกต่างสี (ΔE^*) และวัดค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าย้อมด้วยสี methylene blue ที่ผ่านการทดสอบเทียบกับผ้าดังกล่าวที่ไม่ผ่านการทดสอบ ด้วยเครื่องวัดสี (Macbeth reflectance spectrophotometer)

อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:40

ผ้าฝ้าย

สี methylene blue

แผนภาพที่ 3.9 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสี methylene blue [35]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์ และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ผ่านการย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกนำมาทดสอบหา การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) อันเนื่องจากการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบสมบัติอื่นๆ เช่น ความแข็งแรงของผ้า การดูดซึมน้ำของผ้า ความแข็งกระด้างของผ้า ความคงทนของสีผ้าต่อแสง ความคงทนของสีผ้าต่อการซักและการป้องกันรังสียูวีของผ้า ตามวิธีการทดสอบหัวข้อ 3.4 ซึ่งผลการทดสอบผ้ามีดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงของสีผ้า (ΔE^*) หลังการตกแต่งสำเร็จ

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกวัดค่าความแตกต่างของสีผ้าเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าเมื่อถูกตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี โดยเทียบกับเฉดสีที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งถ้าค่าความแตกต่างของสีผ้าเหล่านี้มีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไป ถือว่าผ้าเหล่านี้มีสีที่แตกต่างกันในระดับที่ตามองเห็นชัดเจน ซึ่งหมายความว่าผ้ามีสีที่แตกต่างกันมากจนสามารถสังเกตเห็นได้ โดยปกติมักกำหนดว่า ค่าความแตกต่างของสีไม่ควรเกิน 0.3 – 0.5 (เกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม) ผลการทดสอบมีดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf)	L^*	a^*	b^*
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)			
0.5	56.681	41.689	-16.610
1	49.274	52.780	-13.038
2	42.354	57.287	-7.019
3	33.323	52.975	-1.643
4	35.142	53.259	-1.681
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)			
0.5	82.641	12.028	46.876
1	79.984	16.738	55.175
2	77.445	20.958	62.643
3	76.192	20.371	65.096
4	73.712	23.062	67.530
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)			
0.5	67.534	-14.062	-26.724
1	60.588	-14.225	-31.799
2	54.788	-11.460	-34.657
3	51.350	-16.146	-29.096
4	44.703	-8.397	-38.844

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ

ค่า L^* คือ ค่าความสว่างของสี

ค่า a^* คือ ค่าของสีในแกน สีแดง – สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าของสีในแกน สีเหลือง - สีฟ้า

ตารางที่ 4.2 ค่า L^* , a^* , b^* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ระหว่างผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม				ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	49.635	50.705	-13.453	8.453	56.334	41.758	-17.080	0.588
1	43.435	55.797	-8.269	6.919	48.896	52.603	-13.280	0.483
2	38.269	58.023	-3.573	6.321	42.272	57.529	-7.774	0.573
3	33.377	54.686	-0.989	5.627	33.377	54.684	-1.632	0.268
4	33.403	54.742	-0.942	5.118	34.890	53.154	-1.589	0.210
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	81.042	13.777	50.719	2.794	82.534	12.963	49.074	0.521
1	78.433	17.844	57.732	2.552	79.990	16.740	55.144	0.332
2	76.529	22.035	63.579	2.922	77.368	20.893	62.447	0.194
3	75.164	21.289	68.426	2.667	76.204	20.289	65.214	0.191
4	73.243	24.870	69.231	2.126	73.748	23.062	67.453	0.148
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	63.332	-14.233	-28.170	4.438	67.544	-14.305	-26.704	0.244
1	56.955	-13.541	-33.325	4.477	60.916	-14.553	-31.540	0.531
2	55.709	-12.819	-34.425	2.658	55.598	-11.408	-34.465	0.562
3	46.252	-10.031	-35.087	4.777	51.146	-16.237	-29.727	0.669
4	40.067	-5.695	-40.983	6.774	44.902	-8.714	-38.687	0.406

หมายเหตุ

ค่า L^* คือ ค่าความสว่างของสี

ค่า a^* คือ ค่าของสีในแกน สีแดง – สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าของสีในแกน สีเหลือง - สีฟ้า

ตารางที่ 4.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าฝ้ายย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า		ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน	
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
0.5	Darker, More Red, Less Blue	Darker, Less Red, More Blue	1.9	4.1
1	Darker, More Red, More Blue	“	2.3	4.2
2	Darker, More Red, Less Blue	“	2.5	4.1
3	Lighter, More Red, More Blue	“	2.7	4.3
4	Darker, More Red , More Blue	“	2.8	4.3
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)				
0.5	Darker, More Red, More Yellow	Darker, More Red, Less Yellow	3.5	4.1
1	“	“	3.6	4.2
2	“	“	3.5	4.3
3	“	“	3.6	4.3
4	“	“	3.7	4.3
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)				
0.5	Darker, More Green, More Blue	Lighter, More Green, Less Blue	3.0	4.3
1	Darker, Less Green, More Blue	“	3.0	4.1
2	Darker, More Green, More Blue	“	3.5	4.1
3	Darker, Less Green, More Blue	“	2.9	4.1
4	“	“	2.3	4.2

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน จากผลการทดสอบในตารางพบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 35.142 – 56.681 ค่า a^* อยู่ในช่วง 41.689 – 53.259 และค่า b^* อยู่ในช่วง –1.681 ถึง -16.610 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลือง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 73.712 – 82.641 ค่า a^* อยู่ในช่วง 12.028 – 23.062 และค่า b^* อยู่ในช่วง 46.867 – 67.530 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน มีค่า L^* อยู่ในช่วง 44.703 – 67.534 ค่า a^* อยู่ในช่วง –8.397 ถึง -14.062 และค่า b^* อยู่ในช่วง –26.724 ถึง -38.844

จากผลการวัดความแตกต่างของสีผ้าฝ้ายตามตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากกว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมเมื่อผ้าทั้งสองชนิดถูกเทียบสีกับผ้าที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน มีสีที่ต่างจากผ้าที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จในระดับที่สามารถมองเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนคือแตกต่างกันมากเกินไป โดยผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงจะมีค่าความแตกต่างของสีมากที่สุด โดยมีค่า L^* อยู่ในช่วง 33.403 – 49.635 ค่า a^* อยู่ในช่วง 50.705 – 54.742 ค่า b^* อยู่ในช่วง –0.942 ถึง -13.453 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 5.118 – 8.453 ณ ความเข้มข้นสีต่างๆ ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 1.9 – 2.8 และสีผ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังตกแต่งสำเร็จน้อยที่สุดคือ สีเหลืองโดยมีค่า L^* อยู่ในช่วง 73.243 – 81.042 ค่า a^* อยู่ในช่วง 13.777 – 24.870 ค่า b^* อยู่ในช่วง 50.719 – 69.231 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 2.126 – 2.922 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 3.5 – 3.7 ส่วนผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีค่า L^* อยู่ในช่วง 40.067 – 63.332 ค่า a^* อยู่ในช่วง –5.695 ถึง -14.233 ค่า b^* อยู่ในช่วง –28.170 ถึง -40.983 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 2.658 – 6.774 โดยที่ระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 2.3 – 3.5 ซึ่งความแตกต่างของสีบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีอาจมาจากสาเหตุหลักคือ ผลของอิเลคโตรไลท์ซึ่งในที่นี้คือ โซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ ทั้งนี้เพราะในการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมได้มีการเพิ่มโซเดียมคลอไรด์มากกว่าการย้อมเพียงอย่างเดียว ดังตารางที่ 3.6 (ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้สำหรับการย้อมสีรีแอคทีฟ) และ ตารางที่ 3.7 (ปริมาณสีและสารช่วยย้อมที่ใช้ในสำหรับการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี) สาเหตุที่ต้องใช้โซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น

ก็เพื่อต้องการให้สารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C ดูดซึมเข้าไปในเส้นใยมากขึ้น ทั้งนี้เพราะสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสีรีแอคทีฟ ซึ่งในการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมปริมาณของอิเลคโตรไลท์ในขณะย้อมมีความเข้มข้นมากกว่าดังนั้นจึงเป็นผลให้สีดูดซึมและทำปฏิกิริยากับเส้นใยฝ้ายได้มากกว่าและด้วยเหตุนี้จึงทำให้สีบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีสีที่แตกต่างกันในระดับที่ตามองเห็นชัดเจนเมื่อเทียบกับผ้าที่ผ่านการย้อมเพียงอย่างเดียว

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีหลังการย้อมสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน มีการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบสีกับผ้าที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ซึ่งผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 34.890 – 56.334 ค่า a^* อยู่ในช่วง 41.758 – 53.154 ค่า b^* อยู่ในช่วง –1.589 ถึง -17.080 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.210 – 0.588 และระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.1 - 4.3 หรืออาจกล่าวได้ว่าสีผ้าไม่การเปลี่ยนแปลงเมื่อผ้าถูกตกแต่งสำเร็จ ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีเหลือง จะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 73.748 – 82.534 ค่า a^* อยู่ในช่วง 12.963 – 23.062 ค่า b^* อยู่ในช่วง 49.074 – 67.453 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.148 – 0.521 และระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.1 - 4.3 ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน จะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 44.902 – 67.544 ค่า a^* อยู่ในช่วง –8.714 ถึง -14.305 ค่า b^* อยู่ในช่วง –26.704 ถึง -38.687 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.244 – 0.669 และระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.1 - 4.3 แสดงว่าสีผ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อผ้าถูกตกแต่งสำเร็จ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้แทบมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นและสามารถยอมรับค่าการเปลี่ยนแปลงสีนี้ได้

จากผลการทดสอบที่ได้ทำให้สรุปได้ว่า สารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีใดๆ กับสีย้อมรีแอคทีฟ จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่มีการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม สำหรับความแตกต่างระหว่างสีผ้าที่ย้อมเพียงอย่างเดียวกับสีผ้าที่มีการตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมนั้น มีสาเหตุเนื่องมาจากอิทธิพลของการเติมโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณที่ต่างกัน จึงทำให้สีดูดซึมเข้าไปภายในเส้นใยต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf)	L^*	a^*	b^*
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)			
0.5	37.820	38.754	13.591
1	37.603	38.686	13.394
2	32.042	41.088	18.181
3	29.690	39.146	18.859
4	28.042	37.748	17.673
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)			
0.5	66.628	28.148	44.165
1	59.542	35.953	50.930
2	55.610	39.138	52.534
3	49.865	42.997	51.210
4	46.456	45.274	48.508
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)			
0.5	42.353	1.925	-34.378
1	35.260	1.058	-35.484
2	29.079	4.724	-34.711
3	27.929	5.097	-33.103
4	27.514	5.145	-33.055

<u>หมายเหตุ</u>

ค่า L^* คือ ค่าความสว่างของสี

ค่า a^* คือ ค่าของสีในแกน สีแดง – สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าของสีในแกน สีเหลือง - สีฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ค่า L^* , a^* , b^* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ระหว่างผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม				ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	37.745	38.731	13.542	0.093	37.665	38.870	13.520	0.206
1	37.651	38.788	13.488	0.147	37.655	38.725	13.479	0.106
2	32.146	41.137	18.209	0.118	31.920	41.208	18.208	0.132
3	29.655	38.933	18.754	0.240	29.656	39.087	18.813	0.082
4	27.912	37.787	17.764	0.164	27.700	37.528	17.573	0.418
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	66.587	28.137	44.146	0.168	66.486	28.586	44.865	0.265
1	59.651	35.995	51.054	0.170	59.653	35.976	51.138	0.237
2	55.749	38.913	52.233	0.400	55.757	39.056	52.622	0.190
3	50.131	42.844	51.070	0.337	50.171	42.845	51.173	0.344
4	46.428	45.192	48.287	0.237	46.380	45.192	48.385	0.166
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	42.224	1.915	-34.361	0.131	42.140	1.875	-34.389	0.219
1	35.522	1.033	-35.549	0.271	35.289	1.059	-35.405	0.084
2	28.205	5.092	-34.508	0.968	29.059	4.727	-34.696	0.024
3	27.785	5.104	-33.115	0.145	27.986	5.061	-33.109	0.068
4	27.792	5.063	-33.126	0.298	27.481	5.217	-33.115	0.099

<u>หมายเหตุ</u>

ค่า L^* คือ ค่าความสว่างของสี

ค่า a^* คือ ค่าของสีในแกน สีแดง – สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าของสีในแกน สีเหลือง - สีฟ้า

ตารางที่ 4.6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า		ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน	
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
0.5	Darker,Less Red,Less Yellow	Darker, Less Red,Less Yellow	4.3	4.3
1	Lighter,More Red,MoreYellow	Lighter,More Red,MoreYellow	4.3	4.3
2	Darker, MoreRed,MoreYellow	Darker, More Red,MoreYellow	4.3	4.3
3	Darker, Less Red,LessYellow	Darker, Less Red,LessYellow	4.2	4.3
4	Darker, MoreRed,MoreYellow	Darker, MoreRed,MoreYellow	4.3	4.2
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)				
0.5	Lighter,Less Red ,LessYellow	Lighter,Less Red,Less Yellow	4.3	4.2
1	Lighter,More Red,MoreYellow	Lighter,More Red,MoreYellow	4.3	4.2
2	Lighter, Less Red,LessYellow	Lighter, Less Red,LessYellow	4.2	4.3
3	“	“	4.2	4.2
4	Darker, Less Red,LessYellow	Darker, Less Red,LessYellow	4.2	4.3
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)				
0.5	Darker, LessGreen,Less Blue	Darker, Less Green,Less Blue	4.3	4.2
1	Lighter, Less Red, More Blue	Lighter, Less Red, More Blue	4.2	4.3
2	“	“	4.0	4.3
3	Darker, More Red, Less Blue	Darker, More Red, Less Blue	4.3	4.3
4	Lighter, Less Red, More Blue	Lighter, Less Red, More Blue	4.2	4.3

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน จากผลการทดสอบในตารางพบว่า ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 28.042 – 37.820 ค่า a^* อยู่ในช่วง 37.748 – 41.088 และค่า b^* อยู่ในช่วง 13.394 – 18.859 ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีเหลือง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 46.456 – 66.628 ค่า a^* อยู่ในช่วง 28.148 – 45.274 และค่า b^* อยู่ในช่วง 44.165 – 52.534 ส่วนผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีน้ำเงิน มีค่า L^* อยู่ในช่วง 27.514 – 42.353 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.925 – 5.145 และค่า b^* อยู่ในช่วง –33.055 ถึง –35.484

จากผลการวัดความแตกต่างของสีผ้าพอลิเอสเทอร์ตามตารางที่ 4.5 และ 4.6 จะพบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีความแตกต่างของสีน้อยมากเมื่อเทียบสีกับผ้าที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จซึ่งยอมรับได้

ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 27.912 – 37.745 ค่า a^* อยู่ในช่วง 37.787 – 41.137 ค่า b^* อยู่ในช่วง 13.488 – 18.754 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.093 – 0.240 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3 ส่วนผ้าตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 27.700 – 37.665 ค่า a^* อยู่ในช่วง 37.528 – 41.208 ค่า b^* อยู่ในช่วง 13.479 – 18.813 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.082 – 0.418 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3

ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองพร้อมการตกแต่งสำเร็จมีค่า L^* อยู่ในช่วง 46.428 – 66.587 ค่า a^* อยู่ในช่วง 28.137 – 45.192 ค่า b^* อยู่ในช่วง 44.146 – 52.233 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.168 – 0.400 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3 ส่วนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 46.380 – 66.486 ค่า a^* อยู่ในช่วง 28.586 – 45.192 ค่า b^* อยู่ในช่วง 44.865 – 52.622 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.16 – 0.344 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3

ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงินพร้อมการตกแต่งสำเร็จมีค่า L^* อยู่ในช่วง 27.792 – 42.224 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.915 – 5.063ค่า b^* อยู่ในช่วง –33.115 ถึง –35.549 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.131 – 0.968 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.0 - 4.3 ส่วนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 27.481 – 42.140 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.875 – 5.217 ค่า b^* อยู่ในช่วง –33.109 ถึง

–35.405 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.024 –0.219 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3 จากผลการทดสอบในข้างต้นจะเห็นได้ว่าผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทั้งพร้อมการย้อมและหลังการย้อมจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการตกแต่งสำเร็จเนื่องจากในการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P บนผ้าพอลิเอสเทอร์มีภาวะเช่น อุณหภูมิ ค่า pH ในการตกแต่งสำเร็จเดียวกับภาวะในการย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส

ตารางที่ 4.7 ค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf.)	L^*	a^*	b^*
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)			
0.5	42.585	39.986	1.547
1	37.455	48.789	3.814
2	32.801	49.037	5.872
3	30.434	47.425	8.341
4	28.450	44.961	10.498
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)			
0.5	60.807	28.099	47.822
1	59.157	31.845	57.728
2	56.280	35.743	63.282
3	52.562	37.911	61.479
4	53.116	40.103	62.892
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)			
0.5	51.224	-9.185	-29.609
1	44.223	-8.089	-33.480
2	33.633	-3.190	-36.358
3	29.479	-1.301	-34.487
4	26.051	-1.124	-34.156

ตารางที่ 4.8 ค่า L^* , a^* , b^* และค่าความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ระหว่างผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf.)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม				ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	36.742	43.368	1.749	3.908	42.521	39.875	3.814	0.323
1	35.683	48.991	3.071	2.345	37.432	48.547	1.754	0.586
2	30.201	47.048	8.536	4.220	32.735	48.822	5.644	0.320
3	29.202	46.052	11.145	3.357	30.347	47.778	8.431	0.369
4	26.611	41.773	13.185	4.557	28.540	44.969	10.090	0.183
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	58.808	30.121	50.336	3.864	60.547	28.287	47.556	0.400
1	57.183	33.150	60.321	3.794	59.152	32.097	58.168	0.507
2	55.684	38.148	63.757	2.523	56.404	35.687	63.414	0.192
3	53.345	39.651	61.324	2.795	52.870	37.876	61.410	0.318
4	51.762	41.186	62.005	1.948	53.00	40.287	62.632	0.340
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	45.790	-9.371	-32.515	6.165	51.159	-9.100	-29.763	0.188
1	37.913	-6.192	-34.695	6.700	44.320	-8.054	-33.228	0.273
2	29.319	-0.254	-36.311	5.218	33.693	-3.207	-36.092	0.273
3	25.815	2.046	-35.068	4.997	29.228	-0.921	-34.546	0.459
4	23.205	-3.494	-33.221	3.821	26.024	-1.134	-34.086	0.364

หมายเหตุ

ค่า L^* คือ ค่าความสว่างของสี

ค่า a^* คือ ค่าของสีในแกน สีแดง – สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าของสีในแกน สีเหลือง - สีฟ้า

ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

ความเข้มข้นสี (%owf.)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า		ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน	
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
0.5	Darker,More Red, LessYellow	Darker, Less Red, More Yellow	3.2	4.2
1	Darker,More Red,MoreYellow	“	3.6	4.1
2	“	“	3.1	4.2
3	“	“	3.3	4.2
4	“	“	3.0	4.3
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)				
0.5	Darker,More Red,MoreYellow	Darker, More Red , Less Yellow	3.2	4.2
1	“	“	3.2	4.2
2	“	“	3.6	4.3
3	Lighter,LessRed,More Yellow	“	3.5	4.2
4	Darker,More Red,MoreYellow	“	3.7	4.2
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)				
0.5	Darker,MoreGreen,More Blue	Darker, Less Green, Less Blue	2.5	4.3
1	Darker,Less Green,More Blue	“	2.4	4.2
2	“	“	2.8	4.2
3	Darker, More Red, More Blue	“	2.9	4.2
4	“	“	3.2	4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่า L^* , a^* และ b^* ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน จากผลการทดสอบในตารางพบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 28.450 – 42.585 ค่า a^* อยู่ในช่วง 39.986 – 49.037 และค่า b^* อยู่ในช่วง 1.547 – 10.498 ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีเหลือง มีค่า L^* อยู่ในช่วง 52.562 – 60.807 ค่า a^* อยู่ในช่วง 28.099 – 40.103 และค่า b^* อยู่ในช่วง 47.822 – 62.892 ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน มีค่า L^* อยู่ในช่วง 26.051 – 51.224 ค่า a^* อยู่ในช่วง –1.124 ถึง –9.185 และค่า b^* อยู่ในช่วง –29.609 ถึง –36.358

ตารางที่ 4.8 และ 4.9 จะเห็นได้ว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมสีรีแอคทีฟมีค่าความแตกต่างของสีมากกว่าผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟเมื่อผ้าทั้งสองชนิดถูกเทียบสีกับผ้าที่ผ่านการย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

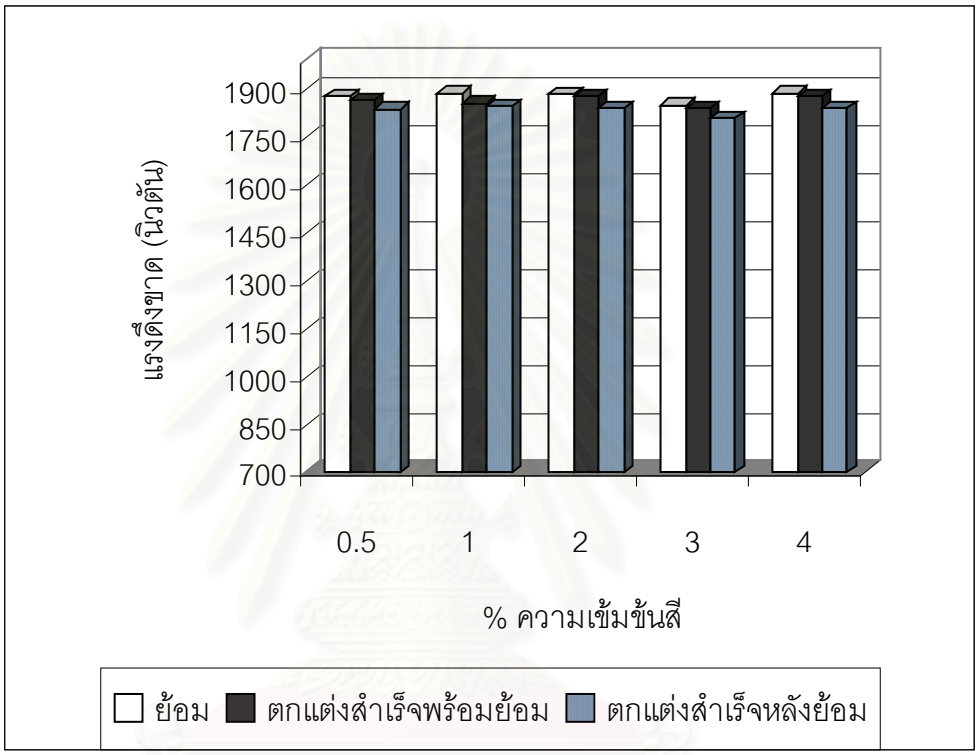
ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงิน มีสีที่แตกต่างกันมากเกินไปในระดับที่ตามองเห็นชัดเจนเมื่อเทียบสีกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จซึ่งยอมรับผลความแตกต่างนี้ไม่ได้ โดยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน จะมีสีที่แตกต่างกันมากที่สุด โดยมีค่า L^* อยู่ในช่วง 23.205 – 45.790 ค่า a^* อยู่ในช่วง –0.254 ถึง -9371 ค่า b^* อยู่ในช่วง –32.515 ถึง –36.311 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 3.821 – 6.700 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 2.4 - 3.2 และสีผ้าที่มีค่าความแตกต่างน้อยที่สุดคือ สีเหลือง โดยมีค่า L^* อยู่ในช่วง 51.762 – 58.808 ค่า a^* อยู่ในช่วง 30.121 – 41.186 ค่า b^* อยู่ในช่วง 50.336 – 62.005 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 1.948 – 3.864 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 3.2 - 3.7 และสีแดงมีค่า L^* อยู่ในช่วง 26.611 – 36.742 ค่า a^* อยู่ในช่วง 41.773 – 48.991 ค่า b^* อยู่ในช่วง 1.749 – 13.185 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 2.345 – 4.557 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 3.0 – 3.6 ความแตกต่างของสีบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมสีรีแอคทีฟพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีที่มีค่าสูงมากนี้ มีสาเหตุการเกิดเช่นเดียวกับเมื่อย้อมสีรีแอคทีฟและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนผ้าฝ้ายพร้อมกัน ซึ่งได้อธิบายไว้ในข้างต้นแล้ว

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีความแตกต่างของสีน้อยมากเมื่อเทียบสีกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ค่าความแตกต่างของสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงจะมีค่า L^* อยู่ในช่วง 28.540 – 42.521 ค่า a^* อยู่ในช่วง 39.875 – 44.969 ค่า b^* อยู่ในช่วง 1.754 – 10.090 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.183 – 0.586 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.1 – 4.3 ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีเหลืองมีค่า L^* อยู่ในช่วง 52.870 – 60.547 ค่า a^* อยู่ในช่วง 28.287 – 40.287ค่า b^* อยู่ในช่วง 47.556 – 62.632 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.192 – 0.507 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3 ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน มีค่า L^* อยู่ในช่วง 26.024 – 51.159 ค่า a^* อยู่ในช่วง –0.921 ถึง –9.100 ค่า b^* อยู่ในช่วง –29.763 ถึง –34.546 และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) อยู่ระหว่าง 0.188 – 0.459 ซึ่งระดับความแตกต่างของสีเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยนอยู่ที่ระดับ 4.2 และ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

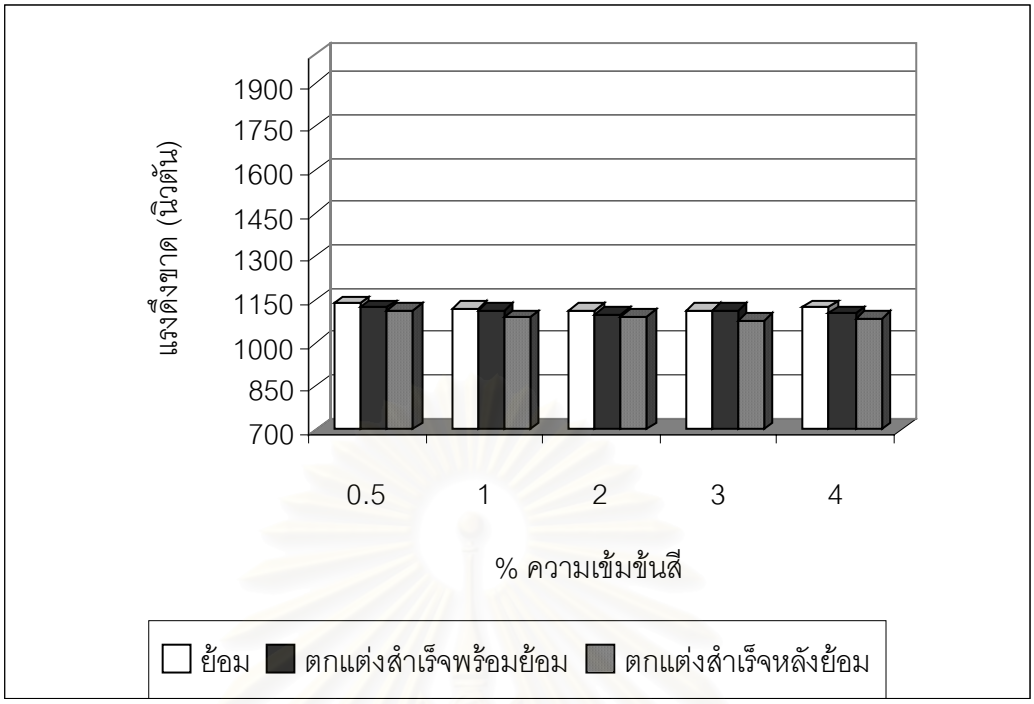
4.2 **ความแข็งแรงของผ้า**

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าโดยการหาค่าแรงดึงขาดด้วยวิธีแกรบ ซึ่งผลการทดสอบมีดังนี้

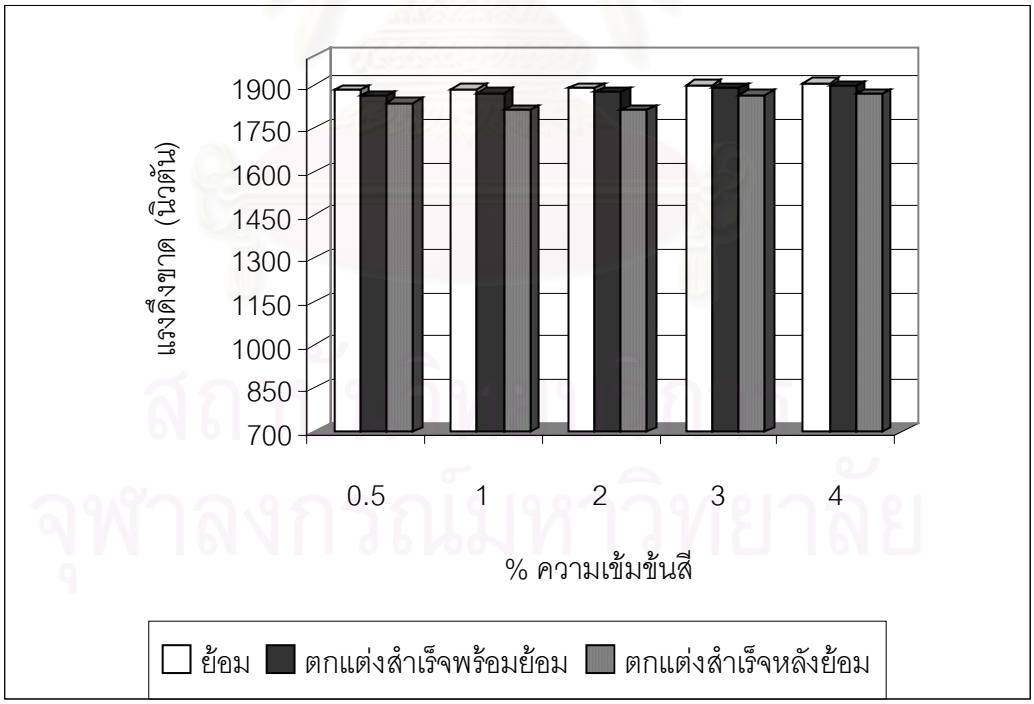


รูปที่ 4.1 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

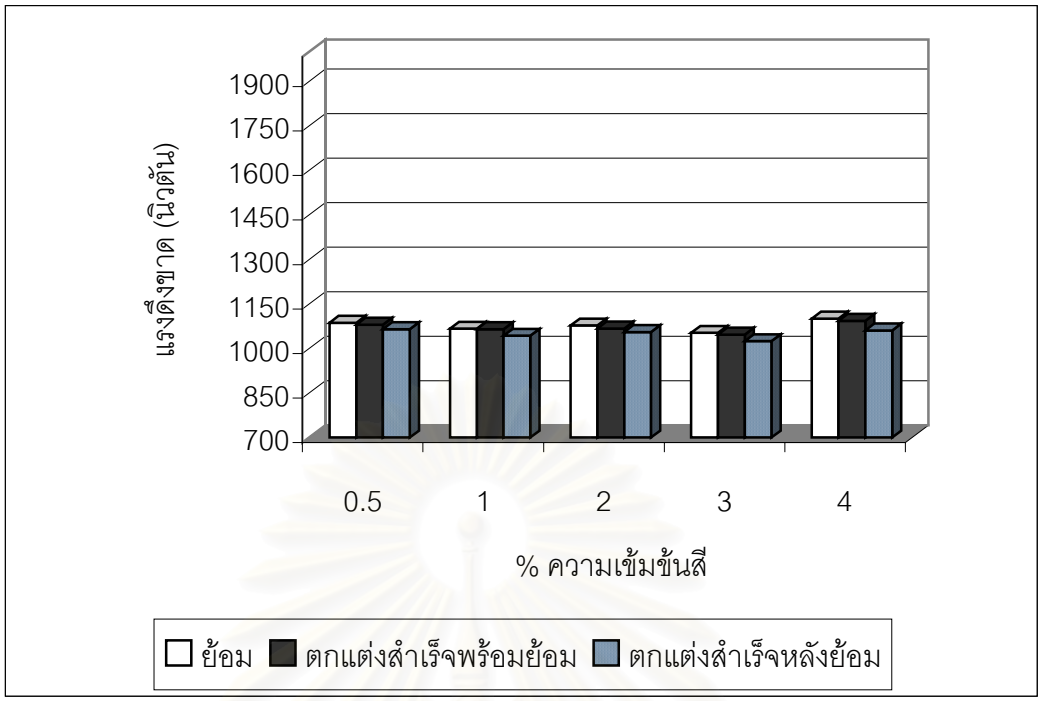
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



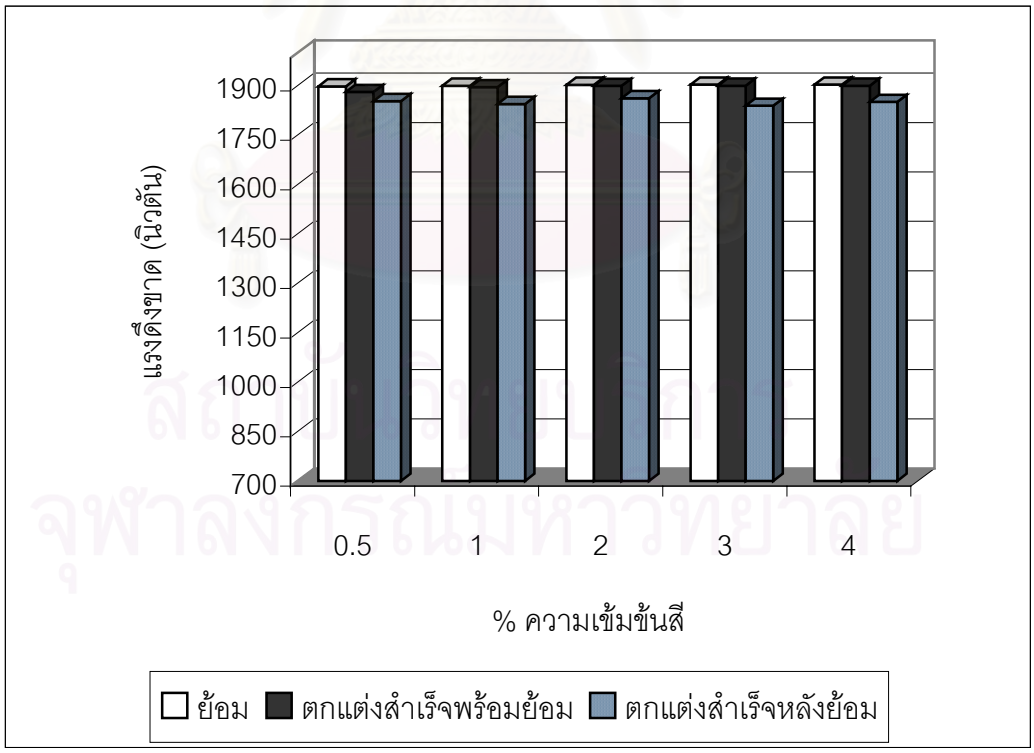
รูปที่ 4.2 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



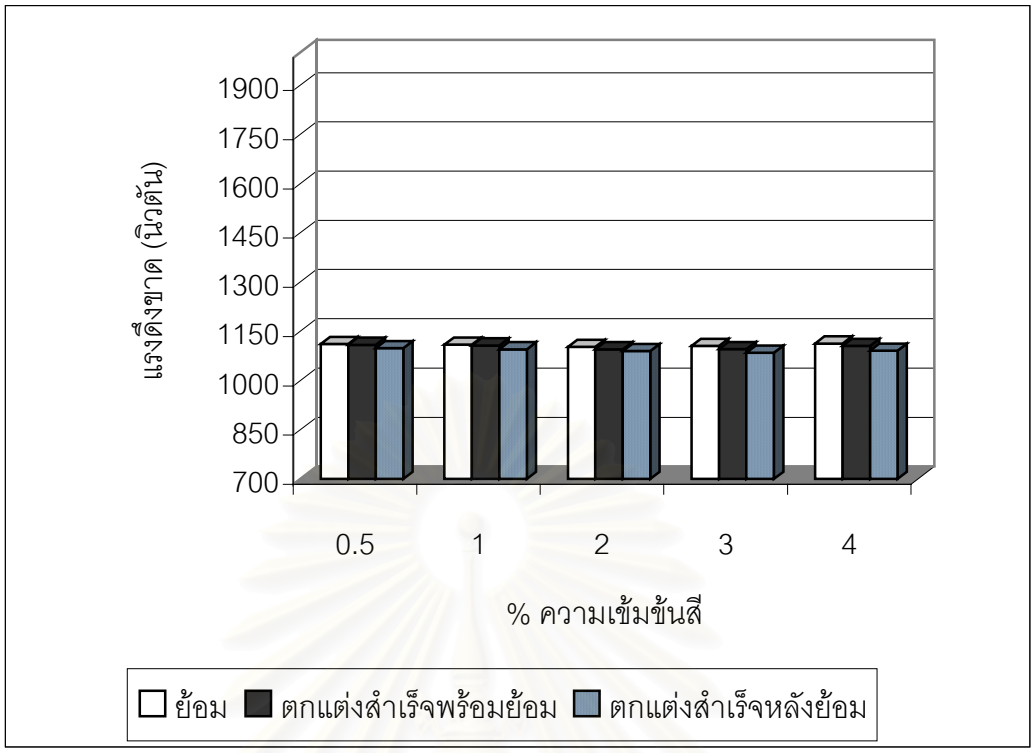
รูปที่ 4.3 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.4 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.5 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



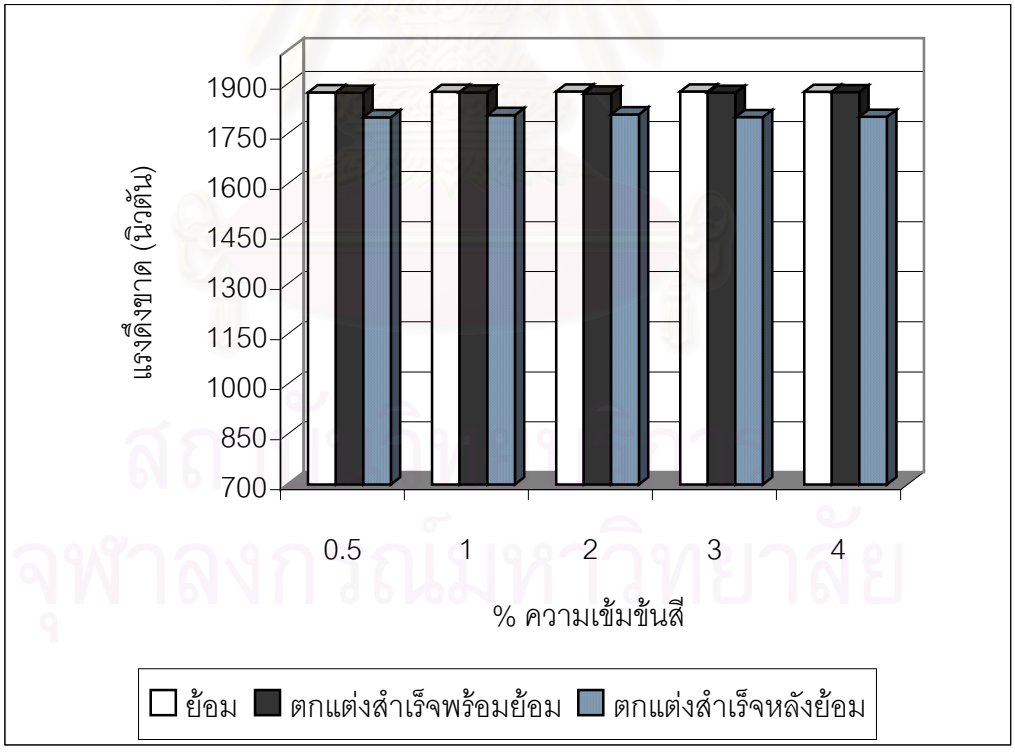
รูปที่ 4.6 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.19, 4.21 และ 4.23 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.2 – 4 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1852.48 – 1903.06 นิวตัน ผ้าตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.2 – 1.7 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1844.99 – 1899.65 นิวตัน ส่วนผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 1.7 – 3.4 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1812.07 – 1867.76 นิวตัน ซึ่งแรงดึงขาดของผ้าในแนวด้ายยืนมีค่าสูงกว่าในแนวด้ายพุ่ง

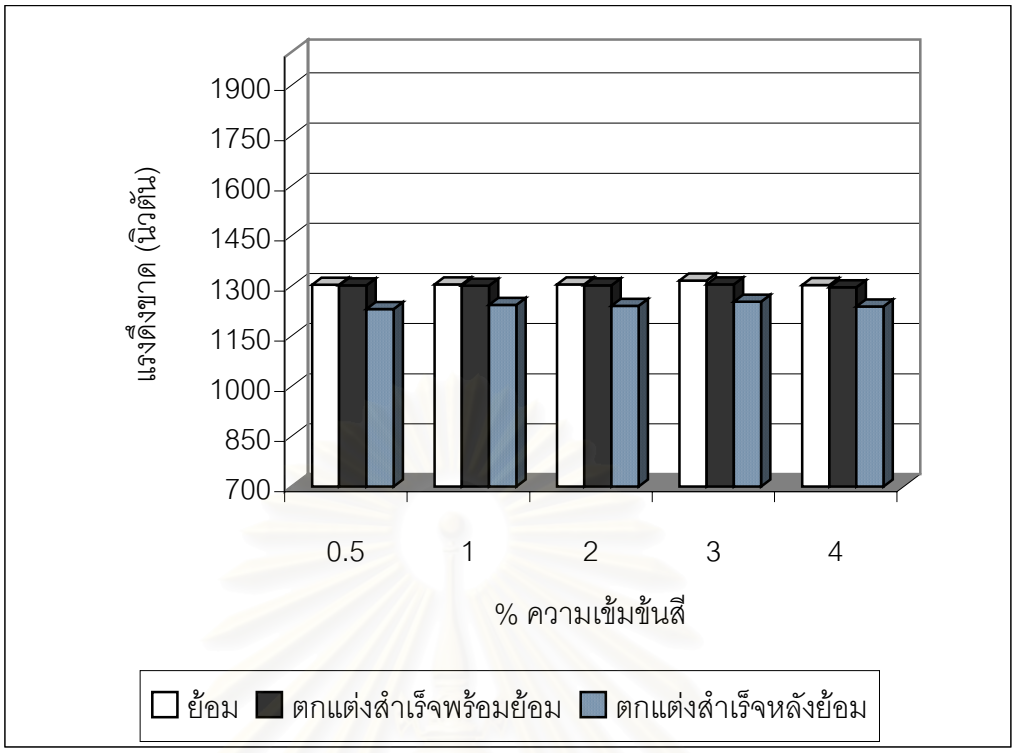
จากรูปที่ 4.20, 4.22 และ 4.24 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.1 – 3.5 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1052.00 – 1137.86 นิวตัน ผ้าตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.1 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1046.55 – 1123.25 นิวตัน

ส่วนผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 1.2 – 3.9 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1024.23 – 1113.15 นิวตัน

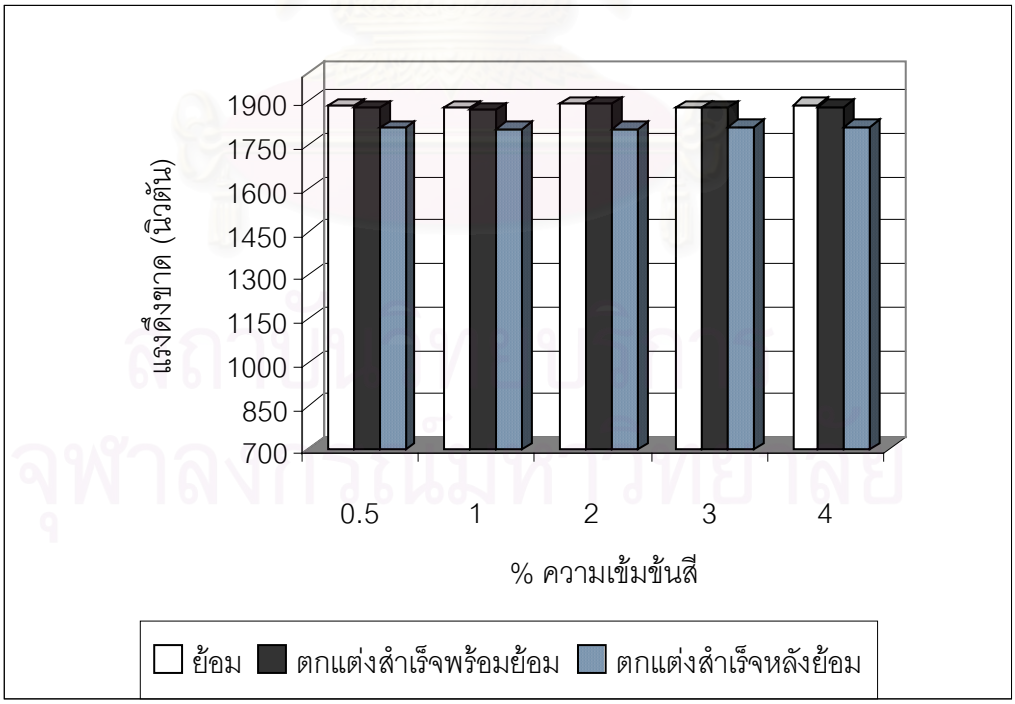
จากผลการทดสอบหาค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C สามารถสรุปได้ว่า การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทำให้ผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยคือ ลดลงสูงสุดไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผ้ายังมีความแข็งแรงสูงอยู่ สารดูดซับรังสียูวีที่แพร่เข้าไปในเส้นใยฝ้ายหรือที่อยู่ที่ผิวเส้นใย มีผลทำให้เส้นใยหรือผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยภาพรวมแล้วผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลง (จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ) มากกว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม อาจเป็นเพราะการตกแต่งสำเร็จผ้าหลังการย้อมจะทำให้สารดูดซับรังสียูวีส่วนใหญ่อยู่ที่ผิวเส้นใยมากกว่าอยู่ภายในเส้นใย เนื่องจากภายในเส้นใยมีสีย้อมและมีพื้นที่ให้สารดูดซับรังสียูวีแพร่เข้าไปน้อยลง สารดูดซับรังสียูวีที่ผิวทำให้เส้นใยแข็งกระด้างเล็กน้อยและอาจมีผลทำให้เส้นใยขาดง่ายขึ้นหรือมีความแข็งแรงลดลงบ้าง การย้อมผ้าด้วยความเข้มข้นสีต่างๆและเฉดสีต่างๆไม่มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของผ้า



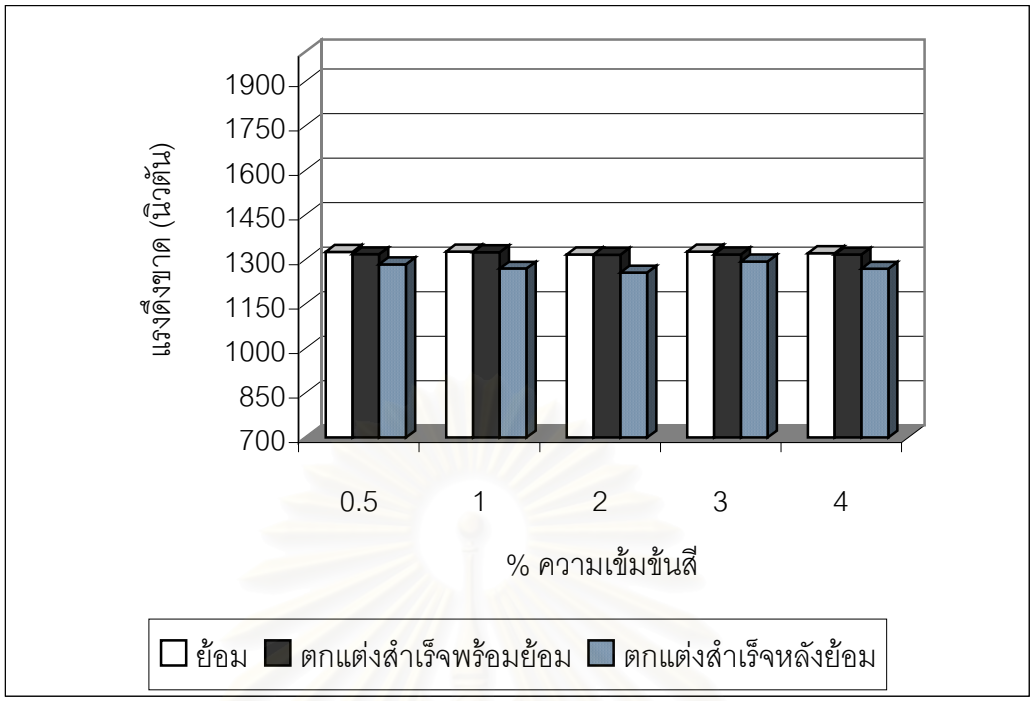
รูปที่ 4.7 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



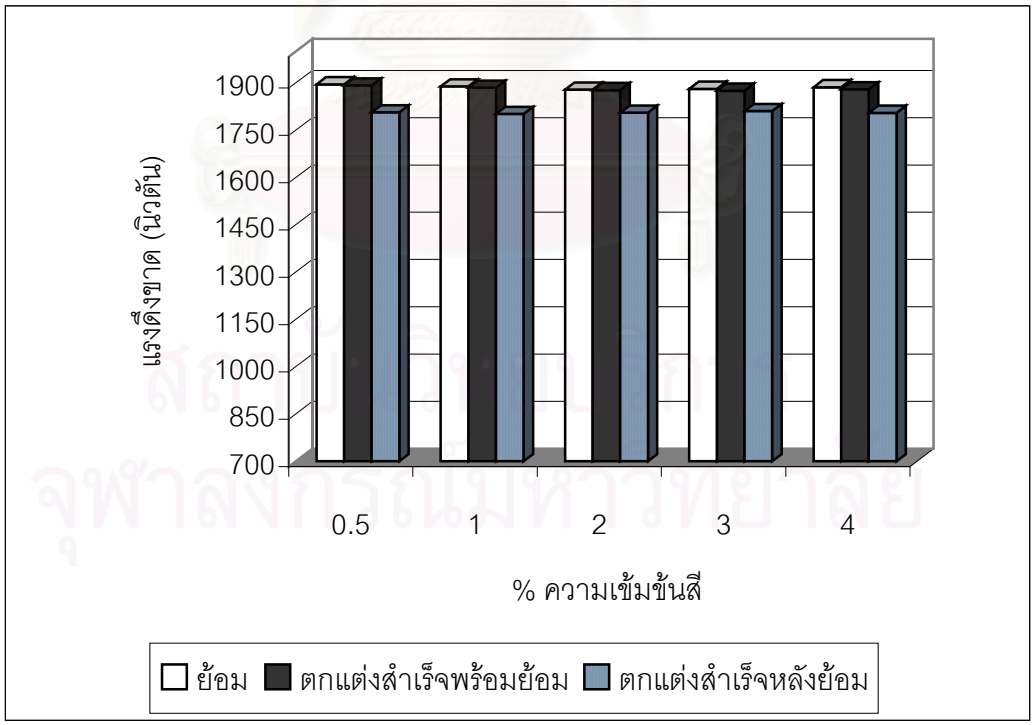
รูปที่ 4.8 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



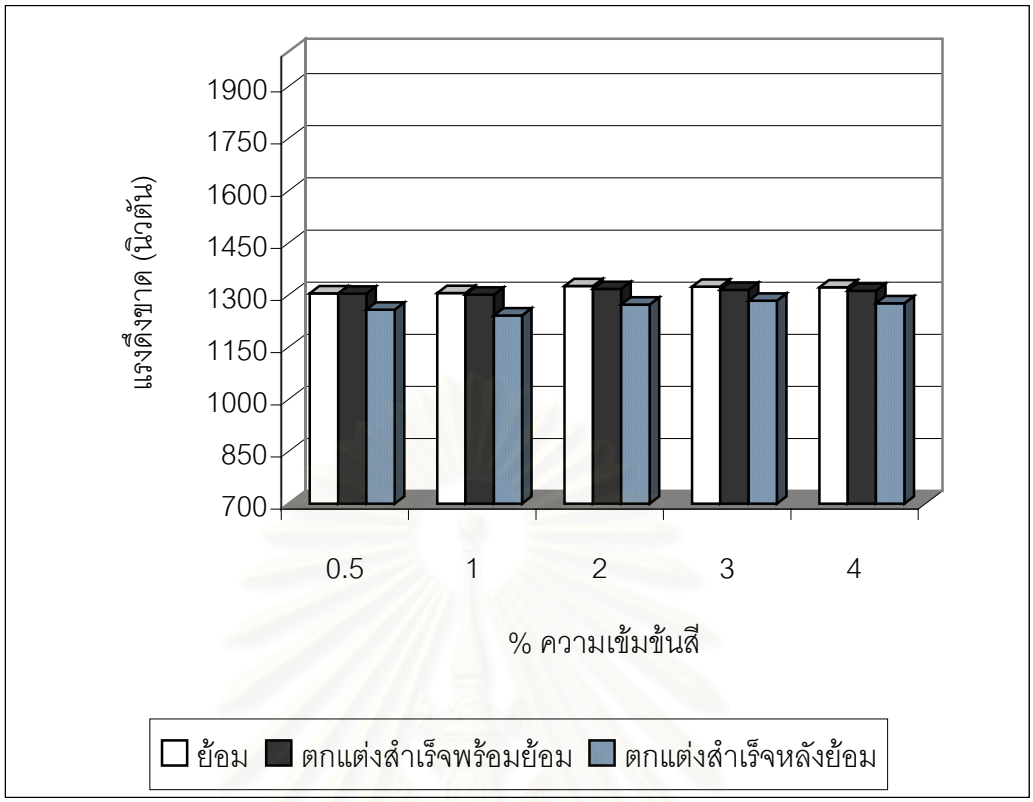
รูปที่ 4.9 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



รูปที่ 4.10 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



รูปที่ 4.11 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



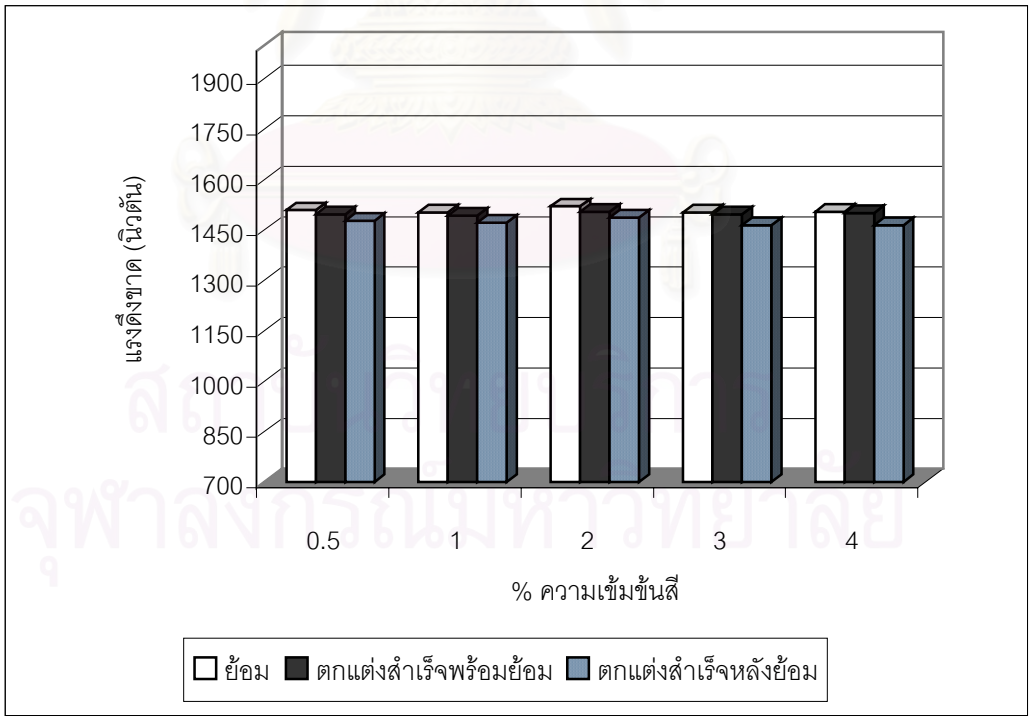
รูปที่ 4.12 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ผลการทดสอบในรูปที่ 4.7, 4.9 และ 4.11 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.5 – 5 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1874.27 – 1895.14 นิวตัน ผ้าตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1870.52 – 1891.70 นิวตัน ส่วนผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 3.5 - 5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1799.86 – 1812.09 นิวตัน ซึ่งแรงดึงขาดของผ้าในแนวด้ายยืนมีค่าสูงกว่าในแนวด้ายพุ่ง

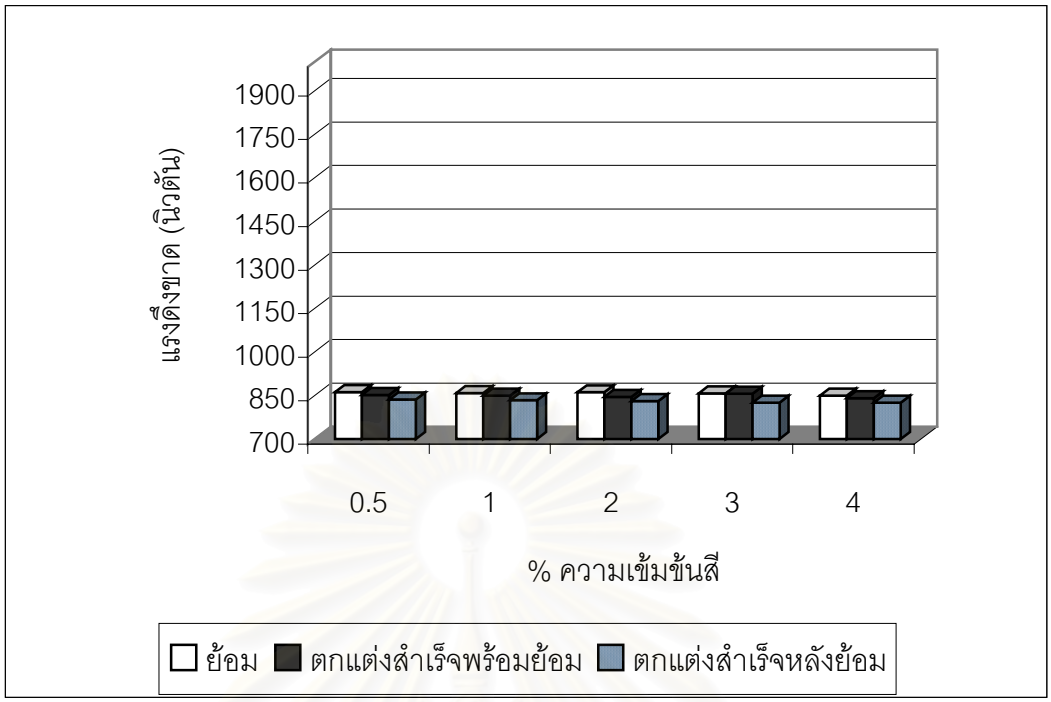
จากผลการทดสอบรูปที่ 4.8, 4.10 และ 4.12 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.1 - 5 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1302.53 – 1325.95 นิวตัน ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมี

ค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.1 - 1 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1295.42 – 1324.14 นิวตัน ส่วนผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 2.5 - 5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1230.17 – 1292.74 นิวตัน

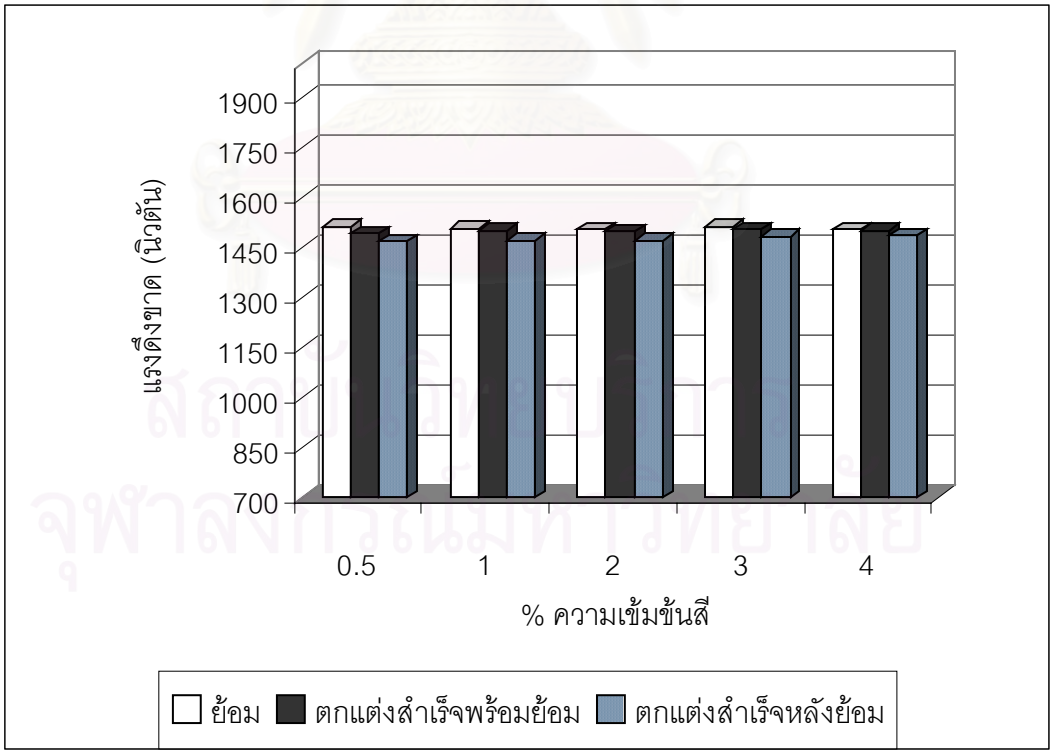
จากผลการทดสอบหาค่าแรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P สามารถสรุปได้ว่า การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทำให้ผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยคือ ลดลงสูงสุดไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผ้ายังมีความแข็งแรงสูงอยู่ สารดูดซับรังสียูวีที่แพร่เข้าไปในเส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีผลทำให้เส้นใยหรือผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยภาพรวมแล้วผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลง (จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ) มากกว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมอยู่เล็กน้อย ทั้งนี้ความแข็งแรงของผ้าลดลงอาจเป็นเพราะการตกแต่งสำเร็จผ้าหลังการย้อมจะทำให้สารดูดซับรังสียูวีส่วนใหญ่ไปทำลายบริเวณที่เป็นอสัณฐานภายในเส้นใยอาจมีผลทำให้เส้นใยขาดง่ายขึ้นหรือมีความแข็งแรงลดลงบ้างหรือสารดูดซับรังสียูวีที่ผิวทำให้เส้นใยแข็งกระด้างเล็กน้อยและอาจมีผลทำให้เส้นใยขาดง่ายขึ้นหรือมีความแข็งแรงลดลงบ้าง นอกจากนี้ยังพบว่าการย้อมผ้าด้วยความเข้มข้นสีต่างๆและเฉดสีต่างๆไม่มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของผ้า



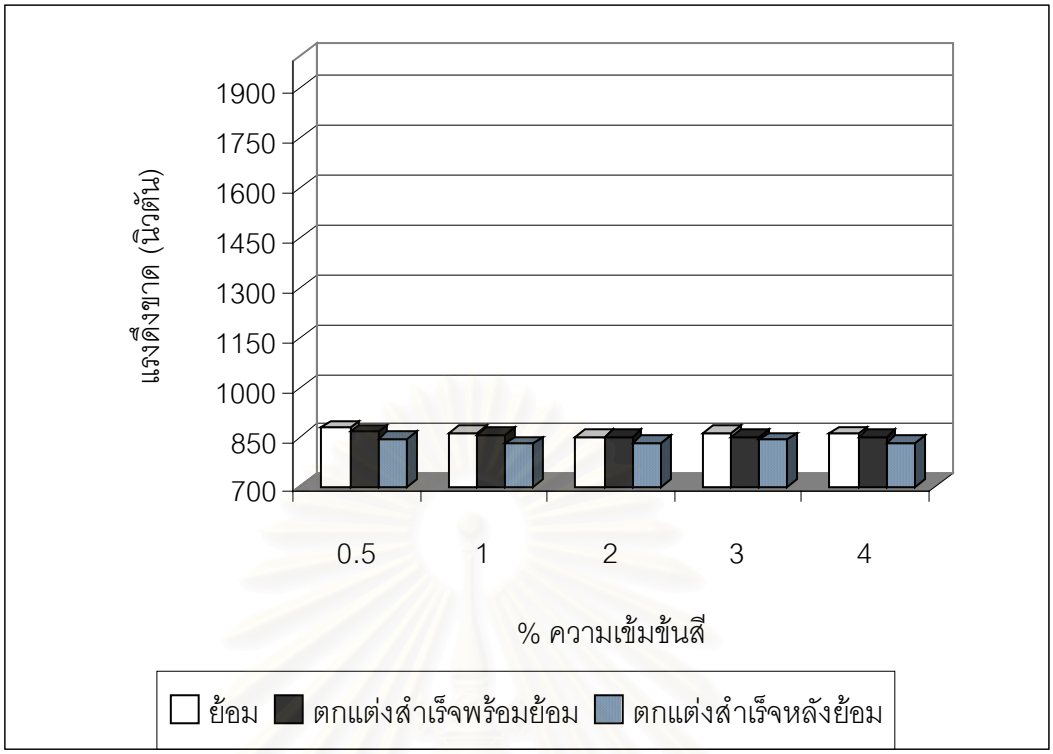
รูปที่ 4.13 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



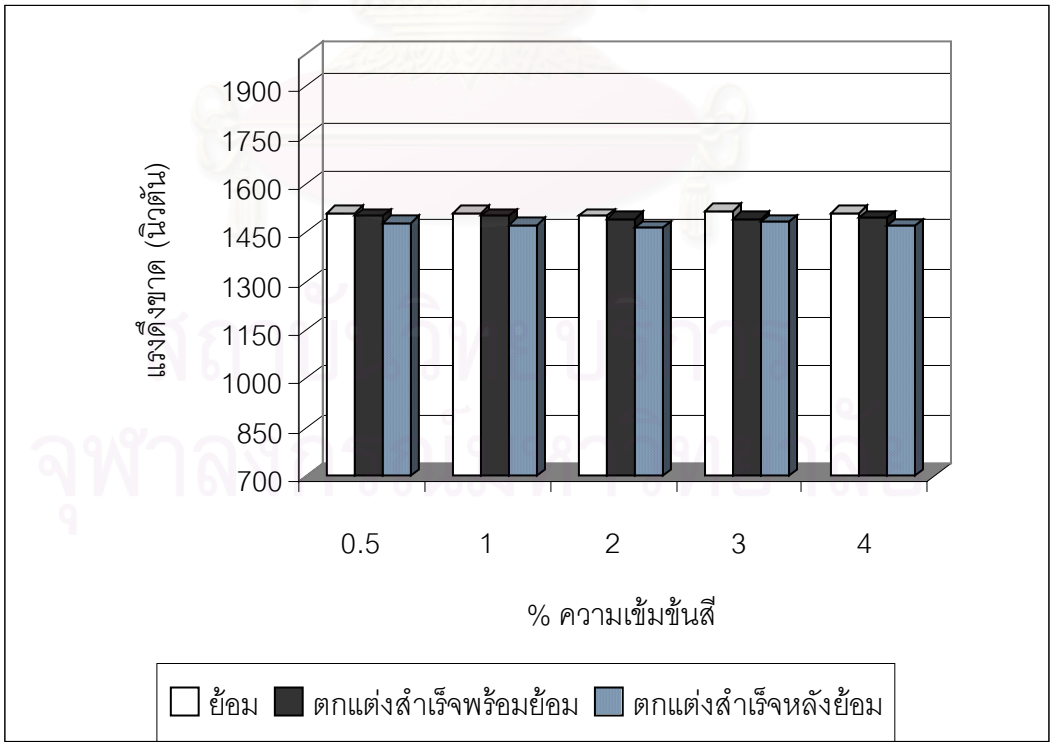
รูปที่ 4.14 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



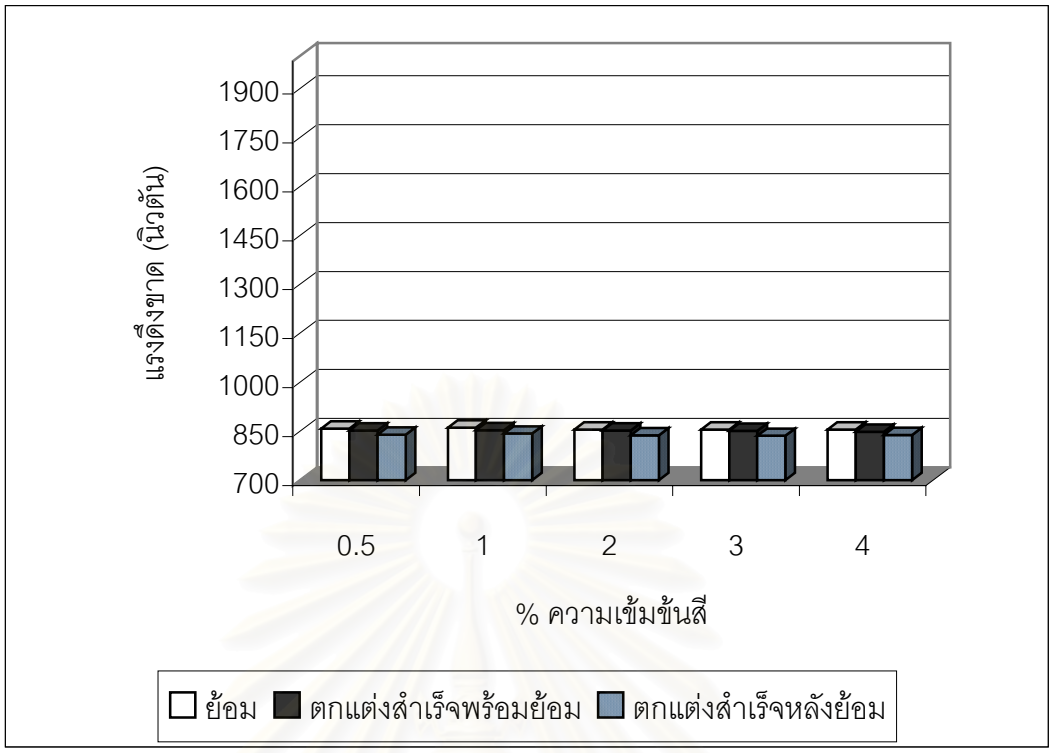
รูปที่ 4.15 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.16 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.17 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.18 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.13, 4.15 และ 4.17 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จราว 0.5 - 3 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1501.88 – 1520.64 นิวตัน ผ้าตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.5 – 1.6 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1491.54 – 1504.09 นิวตัน ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 1.2 – 3 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1463.53 – 1484.33 นิวตัน ซึ่งแรงดึงขาดของผ้าในแนวด้ายยืนมีค่าสูงกว่าในแนวด้ายพุ่ง

สำหรับรูปที่ 4.14, 4.16 และ 4.18 แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 3.8 เปอร์เซ็นต์ โดยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมมีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 854.73 – 861.95 นิวตัน ผ้าตกแต่งสำเร็จพร้อมการ

ย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 1.8 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 840.76 - 860 นิวตัน ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลงราว 1.9 – 3.8 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 825.03 – 843.66 นิวตัน จากผลการทดสอบหาค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C สามารถสรุปได้ว่า การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทำให้ผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยคือ ลดลงสูงสุดไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผ้ายังมีความแข็งแรงสูงอยู่ สาเหตุที่ผ้ามีความแข็งแรงลดลงก็เป็นเช่นเดียวกับผ้าฝ้ายที่ย้อมสีรีแอคทีฟและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีบนผ้าซึ่งได้อธิบายไว้ในข้างต้นแล้ว

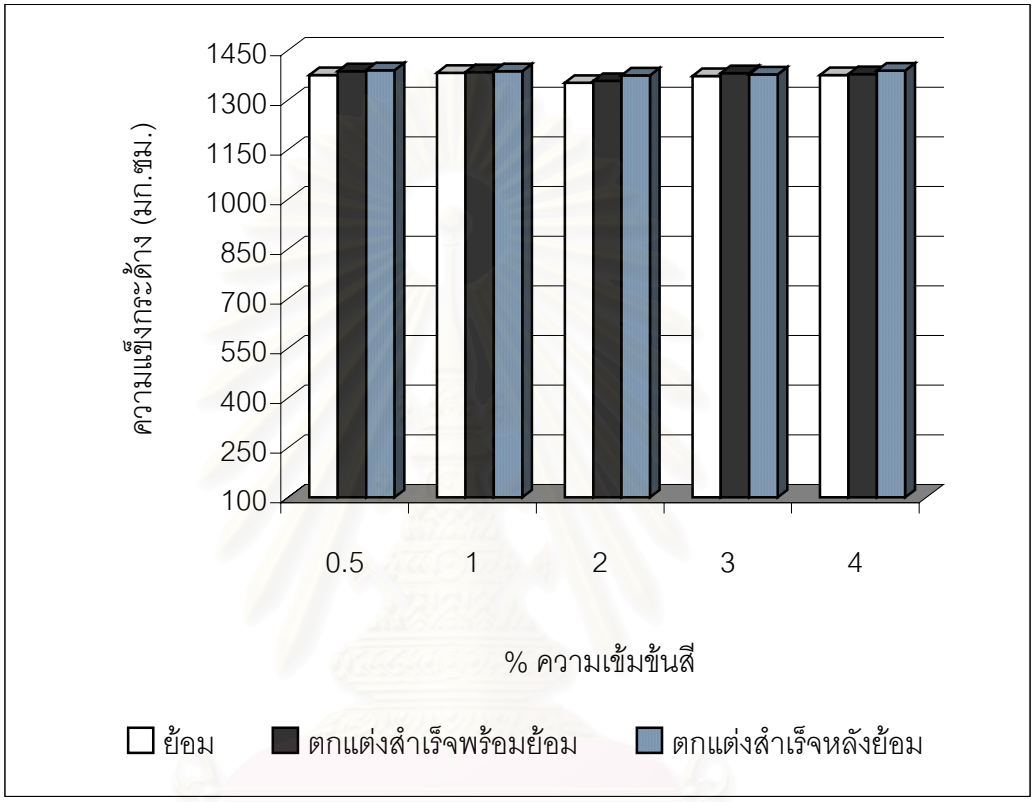
จากผลการทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าที่แสดงไว้ข้างต้นพบว่า ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีจะมีค่าแรงดึงขาดลดลงเพียงเล็กน้อยคือลดลงสูงสุดไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผ้ายังมีความแข็งแรงสูงอยู่ สารดูดซับรังสียูวีที่แพร่เข้าไปในเส้นใยฝ้ายและ/หรือเส้นใยพอลิเอสเทอร์หรือที่อยู่ที่ผิวเส้นใย มีผลทำให้เส้นใยหรือผ้ามีความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยภาพรวมแล้วผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าแรงดึงขาดลดลง (จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ) มากกว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม อาจเป็นเพราะการตกแต่งสำเร็จผ้าหลังการย้อมจะทำให้สารดูดซับรังสียูวีส่วนใหญ่อยู่ที่ผิวเส้นใยมากกว่าอยู่ภายในเส้นใยเนื่องจากภายในเส้นใยมีสีย้อมและมีพื้นที่ให้สารดูดซับรังสียูวีแพร่เข้าไปน้อยลง สารดูดซับรังสียูวีที่ผิวทำให้เส้นใยแข็งกระด้างเล็กน้อยและอาจมีผลทำให้เส้นใยขาดง่ายขึ้นหรือมีความแข็งแรงลดลงบ้าง การย้อมผ้าด้วยความเข้มข้นสีต่างๆและเฉดสีต่างๆไม่มีผลมากต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของผ้า

4.3 การดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบด้านความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้าพบว่า ผ้าที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีในงานวิจัยนี้ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำดีคือ ดูดซึมน้ำได้ทันทีที่หยดน้ำลงบนผ้าและดูดซึมน้ำได้สม่ำเสมอทั่วทั้งผืน ซึ่งการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีลงบนผ้าไม่ได้ทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้าน้อยลง ไม่ว่าจะเป็นผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์หรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ โครงสร้างทางเคมีของสายโซ่เซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายยังคงมีบริเวณของสายโซ่เซลลูโลสที่เป็นอสัณฐานสามารถรับน้ำหรือดูดซึมน้ำได้ เช่นเดียวกับในผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ยังมีช่องว่างระหว่างเส้นใยที่สามารถรับน้ำเข้าไปในช่องว่างได้แต่ไม่ได้ดูดซึมน้ำเข้าไปในเส้นใย (wicking)

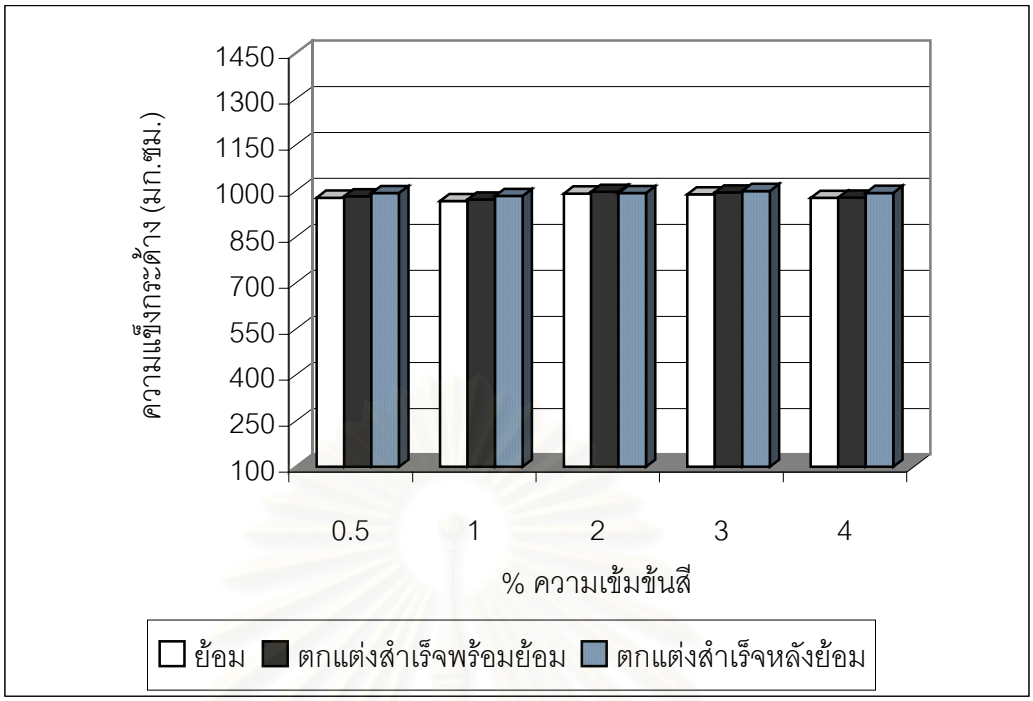
4.4 ความแข็งกระด้างของผ้า

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกทดสอบหาความแข็งกระด้างของผ้า ซึ่งผลการทดสอบมีดังนี้

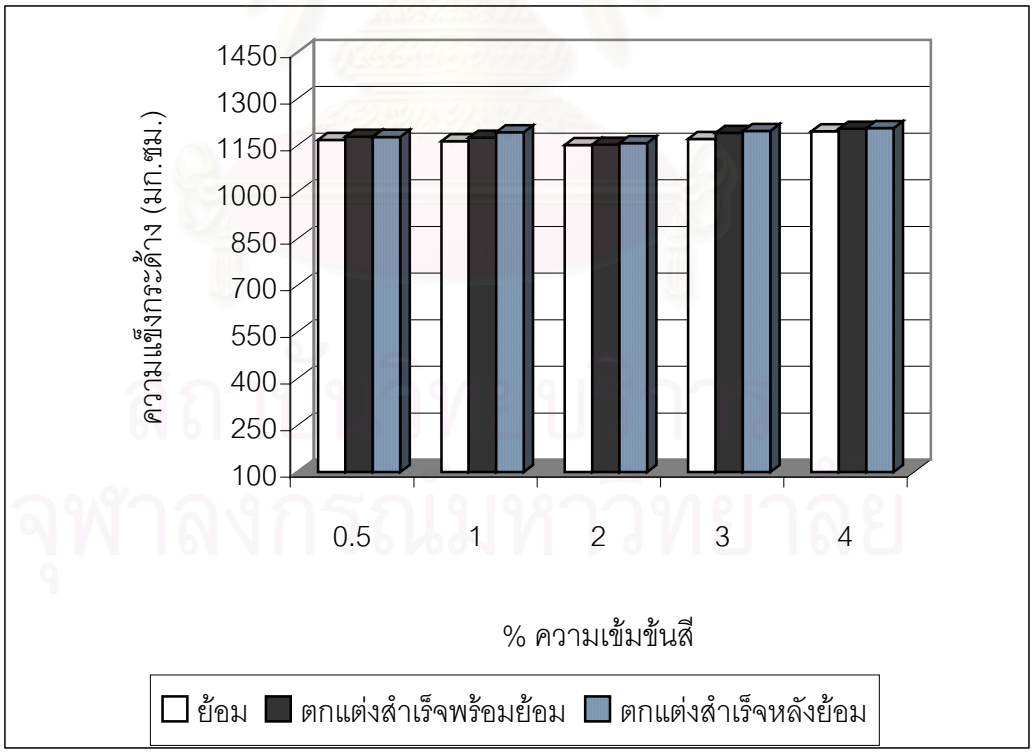


รูปที่ 4.19 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

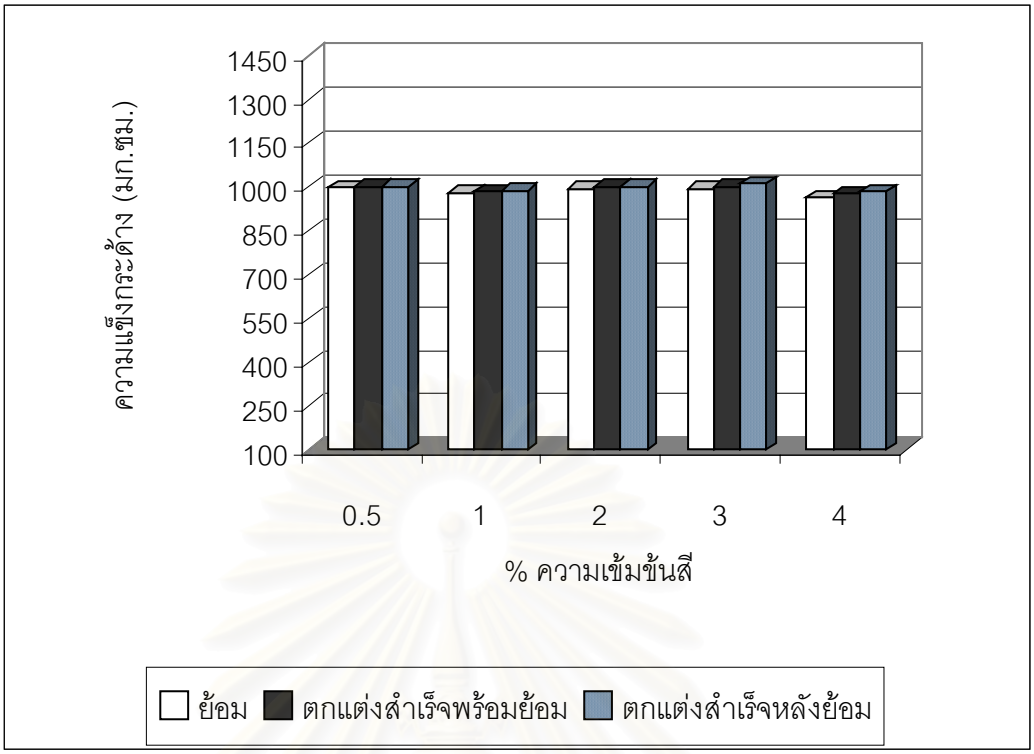
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



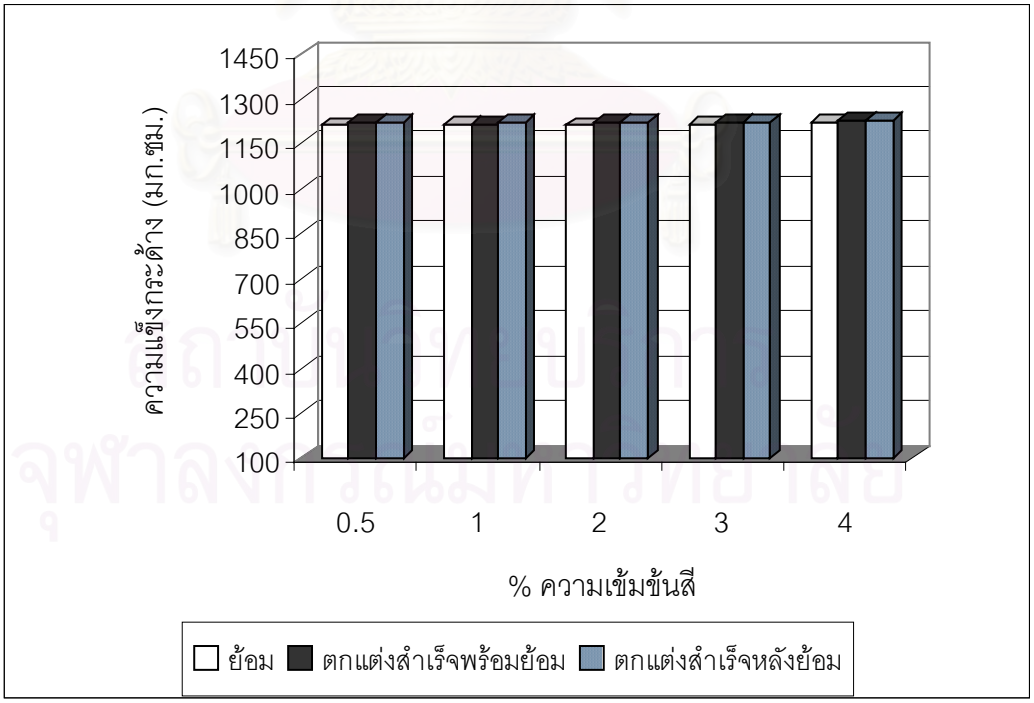
รูปที่ 4.20 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



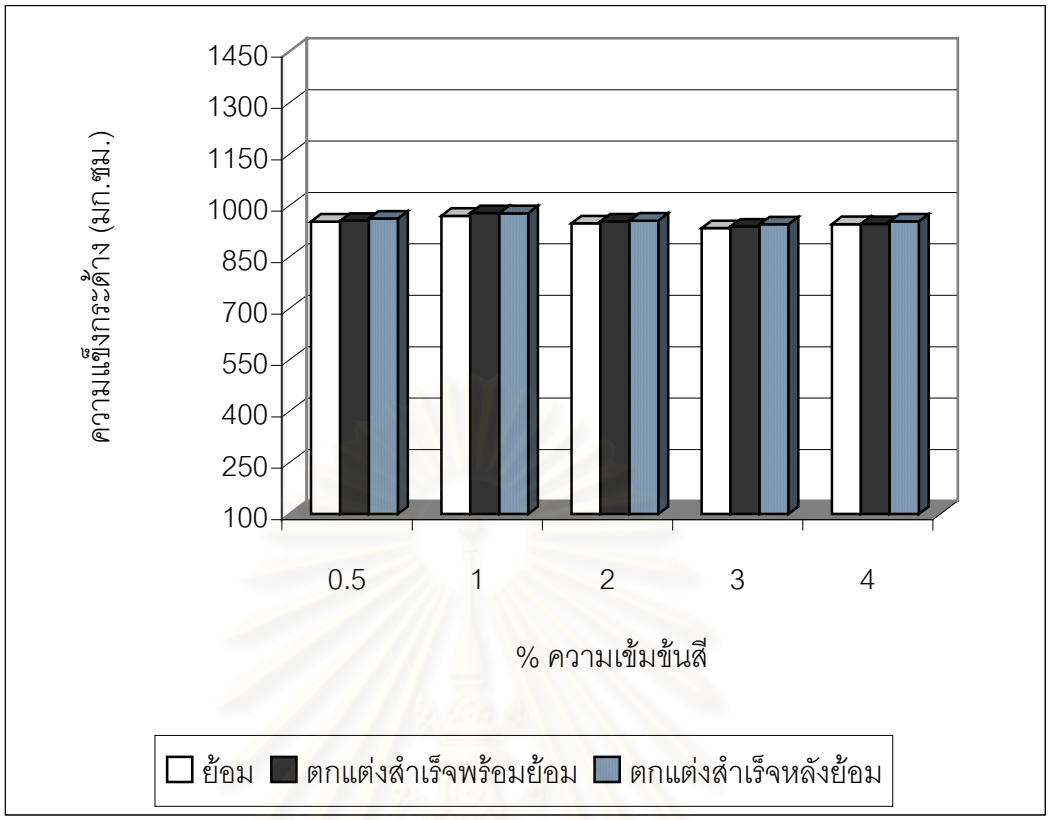
รูปที่ 4.21 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.22 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4. 23 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.24 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

จากผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแสดงให้เห็นว่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนมีค่าสูงกว่าความแข็งกระด้างของผ้าในแนวด้ายพุ่ง ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของเส้นด้ายในแนวด้ายยืนของผ้ามีค่ามากกว่าความหนาแน่นของเส้นด้ายในแนวด้ายพุ่งของผ้าในพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย

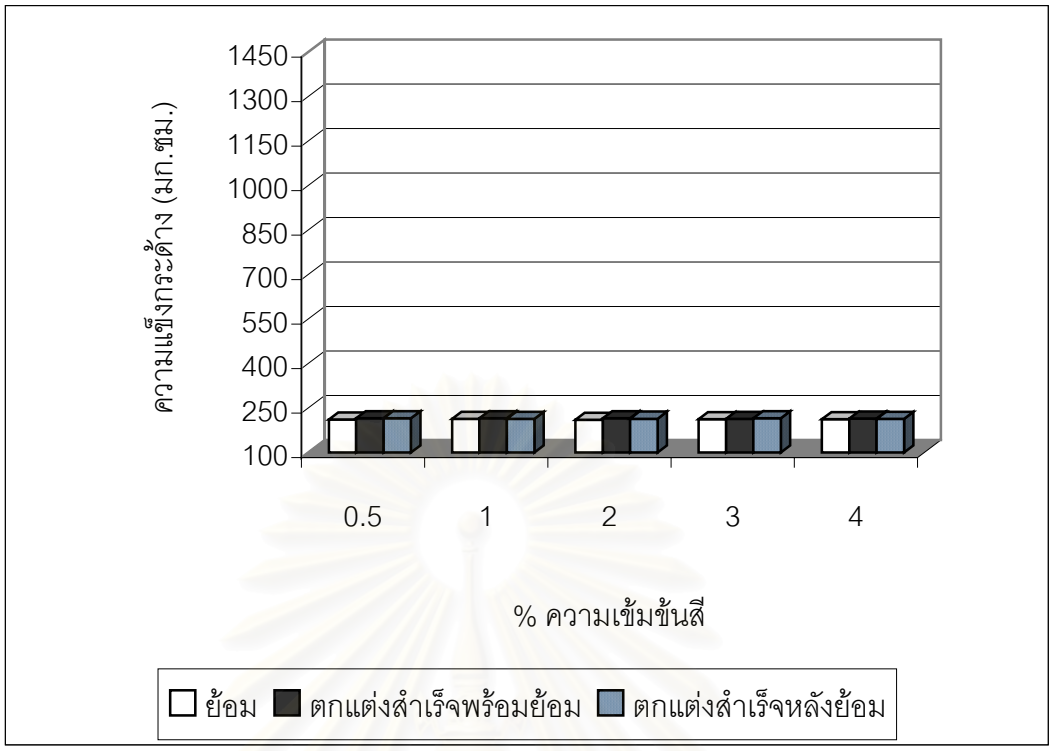
จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.19, 4.21 และ 4.23 ซึ่งแสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่าความแข็งกระด้างของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม มีค่าเพิ่มขึ้นราว 0.1 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ จากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ โดยผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดงแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จจะมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 1351.92 –1381.74 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ในขณะที่ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 0.8 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1358.20 – 1387.04 มิลลิกรัม.เซนติเมตร และผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.4 – 1.6 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 1373.82 – 1389.40 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีเหลืองแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

มีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 1150.98 – 1195.38 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 1.7 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 1152.09 – 1203.82 มิลลิกรัม.เซนติเมตร และผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.6 – 2.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1157.44 – 1205.93 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและไม่ตกแต่งสำเร็จมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 1212.21 – 1220.82มิลลิกรัม.เซนติเมตร ในขณะที่ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ ตกแต่งสำเร็จ 0.2 – 0.8 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1216.85 – 1230.14 มิลลิกรัม.เซนติเมตร และผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.5 – 0.8 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 1220.65 – 1230.16 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

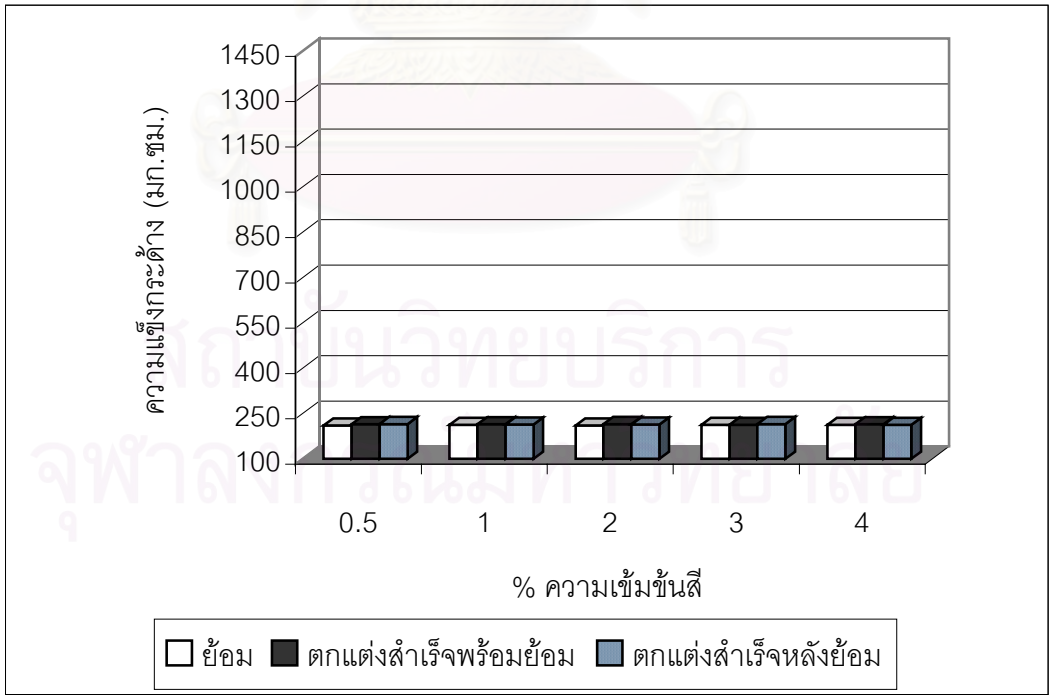
จากรูปที่ 4.20, 4.22 และ 4.24 แสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ผ่านการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน และผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ซึ่งจากผลการทดสอบจะพบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 934.17 – 998.41 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ในขณะที่ ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.03 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 938.97 – 999.91 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ส่วนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.1 – 2.2 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 945.67 – 1009.93 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความแข็งกระด้างน้อยกว่าผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จอยู่เล็กน้อยคือ ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีลงบนผ้าฝ้ายแทบไม่ทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้นเลยและการย้อมผ้าที่ความเข้มข้นสีต่างๆ กันไม่มีผลกระทบมากต่อความแข็งกระด้างของผ้าเช่นกันและผ้าในแนวด้ายยืนมีความแข็งกระด้างมากกว่าผ้าในแนวด้ายพุ่ง

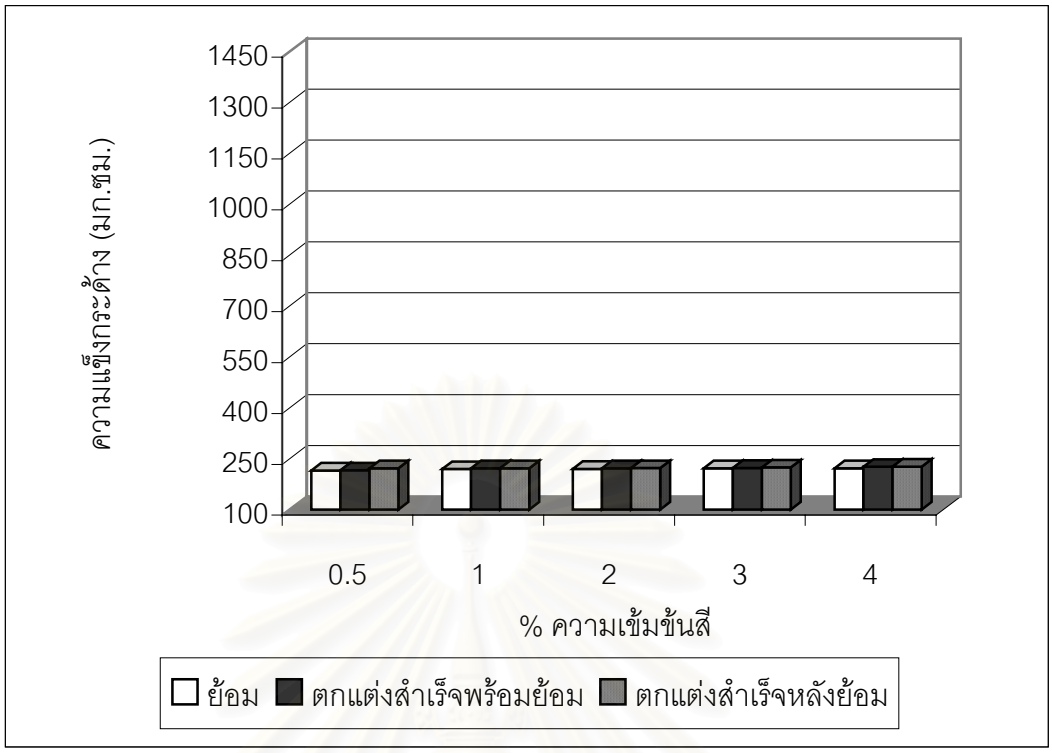
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



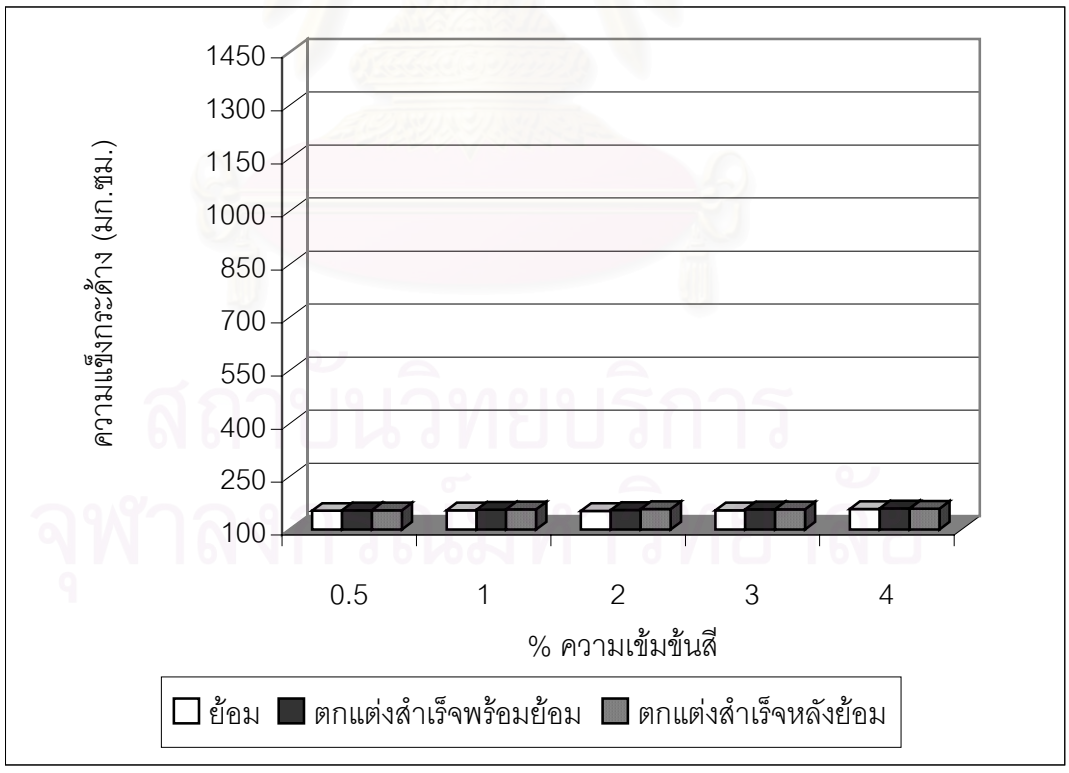
รูปที่ 4.25 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



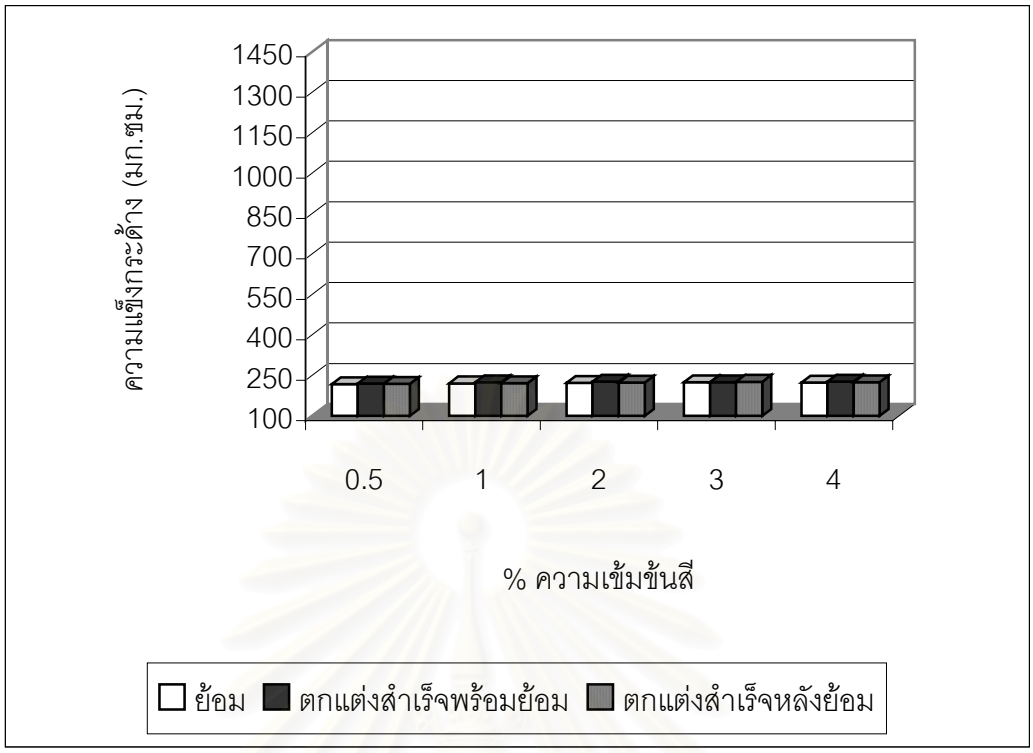
รูปที่ 4.26 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



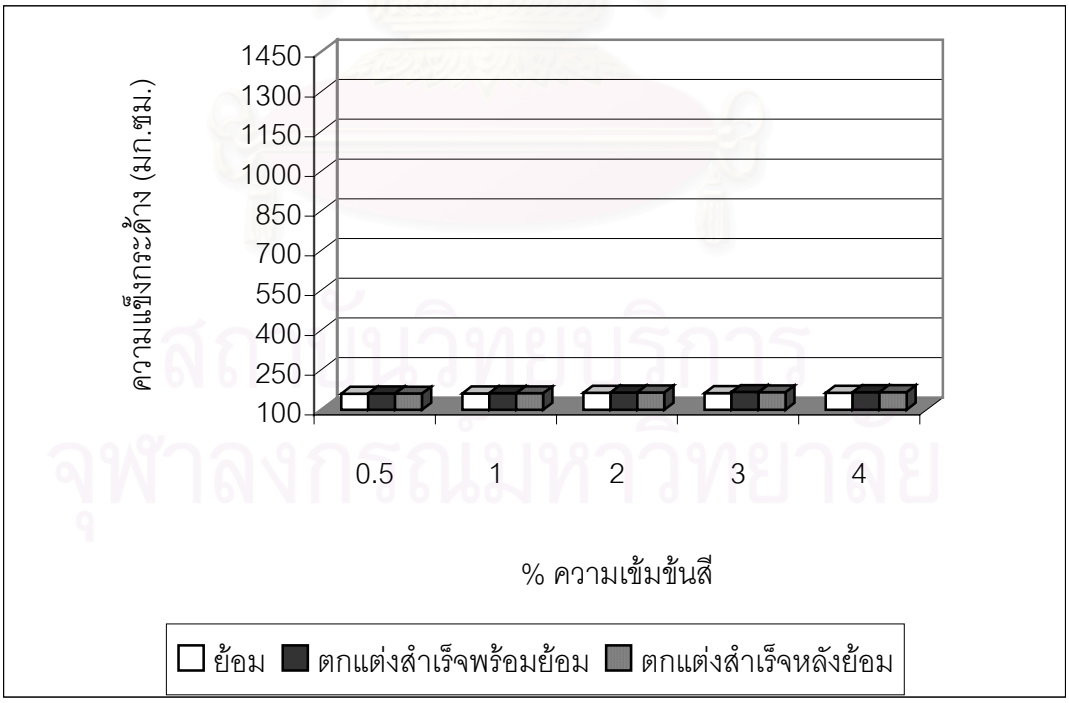
รูปที่ 4.27 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



รูปที่ 4.28 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



รูปที่ 4.29 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P



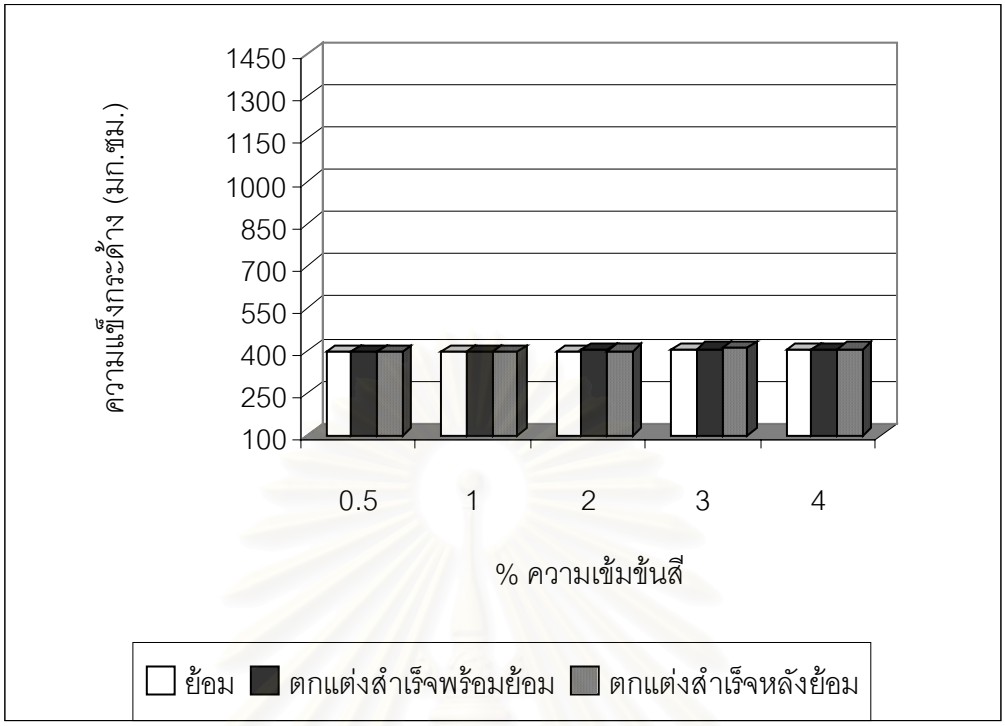
รูปที่ 4.30 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.25, 4.27 และ 4.29 แสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P พบว่า ผ้าที่ย้อมมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 210.26 – 224.21 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ส่วนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.08 – 2.2 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 212.77 – 227.08 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ในขณะที่ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม มีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.3 – 3 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 213.34 – 226.39 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

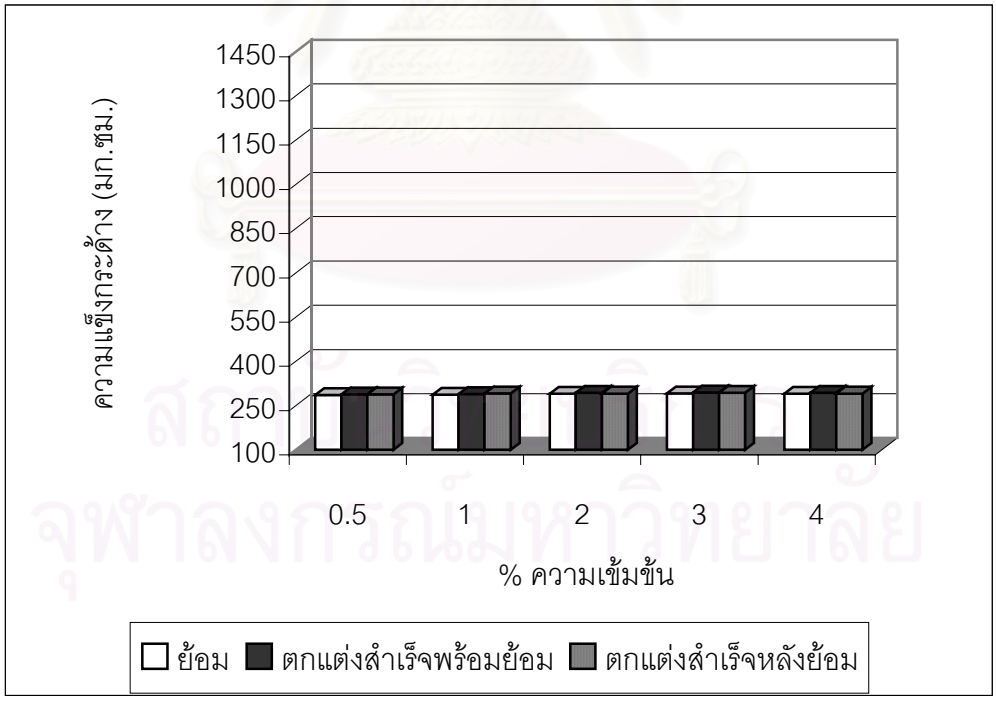
จากรูปที่ 4.26, 4.28 และ 4.30 แสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P พบว่า ผ้าที่ย้อมมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 147.13 – 163.73 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 2.9 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 149.00 – 166.75 มิลลิกรัม.เซนติเมตร และผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.4 – 2.1 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 148.03 – 166.45 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความแข็งกระด้างน้อยกว่าผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จอยู่เล็กน้อยคือ ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีลงบนผ้าพอลิเอสเทอร์แทบไม่ทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้นเลยและการย้อมผ้าที่ความเข้มข้นสีต่างๆ กันไม่มีผลกระทบมากต่อความแข็งกระด้างของผ้าเช่นกันและผ้าในแนวด้ายยืนมีความแข็งกระด้างมากกว่าผ้าในแนวด้ายพุ่ง

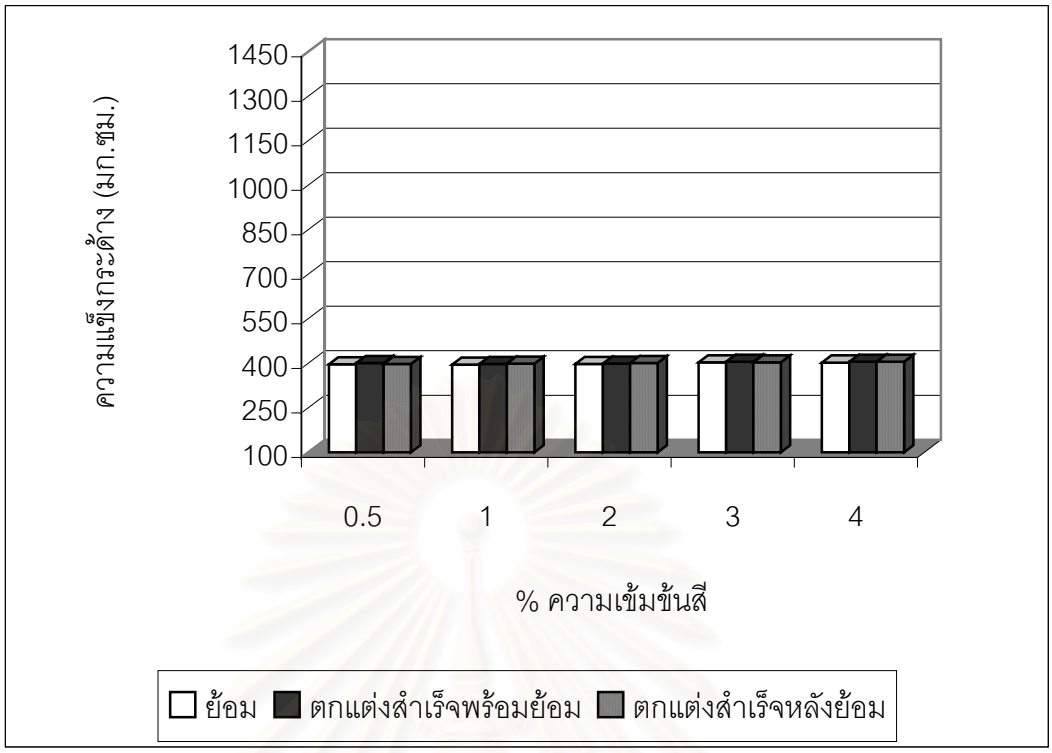
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



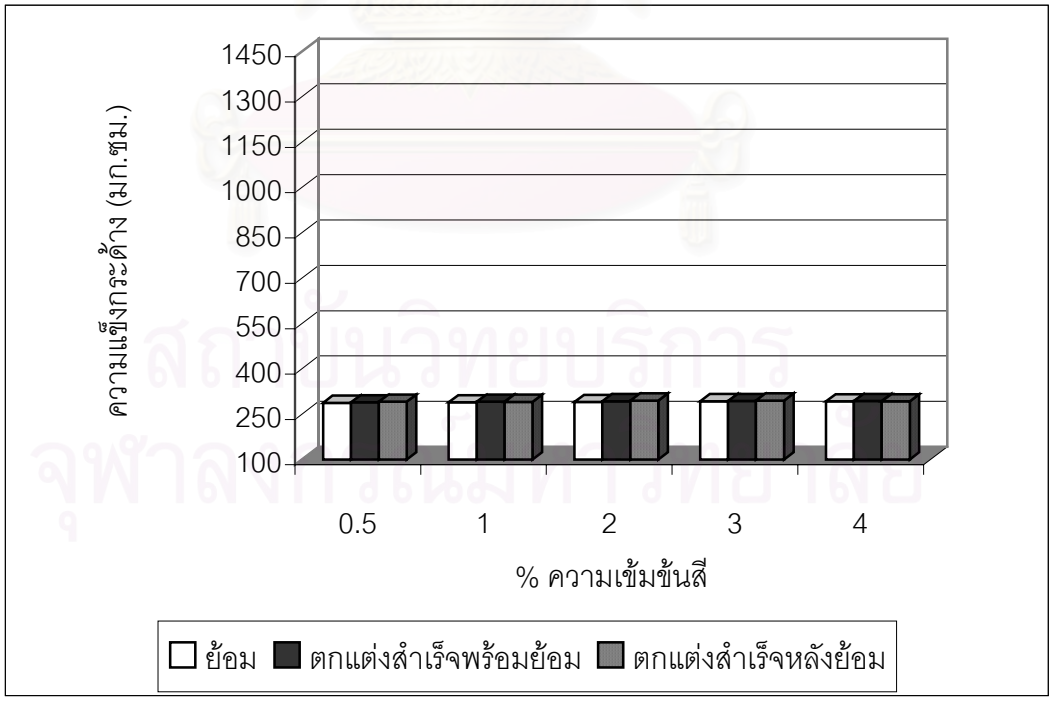
รูปที่ 4.31 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



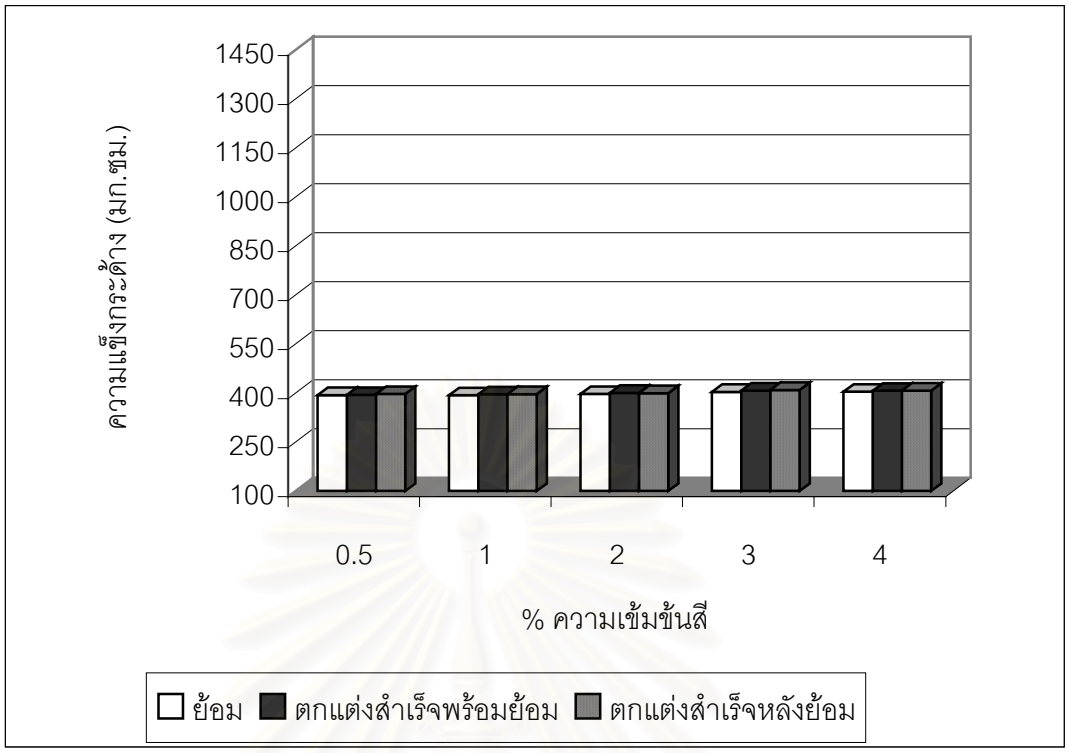
รูปที่ 4.32 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



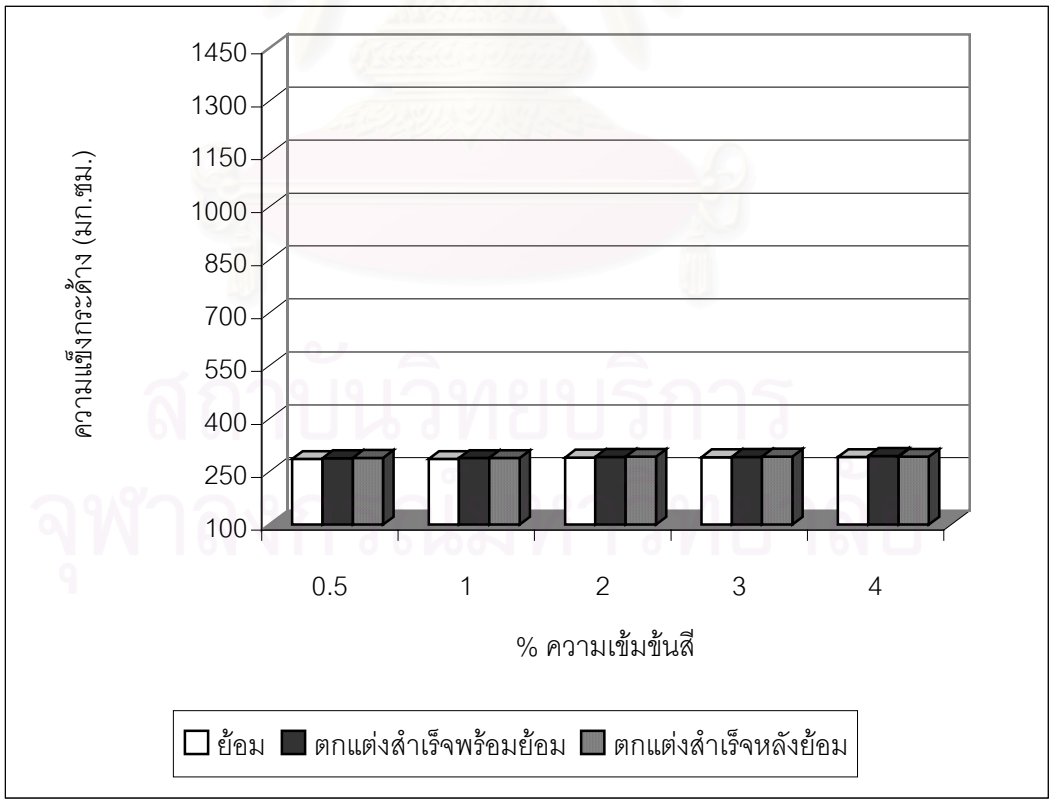
รูปที่ 4.33 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.34 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีเหลืองและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.35 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C



รูปที่ 4.36 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ในรูปที่ 4.31, 4.33 และ 4.35 แสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่า ผ้าที่ย้อมมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 393.61 – 403.92 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ส่วนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.01 – 1 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 396.06 – 407.14 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ในขณะที่ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม มีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.02 – 1.4 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 395.38 – 407.14 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.32, 4.34 และ 4.36 แสดงค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พบว่า ผ้าที่ย้อมมีค่าความแข็งกระด้างอยู่ในช่วง 285.22 – 292.53 มิลลิกรัม.เซนติเมตร ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 1.1 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 287.39 – 294.01 มิลลิกรัม.เซนติเมตร และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ 0.1 – 1.6 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 287.32 – 294.31 มิลลิกรัม.เซนติเมตร

จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความแข็งกระด้างน้อยกว่าผ้าที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จอยู่เล็กน้อยคือ ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีลงบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แทบไม่ทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้นเลยและการย้อมผ้าที่ความเข้มข้นสีต่างๆ กันไม่มีผลกระทบมากต่อความแข็งกระด้างของผ้าเช่นกันและผ้าในแนวด้ายยืนมีความแข็งกระด้างมากกว่าผ้าในแนวด้ายพุ่ง

จากผลการทดสอบหาความแข็งกระด้างของผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ทั้งในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ผ่านการย้อมและผ้าย้อมที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีสามารถสรุปได้ว่า การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีลงบนผ้า ทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้นเล็กน้อยมากและยอมรับได้ ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารดูดซับรังสียูวีทั้งชนิด Rayosan® C และ Rayosan® P แพร่เข้าภายในเส้นใยขณะตกแต่งสำเร็จมากกว่าที่จะเกาะอยู่ตามผิวเส้นใย สารเหล่านี้จึงแทบไม่มีผลทำให้เส้นใยแข็งกระด้างขึ้นเลยและสารบางส่วนอาจเคลือบบนเส้นใยเป็นเพียงชั้นบางๆ เท่านั้นและไม่ได้ทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้นนัก

4.5 ความคงทนของสีต่อแสง

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีพร้อมการย้อมและหลังการย้อม ถูกทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง ซึ่งผลการทดสอบแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.10 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf)	ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	7-8	7-8
2	7	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	8	8
2	7-8	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)			
0.5	7-8	8	8
1	7-8	8	8
2	7-8	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8

ตารางที่ 4.11 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf)	ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	7-8	7-8
2	7-8	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	7-8	7-8
2	7	8	8
3	7-8	8	8
4	7-8	8	8
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7-8	8	8
2	7-8	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน

ความเข้มข้นสี (%owf)	ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงิน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	8	8
2	7-8	8	8
3	8	8	8
4	8	8	8
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7	7-8	7-8
2	7	8	8
3	7-8	8	8
4	8	8	8
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)			
0.5	7	7-8	7-8
1	7-8	8	8
2	7-8	8	8
3	8	8	8
4	8	8	8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อแสง แสดงในตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 พบว่า ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟและ/หรือสีดิสเพอร์สและผ้าที่ย้อมด้วยสีเหล่านี้และตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C และ Rayosan® P มีความคงทนของสีผ้าต่อแสงอยู่ในระดับดีมากคือ ระดับความคงทนของสีผ้าต่อแสงเทียบกับผ้าขนสัตว์มาตรฐานสีน้ำเงินอยู่ที่ระดับ 7 – 8 และ 8 ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟและ/หรือสีดิสเพอร์สโดยไม่ตกแต่งสำเร็จมีความคงทนของสีผ้าต่อแสงดีระดับ 7 และถ้าย้อมที่ความเข้มข้นสีมากขึ้นผ้าจะมีความคงทนของสีผ้าต่อแสงมากขึ้นเป็นระดับ 7 – 8 หรือ 8 เนื่องจากสีรีแอคทีฟ (Drimarene® Red X-6BN p, Drimarene® Yellow X-4RN p, Drimarene® Blue X-BLN p) และสีดิสเพอร์ส (Foron® Red RD-GL 200, Foron® Yellow-Brown RD-2RS, Foron® Blue RD-GLF) มีความคงทนของสีต่อแสงดีอยู่แล้ว การย้อมผ้าด้วยสีเหล่านี้จึงทำให้สีผ้ามีความคงทนต่อแสงมากด้วยเช่นกัน ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟและ/หรือสีดิสเพอร์สและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C หรือ Rayosan® P มีความคงทนต่อแสงดีมากระดับ 7 – 8 และ 8 ซึ่งความคงทนของสีต่อแสงมากกว่าผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จอยู่ 0.5 – 1 ระดับ นั้นคือสารดูดซับรังสียูวีบนผ้าย้อมช่วยทำให้ผ้ามีความคงทนของสีผ้าต่อแสงดีขึ้นโดยเฉพาะคงทนต่อรังสียูวีได้มากขึ้น อาจโดยการดูดซับรังสียูวีที่สามารถทำลายโครงสร้างทางเคมีของสีย้อม ซึ่งสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C เป็นสารประกอบประเภท hoterocyclic และ Rayosan® P เป็นสารประกอบประเภท benzotriazoles มีหมู่โครโมฟอร์ช่วยดูดซับรังสียูวีที่สามารถทำลายโครงสร้างสีย้อมได้

4.6 **ความคงทนของสีผ้าต่อการซัก**

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมสีและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกทดสอบหาความคงทนของสีต่อการซัก โดยวัดค่าความแตกต่างของสีผ้าระหว่างผ้าสีก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักและผ้าผ้าขาวประกบผ้าสีก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก ซึ่งผลการทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 4.13 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)						
0.5	1.740	1.756	1.929	3.8	3.8	3.8
1	2.283	2.215	2.577	3.7	3.7	3.6
2	2.829	2.967	2.579	3.5	3.5	3.6
3	2.760	2.465	2.621	3.5	3.6	3.6
4	2.685	2.250	2.257	3.6	3.7	3.7
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)						
0.5	0.889	1.074	0.691	4.1	4	4.1
1	1.867	1.726	1.857	3.8	3.8	3.8
2	1.703	1.769	1.824	3.9	3.8	3.8
3	1.402	1.189	1.136	3.9	4	4
4	1.462	1.746	1.557	3.9	3.8	3.9
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)						
0.5	1.008	0.713	0.704	4.1	4.1	4.1
1	0.699	0.458	0.744	4.1	4.2	4.1
2	1.055	0.892	1.008	4	4.1	4.1
3	1.456	1.744	1.815	3.9	3.8	3.8
4	1.129	0.896	0.571	4	4.1	4.2

ตารางที่ 4.14 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าสีก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าขาวเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปื้อนติด		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)						
0.5	9.276	10.893	8.039	3.2	3.1	3.4
1	11.447	10.205	10.516	3	3.1	3.1
2	12.147	13.425	12.752	2.9	2.8	2.8
3	13.180	14.951	13.229	2.8	2.6	2.8
4	14.820	14.183	13.258	2.6	2.7	2.8
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)						
0.5	0.992	0.734	0.835	4.2	4.2	4.2
1	1.463	0.876	0.735	4.1	4.2	4.2
2	1.913	1.753	1.711	4.1	4.1	4.1
3	5.155	3.870	2.144	3.7	3.9	4
4	4.402	5.476	2.824	3.8	3.7	4
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)						
0.5	3.799	3.444	3.635	3.9	3.9	3.9
1	3.935	3.396	3.123	3.8	3.9	3.9
2	4.307	4.635	4.141	3.8	3.8	3.8
3	4.935	4.393	5.695	3.7	3.8	3.6
4	5.563	6.039	5.134	3.7	3.6	3.7

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักและตารางที่ 4.14 แสดงค่าความแตกต่างของสีของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก ซึ่งถ้าค่าความแตกต่างของสีผ้ามีค่ามากขึ้นแสดงว่า ผ้าสีและผ้าขาวประกบก่อนและหลังทดสอบมีความแตกต่างของสีมากจนมองเห็นชัดเจนหมายถึงผ้าสีมีความคงทนต่อการซักน้อยลง

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.13 พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟความเข้มข้นเดียวกันและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีมีค่าความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังซักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและเมื่อเทียบความแตกต่างของสีกับเกรย์สเกลก็ได้ระดับใกล้เคียงกันเช่นกัน โดยผ้าที่ย้อมสีแดงและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีแดงมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.5 – 3.8 ซึ่งหมายถึงผ้าสีแดงมีความคงทนต่อการซักระดับปานกลางถึงดี ผ้าที่ย้อมสีเหลืองและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีเหลืองมีความคงทนของสีผ้าต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.8 – 4.1 ซึ่งหมายถึงผ้าสีเหลืองมีความคงทนต่อการซักระดับดีและผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีน้ำเงินมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.8 – 4.1 ซึ่งหมายถึงผ้าสีน้ำเงินมีความคงทนต่อการซักระดับดีถึงดีมาก

ค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จก่อนและหลังการทดสอบความทนของสีผ้าต่อการซักแสดงในตารางที่ 4.14 ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าในตารางที่ 4.13 สามารถอธิบายได้ว่า ผ้าย้อมสีแดงที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความคงทนของสีต่อการซักต่ำกว่าผ้าย้อมสีเหลืองหรือสีน้ำเงินที่ตกแต่งสำเร็จและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)						
0.5	0.532	0.571	0.539	4.2	4.2	4.2
1	0.556	0.579	0.570	4.2	4.2	4.2
2	0.644	0.705	0.648	4.2	4.1	4.2
3	1.394	1.481	1.530	3.9	3.9	3.9
4	1.616	1.728	1.623	3.9	3.9	3.9
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)						
0.5	0.990	0.754	0.839	4.1	4.1	4.1
1	0.809	0.658	0.944	4.1	4.2	4.1
2	0.775	0.531	0.507	4.1	4.2	4.2
3	0.612	0.632	0.696	4.2	4.2	4.2
4	0.962	0.816	0.854	4.2	4.1	4.1
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)						
0.5	0.844	0.836	0.876	4.1	4.1	4.1
1	0.943	0.687	0.925	4.1	4.2	4.1
2	0.587	0.543	0.514	4.2	4.2	4.2
3	0.586	0.573	0.536	4.2	4.2	4.2
4	0.985	0.978	0.855	4.1	4.1	4.1

ตารางที่ 4.16 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าสีก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าขาวเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปื้อนติด		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)						
0.5	2.666	2.428	2.593	4	4	4
1	2.893	2.322	2.208	4	4	4
2	3.160	3.098	3.321	3.9	3.9	3.9
3	3.589	3.218	3.316	3.9	3.9	3.9
4	3.875	3.683	3.511	3.9	3.9	3.9
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)						
0.5	0.888	1.251	1.162	4.2	4.2	4.2
1	1.280	1.365	1.604	4.1	4.1	4.1
2	1.954	1.922	1.897	4.1	4.1	4.1
3	1.498	1.892	2.093	4.1	4.1	4.1
4	2.987	2.920	2.856	4	4	4
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)						
0.5	1.941	2.498	2.020	4.1	4	4.1
1	2.722	1.963	2.028	4	4.1	4.1
2	2.545	2.719	2.283	4	4	4
3	2.146	2.253	2.323	4.1	4	4
4	2.308	2.232	2.270	4	4	4

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักและตารางที่ 4.16 แสดงค่าความแตกต่างของสีของผ้าขาวประกบผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.15 พบว่าผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยความเข้มข้นเดียวกันและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีมีค่าความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังซักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและเมื่อเทียบความแตกต่างของสีกับเกรย์สเกลก็ได้ระดับใกล้เคียงกันเช่นกัน โดยผ้าที่ย้อมสีแดงและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีแดงมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.9 – 4.2 ซึ่งหมายถึงผ้าสีแดงมีความคงทนต่อการซักระดับดีถึงดีมาก ผ้าที่ย้อมสีเหลืองและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีเหลืองมีความคงทนของสีผ้าต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 4.1 – 4.2 ซึ่งหมายถึงผ้าสีเหลืองมีความคงทนต่อการซักระดับดีมากและผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีน้ำเงินมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 4.1 – 4.2 ซึ่งหมายถึงผ้าสีน้ำเงินมีความคงทนต่อการซักระดับดีมากเช่นกัน

ค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จก่อนและหลังการทดสอบความทนของสีผ้าต่อการซักแสดงในตารางที่ 4.16 ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าในตารางที่ 4.15 สามารถอธิบายได้ว่า ผ้าย้อมสีแดงที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความคงทนของสีต่อการซักต่ำกว่าผ้าย้อมสีเหลืองหรือสีน้ำเงินที่ตกแต่งสำเร็จและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปลี่ยน		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)						
0.5	2.747	2.603	2.693	3.5	3.6	3.6
1	2.943	2.810	2.765	3.5	3.5	3.5
2	2.608	2.648	2.403	3.6	3.6	3.6
3	2.948	2.880	2.961	3.5	3.5	3.5
4	2.714	2.630	2.740	3.5	3.6	3.5
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)						
0.5	1.614	1.501	1.714	3.9	3.9	3.9
1	1.867	1.535	1.790	3.8	3.9	3.8
2	1.624	1.736	1.836	3.9	3.8	3.8
3	1.777	1.931	1.755	3.8	3.8	3.8
4	2.015	2.308	2.435	3.8	3.7	3.6
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)						
0.5	1.103	0.921	1.048	4	4.1	4
1	0.424	0.422	0.468	4.2	4.2	4.2
2	1.802	1.634	1.744	3.8	3.9	3.8
3	0.857	0.661	0.734	4.1	4.2	4.1
4	1.649	1.796	1.786	3.9	3.8	3.8

ตารางที่ 4.18 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) ของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (%owf)	ความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าสีก่อนและหลังการทดสอบความคงทนต่อการซัก			ระดับความแตกต่างของสีผ้าขาวเทียบกับเกรย์สเกลสำหรับสีเปื้อนติด		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)						
0.5	6.750	6.762	6.612	3.5	3.5	3.5
1	6.730	6.243	7.341	3.5	3.6	3.5
2	7.599	7.404	7.041	3.4	3.4	3.4
3	8.868	8.133	8.319	3.3	3.4	3.3
4	9.641	9.987	8.071	3.2	3.2	3.4
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)						
0.5	3.984	3.643	3.370	3.8	3.9	3.9
1	4.329	4.907	4.668	3.8	3.7	3.8
2	4.463	4.585	5.399	3.8	3.8	3.7
3	6.050	6.447	5.749	3.6	3.6	3.6
4	5.015	5.616	6.642	3.7	3.7	3.5
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)						
0.5	2.388	2.770	2.306	4	4	4
1	2.656	2.661	2.074	4	4	4.1
2	3.749	3.627	3.645	3.9	3.9	3.9
3	2.916	2.854	2.621	4	4	4
4	4.883	4.221	4.287	3.7	3.8	3.8

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักและตารางที่ 4.18 แสดงค่าความแตกต่างของสีของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน และผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ก่อนและหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.17 พบว่าผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยความเข้มข้นเดียวกันและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีมีค่าความแตกต่างของสีผ้าก่อนและหลังซักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและเมื่อเทียบความแตกต่างของสีกับเกรย์สเกลก็ได้ระดับใกล้เคียงกันเช่นกัน โดยผ้าที่ย้อมสีแดงและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีแดงมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.5 – 3.6 ซึ่งหมายถึงผ้าสีแดงมีความคงทนต่อการซักระดับปานกลางถึงดี ผ้าที่ย้อมสีเหลืองและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีเหลืองมีความคงทนของสีผ้าต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.8 – 3.9 ซึ่งหมายถึงผ้าสีเหลืองมีความคงทนต่อการซักระดับดีและผ้าที่ย้อมสีน้ำเงินและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมสีน้ำเงินมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกรย์สเกลระดับ 3.8 – 4.2 ซึ่งหมายถึงผ้าสีน้ำเงินมีความคงทนต่อการซักระดับดีถึงดีมาก

ค่าความแตกต่างของสีผ้าของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จก่อนและหลังการทดสอบความทนของสีผ้าต่อการซักแสดงในตารางที่ 4.18 ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าในตารางที่ 4.17 สามารถอธิบายได้ว่า ผ้าย้อมสีแดงที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมและหลังการย้อมและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จมีความคงทนของสีต่อการซักต่ำกว่าผ้าย้อมสีเหลืองหรือสีน้ำเงินที่ตกแต่งสำเร็จและที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

จากผลการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักที่แสดงไว้ข้างต้นพบว่า ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์หรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จและผ้าที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมย้อมและหลังย้อมที่ความเข้มข้นสีเดียวกัน มีความคงทนของสีต่อการซักใกล้เคียงกันในระดับเดียวกัน นั่นคือ ความคงทนของสีผ้าต่อการซักขึ้นกับชนิดและประเภทของสีย้อมและวิธีการย้อม การซักล้าง โดยไม่ขึ้นกับสารดูดซับรังสียูวีและวิธีการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งพบว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีแดงมีความคงทนต่อการซักในระดับปานกลางถึงดี ผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีเหลืองมีความคงทนต่อการซักในระดับดีส่วนผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีความคงทนต่อการซักในระดับดีถึงดีมาก ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดงมีความคงทนต่อการซักในระดับดีถึงดีมาก ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมีความคงทนต่อการซักในระดับดีมาก ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินมีความคงทน

ต่อการซักเช่นเดียวกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีต่างๆ ซึ่งสาเหตุที่สีย้อมรีแอคทีฟและสีย้อมดิสเพอร์สมีความคงทนของสีต่อการซักดีอยู่แล้วเพราะในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟมีการสร้างพันธะทางเคมี (โควาเลนท์) ที่สายโซ่เซลลูโลสจึงทำให้ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซัก ส่วนการย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส สีดิสเพอร์สจะแพร่ไปอยู่ภายในเส้นใยระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์และถูกกักอยู่ภายในเส้นใยทำให้สีไม่หลุดออกมาเมื่อซักล้างที่อุณหภูมิไม่สูง การตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีอาจเป็นการเคลือบสีให้ติดอยู่บนผ้าได้ดียิ่งขึ้นอีก

4.7 การป้องกันรังสียูวีของผ้า

ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ถูกทดสอบหาความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของผ้า โดยวัดค่าความแตกต่างของสีผ้าระหว่างผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วย methylene blue ที่มีผ้าย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จซ้อนทับอยู่ด้านบนขณะตากแดดและผ้าชนิดเดียวกันแต่ไม่ตากแดด นอกจากนี้วัดค่าความเข้มสีของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดดและไม่ตากแดด ถ้ามีค่าความแตกต่างของสีผ้ามากและค่าความเข้มของสีผ้าทั้งกลุ่มแตกต่างกันมาก (ตากแดดและไม่ตากแดด) แสดงว่ารังสียูวีทะลุผ่านผ้าย้อมและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จได้มาก ผลการทดสอบมีดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน)และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
ตากแดดวันที่ 1	6.202	5.380	4.886	3.769	3.153
ตากแดดวันที่ 2	6.407	6.291	5.701	5.306	4.491
ตากแดดวันที่ 3	8.414	8.388	7.815	7.521	5.803
ตากแดดวันที่ 4	9.112	9.321	7.932	7.676	6.254
ตากแดดวันที่ 5	10.456	10.365	9.943	8.824	7.631
ตากแดดวันที่ 6	13.324	12.047	9.214	8.865	7.991
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
ตากแดดวันที่ 1	7.036	6.762	6.482	5.857	4.455
ตากแดดวันที่ 2	9.610	9.171	8.899	7.308	6.987
ตากแดดวันที่ 3	12.425	11.927	11.552	11.734	11.713
ตากแดดวันที่ 4	13.342	12.345	11.694	12.564	11.476
ตากแดดวันที่ 5	14.321	12.686	12.486	12.697	11.876
ตากแดดวันที่ 6	15.685	13.976	12.597	12.965	12.021
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
ตากแดดวันที่ 1	2.374	2.192	2.267	2.061	1.932
ตากแดดวันที่ 2	3.639	3.041	2.949	2.889	2.218
ตากแดดวันที่ 3	4.410	3.623	3.611	3.577	3.213
ตากแดดวันที่ 4	5.123	4.143	3.764	3.653	3.686
ตากแดดวันที่ 5	6.153	5.376	3.798	3.865	3.821
ตากแดดวันที่ 6	6.954	5.875	3.907	3.958	3.902

ตารางที่ 4.20 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	4.261	3.501	3.132	2.585	2.126	4.498	3.737	3.845	2.667	2.011
2	5.266	5.231	4.206	4.099	3.683	5.277	5.345	4.741	4.332	3.639
3	8.333	8.223	6.073	6.202	5.006	8.326	8.121	6.134	6.142	4.999
4	8.423	8.476	6.243	6.164	5.246	8.732	8.365	6.486	6.325	5.065
5	9.765	8.735	6.795	6.575	5.543	9.324	8.650	6.865	6.654	5.548
6	9.966	8.905	7.854	6.839	5.797	9.765	8.996	6.897	6.976	5.864
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	6.795	5.747	5.407	4.772	3.645	6.743	5.847	5.831	4.628	3.437
2	8.115	8.469	7.630	6.549	5.204	8.096	8.481	7.695	6.073	5.688
3	12.000	11.676	10.087	10.244	10.044	11.828	11.200	10.547	10.729	10.021
4	13.076	11.698	10.765	10.686	10.217	12.987	11.436	10.864	11.232	11.436
5	13.321	11.854	10.897	11.254	10.254	13.112	11.658	11.132	11.365	11.754
6	13.643	12.007	11.112	11.758	10.437	13.243	11.975	11.239	10.764	10.807
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	1.500	1.831	1.575	1.399	1.237	1.752	2.058	1.736	1.521	1.248
2	2.231	2.558	1.942	1.827	1.356	2.796	2.471	1.975	1.738	1.064
3	3.881	2.787	2.143	2.621	2.365	3.976	2.954	2.834	2.658	2.433
4	4.231	2.914	2.243	2.765	2.543	4.765	3.132	3.087	2.887	2.643
5	5.547	3.543	2.475	2.796	2.658	4.876	3.435	3.321	2.890	2.689
6	5.754	3.975	2.758	2.799	2.986	5.632	3.685	3.436	3.001	2.748

ตารางที่ 4.21 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
ตากแดดวันที่ 1	2.671	2.073	2.888	3.374	3.337
ตากแดดวันที่ 2	2.293	2.618	2.557	3.066	3.123
ตากแดดวันที่ 3	1.829	1.945	2.065	2.589	3.021
ตากแดดวันที่ 4	1.692	1.841	2.054	2.243	2.932
ตากแดดวันที่ 5	1.673	1.732	1.964	2.060	2.421
ตากแดดวันที่ 6	1.644	1.746	1.965	2.033	2.410
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
ตากแดดวันที่ 1	1.967	2.009	2.124	1.918	2.062
ตากแดดวันที่ 2	1.554	1.531	1.695	1.700	1.859
ตากแดดวันที่ 3	1.212	1.233	1.319	1.435	1.498
ตากแดดวันที่ 4	1.154	1.107	1.202	1.397	1.477
ตากแดดวันที่ 5	0.943	1.054	1.242	1.386	1.432
ตากแดดวันที่ 6	0.921	1.032	1.226	1.354	1.410
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
ตากแดดวันที่ 1	3.384	3.695	4.055	4.169	4.180
ตากแดดวันที่ 2	3.022	3.506	3.864	3.955	4.167
ตากแดดวันที่ 3	2.979	3.178	3.576	3.900	4.052
ตากแดดวันที่ 4	2.765	3.054	3.432	3.832	3.974
ตากแดดวันที่ 5	2.721	2.912	3.214	3.655	3.921
ตากแดดวันที่ 6	2.719	2.842	2.912	3.011	3.897

หมายเหตุ ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดดมีค่า 4.457

ตารางที่ 4.22 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	2.842	2.700	3.169	3.508	3.949	2.898	2.728	3.776	3.599	3.773
2	2.463	2.815	2.858	3.333	3.594	2.494	2.893	2.864	3.389	3.452
3	1.976	2.115	2.287	3.043	3.544	1.929	2.322	2.324	3.134	3.321
4	1.832	2.065	2.221	2.865	3.032	1.932	2.254	2.311	2.855	3.214
5	1.743	1.943	2.184	2.532	2.976	1.843	2.076	2.254	2.845	3.011
6	1.725	1.924	2.156	2.522	2.943	1.834	2.021	2.250	2.721	3.010
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	2.071	2.213	2.227	1.969	2.097	2.106	1.916	2.956	2.032	2.089
2	1.653	1.653	1.733	1.833	1.910	1.655	1.658	1.715	1.817	1.926
3	1.239	1.288	1.399	1.557	1.598	1.266	1.297	1.397	1.523	1.599
4	1.212	1.243	1.376	1.550	1.572	1.232	1.243	1.324	1.423	1.553
5	1.154	1.211	1.344	1.421	1.532	1.221	1.229	1.300	1.411	1.534
6	1.123	1.207	1.312	1.410	1.511	1.110	1.210	1.298	1.365	1.519
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	3.504	3.828	4.232	4.243	4.465	3.482	3.835	4.176	4.266	4.295
2	3.342	3.847	4.028	4.147	4.276	3.222	3.797	4.004	4.168	4.176
3	2.984	3.288	3.789	4.110	4.123	3.004	3.286	3.769	4.109	4.116
4	2.976	3.254	3.643	4.031	4.076	2.997	3.246	3.711	4.087	4.101
5	2.865	3.144	3.611	3.987	4.054	2.954	3.215	3.665	4.021	4.043
6	2.832	3.154	3.530	3.955	3.999	2.857	3.198	3.643	3.943	4.000

หมายเหตุ ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดดมีค่า 4.457

ผ้าสี methylene blue เป็นผ้าสีที่ไวต่อแสงคือ สีซีดจางได้ง่ายและเร็วเมื่อถูกแสงแดด ดังผลการทดสอบที่ในตารางที่ 4.19 และ 4.20 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าเทียบระหว่างสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมและผ้าฝ้ายย้อมและตกแต่งสำเร็จ) และสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดด พบว่า ในเฉดสีเดียวกันและความเข้มข้นสีเท่ากัน ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ทั้งสองเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าน้อยกว่าเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จนั่นคือ ผ้าสีที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีปกป้องการซีดจางของสีบนผ้าได้ดีกว่าผ้าสีที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ โดยสารดูดซับรังสียูวีจะช่วยดูดซับรังสียูวีไว้ไม่ให้ไปทำลายสีจนผ้ามีสีซีดจางเร็วเกินไป ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีรีแอคทีฟความเข้มข้นสีมากกว่าจะปกป้องผ้าสี methylene blue ได้มากกว่า เพราะค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ลดลงเมื่อผ้าถูกย้อมสีด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้น ยิ่งตากผ้าฝ้ายสีนานขึ้น ผ้าสี methylene blue ก็จะมีสีแตกต่างจากผ้าสี methylene blue ที่ไม่ได้ตากแดดมากขึ้น นั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue มีค่าน้อยกว่าเฉดสีอื่นๆ

ผลที่แสดงในตารางที่ 4.21 และ 4.22 แสดงความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายย้อมและผ้าฝ้ายย้อมที่ตกแต่งสำเร็จพบว่า ความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าสูงกว่าผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยเหตุผลเดียวกับข้างต้นคือ สารดูดซับรังสียูวีช่วยป้องกันไม่ให้สี methylene blue บนผ้าถูกทำลายจนสีผ้าจางอ่อนลงเร็วไป การย้อมผ้าฝ้าย (ซ้อนทับผ้าสี methylene blue) ด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้นสามารถ ปกป้องสี methylene blue ได้ดีขึ้น โดยดูจากค่าความเข้มสีที่มากขึ้นตามระดับความเข้มข้นสีที่เพิ่มขึ้น การตากแดดนานขึ้นทำให้สีผ้า methylene blue ถูกทำลายได้มากขึ้นคือ ตากแดดนานขึ้นจะทำให้รังสียูวีทะลุผ่านผ้าฝ้ายด้านบนได้มากขึ้น นั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความเข้มสีของสีผ้า methylene blue มีค่ามากกว่าเฉดสีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในตารางที่ 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.23 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
ตากแดดวันที่ 1	5.357	4.943	3.529	3.223	2.797
ตากแดดวันที่ 2	7.693	6.483	5.607	5.206	4.873
ตากแดดวันที่ 3	9.543	9.214	8.664	7.868	6.486
ตากแดดวันที่ 4	10.343	9.843	8.954	8.254	7.621
ตากแดดวันที่ 5	10.922	10.321	9.328	8.436	7.976
ตากแดดวันที่ 6	11.243	10.754	9.757	8.965	7.988
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
ตากแดดวันที่ 1	7.800	7.295	7.164	6.436	6.359
ตากแดดวันที่ 2	10.408	10.146	9.586	9.386	8.599
ตากแดดวันที่ 3	13.357	12.916	12.648	12.065	11.436
ตากแดดวันที่ 4	13.865	13.077	12.965	12.865	11.045
ตากแดดวันที่ 5	14.476	13.476	12.632	12.534	10.547
ตากแดดวันที่ 6	14.764	13.857	12.754	12.121	10.965
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
ตากแดดวันที่ 1	3.468	2.724	1.903	1.442	1.074
ตากแดดวันที่ 2	4.262	3.275	2.154	2.110	2.048
ตากแดดวันที่ 3	5.335	4.217	3.875	3.660	3.214
ตากแดดวันที่ 4	5.856	4.132	3.906	3.754	3.532
ตากแดดวันที่ 5	5.909	4.054	3.954	3.867	3.656
ตากแดดวันที่ 6	6.054	5.007	4.064	3.887	3.694

ตารางที่ 4.24 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	4.913	3.059	2.919	2.258	2.164	4.398	3.135	2.881	2.148	2.220
2	6.309	5.708	4.103	4.234	3.869	6.537	5.787	4.356	4.275	3.009
3	9.032	8.143	7.143	6.153	5.153	9.043	8.265	7.275	6.854	5.242
4	9.543	8.326	7.432	7.243	5.265	9.432	8.543	7.654	6.986	5.865
5	9.864	8.654	7.754	7.875	5.979	9.751	8.328	7.975	7.214	6.463
6	10.432	8.845	7.908	8.354	6.243	9.968	9.021	8.021	7.257	6.543
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	6.428	6.280	6.060	5.698	5.354	6.624	6.387	6.085	5.753	5.388
2	9.974	9.179	9.008	8.912	7.434	9.489	9.542	9.313	9.012	7.954
3	13.033	12.502	11.790	10.055	9.554	13.044	12.356	11.471	11.032	9.534
4	13.365	12.754	11.975	10.549	9.765	13.765	12.654	11.764	11.354	9.654
5	13.575	12.864	12.021	11.476	9.996	14.076	12.869	11.974	11.653	9.974
6	14.021	12.907	12.043	11.859	10.243	14.121	13.004	11.996	11.975	10.032
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	3.060	1.943	1.472	1.032	0.932	3.004	1.987	1.328	1.112	0.945
2	3.433	3.014	1.335	1.466	1.264	3.386	3.064	1.747	1.947	1.856
3	5.045	3.875	3.095	2.995	2.365	5.067	3.743	3.214	2.967	2.444
4	5.254	3.975	3.224	3.023	2.543	5.098	3.970	3.476	3.021	2.546
5	5.465	4.079	3.435	3.246	2.875	5.126	4.085	3.657	3.114	2.687
6	5.864	4.223	3.753	3.481	2.969	5.243	4.123	3.853	3.243	2.869

ตารางที่ 4.25 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
ตากแดดวันที่ 1	2.314	2.843	2.646	2.838	2.978
ตากแดดวันที่ 2	2.257	2.422	2.583	2.655	2.748
ตากแดดวันที่ 3	1.643	1.743	1.723	1.894	1.984
ตากแดดวันที่ 4	1.232	1.498	1.553	1.646	1.835
ตากแดดวันที่ 5	1.211	1.442	1.546	1.684	1.821
ตากแดดวันที่ 6	1.210	1.422	1.523	1.732	1.796
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
ตากแดดวันที่ 1	1.791	1.948	1.953	2.002	2.191
ตากแดดวันที่ 2	1.484	1.648	1.798	1.745	1.819
ตากแดดวันที่ 3	1.002	1.087	1.136	1.259	1.357
ตากแดดวันที่ 4	0.986	0.994	1.095	1.232	1.276
ตากแดดวันที่ 5	0.943	0.985	1.064	1.221	1.253
ตากแดดวันที่ 6	0.912	0.971	0.989	1.143	1.231
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
ตากแดดวันที่ 1	3.425	3.781	3.873	3.552	3.985
ตากแดดวันที่ 2	3.194	3.505	3.685	3.421	3.612
ตากแดดวันที่ 3	3.035	3.143	3.256	3.321	3.577
ตากแดดวันที่ 4	2.943	3.121	3.195	3.286	3.479
ตากแดดวันที่ 5	2.936	3.098	3.184	3.255	3.465
ตากแดดวันที่ 6	2.921	2.981	3.154	3.224	3.455

หมายเหตุ ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดดมีค่า 4.457

ตารางที่ 4.26 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีดิสเพอร์สสีแดงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	2.693	3.578	3.446	3.554	3.046	2.721	3.475	3.501	3.548	3.069
2	2.528	2.876	2.943	3.088	3.167	2.763	2.987	2.836	3.015	3.184
3	2.312	2.734	2.853	2.932	3.032	2.643	2.854	2.755	2.967	3.065
4	2.276	2.642	2.697	2.843	2.986	2.555	2.869	2.685	2.855	3.012
5	2.234	2.631	2.664	2.747	2.977	2.435	2.658	2.655	2.766	2.978
6	2.211	2.586	2.632	2.711	2.864	2.342	2.633	2.621	2.742	2.954
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	1.967	2.072	2.139	2.347	2.446	1.934	2.193	2.224	2.355	2.417
2	1.529	1.742	1.831	1.936	2.134	1.537	1.715	1.875	1.934	2.085
3	1.065	1.194	1.245	1.376	1.468	1.077	1.166	1.297	1.355	1.460
4	1.052	1.155	1.232	1.365	1.443	1.055	1.153	1.275	1.363	1.455
5	1.023	1.143	1.223	1.297	1.423	0.984	1.154	1.253	1.334	1.432
6	0.987	1.121	1.202	1.265	1.411	0.977	1.096	1.245	1.330	1.398
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	3.605	3.864	4.043	4.026	4.149	3.513	3.843	4.063	4.009	4.056
2	3.389	3.719	3.932	3.965	4.077	3.264	3.715	3.958	3.925	4.043
3	3.103	3.726	3.886	3.932	4.032	3.156	3.676	3.855	3.976	4.042
4	3.101	3.697	3.854	3.925	4.021	3.142	3.653	3.844	3.955	4.027
5	3.053	3.688	3.723	3.911	4.020	3.087	3.632	3.823	3.934	4.022
6	2.994	3.653	3.711	3.897	4.000	2.954	3.611	3.710	3.901	4.014

หมายเหตุ ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดดมีค่า 4.457

ผลการทดสอบที่ในตารางที่ 4.23 และ 4.24 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าเทียบระหว่างสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมและผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมและตกแต่งสำเร็จ) และสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดด พบว่า ในเฉดสีเดียวกันและความเข้มข้นสีเท่ากัน ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ทั้งสองเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าน้อยกว่าเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จนั่นคือ ผ้าสีที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีปกป้องการซีดจางของสีบนผ้าได้ดีกว่าผ้าสีที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ โดยสารดูดซับรังสียูวีจะช่วยดูดซับรังสียูวีไว้ไม่ให้ไปทำลายสีจนผ้ามีสีซีดจางเร็วเกินไป ผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สความเข้มข้นสีมากกว่าจะปกป้องผ้าสี methylene blue ได้มากกว่า เพราะค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ลดลงเมื่อผ้าถูกย้อมสีด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้น ยิ่งตากผ้าพอลิเอสเทอร์สีนานขึ้น ผ้าสี methylene blue ก็จะมีสีแตกต่างจากผ้าสี methylene blue ที่ไม่ได้ตากแดดมากขึ้น นั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue มีค่าน้อยกว่าเฉดสีอื่นๆ

ผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 4.25 และ 4.26 แสดงความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมและผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จพบว่า ความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าสูงกว่าผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยเหตุผลเดียวกับข้างต้นคือ สารดูดซับรังสียูวีช่วยป้องกันไม่ให้สี methylene blue บนผ้าถูกทำลายจนสีผ้าจางอ่อนลงเร็วไป การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ (ซ้อนทับผ้าสี methylene blue) ด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้น สามารถปกป้องสี methylene blue ได้ดีขึ้น โดยดูจากค่าความเข้มสีที่มากขึ้นตามระดับความเข้มข้นสีที่เพิ่มขึ้น การตากแดดนานขึ้นทำให้สีผ้า methylene blue ถูกทำลายได้มากขึ้นคือ ตากแดดนานขึ้นจะทำให้รังสียูวีทะลุผ่านผ้าพอลิเอสเทอร์ด้านบนได้มากขึ้นนั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความเข้มสีของสีผ้า methylene blue มีค่ามากกว่าเฉดสีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.27 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (%owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
ตากแดดวันที่ 1	5.039	4.701	4.576	4.429	3.843
ตากแดดวันที่ 2	6.208	5.979	5.465	5.041	4.900
ตากแดดวันที่ 3	8.184	7.668	7.437	6.968	6.326
ตากแดดวันที่ 4	9.323	7.867	7.767	7.043	6.698
ตากแดดวันที่ 5	9.217	7.947	7.788	7.254	6.749
ตากแดดวันที่ 6	10.245	9.001	8.905	8.015	7.976
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
ตากแดดวันที่ 1	6.257	6.062	5.965	5.449	4.976
ตากแดดวันที่ 2	8.569	8.127	8.105	7.767	6.843
ตากแดดวันที่ 3	10.039	9.868	9.499	8.118	7.026
ตากแดดวันที่ 4	11.879	10.433	10.034	8.653	8.474
ตากแดดวันที่ 5	11.956	11.767	10.238	9.867	8.869
ตากแดดวันที่ 6	13.054	12.975	12.250	10.943	9.963
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
ตากแดดวันที่ 1	2.725	2.666	2.293	2.032	2.328
ตากแดดวันที่ 2	2.965	2.734	2.523	2.422	2.489
ตากแดดวันที่ 3	4.257	3.749	3.214	3.021	2.956
ตากแดดวันที่ 4	5.785	4.806	4.289	3.089	2.997
ตากแดดวันที่ 5	7.975	6.887	4.324	3.176	2.999
ตากแดดวันที่ 6	8.064	7.980	5.379	3.188	3.012

ตารางที่ 4.28 ความแตกต่างของสีผ้า (ΔE^*) เทียบระหว่างผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C) และผ้าย้อมด้วย methylene blue ที่ไม่ตากแดด

ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	4.232	3.407	3.154	2.753	2.354	4.419	3.436	3.024	2.954	2.538
2	5.859	5.427	5.076	4.837	4.087	5.750	5.529	5.144	4.971	4.216
3	7.922	6.132	6.012	5.921	5.643	6.825	6.648	6.046	5.837	5.712
4	8.231	6.243	6.436	6.012	5.734	7.843	6.756	6.525	6.003	5.808
5	8.564	6.657	6.754	6.077	5.755	8.888	6.778	6.787	6.043	5.895
6	8.975	6.745	6.783	6.156	5.787	8.889	6.832	6.726	6.099	5.901
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	6.058	5.243	3.650	3.750	3.054	6.073	5.368	3.578	3.373	3.178
2	8.222	8.201	7.781	6.275	6.146	8.421	8.372	7.943	6.414	6.255
3	10.688	9.629	9.090	7.875	7.214	10.827	10.765	9.021	8.997	7.132
4	10.765	9.753	9.254	7.905	7.436	10.959	9.843	9.243	9.043	7.254
5	10.865	9.985	9.632	8.325	7.646	11.032	9.954	9.476	9.088	7.487
6	11.021	10.016	9.854	8.534	7.865	11.252	10.143	9.641	9.124	7.552
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	2.429	1.531	1.886	1.642	1.497	2.442	1.311	1.606	1.539	1.582
2	2.727	2.356	2.223	2.132	2.012	2.856	2.488	2.375	2.311	2.156
3	3.026	2.445	2.276	2.154	2.038	3.177	2.554	2.454	2.208	2.198
4	3.143	2.547	2.375	2.287	2.089	3.198	2.587	2.487	2.354	2.254
5	3.448	2.583	2.387	2.269	2.134	3.365	2.696	2.697	2.388	2.276
6	3.508	2.758	2.441	2.391	2.166	3.453	2.875	2.775	2.436	2.299

ตารางที่ 4.29 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	ความเข้มข้นสี (%owf)				
	0.5	1	2	3	4
	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
ตากแดดวันที่ 1	2.866	2.823	2.813	3.056	3.170
ตากแดดวันที่ 2	2.747	2.788	2.712	2.857	2.956
ตากแดดวันที่ 3	1.742	1.877	2.029	2.093	2.623
ตากแดดวันที่ 4	1.798	1.898	2.012	2.077	2.612
ตากแดดวันที่ 5	1.586	1.743	1.985	2.035	2.587
ตากแดดวันที่ 6	1.433	1.721	1.974	2.022	2.575
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
ตากแดดวันที่ 1	2.266	2.297	2.419	2.516	2.549
ตากแดดวันที่ 2	1.830	1.849	1.876	1.974	2.042
ตากแดดวันที่ 3	1.158	1.254	1.385	1.488	1.576
ตากแดดวันที่ 4	1.034	1.187	1.376	1.468	1.554
ตากแดดวันที่ 5	0.976	1.036	1.255	1.455	1.538
ตากแดดวันที่ 6	0.953	1.055	1.232	1.325	1.521
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
ตากแดดวันที่ 1	3.541	3.771	3.808	4.035	4.196
ตากแดดวันที่ 2	3.406	3.648	3.785	3.843	4.108
ตากแดดวันที่ 3	2.781	3.024	3.298	3.616	4.087
ตากแดดวันที่ 4	2.654	3.001	3.266	3.565	3.998
ตากแดดวันที่ 5	2.632	2.956	3.231	3.555	3.975
ตากแดดวันที่ 6	2.551	2.922	3.211	3.542	3.936

หมายเหตุ ค่าความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดดมีค่า 4.457

ตารางที่ 4.30 ความเข้มสี (K/S) ของสีผ้า methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและหลังการย้อมสีรีแอคทีฟสีแดงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

ความเข้มสีของสีผ้า methylene blue	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)									
	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ตากแดดวันที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
1	3.011	2.987	3.028	3.291	3.318	2.996	3.121	3.234	3.271	3.404
2	2.854	2.965	2.952	3.167	3.289	2.955	3.065	2.922	3.196	3.299
3	2.783	2.956	2.976	3.087	3.265	2.865	2.935	2.999	3.158	3.265
4	2.744	2.945	2.963	3.055	3.244	2.843	2.922	2.976	3.108	3.244
5	2.712	2.891	2.944	3.012	3.221	2.752	2.874	2.934	3.098	3.237
6	2.605	2.838	2.908	2.997	3.200	2.711	2.835	2.899	3.011	3.208
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	2.402	2.854	3.700	2.618	2.654	2.537	2.803	3.853	2.744	2.692
2	2.331	1.926	2.068	2.165	2.265	2.384	1.389	2.095	2.189	2.312
3	1.756	1.886	2.022	2.087	2.132	1.867	1.875	2.044	2.132	2.275
4	1.744	1.857	1.986	2.064	2.112	1.835	1.859	1.975	2.067	2.211
5	1.732	1.812	1.974	1.990	2.099	1.744	1.823	1.953	2.033	2.148
6	1.646	1.780	1.956	1.968	2.057	1.722	1.766	1.901	2.012	2.079
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	3.712	3.962	4.013	4.328	4.283	3.768	3.991	4.110	4.358	4.380
2	3.707	3.815	3.988	4.012	4.155	3.736	3.844	3.879	3.916	4.176
3	3.039	3.375	3.722	3.745	4.062	3.086	3.426	3.660	3.844	4.088
4	3.021	3.359	3.679	3.721	4.035	3.067	3.377	3.549	3.811	4.051
5	2.975	3.212	3.622	3.697	4.012	3.021	3.342	3.513	3.789	4.012
6	2.953	2.203	3.512	3.645	3.989	2.966	3.310	3.401	3.740	4.009

ตารางที่ 4.27 และ 4.28 แสดงค่าความแตกต่างของสีผ้าเทียบระหว่างสีผ้า methylene blue ที่ตากแดด (โดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมและตกแต่งสำเร็จ) และสีผ้า methylene blue ที่ไม่ตากแดด พบว่า ในเฉดสีเดียวกันและความเข้มข้นสีเท่ากัน ความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ทั้งสองเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าน้อยกว่าเมื่อซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จนั่นคือ ผ้าสีที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีปกป้องการซีดจางของสีบนผ้าได้ดีกว่าผ้าสีที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ โดยสารดูดซับรังสียูวีจะช่วยดูดซับรังสียูวีไว้ไม่ให้ไปทำลายสีจนผ้ามีสีซีดจางเร็วเกินไป ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟความเข้มข้นสีมากกว่าจะปกป้องผ้าสี methylene blue ได้มากกว่า เพราะค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue ลดลงเมื่อผ้าถูกย้อมสีด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้น ยิ่งตากผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์สีนานขึ้น ผ้าสี methylene blue ก็จะมีสีแตกต่างจากผ้าสี methylene blue ที่ไม่ได้ตากแดดมากขึ้น นั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความแตกต่างของสีผ้า methylene blue มีค่าน้อยกว่าเฉดสีอื่นๆ เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายและผ้าพอลิเอสเทอร์

ผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 4.29 และ 4.30 แสดงความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ที่ตากแดดโดยซ้อนทับด้วยผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมที่ตกแต่งสำเร็จพบว่า ความเข้มสีของผ้าสี methylene blue ซ้อนทับด้วยผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จมีค่าสูงกว่าผ้าย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยเหตุผลเดียวกับข้างต้นคือ สารดูดซับรังสียูวีช่วยป้องกันไม่ให้สี methylene blue บนผ้าถูกทำลายจนสีผ้าจางอ่อนลงเร็วไป การย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (ซ้อนทับผ้าสี methylene blue) ด้วยความเข้มข้นสีมากขึ้น สามารถปกป้องสี methylene blue ได้ดีขึ้น โดยดูจากค่าความเข้มสีที่มากขึ้นตามระดับความเข้มข้นสีที่เพิ่มขึ้น การตากแดดนานขึ้นทำให้สีผ้า methylene blue ถูกทำลายได้มากขึ้นคือ ตากแดดนานขึ้นจะทำให้รังสียูวีทะลุผ่านผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้านบนได้มากขึ้นนั่นคือ สี methylene blue ถูกทำลายด้วยแสงแดด (รังสียูวี) มากขึ้นเมื่อถูกแสงแดดนานขึ้น ซึ่งผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีน้ำเงินมีความต้านทานแสงแดด (รังสียูวี) ได้มากที่สุดในสี 3 เฉด โดยพบว่า ค่าความเข้มสีของสีผ้า methylene blue มีค่ามากกว่าเฉดสีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในตารางที่ 4.27 และ 4.28

จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C พร้อมการย้อมสีรีแอคทีฟมีการเปลี่ยนแปลงของสี มากกว่าผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมดังนั้นการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C บนผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ควรตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีผ้าเพราะผ้ามีการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการตกแต่งสำเร็จน้อยมาก สำหรับผ้าพอลิเอสเทอร์สามารถตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ทั้งพร้อมการย้อมและหลังการย้อมได้เพราะผ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีหลังจากที่ตกแต่งสำเร็จ และการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีทำให้ผ้ามีความคงทนของสีผ้าต่อแสงและผ้าสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาให้เข้าใจถึงสาเหตุและวิธีป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์และผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการย้อมและการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ซึ่งสีที่ใช้ในการย้อมได้แก่ สีรีแอคทีฟ สีดิสเพอร์สและใช้สารดูดซับรังสียูวี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยฝ้ายและชนิดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์

จากผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่แสดงไว้ในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่มีการย้อมสีรีแอคทีฟ Drimarene® X พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C มีสีที่แตกต่างกันมากจากผ้าที่ย้อมที่ไม่ตกแต่งสำเร็จโดยเฉพาะเฉดสีแดงและสีน้ำเงิน แต่ถ้าผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์มีการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® C หลังการย้อมสีรีแอคทีฟ Drimarene® X จะมีสีที่ไม่แตกต่างกันกับผ้าที่ย้อมสีแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี ฉะนั้นการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C ควรกระทำภายหลังการย้อมสีรีแอคทีฟ Drimarene® X ไม่ควรกระทำการย้อมและการตกแต่งสำเร็จพร้อมกัน ยกเว้นกระทำการย้อมด้วยเฉดสีอ่อนเช่นสีเหลือง

2) ผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส Foron® RD พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® P และที่มีการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® P หลังการย้อมสีดิสเพอร์ส Foron® RD จะมีสีที่ไม่แตกต่างจากผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ ฉะนั้นสามารถกระทำการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีชนิด Rayosan® P บนผ้าพอลิเอสเทอร์หลังการย้อมสีดิสเพอร์ส Foron® RD และสามารถย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สพร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P ได้ โดยไม่เกิดปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสีผ้า

3) ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่มีการย้อมสีพร้อมการตกแต่งสำเร็จและผ้าที่มีการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมจะมีความแข็งแรงลดลงเล็กน้อยมากและผ้าจะมีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกัน ทั้งในแนวด้ายพุ่งและแนวด้ายยืนของผ้าเมื่อเทียบกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

4) ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมและตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม จะสามารถดูดซึมน้ำได้ทันทีสม่ำเสมอทั่วทั้งผืนและมีความคงทนของสีผ้าต่อการซักเช่นเดียวกับผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

5) ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเทอร์และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่มีการตกแต่งสำเร็จทั้งพร้อมการย้อมและหลังการย้อม ผ้าจะมีความคงทนของสีผ้าต่อแสงและสามารถป้องกันรังสียูวีได้ดีกว่าผ้าที่ย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากเส้นใยที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอยังมีอีกหลายชนิด ได้แก่ เส้นใยไหม เส้นใยไนลอน เส้นใยเรยอน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการนำเส้นใยเหล่านี้มาย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวีเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. เกษม พิพัฒนปัญญานุกูล. การควบคุมคุณภาพการเตรียมสิ่งทอเพื่อการพิมพ์ย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, 2537.
2. อัจฉราพร ไศลสูต. ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สร้างสรรค์วิชาการ, 2529.
3. Dame, S.H. American Cotton Handbook Volume I. 3nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1965.
4. Nevell, T.P. Cellulosics Dyeing. Oxford : Alden Press, 1995.
5. Joseph, M.L. Introductory Textile Science. 2nd ed. New York : Rinehart and Winston, 1972.
6. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
7. มณฑา จันทร์เกตุเลี้ยด. วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพมหานคร, 2541.
8. มนตรี รัตนวิจิตรและคณะ. คู่มือวิชาการสิ่งทอ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทีทีไอเอส จำกัดและมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2541.
9. กาวี ศรีกูลกิจ. หลักการย้อมสีสิ่งทอ. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
10. Warren S.Perkins. Textile Coloration and Finishing. North Carolina : Carolina Academic Press, 1996.
11. Wilfred Ingamells. Colour for Textiles A User Handbook. United Khingdom : University of Wales, 1993.
12. อุษา แสงวัฒนาโรจน์. เสื้อผ้าป้องกัน UV. Cut & Sew (January 2003) : 24-26.
13. นฤมล ศิริทรงธรรม. การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบด้วยการตกแต่งสำเร็จ ตอนที่2. COLOURWAY 22(5) (May-June 1999) : 26-28.
14. แหล่งที่มา : http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/Ubon/songkhla/uv.htm
15. แหล่งที่มา : http://www.tmd.go.th/ozone/uvbasic.htm
16. แหล่งที่มา : http://www.sesil.com
17. Reinert, G. et al. UV-Protecting Properties of Textile Fabrics and their Improvement. Textile Chemist and Colorist 29(12) (December 1997) : 36-43.

18. Cox, P. et al. Influences on UVR Transmission of Undyed Woven Fabrics. Textile Chemist and Colorist 31(6) (June 1999) :17-26.

19. Tortora, Phyllis G. Understanding Textile.3rd ed. New York : Macmillan, 1987.

20. Needles, Howard L. Textile Fiber Dyes Finishes and Process. New Jersey : Noyes Publication, 1986.

21. Kehayoglou, A.H., Tsatsaroni, E.G. Dyeing of Polyester Fabrics with Disperse Dye in the Presence of a UV-Absorber. Dyes and Pigments 23(1993) : 53-63.

22. Tsatsaroni, E.G., Kehayoglou, A.H. Dyeing of Polyester with CI Disperse Yellow 42 in the Presence of Various UV-Absorbers., Part 2. Dyes and Pigments 28(1995) : 123-130.

23. Kehayoglou, A.H., Tsatsaroni, E.G. et al. Effectiveness of Various UV-Absorbers in Dyeing of Polyester with Disperse Dyes., Part 3. Dyes and Pigment 34(1997) : 207-218.

24. Tsatsaroni, E.G., Kehayoglou, A.H., et al. Effectiveness of Various UV-Absorbers in Dyeing of Polyester with Disperse Dyes., Part 4. Dyes and Pigment 38(1998) : 65-75.

25. Ping Yueh Wang, Yu Ping Chen and Pei Zhen Yang. The Effect of a UV-Absorber on the Photostability of Acid Dyes on Silk. Dyes and Pigments 30(1996) : 141-149.

26. Violeta Vassileva, Stela Baltova and Sneja Handjieva. Photochemical Behavior of Natural Silk-3.,Photofading of Silk Dyes with Acid Azo Dyes. Polymer Degradation and Stability 61(1998) : 367-373.

27. Hironori Oda. An Approach to the Photo stabilization of Dyes : The Effect of UV Absorbers Containing a Built-in Photostabililty Moiety on the Light Fastness of Acid Dyes. Dyes and Pigments 48(2001) : 151-157.

28. Lee, J.J. et al. UV Absorber After treatment to Improve Light fastness of Natural Dyes on Protein Fibers. Coloration Technology 117(2001) : 134-138.

29. คลาเรียนท์ เคมิคอลซ จำกัด, บริษัท. การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟ Drimarene X. กรุงเทพมหานคร : บริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด, 2546. (อัดสำเนา)

30. คลาเรียนท์ เคมิคอลซ จำกัด, บริษัท. การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan C Paste . กรุงเทพมหานคร : บริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด, 2546. (อัดสำเนา)

31. คลาเรียนท์ เคมิคอลซ จำกัด, บริษัท. การย้อมผ้าพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์ส Foron RD. กรุงเทพมหานคร : บริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด, 2546. (อัดสำเนา)

32. คลาเรียนท์ เคมิคอลซ จำกัด, บริษัท. การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan P Liquid. กรุงเทพมหานคร : บริษัท คลาเรียนท์ เคมิคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด, 2546. (อัดสำเนา)

33. AATCC Evaluation Procedure 1. Gray Scale for Color Change. AATCC Technical Manual, 2002

34. AATCC Evaluation Procedure 2. Gray Scale for Staining. AATCC Technical Manual, 2002

35. เบญจมาศ คล้ายเครือญาติ. การใช้เอมไซม์ซ้ำในกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าฝ้าย. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (% owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	1881.63	56.89	1869.23	30.00	1840.10	31.22	-0.65	-2.20
1	1890.44	72.74	1859.01	74.70	1849.28	79.82	-1.66	-2.17
2	1885.41	76.11	1881.52	53.42	1842.89	50.90	0.20	-2.25
3	1852.48	111.89	1844.99	59.84	1812.07	60.05	-0.40	-2.18
4	1889.95	58.36	1878.69	48.43	1843.15	59.87	-0.59	-2.47
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	1882.79	54.59	1861.49	65.83	1836.60	65.15	-1.13	-2.45
1	1887.26	28.91	1872.07	46.44	1812.90	85.18	-0.80	-3.94
2	1890.88	66.75	1876.97	54.23	1815.09	80.42	-0.73	-4.00
3	1898.99	75.65	1888.71	77.35	1866.81	67.30	-0.54	-1.69
4	1907.11	67.67	1897.30	31.26	1867.76	75.96	-0.51	-2.06
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	1897.94	55.25	1880.93	50.88	1852.98	67.98	-0.89	-2.36
1	1899.66	41.78	1895.61	51.06	1844.37	53.08	-0.21	-2.91
2	1902.62	58.56	1899.24	72.10	1861.82	50.75	-0.17	-2.14
3	1902.87	59.84	1899.65	51.59	1838.97	49.48	-0.16	-3.35
4	1903.06	45.67	1899.64	41.53	1850.60	39.06	-0.17	-2.75

หมายเหตุ + คือ ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

- คือ ความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ ก.2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (% owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	18.95	0.61	19.38	0.80	19.70	1.19	2.26	3.9
1	19.02	0.69	19.15	0.61	18.98	0.97	0.68	-0.21
2	19.02	0.59	18.96	0.75	19.25	0.58	-0.31	1.20
3	18.90	0.55	19.07	0.93	19.22	0.58	0.89	1.69
4	18.96	0.64	18.79	0.50	19.10	0.68	-0.89	0.73
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	18.46	0.62	18.87	0.67	18.74	0.91	2.22	1.51
1	19.05	0.71	18.76	0.56	19.09	0.78	-1.52	0.20
2	19.08	1.30	18.78	0.44	19.01	0.68	-1.57	-0.36
3	18.70	0.48	18.83	0.52	19.00	0.66	0.69	1.60
4	19.15	0.75	18.79	0.60	18.93	0.58	-1.87	-1.14
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	18.98	0.66	19.02	0.53	19.16	0.65	0.21	0.94
1	19.18	0.85	18.97	0.35	18.95	0.49	-1.09	-1.19
2	18.88	0.74	18.99	0.47	18.97	0.81	0.58	0.47
3	18.82	0.70	18.91	0.50	18.87	0.72	0.47	0.26
4	19.09	0.87	18.94	0.67	18.82	0.63	-0.78	-1.41

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น

- คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.3 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง หรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (% owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	1137.86	52.90	1123.25	44.97	1113.15	55.76	-1.28	-2.17
1	1120.32	65.42	1113.10	62.76	1089.39	42.72	-0.64	-2.76
2	1114.28	74.13	1101.02	71.43	1093.76	57.77	-1.19	-1.84
3	1114.60	61.23	1113.57	53.25	1079.71	56.91	-0.09	-3.13
4	1123.21	67.51	1105.87	72.54	086.46	76.73	-1.54	-3.27
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	1086.11	57.23	1079.64	76.70	1064.28	71.88	-0.59	-2.00
1	1066.28	84.30	1064.80	86.63	1042.58	81.81	-0.13	-2.22
2	1076.82	109.18	1066.40	90.81	1054.64	90.80	-0.96	-2.05
3	1052.00	74.85	1046.55	93.49	1024.23	49.24	-0.51	-2.63
4	1099.88	125.81	1092.47	59.07	1060.51	78.72	-0.67	-3.57
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	1110.92	44.31	1108.48	66.38	1097.99	56.07	-0.21	-1.16
1	1109.27	68.29	1106.67	63.30	1094.79	41.23	-0.23	-1.30
2	1102.54	52.07	1094.81	54.09	1089.68	34.15	-0.70	-1.16
3	1105.01	54.10	1095.21	56.13	1084.60	34.97	-0.88	-1.84
4	1112.36	41.95	1105.30	33.31	1090.33	48.78	-0.63	-1.98

หมายเหตุ + คือ ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

\- คือ ความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ ก.4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	21.55	0.91	21.45	0.83	21.70	0.64	-0.46	0.69
1	21.94	0.88	22.00	0.87	22.09	0.47	0.27	0.68
2	22.28	0.52	21.97	0.76	21.78	0.77	-1.39	-2.24
3	21.97	0.70	22.02	1.01	21.93	0.57	0.22	-0.18
4	22.12	0.53	22.12	0.77	21.90	0.67	0.00	-0.99
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	21.61	0.88	21.85	0.92	22.19	0.61	1.11	2.68
1	22.18	0.46	22.23	0.98	22.00	0.57	0.22	-0.81
2	22.17	0.50	22.01	0.95	21.69	0.77	-0.72	-2.16
3	22.13	0.62	22.02	0.93	21.46	0.90	-0.49	-3.02
4	22.21	0.72	22.03	0.60	21.92	0.88	-0.81	-1.30
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	21.93	0.51	22.08	0.59	21.87	0.56	0.68	-0.27
1	22.03	0.47	22.06	0.48	22.06	0.51	0.13	0.13
2	22.09	0.92	21.96	0.86	22.05	0.57	-0.58	-0.18
3	22.15	0.49	22.00	0.53	22.00	1.09	-0.67	-0.67
4	22.05	0.61	22.14	0.37	21.99	0.56	0.40	-0.27

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น

- คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.5 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	1874.27	47.09	1873.12	47.28	1799.86	36.72	-0.06	-3.97
1	1875.86	42.01	1874.12	29.76	1806.51	33.18	-0.09	-3.69
2	1877.04	47.20	1870.52	66.61	1808.19	37.75	-0.34	-3.66
3	1876.83	58.62	1873.26	47.57	1800.06	33.46	-0.19	-4.09
4	1876.14	47.20	1874.70	27.54	1801.11	35.58	-0.07	-3.99
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	1882.83	65.93	1878.11	56.14	1808.2	33.83	-0.25	-3.96
1	1878.47	58.88	1870.52	79.07	1803.77	31.82	-0.42	-3.97
2	1892.57	41.27	1891.70	37.36	1804.96	26.22	-0.04	-4.26
3	1878.55	40.75	1878.55	48.43	1811.65	24.88	0.00	-3.56
4	1888.27	38.53	1880.72	38.77	1812.09	32.04	-0.39	-4.03
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	1895.14	51.26	1891.27	47.36	1806.51	33.18	-0.20	-4.67
1	1888.26	64.36	1884.41	56.52	1801.25	36.58	-0.20	-4.60
2	1878.55	44.39	1876.68	56.01	1804.94	26.65	-0.09	-3.91
3	1880.71	42.09	1874.81	45.48	1810.13	26.70	-0.31	-3.75
4	1885.97	34.42	1879.28	57.53	1804.75	31.32	-0.35	-4.30

หมายเหตุ + คือ ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

\- คือ ความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ ก.6 ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	41.13	2.26	42.52	0.97	42.35	0.75	3.37	2.96
1	42.87	0.70	42.92	0.69	42.80	1.23	0.11	-0.16
2	42.86	0.79	42.92	0.82	43.01	1.00	0.13	0.34
3	42.83	0.82	47.93	0.53	42.95	0.58	1.90	0.28
4	42.73	0.55	43.15	0.55	43.31	0.77	0.98	1.35
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	43.12	0.66	42.83	0.80	43.35	1.11	-0.67	0.53
1	43.65	0.94	43.01	1.03	43.61	1.31	-1.46	-0.09
2	43.84	0.83	43.87	0.94	43.37	1.37	0.06	-1.07
3	43.25	0.57	43.23	0.69	43.47	1.02	-0.04	0.50
4	43.50	1.18	43.71	1.043	43.32	0.84	0.48	-0.41
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	43.16	0.88	43.32	1.06	43.92	0.86	0.37	1.76
1	43.69	1.13	43.40	1.39	43.17	1.76	-0.66	-1.19
2	43.31	0.89	42.98	0.75	43.29	1.09	-0.76	-0.04
3	43.26	1.21	41.43	1.22	41.86	1.59	-4.23	-3.23
4	41.55	2.05	41.33	2.14	42.18	2.43	-1.52	1.51

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น

- คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.7 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	1303.09	55.40	1300.70	48.84	1230.17	28.06	-0.18	-5.59
1	1304.05	64.05	1300.23	44.55	1242.36	39.92	-0.29	-4.73
2	1303.71	54.54	1301.28	34.59	1239.96	36.73	-0.18	-4.88
3	1315.12	49.92	1304.36	68.08	1252.38	17.25	-0.81	-4.77
4	1302.53	48.04	1295.42	54.70	1237.86	37.27	-0.54	-4.96
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	1325.12	91.27	1317.22	63.77	1283.10	26.48	-0.59	-3.17
1	1326.57	57.53	1324.14	67.56	1268.53	15.55	-0.18	-4.37
2	1316.82	59.08	1315.42	37.36	1255.00	47.59	-0.10	-4.69
3	1325.95	61.11	1316.70	50.33	1292.74	39.09	-0.69	-2.50
4	1320.67	47.08	1316.12	44.29	1267.92	71.61	-0.34	-3.99
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	1304.25	52.31	1303.42	53.26	1257.45	60.58	-0.06	-3.58
1	1305.12	25.43	1300.84	63.54	1240.71	37.33	-0.32	-4.93
2	1325.95	74.54	1317.79	58.82	1272.21	70.31	-0.61	-4.05
3	1323.96	53.47	1314.71	31.84	1283.31	37.08	-0.69	-3.07
4	1322.35	55.80	1311.95	39.68	1275.90	54.77	-0.78	-3.51

หมายเหตุ + คือ ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

- คือ ความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ ก.8 ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	47.74	1.55	48.49	0.53	48.01	0.57	1.57	0.56
1	48.27	0.69	48.14	0.46	47.94	0.78	-0.26	-0.68
2	48.19	0.59	48.23	0.68	47.78	0.70	0.08	-0.85
3	48.00	0.60	48.05	0.73	48.25	0.50	0.10	0.52
4	47.89	0.37	47.89	0.72	47.83	0.85	0.00	-0.12
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	47.89	1.09	48.22	1.27	47.405	1.29	0.68	-1.01
1	48.17	0.56	48.42	0.70	48.35	0.38	0.51	0.37
2	48.03	1.08	48.90	0.45	48.99	0.77	1.81	1.99
3	48.97	0.90	48.83	0.92	49.07	0.93	-0.20	0.20
4	48.89	0.87	48.62	0.87	48.60	1.03	-0.58	-0.59
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	48.53	0.74	49.18	0.61	48.60	1.07	1.33	0.14
1	48.82	1.02	48.73	0.90	48.01	0.63	-0.18	-1.65
2	48.63	0.74	48.48	0.97	48.43	0.91	-0.30	-0.41
3	48.99	0.74	48.32	1.40	48.84	1.85	-1.36	-0.30
4	48.72	1.85	48.89	1.12	47.82	2.57	0.34	-1.84

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น

- คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.9 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือ สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	1509.02	64.62	1497.37	35.11	1477.25	28.55	-0.77	-2.10
1	1503.01	44.16	1493.55	23.17	1471.82	33.93	-0.62	-2.07
2	1520.64	41.55	1504.09	37.32	1487.46	29.36	-1.08	-2.18
3	1501.88	27.61	1496.62	62.20	1465.05	37.37	-0.35	-2.45
4	1503.74	43.08	1500.14	56.78	1463.53	50.07	-0.23	-2.67
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	1512.88	51.47	1490.17	36.55	1467.40	33.94	-1.50	-3.00
1	1504.74	70.42	1500.09	32.43	1471.76	35.08	-0.30	-2.19
2	1503.74	39.57	1497.80	53.84	1470.28	39.72	-0.39	-2.22
3	1512.04	40.40	1503.11	41.64	1483.12	35.94	-0.59	-1.91
4	1503.02	62.30	1499.58	17.88	1484.33	53.24	-0.22	-1.24
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	1509.79	43.35	1500.07	57.32	1478.94	48.60	-0.64	-2.04
1	1511.34	65.23	1500.90	36.47	1472.34	19.18	-0.69	-2.58
2	1501.49	40.22	1490.61	32.17	1465.13	31.53	-0.72	-2.42
3	1516.77	44.35	1491.54	55.65	1481.95	44.15	-1.66	-2.29
4	1508.97	46.36	1494.35	20.44	1470.90	28.05	-0.96	-2.52

หมายเหตุ + คือ ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น , - คือ ความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ ก.10 ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือ สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	28.25	1.15	26.51	3.25	27.37	1.31	-6.15	-3.11
1	27.29	2.43	25.89	1.66	25.83	2.28	-5.13	-5.34
2	28.74	1.69	28.28	2.34	28.48	1.12	-1.60	-0.90
3	28.27	2.76	28.85	1.15	28.72	2.08	2.05	1.59
4	29.41	2.83	29.24	2.30	28.51	1.21	-0.57	-3.06
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	28.60	2.23	28.94	2.70	28.64	1.65	1.18	0.13
1	29.75	3.03	28.79	1.08	28.62	2.34	-3.22	-3.79
2	28.71	2.06	28.15	1.27	29.21	0.55	-1.95	1.74
3	28.58	1.24	28.33	1.15	30.01	1.31	-0.87	5.00
4	29.45	1.71	28.84	1.16	28.76	1.47	-2.07	-2.35
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	28.64	1.51	28.86	1.16	30.09	1.24	0.76	5.06
1	29.38	1.15	28.50	1.46	28.27	2.13	-2.99	-3.77
2	29.09	1.21	29.47	1.47	29.99	2.46	1.30	3.09
3	29.23	1.22	28.87	1.77	28.91	1.61	-1.23	-1.09
4	29.92	2.34	29.17	1.64	28.88	2.28	-2.50	-3.47

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น , - คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.11 ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือ สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยแรงดึงขาด (นิวตัน)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	861.95	21.00	851.84	34.14	836.04	34.02	-1.17	-3.00
1	858.57	30.12	849.28	22.59	833.43	29.54	-1.08	-2.92
2	860.97	16.27	845.32	19.10	830.31	32.10	-1.81	-3.56
3	857.13	30.58	856.24	25.24	825.26	30.28	-0.10	-3.71
4	849.41	34.99	840.76	38.16	825.03	18.40	-1.01	-2.87
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	877.75	37.66	866.17	23.76	843.66	17.45	-1.31	-3.88
1	863.24	19.58	854.89	17.49	830.04	28.88	-0.96	-3.84
2	850.84	31.52	849.35	33.14	833.51	41.71	-0.17	-2.03
3	860.30	10.09	849.14	31.10	840.37	41.99	-1.29	-2.31
4	858.52	29.01	850.54	24.47	832.49	31.38	-0.92	-3.03
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	857.97	26.27	852.36	27.26	839.31	18.95	-0.65	-2.17
1	860.83	40.18	853.46	25.05	842.81	20.25	-0.85	-2.09
2	855.01	20.57	851.86	16.10	837.65	26.27	-0.36	-2.03
3	854.80	26.96	850.88	26.83	836.00	16.90	-0.45	-2.19
4	854.73	30.38	848.24	18.73	838.38	15.59	-0.75	-1.91

ตารางที่ ก.12 ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือ สีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยการยืดตัวขณะขาด (เปอร์เซ็นต์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	26.94	1.89	23.40	2.13	23.96	1.70	-13.14	11.06
1	26.85	2.27	23.87	2.01	24.36	1.85	-11.09	-9.27
2	27.26	3.32	26.89	3.11	27.11	3.18	-1.35	-0.55
3	27.98	1.17	28.35	1.74	28.01	1.05	1.32	0.10
4	27.74	1.27	28.72	0.96	28.08	1.11	3.53	1.22
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	27.81	0.92	27.91	1.46	27.43	2.60	0.35	-1.36
1	27.95	0.86	27.57	1.26	28.19	1.37	-1.35	0.85
2	27.32	1.14	28.25	1.41	28.36	1.17	3.40	3.80
3	29.16	1.11	28.66	1.21	28.32	3.30	-1.71	-2.88
4	28.60	1.35	28.96	1.32	28.51	1.39	1.25	-0.31
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	29.19	1.17	29.58	0.62	28.89	2.40	1.33	-1.02
1	28.46	1.61	28.71	0.99	28.55	1.53	0.87	0.31
2	28.97	1.75	28.46	2.16	28.88	1.96	-1.76	-0.31
3	28.82	1.68	28.86	1.62	29.09	1.78	0.13	0.93
4	28.47	1.59	28.41	1.92	28.70	1.95	-0.21	0.80

หมายเหตุ + คือ การยืดตัวขณะขาด เพิ่มขึ้น , - คือ การยืดตัวขณะขาด ลดลง

ตารางที่ ก.13 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	1375.57	56.40	1387.04	86.94	1389.40	42.15	0.833	1.00
1	1381.74	52.47	1383.47	19.03	1386.80	57.32	0.125	0.366
2	1351.92	64.89	1358.20	73.63	1373.82	65.23	0.464	1.619
3	1372.63	69.43	1380.75	19.38	1377.17	56.00	0.591	0.330
4	1375.52	67.24	1377.76	28.27	1388.63	61.09	0.162	0.953
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	1167.99	38.05	1177.72	37.09	1177.53	12.73	0.833	0.816
1	1163.71	45.51	1174.92	16.54	1192.60	86.40	0.963	2.482
2	1150.98	36.75	1152.09	36.72	1157.44	38.35	0.096	0.561
3	1171.03	54.78	1190.79	46.20	1196.45	51.24	1.687	2.170
4	1195.38	58.38	1203.82	49.04	1205.93	56.55	0.706	0.882
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	1212.21	26.42	1220.72	14.84	1221.96	38.82	0.702	0.804
1	1214.93	4.47	1216.85	20.64	1220.65	13.79	0.158	0.470
2	1213.62	51.55	1220.72	29.43	1221.25	17.31	0.585	0.628
3	1215.22	31.91	1221.34	29.56	1224.05	38.60	0.503	0.726
4	1220.82	13.57	1230.14	57.91	1230.16	57.61	0.763	0.765

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น

- คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.14 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	977.94	42.50	982.74	59.73	993.21	34.55	0.488	1.561
1	967.16	49.86	971.97	10.26	983.85	23.27	0.497	1.725
2	991.39	45.91	997.49	47.80	992.80	16.04	0.615	0.142
3	988.52	68.43	995.28	21.53	999.81	52.87	0.683	1.142
4	977.53	14.24	978.41	34.62	993.57	24.58	0.090	1.640
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	998.41	23.68	999.22	50.99	1001.27	65.26	0.081	0.286
1	979.45	28.80	983.96	17.11	986.62	13.84	0.460	0.732
2	995.33	43.29	999.91	57.10	1001.57	31.46	0.460	0.626
3	993.18	58.02	999.34	61.39	1009.93	53.90	0.620	1.686
4	962.34	11.86	976.93	58.11	983.62	12.58	1.516	2.211
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	953.58	68.53	955.66	64.94	962.12	13.24	0.218	0.895
1	970.06	39.63	977.89	46.53	977.71	24.47	0.807	0.788
2	948.22	3.94	953.74	34.40	956.74	31.72	0.582	0.858
3	934.17	53.99	938.97	32.61	945.67	32.25	0.513	1.231
4	945.92	0.87	946.20	22.54	953.86	55.94	0.029	0.839

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น

- คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.15 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	210.59	6.55	215.05	12.91	215.31	3.31	2.117	2.241
1	212.71	3.25	214.93	4.45	213.34	7.52	1.043	0.296
2	210.26	11.23	215.16	9.86	213.52	15.95	2.330	1.550
3	212.23	11.01	212.77	3.76	215.23	10.04	0.254	1.413
4	212.28	3.36	214.48	2.76	212.85	4.17	1.036	0.268
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	215.25	3.63	215.58	10.15	222.15	21.21	0.153	3.205
1	219.35	3.95	221.69	15.29	222.02	13.34	1.066	1.217
2	219.98	3.81	221.87	3.39	222.50	14.83	0.859	1.145
3	221.83	9.80	222.99	7.18	224.26	6.63	0.522	1.095
4	222.00	7.59	226.35	10.71	226.39	20.36	1.959	1.977
(Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	217.44	6.36	219.09	13.88	218.38	23.08	0.758	0.4323
1	220.18	3.58	224.33	13.66	220.55	20.21	1.884	0.168
2	222.10	17.76	227.08	20.58	223.12	23.84	2.242	0.459
3	224.21	14.98	224.39	18.22	226.08	26.92	0.080	0.834
4	223.50	16.34	226.82	18.37	224.51	28.39	1.485	0.451

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น

- คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.16 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)								
0.5	147.24	4.89	150.15	10.33	149.23	10.89	1.976	1.351
1	147.13	9.18	149.00	5.55	148.03	18.88	1.270	0.611
2	148.63	18.08	149.04	12.82	149.26	3.27	0.275	0.423
3	148.82	11.67	151.51	10.24	149.36	13.39	1.807	0.362
4	148.97	8.02	149.13	5.32	150.38	28.77	0.107	0.946
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)								
0.5	152.89	13.52	154.24	11.09	154.39	18.09	0.882	0.981
1	154.31	11.13	155.98	7.78	156.70	21.71	1.082	1.548
2	152.61	24.11	154.72	19.78	157.80	19.37	1.382	3.400
3	154.20	21.22	156.82	26.87	156.66	25.16	1.699	1.595
4	157.86	13.69	159.76	11.16	158.66	8.27	1.203	0.506
(Foron® Blue RD-GLF)								
0.5	159.90	10.95	161.35	2.98	160.84	24.46	0.906	0.587
1	160.96	14.12	162.24	22.10	162.03	18.95	0.795	0.664
2	163.32	5.55	164.76	32.80	164.66	27.91	0.881	0.820
3	162.08	21.19	166.75	8.56	165.50	16.46	2.881	2.110
4	163.73	14.51	165.97	20.46	166.45	24.75	1.368	1.661

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น

- คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.17 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	394.25	16.18	396.69	43.51	395.73	35.36	0.618	0.375
1	395.31	23.35	395.34	17.29	395.38	23.02	0.007	0.017
2	395.66	16.70	399.04	29.80	398.34	11.34	0.854	0.677
3	402.70	36.68	405.18	6.51	406.50	17.29	0.615	0.943
4	402.11	28.81	403.72	28.32	405.98	28.47	0.400	0.962
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	396.62	34.88	400.61	47.23	397.56	51.44	1.006	0.237
1	395.28	34.18	397.10	43.56	398.54	36.98	0.460	0.824
2	397.08	42.61	398.71	32.98	400.42	49.82	0.410	0.841
3	402.46	35.23	405.11	31.89	403.04	36.21	0.658	0.144
4	402.30	38.21	404.75	39.09	405.06	42.99	0.608	0.686
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	393.61	49.84	394.23	47.26	397.00	45.13	0.157	0.861
1	393.08	43.81	396.06	27.62	396.40	38.43	0.758	0.844
2	397.04	47.23	400.50	42.87	399.35	46.87	0.871	0.581
3	403.56	35.45	407.14	32.05	409.11	32.08	0.887	1.375
4	403.92	44.60	406.92	28.25	407.22	35.48	0.742	0.816

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น , - คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.18 ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์แนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ค่าเฉลี่ยความแข็งกระด้าง (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับผ้าย้อมแต่ไม่ตกแต่งสำเร็จ	
	ย้อม		ตกแต่งพร้อมย้อม		ตกแต่งหลังย้อม		ตกแต่งพร้อมการย้อม	ตกแต่งหลังการย้อม
	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD		
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)								
0.5	285.47	19.09	287.39	28.22	287.32	26.06	0.672	0.648
1	287.02	28.52	288.78	35.72	290.52	27.31	0.613	1.219
2	289.80	16.37	292.79	38.06	290.46	33.19	1.011	0.227
3	290.75	27.25	294.40	39.03	293.29	27.77	1.255	0.873
4	290.10	27.23	292.78	25.72	290.45	36.00	0.923	0.120
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)								
0.5	286.99	22.32	288.64	48.69	290.48	31.93	0.574	1.216
1	288.41	39.89	290.47	23.85	290.21	23.71	0.714	0.624
2	289.54	33.36	292.00	28.98	294.31	27.52	0.849	1.647
3	292.53	30.19	292.82	29.33	294.23	35.26	0.099	0.581
4	291.66	22.52	292.56	35.67	291.87	26.10	0.308	0.072
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)								
0.5	285.22	35.34	287.56	22.32	288.68	45.15	0.820	1.213
1	285.26	40.06	287.96	36.38	287.95	36.43	0.946	0.942
2	289.49	34.29	291.32	35.15	291.89	30.90	0.632	0.829
3	290.41	27.34	291.16	26.61	292.12	34.06	0.258	0.588
4	290.82	27.27	294.01	32.22	291.82	35.15	1.096	0.343

หมายเหตุ + คือ ผ้ามีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น , - คือ ผ้ามีความนุ่ม

ตารางที่ ก.19 ค่าความขาวของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายและผ้าพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C และ Rayosan® P ตามลำดับหลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (% owf)	ผ้าฝ้าย			ผ้าพอลิเอสเทอร์		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)		
0.5	49.76	46.33	48.42	79.99	79.76	79.45
1	44.77	46.15	46.09	79.87	79.88	79.93
2	42.76	41.37	42.75	76.48	76.83	75.36
3	41.65	40.67	41.57	74.67	75.89	75.77
4	40.87	40.41	41.79	72.38	73.71	74.60
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)				สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)		
0.5	63.88	63.90	63.87	81.55	80.87	80.66
1	62.45	63.89	63.89	80.95	80.85	80.64
2	62.09	62.77	62.86	80.12	80.10	80.22
3	56.33	58.67	59.08	80.58	80.30	79.55
4	57.11	55.88	59.17	79.03	79.10	79.98
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)				สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)		
0.5	58.34	58.12	58.40	80.16	79.04	79.65
1	58.47	58.80	58.96	79.90	80.12	79.62
2	57.45	57.12	57.79	79.86	79.43	79.95
3	57.36	57.87	55.25	79.77	79.38	79.88
4	55.28	53.90	55.64	79.81	79.45	79.43

หมายเหตุ

ค่าความขาวของผ้าฝ้ายก่อนการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักคือ 65.52

ค่าความขาวของผ้าพอลิเอสเทอร์ก่อนการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักคือ 82.432

ตารางที่ ก.20 ค่าความขาวของผ้าขาวประกบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงินและผ้าย้อมที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C หลังการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซัก

ความเข้มข้นสี (% owf)	ค่าความขาวของผ้าขาวประกบ		
	ย้อม	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อม	ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อม
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)			
0.5	65.67	65.71	66.69
1	65.54	67.88	62.88
2	62.60	62.58	62.89
3	61.05	61.46	61.38
4	60.55	60.79	61.74
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)			
0.5	69.56	69.98	69.88
1	68.45	68.79	68.83
2	68.37	68.80	68.01
3	65.72	65.21	68.08
4	69.03	68.56	65.23
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)			
0.5	70.23	70.85	70.22
1	70.55	70.71	70.44
2	69.37	69.63	69.98
3	70.03	70.12	70.25
4	68.79	68.66	68.31

หมายเหตุ ค่าความขาวของผ้าขาวก่อนการทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักคือ 74.546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วย สีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
1	1860.02	1845.32	1932.56	1867.32	1932.65
2	1978.20	1837.29	1825.35	1821.64	1881.69
3	1825.00	1893.39	1932.87	1736.54	1947.81
4	1845.78	1932.90	2012.54	1696.03	1801.92
5	1892.84	2023.12	1856.96	1874.21	1852.65
6	1834.83	1804.21	1839.21	1986.86	1906.23
7	1934.75	1896.87	1798.41	1984.77	1969.71
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	1932.42	1843.87	2008.21	1834.43	1893.23
2	1885.32	1905.62	1823.43	1845.21	1892.43
3	1954.87	1889.32	1856.98	1936.76	1902.65
4	1897.09	1899.32	1873.96	1976.54	2032.21
5	1884.21	1932.21	1943.08	2012.14	1934.54
6	1823.34	1865.31	1903.68	1821.89	1805.49
7	1802.31	1875.22	1826.84	1865.98	1889.25
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	1943.43	1893.97	1864.21	1943.47	1884.57
2	1849.75	1953.41	1986.33	1984.09	1865.83
3	1932.69	1908.36	1942.25	1838.31	1894.43
4	1978.34	1955.31	1958.31	1872.88	1955.87
5	1895.29	1854.77	1877.43	1960.37	1875.21
6	1853.62	1859.26	1852.92	1835.22	1979.23
7	1832.48	1872.55	1836.91	1885.77	1866.32

ตารางที่ ข.2 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)										
1	1843.9	1932.3	1826.5	1898.3	1932.7	1832.7	1743.7	1803.6	1821.7	1834.6
2	1898.5	1792.5	1902.3	1764.9	1875.2	1850.2	1839	1835.7	1719.4	1902.7
3	1902.5	1850.5	1861	1924.7	1843.9	1902.5	1795.6	1763.0	1811.4	1824.4
4	1840.3	1892.0	1932.2	1872.8	1891.3	1845.8	1823.3	1871.5	1907.6	1732.5
5	1894.0	1874.4	1803.4	1802.3	1902.3	1817.3	1972.4	1923.5	1757.9	1854.3
6	1832.5	1732.8	1898.1	1790.2	1915.5	1809	1938.6	1858.9	1832.1	1914.9
7	1873.2	1938.7	1947.1	1861.8	1790	1823.3	1832.3	1844.1	1834.4	1838.8
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	1932.7	1843.9	1798.3	1793.5	1834.4	1834.4	1798.3	1814.2	1783.2	1892.1
2	1792.2	1905.6	1832.2	1943.3	1845.2	1926.3	1832.2	1726.8	1855.0	1854.9
3	1833.7	1889.3	1856.7	1866	1936.8	1854.2	1856.7	1832.9	1836.2	1828.2
4	1854.1	1899.3	1782.3	1931.9	1976.5	1821.8	1782.3	1934.2	1943.3	1903.5
5	1776.2	1932.2	1887.3	1824.1	2012.1	1788.8	1887.3	1698.3	1974.2	1721.7
6	1898.3	1865.3	1643.7	1887.3	1821.9	1732.6	1643.7	1865.1	1843.0	1930.6
7	1943.2	1875.2	1889.8	1892.8	1866	1898.1	1889.8	1834.2	1832.8	1943.5
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	1834.9	1834.9	1875.4	1832.8	1144.6	1887.3	1875.4	1844	1844.2	1876.3
2	1889.4	1889.4	1774.9	1992.0	1125.8	1837.9	1774.9	1838.3	1787.4	1823.5
3	1942.8	1942.8	1943.4	1848.8	1058.2	1923.7	1943.4	1957.5	1845.2	1843.3
4	1957.2	1957.2	1836.7	1809.5	1195.3	1798.3	1836.7	1847.3	1934.7	1788.9
5	1862.1	1862.1	1842.6	1951.1	1038.5	1932.8	1842.6	1851.9	1801.1	1854.2
6	1841.5	1841.5	1804.4	1968.7	1079.1	1847.0	1804.4	1895.2	1854.8	1912.8
7	1838.7	1838.7	1833.3	1891.9	1093.6	1743.8	1833.3	1798.6	1805.4	1855.3

ตารางที่ ข.3 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
1	1165.87	1154.76	1134.61	1195.25	1154.21
2	1183.43	1194.21	1196.51	1056.72	1185.29
3	1163.08	1065.41	1169.91	1081.91	1037.82
4	1098.83	1184.08	1065.32	1031.62	1190.64
5	1165.64	1149.36	996.63	1172.12	1076.95
6	1034.23	1032.56	1175.21	1112.86	1045.01
7	1154	1061.92	1061.83	1151.73	1172.58
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	1154.32	976.21	1037.31	1165.98	1158.32
2	1087.52	998.97	1173.22	1143.76	1272.36
3	1126.89	1156.43	972.54	1032.13	1164.84
4	1055.62	1013.75	912.76	972.45	952.76
5	1123.86	1032.69	1074.61	982.69	1038.29
6	982.21	1198.76	1188.98	1034.21	1175.38
7	1072.37	1087.21	1178.32	1032.83	937.21
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	1154.62	1164.92	1104.38	1144.63	1066.21
2	1072.93	1159.54	1042.47	1125.82	1186.32
3	1147.35	1085.95	1029.55	1058.21	1097.36
4	1151.48	1032.76	1174.02	1195.25	1094.55
5	1038.81	1192.85	1133.27	1038.51	1143.65
6	1095.57	1114.26	1096.41	1079.05	1075.82
7	1115.69	1014.66	1137.73	1093.61	1122.61

ตารางที่ ข.4 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)										
1	1132.7	1154.6	1153.7	1045.3	1143.3	1054.3	1048.9	1067.8	1042.5	1045.2
2	1087.2	1183.2	1065.8	1176.8	1057.2	1132.9	1092.6	1121.6	1125.6	1153.8
3	1080.0	1065.7	1063.5	1088.7	1154.1	1062.4	1043.5	1082.3	1143.8	1066.8
4	1163.0	1032.3	1162.6	1093.7	1132.4	1090.4	1094.8	1026.6	983.92	1132.5
5	1071.6	1068.3	1075.3	1079.9	1079.0	1198.0	1072.4	1032.1	1054.9	1027.4
6	1189.5	1190.3	991.61	1192.2	979.41	1172.5	1102.3	1146.3	1082.5	982.32
7	1138.9	1097.3	1194.7	1118.4	1195.7	1081.5	1171.3	1179.6	1124.8	1197.2
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	1157.3	1023.2	1032.5	1045.2	1058.3	1045.4	1067.4	924.65	953.62	1069.3
2	1028.5	943.37	923.73	1132.7	1164.2	1032.8	1187.0	1087.4	997.89	1048
3	1065.2	965.76	1076.2	965.27	1180.1	1154.9	935.14	1065.3	1047.2	962.81
4	1076.9	1176.2	1024.4	1166	1064.7	985.34	1054.8	1165.2	1066.0	1193.4
5	1183.3	1147.8	1048.3	1032.2	1039	1176.1	982.71	1076.9	973.47	982.17
6	954.92	1035.7	1175.4	897.23	1104.8	1032.5	1076.3	937.72	1048.8	1119.3
7	1091.3	1035.5	1184.4	1087.3	1036.2	1023	994.76	1125.3	1082.7	1048.5
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	1036.0	1176.0	1145.2	1176.4	1032.7	1043.9	1122.6	1076.3	1065.3	1034.6
2	1093.9	1028.3	1132.6	1032.7	1112.3	1127.2	1036.8	1132.7	1119.4	1158.3
3	1152.2	1017.7	1016.4	1118.3	1109.3	1147.4	1075.3	1092.5	1137.4	1106.4
4	1199.3	1086.4	1142.8	1121.4	1126.6	1086.2	1114.3	1127.2	1102.7	1077.3
5	1061.4	1138.7	1121.9	1047.2	1107.3	1037.8	1059.7	1031.5	1065.3	1119.8
6	1042.7	1147.3	1062.4	1036.9	1116.6	1059.4	1096.3	1086.4	1047.9	1021.8
7	1173.9	1152.4	1036.8	1133.5	1132.4	1184.0	1158.6	1077.1	1054.2	1114.1

ตารางที่ ข.5 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
1	19.54	18.33	21.33	19.02	19.04
2	18.32	19.57	22.56	18.43	19.32
3	19.46	18.32	22.87	18.37	18.26
4	18.32	19.45	22.21	18.21	18.42
5	19.07	20.05	22.68	19.48	20.01
6	19.64	18.43	22.45	19.32	18.37
7	18.32	19.03	21.89	19.49	19.32
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	18.99	19.65	19.32	19.02	19.03
2	18.32	19.43	18.37	18.24	20.07
3	18.37	18.37	20.33	18.38	18.32
4	19.31	18.43	20.87	19.37	18.48
5	18.48	18.22	17.28	19.22	20.22
6	17.32	20.04	17.88	18.42	19.32
7	18.43	19.22	19.54	18.28	18.65
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	18.43	18.38	19.43	18.32	20.11
2	19.27	19.32	20.04	18.43	18.36
3	19.31	18.38	18.34	19.38	18.32
4	19.48	18.43	18.21	18.11	17.92
5	18.22	20.64	18.48	19.92	19.83
6	18.27	19.37	19.44	18.27	19.47
7	19.88	19.77	18.22	19.36	19.66

ตารางที่ ข.6 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)										
1	19.43	19.65	19.09	18.48	18.43	18.32	18.34	19.43	18.54	19.76
2	19.46	18.32	19.32	18.36	19.05	18.54	18.09	20.09	19.34	19.43
3	18.31	19.76	20.42	20.58	19.32	19.36	18.32	18.27	19.32	18.24
4	20.37	19.54	18.32	19.93	18.23	19.08	20.44	18.72	20.02	19.32
5	20.21	19.48	18.37	19.54	18.59	20.58	18.21	19.48	18.36	20.02
6	19.54	18.32	18.36	18.33	18.43	20.43	19.54	19.31	19.65	18.27
7	18.34	18.98	18.86	18.27	19.54	21.59	19.98	19.47	19.32	19.21
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	18.49	19.43	18.45	18.48	19.32	19.43	18.34	18.34	18.43	18.36
2	19.94	19.28	18.92	18.32	18.28	19.01	19.21	19.21	19.38	19.32
3	19.32	18.31	19.33	19.48	18.43	20.22	18.47	19.65	19.32	19.38
4	18.28	18.28	19.21	19.32	19.37	17.38	19.32	18.27	19.94	19.58
5	18.31	18.31	18.27	19.27	18.21	18.21	19.44	18.33	19.37	18.21
6	18.38	19.38	18.28	18.21	18.33	18.59	18.34	19.88	18.24	18.39
7	19.43	18.33	19.02	18.77	19.59	18.38	20.52	19.43	18.33	19.27
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	18.43	18.98	18.96	19.43	18.32	19.45	18.45	19.02	18.33	18.54
2	19.65	19.26	19.36	18.37	19.36	18.21	19.31	20.43	19.84	19.43
3	19.38	19.33	18.33	19.42	19.21	19.23	18.48	18.23	19.27	18.27
4	19.21	18.32	19.74	18.27	19.33	18.37	19.44	18.46	18.21	18.22
5	19.44	18.77	18.54	18.55	18.27	19.43	19.28	18.72	18.37	18.38
6	18.28	18.91	19.04	19.32	19.92	20.07	18.37	18.28	18.31	19.03
7	18.75	19.27	18.99	19.03	18.22	19.37	19.38	19.66	19.76	19.87

ตารางที่ ข.7 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)				
1	21.65	21.65	21.33	21.64	21.46
2	20.43	22.87	22.56	22.69	22.76
3	22.54	22.64	22.87	22.16	22.45
4	21.54	22.78	22.21	20.78	21.69
5	22.76	21.36	22.68	22.37	21.59
6	20.41	20.47	22.45	21.48	22.64
7	21.54	21.81	21.89	22.69	22.29
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	22.58	22.58	21.58	22.43	22.54
2	22.65	22.42	22.33	22.69	21.47
3	22.18	21.76	21.65	21.48	22.59
4	21.59	22.49	21.77	22.98	22..68
5	21.19	21.59	22.49	21.43	21.49
6	20.49	21.77	22.51	22.33	22.93
7	20.64	22.71	22.89	21.58	22.28
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	21.65	22.45	21.45	21.68	22.56
2	22.69	21.67	22.85	22.69	21.74
3	22.63	22.64	22.38	22.43	21.48
4	21.38	21.48	22.45	21.69	22.96
5	21.77	21.66	21.89	22.47	21.38
6	21.85	22.49	23.21	22.58	22.53
7	21.57	21.88	20.46	21.54	21.72

ตารางที่ ข.8 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)										
1	22.56	21.55	22.98	22.57	21.05	21.67	21.65	21.56	21.65	21.68
2	22.43	21.89	22.42	22.43	21.35	21.68	22.31	22.61	21.96	22.51
3	20.58	22.45	21.35	21.69	22.65	22.46	22.55	22.98	22.14	22.59
4	21.11	22.58	21.56	20.58	22.75	22.07	21.45	21.47	22.15	21.64
5	21.09	20.31	21.74	21.57	22.83	22.15	22.76	21.96	22.92	22.59
6	20.57	22.65	22.79	23.79	22.69	21.45	22.09	20.88	21.69	21.48
7	21.86	22.76	20.98	21.56	21.54	20.47	21.84	21.06	21.04	20.86
สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	21.54	20.54	22.64	22.56	22.54	21.49	22.46	22.65	21.47	22.45
2	22.9	21.68	21.38	21.26	21.47	22.54	21.67	22.58	21.55	21.67
3	22.65	21.97	22.65	22.48	22.59	22.75	22.89	21.48	22.48	21.39
4	21.69	23.48	22.76	23.21	22..68	22.83	21.27	21.49	22.58	22.91
5	21.58	22.15	22.89	20.54	21.49	21.69	21.58	21.64	20.68	21.48
6	22.47	23.07	21.37	22.58	22.93	21.48	22.44	21.69	20.04	21.77
7	20.17	22.77	20.43	21.54	22.28	22.57	22.17	20.33	21.48	22.59
สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	21.45	22.48	21.46	21.87	22.32	21.48	21.57	21.67	21.57	21.47
2	22.87	21.54	22.57	22.35	21.57	22.53	22.48	22.58	22.48	22.22
3	22.68	21.59	20.46	22.58	21.93	21.55	21.65	22.74	22.64	21.68
4	21.37	22.72	22.54	22.53	22.48	21.68	21.58	21.48	22.04	21.48
5	21.88	22.04	23.01	21.98	22.64	21.38	22.69	22.64	21.47	22.59
6	22.49	22.43	22.14	21.03	21.95	21.69	22.63	21.48	20.18	21.65
7	21.86	21.66	21.57	21.77	22.11	22.81	21.87	21.78	23.68	22.88

ตารางที่ ข.9 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
1	1838.32	1843.32	1916.23	1925.32	1843.33
2	1882.55	1881.53	1821.58	1832.25	1885.66
3	1932.87	1854.34	1911.16	1843.67	1921.32
4	1832.46	1943.56	1922.27	1832.64	1830.01
5	1943.37	1837.11	1831.86	1815.27	1954.37
6	1833.01	1922.76	1909.01	1931.58	1834.01
7	1857.33	1848.41	1827.21	1957.12	1864.32
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
1	1839.32	1816.23	1943.33	1938.32	1845.23
2	1832.25	1921.58	1865.66	1882.55	1875.78
3	1843.67	1911.16	1901.32	1832.87	1932.26
4	1930.64	1852.27	1855.01	1832.46	1833.03
5	1815.27	1871.86	1954.37	1923.37	1923.74
6	1931.58	1969.01	1864.01	1873.01	1913.05
7	1987.12	1807.21	1864.32	1867.33	1894.86
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
1	1863.33	1925.32	1948.32	1943.33	1827.43
2	1885.66	1862.25	1862.55	1865.66	1864.45
3	1921.32	1893.67	1852.87	1891.32	1916.34
4	1983.01	1802.64	1832.46	1855.01	1867.34
5	1924.37	1815.27	1923.37	1924.37	1895.32
6	1834.01	1961.58	1893.01	1864.01	1907.65
7	1854.32	1957.12	1837.33	1821.32	1923.32

ตารางที่ ข.10 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)										
1	1903.2	1899.3	1856.6	1934.2	1903.7	1743.5	1834.5	1775.2	1805.6	1834.3
2	1832.4	1854.2	1936.2	1855.1	1854.5	1776.3	1767.2	1845.3	1766.3	1767.1
3	1937.8	1864.4	1937.1	1879.5	1876.8	1846.2	1821.6	1755.2	1837.4	1825.2
4	1865.7	1832.9	1893.5	1941.5	1889.3	1814.9	1837.3	1834.1	1812.7	1753.8
5	1823.8	1911.4	1877.5	1844.4	1907.4	1838.5	1805.8	1789	1761.3	1843.2
6	1828.8	1901.4	1741.1	1821.9	1858.4	1801.7	1754	1803.2	1774.4	1775.1
7	1920.2	1855.2	1851.7	1836.2	1832.9	1777.7	1825.3	1855.3	1842.9	1809.1
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	1833.2	1826.6	1883.7	1893.2	1876.3	1775.6	1765.2	1834.3	1803.5	1775.1
2	1950.1	1986.2	1854.5	1902.4	1905.1	1756.3	1815.3	1817.1	1776.3	1856.3
3	1879.5	1937.1	1875.8	1937.8	1858.2	1837.4	1801.2	1805.2	1846.2	1817.9
4	1911.5	1843.5	1889.3	1835.7	1913.6	1832.7	1834.1	1783.8	1824.9	1823.7
5	1814.4	1887.5	1947.4	1823.8	1811.2	1791.3	1832	1764.2	1818.5	1839.1
6	1821.9	1741.1	1858.4	1828.8	1925.1	1821.4	1823.2	1795.1	1784.7	1803.7
7	1936.2	1871.7	1932.9	1928.2	1875.5	1842.9	1755.3	1835.1	1827.7	1768.8
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	1953.2	1953.2	1833.2	1826.6	1903.2	1834.5	1794.3	1775.1	1842.7	1795.5
2	1832.4	1802.4	1950.1	1936.2	1834.3	1767.2	1817.1	1796.3	1776.3	1756.3
3	1937.8	1937.8	1879.5	1937.1	1978	1821.6	1835.2	1837.9	1826.3	1837.2
4	1875.7	1865.7	1901.5	1833.5	1865.1	1837.3	1733.8	1823.7	1814.9	1825.8
5	1853.8	1863.8	1834.4	1877.5	1824.4	1805.8	1843.2	1769.1	1798.5	1839.5
6	1858.8	1838.8	1801.9	1861.1	1828.8	1754	1785.1	1803.7	1834.7	1801.7
7	1927.2	1929.2	1936.2	1851.7	1921.2	1825.3	1800.1	1828.8	1777.7	1777.4

ตารางที่ ข.11 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสแพอร์สสีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
1	1259.74	1243.65	1256.32	1386.22	1296.75
2	1315.36	1384.12	1352.45	1255.39	1374.32
3	1295.03	1375.54	1255.71	1366.32	1275.87
4	1246.21	1222.58	1385.01	1316.74	1245.32
5	1364.76	1289.21	1261.24	1285.21	1348.21
6	1254.37	1268.42	1342.87	1331.36	1321.86
7	1386.21	1344.87	1272.43	1264.64	1255.43
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
1	1486.22	1356.32	1376.75	1349.74	1364.65
2	1365.39	1352.45	1374.32	1215.36	1265.78
3	1336.32	1285.71	1275.87	1295.03	1366.98
4	1316.74	1385.01	1285.32	1376.21	1354.57
5	1215.21	1311.24	1348.21	1364.76	1263.66
6	1331.36	1372.87	1341.86	1294.37	1344.02
7	1224.64	1222.43	1215.43	1386.21	1285.08
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
1	1299.75	1306.22	1369.74	1376.75	1265.74
2	1333.32	1325.39	1215.36	1374.32	1365.36
3	1275.87	1316.32	1295.03	1255.87	1287.04
4	1285.32	1316.74	1406.21	1285.32	1356.32
5	1348.21	1265.21	1364.76	1368.21	1352.34
6	1371.86	1331.36	1244.37	1341.86	1243.37
7	1215.43	1274.64	1386.21	1265.43	1386.33

ตารางที่ ข.12 แรงดึงขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)										
1	1294.3	1317.8	1321.6	1354.2	1276.3	1254.5	1189.2	1265.4	1254.4	1245.3
2	1307.7	1286.2	1309.3	1221.9	1289.3	1226.2	1273.5	1236.3	1262.7	1188.2
3	1257.9	1319.8	1265.4	1386	1354.8	1222.5	1185.9	1270.8	1225.9	1252.9
4	1363.4	1255.9	1311.7	1379.7	1254.7	1204.3	1255.8	1263.1	1261.1	1196
5	1258.1	1367.7	1291	1286.6	1365.3	1278.6	1261.6	1265.8	1234	1225.3
6	1368.3	1318.7	1355.9	1261.1	1316.1	1227.1	1287.4	1181.2	1252.6	1265.5
7	1255.2	1235.6	1254.1	1241.1	1211.4	1198	1243.1	1197.2	1276.1	1291.9
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	1244.2	1291.6	1336.3	1306.3	1327	1314.4	1245.4	1265.3	1222.5	1257.5
2	1361.9	1309.3	1289.3	1297.7	1265.9	1262.7	1286.3	1278.2	1326.2	1164
3	1386	1285.4	1354.8	1257.9	1344.2	1305.9	1270.8	1202.9	1332.5	1306
4	1389.7	1471.7	1274.7	1363.4	1331.5	1287.1	1253.1	1276	1304.3	1328.3
5	1316.6	1291	1365.3	1368.1	1263.1	1243	1265.8	1325.3	1258.6	1276.2
6	1241.1	1335.9	1276.1	1368.3	1295.4	1302.6	1271.2	1185.5	1307.1	1357.3
7	1281.1	1284.1	1311.4	1255.2	1385.8	1266.1	1287.2	1251.9	1298	1186.1
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	1298.3	1294.3	1264.2	1321.6	1298.4	1269.2	1265.3	1237.5	1254.5	1243.9
2	1307.7	1357.7	1361.9	1349.3	1309.7	1173.5	1288.2	1264	1326.2	1355.3
3	1237.9	1251.9	1386	1265.4	1267.4	1265.9	1252.9	1206	1262.5	1225.4
4	1368.4	1363.4	1379.7	1318.7	1365.4	1255.8	1186	1348.3	1224.3	1218.3
5	1258.1	1208.1	1316.6	1298	1284.2	1331.6	1225.3	1376.2	1300.6	1341.3
6	1378.3	1368.3	1245.1	1355.9	1368.3	1321	1265.5	1187.3	1317.1	1257.6
7	1275.2	1262.2	1271.1	1294.1	1290.2	1185.1	1201.9	1286.1	1298	1289.5

ตารางที่ ข.13 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
1	43.45	43.76	43.76	42.01	42.66
2	42.36	42.44	42.11	43.76	43.01
3	40.21	42.12	43.78	43.23	43.22
4	43.38	43.87	43.26	42.86	42.87
5	39.21	42.57	42.89	41.58	42.87
6	41.87	42.33	42.55	43.71	42.98
7	37.43	43.06	41.73	42.66	41.55
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
1	43.22	42.11	45.08	44.09	43.65
2	42.13	43.04	43.21	42.54	44.89
3	43.98	44.19	44.26	43.25	45.08
4	42.78	43.32	43.37	43.56	42.36
5	43.44	44.26	44.65	42.68	42.69
6	42.56	43.65	42.77	43.74	43.76
7	43.76	45.02	43.57	42.94	42.11
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
1	41.98	43.65	42.22	41.11	38.76
2	43.45	44.23	43.67	44.78	42.23
3	43.67	45.21	43.56	43.56	44.31
4	44.32	43.67	44.87	43.87	43.67
5	43.77	44.64	42.89	42.22	41.89
6	42.07	42.08	43.57	43.68	40.06
7	42.88	42.41	42.45	43.65	39.95

ตารางที่ ข.14 เปอร์เซ็นต์การยึดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)										
1	42.11	43.34	42.53	48.55	43.21	41.55	42.11	43.21	43.43	42.55
2	43.56	42.67	43.67	48.21	43.78	41.78	43.67	42.56	42.78	43.89
3	43.76	42.11	43.81	47.01	43.12	42.46	42.14	43.89	42.12	43.67
4	42.58	43.87	43.79	48.33	42.87	43.54	43.54	43.94	42.68	43.55
5	42.97	42.09	42.11	47.91	42.57	42.87	44.85	41.11	43.09	43.09
6	41.46	42.81	41.87	48.07	42.58	42.68	41.58	42.74	43.93	44.33
7	41.25	43.56	42.72	47.44	43.98	41.57	41.71	43.68	42.66	42.12
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	43.32	42.33	43.65	44.32	45.03	43.22	44.32	44.32	44.21	43.55
2	44.02	43.12	44.78	42.56	44.76	45.21	45.87	42.68	45.32	42.56
3	43.23	44.53	45.21	42.67	43.07	41.87	44.11	43.12	42.67	42.75
4	41.56	44.21	44.24	43.76	43.12	42.55	42.68	45.98	42.81	44.99
5	42.78	41.67	42.68	42.68	44.32	42.78	42.75	42.64	42.47	43.12
6	42.15	42.78	42.79	42.88	42.11	44.19	41.89	41.77	43.77	43.64
7	42.76	42.45	43.75	43.75	43.64	43.65	43.65	43.11	43.08	42.69
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	45.32	40.98	42.25	40.21	40.54	43.22	43.23	45.54	39.43	40.21
2	42.57	44.54	43.78	42.24	38.22	44.78	44.68	42.24	43.44	38.83
3	43.66	45.08	43.65	43.12	40.41	45.21	42.21	43.76	40.12	43.12
4	43.08	42.46	42.68	41.67	43.76	44.07	43.78	42.77	41.32	44.08
5	42.15	43.12	42.55	40.45	44.21	43.75	41.32	42.89	43.22	45.21
6	42.64	43.37	43.89	39.98	40.09	42.68	45.89	43.21	42.87	43.78
7	43.87	44.26	42.12	42.36	42.11	43.79	41.12	42.66	42.65	40.09

ตารางที่ ข.15 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)				
1	48.65	48.98	47.11	47.77	47.77
2	46.54	47.21	49.02	48.21	48.02
3	47.21	48.32	48.21	47.81	48.32
4	45.55	48.47	48.47	47.45	47.98
5	47.21	48.97	48.31	49.02	47.32
6	50.05	47.46	47.82	47.31	48.33
7	48.98	48.53	48.44	48.49	47.55
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)					
1	47.88	48.21	50.06	49.43	49.98
2	49.32	49.05	47.31	50.03	48.32
3	46.21	47.71	48.46	47.32	48.57
4	48.27	47.88	47.17	49.47	50.02
5	47.91	48.34	47.38	48.71	49.21
6	46.78	47.41	48.64	49.43	48.44
7	48.88	48.65	47.21	48.44	47.71
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)					
1	49.44	48.88	48.07	49.98	52.32
2	49.32	50.12	47.87	49.07	48.54
3	48.65	49.98	49.21	48.42	46.54
4	48.25	48.31	49.36	48.54	48.08
5	47.21	47.09	49.43	50.07	49.76
6	48.56	48.61	47.66	48.51	47.77
7	48.29	48.77	48.81	48.37	48.08

ตารางที่ ข.16 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)										
1	49.21	48.11	47.54	47.21	48.32	48.65	48.55	47.34	47.77	48.32
2	48.54	48.95	47.21	48.93	47.12	47.21	47.32	48.46	48.28	47.87
3	48.43	48.12	48.56	48.04	48.54	48.07	47.21	47.09	48.32	48.71
4	49.03	47.64	47.98	47.11	48.87	48.66	49.01	48.55	48.03	48.55
5	48.46	48.04	48.42	48.47	47.41	48.32	47.26	47.21	47.61	47.09
6	48.27	47.62	48.91	47.79	47.01	47.82	47.55	47.26	49.01	46.32
7	47.55	48.51	49.01	48.85	47.98	47.38	48.72	48.59	48.75	47.99
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)										
1	48.88	47.88	48.76	49.03	48.55	47.83	48.06	49.76	48.78	49.04
2	47.21	48.43	49.43	49.21	49.21	48.21	48.32	50.21	49.96	50.33
3	49.05	49.09	48.21	50.45	48.76	47.08	49.06	48.23	48.52	47.54
4	47.32	47.21	49.07	47.44	47.98	49.31	48.32	48.71	48.31	47.21
5	48.87	48.35	49.23	48.95	50.07	47.66	48.12	48.94	50.65	48.77
6	49.91	48.77	48.44	48.42	47.32	46.48	47.98	49.01	49.21	48.94
7	46.33	49.21	49.21	48.37	48.61	45.27	48.65	48.07	48.11	48.43
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)										
1	49.21	49.01	50.04	50.43	47.77	48.88	48.99	49.99	52.07	49.09
2	50.04	48.77	49.23	48.43	50.04	47.42	47.76	48.07	48.88	52.87
3	48.88	49.21	47.66	46.77	49.73	47.21	47.02	47.32	49.02	47.43
4	49.53	50.01	48.65	48.32	48.86	48.07	48.33	48.08	47.32	46.44
5	48.12	48.77	48.65	49.21	49.93	49.31	48.21	49.21	46.23	45.12
6	48.96	47.05	47.12	48.76	48.81	50.11	47.55	48.63	49.87	47.87
7	49.53	48.31	48.06	46.32	47.11	49.24	48.25	47.77	48.55	45.96

ตารางที่ ข.17 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
1	1498.02	1485.45	1515.65	1487.34	1435.34
2	1580.11	1532.87	1449.08	1503.12	1563.09
3	1486.81	1492.75	1574.23	1547.16	1532.37
4	1443.32	1559.36	1547.04	1489.65	1488.12
5	1547.04	1427.08	1486.45	1477.34	1495.07
6	1586.34	1537.33	1534.61	1532.12	1476.25
7	1421.56	1486.24	1537.46	1476.43	1535.99
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	1498.02	1498.02	1535.34	1505.55	1455.55
2	1544.23	1595.11	1553.09	1449.08	1432.88
3	1406.44	1456.81	1432.37	1564.23	1592.75
4	1552.86	1443.32	1488.12	1507.17	1579.36
5	1537.27	1537.04	1495.07	1476.25	1497.08
6	1546.21	1586.34	1496.25	1534.61	1507.31
7	1505.14	1416.56	1525.99	1547.44	1456.24
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	1550.09	1553.28	1518.09	1547.21	1477.45
2	1534.23	1537.39	1564.25	1555.98	1509.77
3	1436.34	1437.09	1497.21	1487.07	1527.61
4	1546.28	1476.11	1532.76	1466.27	1488.05
5	1476.23	1551.26	1488.08	1573.38	1532.38
6	1537.08	1598.02	1454.83	1522.41	1441.25
7	1488.32	1426.28	1455.24	1465.09	1586.34

ตารางที่ ข.18 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)										
1	1486.3	1491.5	1540.1	1499.1	1553.2	1475.2	1464	1442.5	1421.2	1432.5
2	1537.1	1534.9	1487.4	1576.3	1534.8	1514	1500.3	1502.3	1502.1	1527.3
3	1539.6	1479	1553.1	1483.3	1498.1	1485.3	1438.8	1487.4	1455.2	1411.1
4	1465	1482.6	1487.9	1426.4	1445.6	1438.9	1511.1	1527.1	1476.4	1444.1
5	1522.4	1508	1456	1508.9	1576.2	1473.6	1505.2	1514	1427.2	1513
6	1455	1496.4	1532.1	1567.1	1426.4	1508.4	1426.3	1472.2	1522	1411.5
7	1476.3	1462.6	1472.1	1415.3	1466.8	1445.4	1457.1	1466.8	1451.3	1505.3
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	1532.9	1532.1	1586.3	1543.3	1500.1	1498.1	1501.2	1443.2	1465.2	1422.6
2	1447.2	1487.4	1437.1	1494.8	1533.2	1480.4	1482.1	1510.3	1544.5	1512.5
3	1498.1	1503.1	1539.6	1488.1	1489.1	1409.3	1455.2	1438.8	1475.3	1487.4
4	1532.8	1487.9	1465	1475.6	1482.6	1500.1	1466.4	1511.1	1438.9	1574.9
5	1443.3	1456	1525.4	1576.2	1509.7	1476.2	1437.2	1515.1	1473.6	1504
6	1476.9	1552.1	1455	1486.8	1499.9	1432.4	1529	1426.3	1518.5	1462.2
7	1500	1482.1	1476.3	1457.1	1482.6	1475.2	1431.3	1447.2	1465.9	1426.8
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	1498.3	1489.1	1455.2	1487.4	1487.2	1443.3	1487.1	1498.1	1472.3	1455.4
2	1558.1	1534.2	1502.3	1500.2	1513.4	1552.6	1501.2	1501.1	1450.9	1486.2
3	1436.4	1453.2	1498.4	1453.3	1492.1	1525.4	1448.4	1465.3	1500.4	1468.1
4	1432.1	1475.4	1475.4	1421.1	1466.3	1464	1472.6	1486.5	1417.4	1425.4
5	1502.3	1554.2	1486.2	1532.6	1525.3	1408.1	1450.4	1433.3	1464.1	1456.9
6	1486.8	1478.2	1552.5	1458.4	1499.5	1473.2	1480.4	1421.7	1521.4	1504.3
7	1586.6	1522.1	1464.4	1587.9	1476.6	1486	1466.2	1450.1	1547.3	1500.1

ตารางที่ ข.19 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
1	856.23	883.25	867.23	862.34	886.12
2	870.55	889.03	834.45	857.09	892.34
3	843.13	798.12	854.25	843.26	865.26
4	854.82	854.03	865.02	853.76	812.34
5	881.34	857.12	858.12	882.12	802.45
6	834.21	873.34	858.99	899.02	855.16
7	893.42	855.12	888.77	802.35	832.22
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	901.98	886.23	876.12	867.23	873.55
2	843.34	862.55	892.34	854.55	889.03
3	886.32	843.13	875.26	859.21	799.11
4	812.16	854.82	842.34	845.92	855.33
5	809.75	858.34	802.45	858.12	857.12
6	815.44	844.21	835.16	858.99	877.31
7	865.31	893.42	832.22	878.08	858.19
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	886.34	883.23	877.23	890.32	803.42
2	843.12	874.11	854.28	877.26	885.11
3	812.13	821.38	850.08	865.15	841.38
4	856.34	799.32	837.12	854.44	880.03
5	889.23	854.12	888.32	836.83	879.52
6	863.26	897.16	845.41	851.22	861.43
7	855.37	857.08	832.68	808.38	832.27

ตารางที่ ข.20 แรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

แรงดึงขาด (นิวตัน)	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)										
1	889.35	855.05	876.54	836.37	822.23	784.32	788.54	781.17	821.23	801.34
2	872.86	876.56	843.23	864.12	874.31	861.15	843.23	834.26	843.77	832.55
3	868.11	832.09	822.54	858.23	898.12	796.36	862.32	846.12	794.12	844.23
4	798.86	812.44	870.01	864.02	864.65	847.41	794.26	833.44	854.09	812.32
5	861.55	855.12	843.87	821.37	823.27	833.66	845.08	793.13	781.15	851.17
6	808.85	841.32	855.37	848.37	802.02	876.67	855.31	855.07	822.43	822.54
7	863.35	872.43	868.71	901.23	800.74	852.74	845.32	869.02	862.55	811.09
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	871.34	836.54	879.35	832.12	865.15	875.12	852.23	758.44	794.93	788.97
2	886.34	863.23	882.86	864.33	876.56	845.23	823.77	843.23	861.15	834.26
3	834.12	852.54	868.11	898.12	822.69	836.65	794.12	872.39	776.66	856.22
4	841.88	877.01	798.86	864.65	815.45	854.34	864.09	794.26	867.44	831.48
5	894.21	843.87	861.55	853.77	855.12	826.12	791.15	845.08	833.66	792.43
6	851.12	835.37	810.75	802.02	843.33	824.54	832.43	855.31	896.01	855.07
7	884.22	875.71	843.99	829.01	875.49	843.66	852.55	865.87	852.74	869.02
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	887.12	884.23	854.23	834.12	857.23	861.36	843.23	821.43	844.23	850.09
2	843.92	824.35	869.05	888.23	868.07	827.23	855.12	854.55	850.09	827.84
3	822.45	865.31	833.12	875.26	812.36	854.23	876.32	815.48	812.66	816.23
4	842.63	816.09	838.06	812.34	855.28	837.37	829.08	868.08	859.88	833.65
5	825.11	854.33	845.43	850.02	861.22	812.34	844.64	819.77	838.25	861.59
6	890.32	874.21	877.12	831.55	846.43	858.12	839.92	872.26	826.15	848.46
7	855.01	855.76	846.03	864.68	837.09	824.58	811.39	811.98	820.79	830.81

ตารางที่ ข.21 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
1	29.43	27.27	30.05	33.21	34.12
2	26.35	23.15	29.43	30.08	32.34
3	28.23	29.97	26.44	26.32	27.45
4	29.65	30.03	28.05	27.45	28.54
5	28.34	27.88	31.36	24.67	27.58
6	27.25	27.32	28.68	27.54	29.55
7	28.54	25.43	27.21	28.65	26.31
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	33.23	32.45	27.77	28.88	33.12
2	29.09	35.21	26.34	29.07	29.04
3	28.34	27.34	29.76	27.45	28.45
4	27.32	29.87	26.21	29.54	28.44
5	28.56	28.56	30.93	30.08	29.54
6	26.44	27.11	31.34	28.65	28.02
7	27.22	27.77	28.66	26.45	29.55
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	28.45	30.98	28.56	30.06	29.09
2	29.54	27.44	29.21	29.45	31.34
3	26.21	29.65	31.47	31.34	34.47
4	30.76	28.34	28.44	27.55	27.45
5	29.56	29.54	29.38	28.68	29.55
6	27.34	29.66	27.54	29.11	28.21
7	28.66	30.08	29.06	28.43	29.37

ตารางที่ ข.22 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)										
1	29.34	26.66	29.98	30.04	33.32	29.02	30.01	29.98	30.78	26.45
2	25.25	27.98	30.01	28.43	31.34	27.43	27.34	30.01	32.22	30.08
3	19.43	25.34	25.43	27.57	28.56	27.44	26.21	27.61	26.45	28.65
4	26.48	27.54	28.06	27.55	28.76	28.52	25.32	28.36	27.54	29.56
5	27.75	23.33	27.77	28.32	27.54	25.24	24.33	27.54	28.76	28.54
6	30.04	25.98	25.34	29.98	28.56	26.11	23.21	27.32	28.35	27.54
7	27.34	24.43	31.43	30.11	26.63	27.83	24.44	28.58	26.98	28.77
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	31.12	26.66	28.76	28.55	27.34	32.11	28.88	29.43	28.88	28.66
2	33.54	28.56	26.34	29.08	28.12	28.56	29.43	30.01	32.23	29.43
3	28.89	29.09	26.45	27.44	30.08	27.45	26.45	28.76	31.34	31.23
4	26.76	30.04	29.65	29.08	29.03	29.08	30.81	28.56	29.76	26.34
5	28.75	28.55	28.44	30.01	28.33	28.33	32.12	29.43	29.67	28.51
6	25.43	29.65	29.08	27.43	28.32	27.65	26.34	28.67	28.56	28.13
7	28.09	29.01	28.34	26.77	30.66	27.34	26.32	29.66	29.65	29.08
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	30.04	29.09	27.65	27.77	29.77	28.88	28.99	29.98	31.11	31.87
2	29.65	30.66	32.23	29.07	28.43	30.08	27.58	32.12	26.34	29.08
3	29.33	28.64	29.73	32.12	31.52	29.56	28.54	34.45	28.54	29.66
4	27.34	27.27	28.36	26.33	30.45	31.37	31.76	27.48	29.09	26.27
5	27.46	29.54	28.76	28.44	28.66	32.22	29.43	28.54	30.56	25.44
6	28.21	26.23	29.58	29.54	26.37	29.45	26.44	29.07	27.76	29.25
7	29.99	28.11	30.01	28.88	29.02	29.07	25.21	28.33	28.99	30.62

ตารางที่ ข.23 เปอร์เซ็นต์การยึดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ความเข้มข้นสี (% owf)				
	0.5	1	2	3	4
ทดสอบครั้งที่	สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)				
1	23.45	25.55	33.32	27.43	26.66
2	28.54	27.43	24.76	29.07	27.45
3	26.58	22.32	26.66	30.03	28.54
4	27.76	27.58	27.21	27.33	30.14
5	28.95	28.98	23.48	26.58	26.34
6	25.69	27.54	29.76	27.85	27.44
7	27.65	28.56	25.65	27.61	27.65
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)					
1	27.43	28.99	26.54	30.09	28.56
2	28.41	26.34	28.45	30.76	30.65
3	27.57	27.45	29.11	28.45	28.56
4	29.08	28.15	27.45	29.65	29.43
5	27.33	28.55	26.07	28.34	28.45
6	28.54	28.32	26.23	29.34	28.43
7	26.32	27.86	27.43	27.55	26.12
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)					
1	29.67	31.55	28.65	30.03	29.07
2	31.23	28.54	29.64	31.34	31.45
3	27.45	27.63	28.88	28.56	28.55
4	28.67	28.38	29.32	26.44	27.34
5	29.65	29.08	32.12	28.73	29.94
6	28.56	26.32	26.45	27.12	26.76
7	29.11	27.74	27.77	29.54	28.12

ตารางที่ ข.24 เปอร์เซ็นต์การยึดตัวขณะขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมและตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

เปอร์เซ็นต์การยืดตัวขณะขาด	ตกแต่งสำเร็จพร้อมการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)					ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยความเข้มข้นสี (% owf)				
ทดสอบครั้งที่	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)										
1	21.75	26.66	32.11	28.88	28.88	26.44	21.12	29.08	27.54	26.54
2	21.93	21.67	27.43	29.07	27.74	25.32	24.44	31.56	29.54	29.67
3	25.33	23.42	24.83	25.34	30.03	23.54	25.21	21.56	26.09	29.07
4	27.34	23.87	25.75	27.45	28.76	22.58	26.32	28.87	27.88	28.64
5	22.46	24.98	22.37	29.89	27.32	21.89	22.76	26.43	28.43	28.11
6	23.15	21.08	29.03	30.43	28.67	25.21	26.07	25.45	28.12	27.25
7	21.87	25.47	26.74	27.45	29.65	22.75	24.64	26.88	28.52	27.32
สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)										
1	25.52	27.77	30.03	28.88	30.45	29.98	28.88	28.65	27.45	29.94
2	29.08	28.04	29.87	29.07	29.54	25.23	29.45	29.65	29.67	30.04
3	28.86	29.24	28.56	27.56	29.11	30.08	29.08	30.08	21.34	28.32
4	28.65	26.33	28.54	30.05	27.32	23.11	27.45	27.73	30.09	28.34
5	29.43	28.12	27.56	26.54	30.54	28.65	26.32	27.36	31.32	27.11
6	27.21	25.47	26.43	29.67	27.38	28.54	29.56	26.88	28.65	29.45
7	26.65	28.05	26.77	28.89	28.43	26.44	26.61	28.21	29.76	26.41
สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)										
1	30.44	30.08	27.37	30.09	28.88	33.21	24.87	25.43	27.44	28.88
2	29.67	29.22	30.07	31.34	31.34	28.56	28.9	29.08	29.54	29.07
3	28.45	28.23	32.12	27.36	29.59	29.54	27.77	29.55	31.26	32.44
4	29.54	27.56	26.37	26.43	27.45	27.45	31.89	30.68	26.37	27.58
5	29.32	28.67	27.31	28.99	25.32	29.67	30.25	31.37	30.71	27.66
6	29.56	27.55	29.59	29.07	29.04	28.54	26.88	27.99	29.99	29.12
7	30.08	29.66	26.44	28.77	27.31	25.32	29.99	28.12	28.35	26.21

ตารางที่ ข.25 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4417	3.6	3.6	3.8	3.7	1431.12	1.4432	3.2	3.3	3.3	3.2	990.85
	2	1.4427	3.7	3.	3.6	3.4	1318.36	1.4412	3.3	3.3	3.2	3.3	1012.48
	3	1.4456	3.5	3.6	3.7	3.7	1377.22	1.4536	3.1	3.4	3.2	3.0	930.48
เฉลี่ย							1375.57	เฉลี่ย					977.94
1	1	1.4471	3.5	3.6	3.7	3.7	1378.65	1.4321	3.0	3.2	3.2	3.3	916.72
	2	1.4463	3.7	3.8	3.7	3.5	1435.69	1.4468	3.3	3.3	3.2	3.3	1016.42
	3	1.4564	3.5	3.6	3.7	3.5	1330.88	1.4435	3.3	3.2	3.1	3.3	968.36
เฉลี่ย							1381.74	เฉลี่ย					967.16
2	1	1.4413	3.7	3.8	3.6	3.7	1460.12	1.4436	3.4	3.5	3.2	3.1	1037.57
	2	1.4417	3.7	3.5	3.6	3.5	1317.45	1.4432	3.3	3.3	3.2	3.2	990.85
	3	1.4591	3.7	3.2	3.6	3.6	1278.18	1.4431	3.1	3.2	3.2	3.3	945.75
เฉลี่ย							1351.92	เฉลี่ย					991.39
3	1	1.4432	3.6	3.5	3.5	3.7	1318.82	1.4474	3.5	3.4	3.4	3.1	1088.31
	2	1.4323	3.8	3.8	3.6	3.6	1451.01	1.4432	3.1	3.2	3.2	3.1	902.17
	3	1.4447	3.5	3.7	3.8	3.4	1348.08	1.4535	3.2	3.3	3.0	3.4	975.07
เฉลี่ย							1372.63	เฉลี่ย					988.52
4	1	1.4456	3.7	3.3	3.6	3.6	1293.49	1.4476	3.0	3.1	3.5	3.4	993.87
	2	1.4354	3.8	3.7	3.6	3.7	1454.15	1.4426	3.2	3.3	3.3	3.1	967.75
	3	1.4474	3.4	3.7	3.7	3.7	1378.93	1.4474	3.1	3.0	3.4	3.2	970.97
เฉลี่ย							1375.52	เฉลี่ย					977.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.26 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4431	3.6	3.7	3.8	3.7	1461.95	1.4432	3.2	3.1	3.4	3.3	990.85
	2	1.4472	3.8	3.6	3.5	3.7	1407.46	1.4417	3.1	3.2	3.2	3.3	944.83
	3	1.4436	3.5	3.6	3.5	3.6	1291.70	1.4412	3.2	3.1	3.5	3.3	1012.48
เฉลี่ย							1387.04	เฉลี่ย					982.72
1	1	1.4363	3.6	3.7	3.7	3.5	1368.36	1.4532	3.2	3.2	3.2	3.3	974.87
	2	1.4456	3.6	3.7	3.5	3.7	1377.22	1.4456	3.1	3.2	3.2	3.3	947.39
	3	1.4445	3.6	3.7	3.8	3.5	1404.84	1.4473	3.4	3.2	3.2	3.2	993.66
เฉลี่ย							1383.47	เฉลี่ย					971.97
2	1	1.4431	3.6	3.5	3.6	3.7	1346.59	1.4217	3.3	3.2	3.3	3.2	976.09
	2	1.4432	3.5	3.5	3.5	3.7	1291.34	1.4415	3.3	3.3	3.2	3.3	1012.69
	3	1.4473	3.6	3.7	3.8	3.6	1436.68	1.4619	3.3	3.2	3.3	3.2	1003.69
เฉลี่ย							1358.20	เฉลี่ย					997.49
3	1	1.4427	3.7	3.7	3.5	3.6	1374.45	1.4473	3.2	3.2	3.3	3.5	1040.23
	2	1.4421	3.6	3.5	3.8	3.7	1402.50	1.4465	3.3	3.3	3.4	3.3	1063.47
	3	1.4331	3.6	3.7	3.7	3.5	1365.31	1.4453	3.1	3.0	3.3	3.1	882.14
เฉลี่ย							1380.75	เฉลี่ย					995.28
4	1	1.4471	3.6	3.7	3.5	3.6	1350.32	1.4536	3.0	3.3	3.3	3.3	975.13
	2	1.4445	3.7	3.7	3.6	3.5	1376.17	1.4437	3.0	3.2	3.5	3.3	991.19
	3	1.4465	3.7	3.6	3.7	3.6	1406.78	1.4443	3.1	3.0	3.3	3.5	968.89
เฉลี่ย							1377.76	เฉลี่ย					978.41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.27 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีแดง (Drimarene® Red X-6BN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4432	3.7	3.7	3.5	3.6	1374.93	1.4437	3.4	3.3	3.2	3.0	968.49
	2	1.4536	3.5	3.6	3.7	3.6	1356.38	1.4436	3.3	3.5	3.2	3.3	1061.33
	3	1.4475	3.7	3.8	3.6	3.6	1436.88	1.4493	3.3	3.2	3.2	3.1	949.81
เฉลี่ย							1389.40	เฉลี่ย					993.21
1	1	1.4441	3.5	3.8	3.7	3.7	1433.51	1.4451	3.2	3.3	3.3	3.2	992.15
	2	1.4437	3.7	3.7	3.6	3.6	1404.06	1.4376	3.2	3.3	3.3	3.2	987.00
	3	1.4476	3.6	3.5	3.7	3.5	1322.84	1.4495	3.1	3.3	3.3	3.2	972.38
เฉลี่ย							1386.80	เฉลี่ย					983.85
2	1	1.4327	3.5	3.7	3.6	3.5	1309.22	1.4473	3.4	3.1	3.2	3.5	1040.23
	2	1.4437	3.5	3.5	3.6	3.6	1291.79	1.4471	3.2	3.4	3.2	3.2	993.52
	3	1.4416	3.7	3.7	3.8	3.8	1520.44	1.4414	3.1	3.2	3.3	3.2	944.64
เฉลี่ย							1373.82	เฉลี่ย					992.80
3	1	1.4431	3.6	3.7	3.7	3.5	1374.83	1.4432	3.4	3.2	3.2	3.3	1013.89
	2	1.4449	3.8	3.5	3.7	3.7	1434.30	1.4472	3.3	3.1	3.4	3.2	993.59
	3	1.4471	3.4	3.8	3.7	3.4	1322.38	1.4448	3.5	3.2	3.1	3.2	991.95
เฉลี่ย							1377.17	เฉลี่ย					999.81
4	1	1.4465	3.6	3.5	3.5	3.7	1321.83	1.4465	3.2	3.3	3.2	3.2	970.37
	2	1.4452	3.7	3.5	3.5	3.7	1348.55	1.4489	3.2	2.9	3.5	3.4	994.76
	3	1.4467	3.5	3.8	3.8	3.8	1495.50	1.4456	3.4	3.2	3.3	3.2	1015.58
เฉลี่ย							1388.63	เฉลี่ย					993.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.28 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4412	3.5	3.5	3.4	3.5	1209.51	1.4477	3.1	3.3	3.3	3.2	971.18
	2	1.4432	3.4	3.4	3.5	3.4	1159.68	1.4436	3.2	3.5	3.4	3.0	1014.17
	3	1.4436	3.3	3.5	3.4	3.4	1134.79	1.4375	3.3	3.3	3.2	3.3	1009.88
เฉลี่ย							1167.99	เฉลี่ย					998.41
1	1	1.4431	3.4	3.4	3.5	3.4	1159.60	1.4537	3.4	3.1	3.2	3.3	998.06
	2	1.4572	3.2	3.5	3.4	3.4	1120.39	1.4439	3.0	3.3	3.3	3.2	946.27
	3	1.4431	3.4	3.5	3.5	3.5	1211.13	1.4478	3.3	3.3	3.2	3.2	994.01
เฉลี่ย							1163.71	เฉลี่ย					979.45
2	1	1.4367	3.4	3.4	3.5	3.5	1179.92	1.4461	3.4	3.4	3.2	3.2	1039.37
	2	1.4432	3.3	3.5	3.4	3.3	1109.63	1.4475	3.2	3.3	3.3	3.2	993.80
	3	1.4478	3.5	3.3	3.4	3.5	1163.38	1.4539	3.2	3.2	3.1	3.3	952.83
เฉลี่ย							1150.98	เฉลี่ย					995.33
3	1	1.4472	3.2	3.5	3.5	3.6	1188.55	1.4475	3.1	3.1	3.2	3.2	904.86
	2	1.4432	3.5	3.4	3.6	3.0	1109.63	1.4436	3.2	3.2	3.3	3.3	991.12
	3	1.4476	3.6	3.4	3.6	3.3	1214.91	1.4411	3.2	3.4	3.4	3.4	1083.57
เฉลี่ย							1171.03	เฉลี่ย					993.18
4	1	1.4476	3.5	3.6	3.3	3.3	1163.22	1.4417	3.1	3.4	3.4	3.0	967.15
	2	1.4438	3.4	3.3	3.6	3.4	1160.16	1.4478	3.2	3.3	3.2	3.1	948.83
	3	1.4415	3.6	3.6	3.4	3.5	1262.76	1.4475	3.3	3.3	3.1	3.2	971.04
เฉลี่ย							1195.38	เฉลี่ย					962.34

ตารางที่ ข.29 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4432	3.4	3.5	3.5	3.5	1211.21	1.4317	3.2	3.2	3.3	3.3	982.95
	2	1.4417	3.5	3.4	3.5	3.4	1184.03	1.4458	3.4	3.3	3.3	3.4	1087.11
	3	1.4476	3.3	3.3	3.5	3.5	1137.93	1.4491	3.0	3.2	3.2	3.3	927.60
เฉลี่ย							1177.72	เฉลี่ย					999.22
1	1	1.4436	3.4	3.5	3.4	3.4	1160.00	1.4472	3.0	3.3	3.3	3.4	993.59
	2	1.4843	3.5	3.4	3.4	3.4	1192.71	1.4373	3.0	3.3	3.3	3.3	964.20
	3	1.4271	3.5	3.4	3.4	3.5	1172.04	1.4479	3.2	3.2	3.3	3.3	994.07
เฉลี่ย							1174.92	เฉลี่ย					983.96
2	1	1.4432	3.5	3.5	3.4	3.4	1185.26	1.4419	3.2	3.3	3.2	3.3	989.95
	2	1.4416	3.3	3.5	3.5	3.4	1158.39	1.4436	3.2	3.2	3.5	3.4	1061.33
	3	1.4471	3.3	3.4	3.3	3.5	1112.63	1.4472	3.1	3.3	3.2	3.2	948.44
เฉลี่ย							1152.09	เฉลี่ย					999.91
3	1	1.4475	3.5	3.5	3.4	3.2	1137.85	1.4442	3.4	3.2	3.2	3.3	1014.56
	2	1.4436	3.6	3.5	3.4	3.4	1211.55	1.4412	3.3	3.2	3.1	3.2	944.50
	3	1.4572	3.4	3.6	3.6	3.3	1222.96	1.4455	3.2	3.4	3.2	3.4	1038.94
เฉลี่ย							1190.79	เฉลี่ย					999.34
4	1	1.4459	3.5	3.5	3.5	3.6	1266.62	1.4437	3.0	3.5	3.3	3.4	1037.64
	2	1.4417	3.3	3.5	3.6	3.2	1133.29	1.4479	3.1	3.3	3.3	3.2	971.31
	3	1.4436	3.5	3.5	3.4	3.5	1211.55	1.4401	3.2	3.2	3.1	3.2	921.84
เฉลี่ย							1203.82	เฉลี่ย					976.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.30 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและในแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Drimarene® Yellow X-4RN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4436	3.4	3.4	3.5	3.4	1160.00	1.4473	3.4	3.3	3.2	3.3	1040.23
	2	1.4478	3.5	3.4	3.5	3.4	1189.04	1.4465	3.2	3.2	3.3	3.0	925.93
	3	1.4411	3.5	3.5	3.4	3.4	1183.54	1.4437	3.3	3.4	3.2	3.3	1037.64
เฉลี่ย							1177.53	เฉลี่ย					1001.27
1	1	1.4574	3.4	3.6	3.5	3.5	1249.72	1.4476	3.1	3.2	3.3	3.3	971.11
	2	1.4539	3.3	3.5	3.4	3.2	1093.20	1.4435	3.2	3.3	3.3	3.2	991.05
	3	1.4714	3.4	3.4	3.6	3.5	1234.88	1.4532	3.2	3.2	3.3	3.3	997.71
เฉลี่ย							1192.60	เฉลี่ย					986.62
2	1	1.4456	3.4	3.5	3.5	3.4	1187.23	1.4432	3.1	3.5	3.4	3.2	1037.29
	2	1.4491	3.5	3.4	3.3	3.3	1114.17	1.4412	3.2	3.2	3.2	3.4	989.47
	3	1.4572	3.5	3.5	3.3	3.4	1170.93	1.4578	3.2	3.3	3.2	3.2	977.95
เฉลี่ย							1157.44	เฉลี่ย					1001.57
3	1	1.4461	3.4	3.6	3.5	3.5	1240.03	1.4487	3.4	3.2	3.2	3.0	949.42
	2	1.4438	3.5	3.6	3.5	3.3	1211.72	1.4418	3.2	3.2	3.2	3.3	967.22
	3	1.4472	3.3	3.4	3.3	3.6	1137.61	1.4478	3.3	3.3	3.4	3.5	1113.17
เฉลี่ย							1196.45	เฉลี่ย					1009.93
4	1	1.4427	3.5	3.4	3.3	3.5	1159.28	1.4431	3.1	3.2	3.4	3.4	1013.82
	2	1.4488	3.5	3.4	3.4	3.6	1215.91	1.4432	3.2	3.2	3.3	3.2	968.16
	3	1.4491	3.5	3.6	3.5	3.4	1242.60	1.4443	3.0	3.2	3.4	3.3	968.89
เฉลี่ย							1205.93	เฉลี่ย					983.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.31 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4437	3.5	3.5	3.5	3.5	1237.97	1.4475	3.2	3.2	3.3	3.3	993.80
	2	1.4459	3.5	3.4	3.5	3.5	1213.48	1.4456	3.3	3.2	3.3	3.2	992.49
	3	1.4431	3.5	3.4	3.4	3.5	1185.18	1.4327	3.0	3.1	3.3	3.1	874.45
เฉลี่ย							1212.21	เฉลี่ย					953.58
1	1	1.4532	3.4	3.5	3.5	3.5	1219.61	1.4459	3.4	3.4	3.1	3.2	1015.79
	2	1.4419	3.5	3.4	3.5	3.5	1210.12	1.4431	3.2	3.3	3.1	3.2	945.75
	3	1.4478	3.5	3.4	3.5	3.5	1215.07	1.4475	3.2	3.0	3.5	3.1	948.63
เฉลี่ย							1214.93	เฉลี่ย					970.06
2	1	1.4435	3.5	3.5	3.5	3.6	1264.52	1.4538	3.1	3.3	3.2	3.2	952.76
	2	1.4454	3.6	3.5	3.3	3.3	1161.45	1.4431	3.3	3.0	3.2	3.3	945.75
	3	1.4476	3.4	3.5	3.5	3.5	1214.91	1.4437	3.3	3.4	3.0	3.1	946.14
เฉลี่ย							1213.62	เฉลี่ย					948.22
3	1	1.4432	3.6	3.3	3.5	3.5	1211.21	1.4420	3.3	3.3	3.2	3.2	990.02
	2	1.4565	3.5	3.5	3.6	3.4	1248.95	1.4455	3.2	3.0	3.3	3.0	882.26
	3	1.4435	3.4	3.5	3.3	3.6	1185.51	1.4532	3.1	3.1	3.3	3.2	930.22
เฉลี่ย							1215.22	เฉลี่ย					934.17
4	1	1.4432	3.5	3.5	3.3	3.6	1211.21	1.4419	3.2	3.2	3.1	3.3	944.96
	2	1.4476	3.5	3.4	3.6	3.4	1214.91	1.4445	3.1	3.2	3.2	3.3	946.67
	3	1.4418	3.4	3.6	3.5	3.5	1236.34	1.4437	3.1	3.2	3.3	3.2	946.14
เฉลี่ย							1220.82	เฉลี่ย					945.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.32 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4435	3.5	3.4	3.5	3.6	1237.80	1.4429	2.9	3.2	3.2	3.2	880.68
	2	1.4457	3.5	3.4	3.5	3.5	1213.31	1.4456	3.2	3.3	3.3	3.2	992.49
	3	1.4430	3.4	3.5	3.5	3.5	1211.05	1.4475	3.1	3.3	3.3	3.3	993.80
เฉลี่ย							1220.72	เฉลี่ย					955.66
1	1	1.4431	3.5	3.5	3.4	3.6	1237.46	1.4439	3.0	3.3	3.3	3.5	1014.38
	2	1.4575	3.4	3.5	3.4	3.5	1197.00	1.4458	3.2	3.2	3.1	3.2	925.49
	3	1.4490	3.4	3.5	3.5	3.5	1216.08	1.4475	3.2	3.3	3.4	3.1	993.80
เฉลี่ย							1216.85	เฉลี่ย					977.89
2	1	1.4436	3.5	3.5	3.6	3.4	1237.89	1.4430	3.2	3.0	3.2	3.3	923.69
	2	1.4432	3.4	3.6	3.5	3.5	1237.54	1.4439	3.2	3.2	3.2	3.2	946.27
	3	1.4450	3.6	3.4	3.3	3.5	1186.74	1.4438	3.2	3.1	3.4	3.3	991.26
เฉลี่ย							1220.72	เฉลี่ย					953.74
3	1	1.4431	3.5	3.4	3.6	3.5	1237.46	1.4452	3.2	3.2	3.1	3.1	903.42
	2	1.4456	3.5	3.5	3.4	3.4	1187.23	1.4422	3.2	3.3	3.2	3.2	967.49
	3	1.4453	3.3	3.6	3.6	3.5	1239.34	1.4435	3.1	3.2	3.2	3.3	946.01
เฉลี่ย							1221.34	เฉลี่ย					938.97
4	1	1.4475	3.6	3.6	3.6	3.4	1295.19	1.4420	3.2	3.1	3.3	3.2	945.03
	2	1.4430	3.5	3.3	3.5	3.6	1211.05	1.4449	3.2	3.2	3.2	3.3	969.30
	3	1.4419	3.4	3.4	3.5	3.5	1184.19	1.4439	3.1	3.1	3.2	3.3	924.27
เฉลี่ย							1230.14	เฉลี่ย					946.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.33 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Drimarene® Blue X-BLN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	1.4476	3.5	3.4	3.4	3.6	1214.91	1.4457	3.2	3.2	3.2	3.3	969.83
	2	1.4455	3.4	3.5	3.4	3.5	1187.15	1.4478	3.1	3.2	3.2	3.3	948.83
	3	1.4427	3.5	3.5	3.6	3.5	1263.81	1.4425	3.3	3.2	3.3	3.1	967.69
เฉลี่ย							1221.96	เฉลี่ย					962.12
1	1	1.4420	3.6	3.5	3.5	3.4	1236.52	1.4457	3.5	3.2	3.1	3.2	992.56
	2	1.4435	3.5	3.4	3.5	3.5	1211.47	1.4432	3.2	3.3	3.2	3.1	945.82
	3	1.4465	3.4	3.6	3.5	3.4	1213.98	1.4489	3.4	3.2	3.1	3.3	994.76
เฉลี่ย							1220.65	เฉลี่ย					977.71
2	1	1.4475	3.7	3.3	3.6	3.4	1241.23	1.4436	3.0	3.2	3.3	3.3	946.08
	2	1.4429	3.5	3.4	3.6	3.4	1210.96	1.4545	3.2	3.2	3.1	3.2	931.05
	3	1.4436	3.4	3.4	3.5	3.6	1211.55	1.4448	3.2	3.4	3.3	3.1	991.95
เฉลี่ย							1221.25	เฉลี่ย					956.36
3	1	1.4417	3.7	3.6	3.4	3.4	1262.94	1.4425	3.2	3.2	3.3	3.1	945.36
	2	1.4438	3.3	3.4	3.6	3.5	1185.75	1.4450	3.3	3.2	3.2	3.0	924.97
	3	1.4578	3.5	3.4	3.4	3.6	1223.47	1.4410	3.2	3.3	3.2	3.2	966.68
เฉลี่ย							1224.05	เฉลี่ย					945.67
4	1	1.4431	3.5	3.4	3.4	3.5	1185.18	1.4432	3.2	3.2	3.1	3.1	902.17
	2	1.4420	3.5	3.6	3.3	3.5	1210.21	1.4437	3.1	3.3	3.2	3.2	946.14
	3	1.4474	3.6	3.6	3.5	3.5	1295.10	1.4423	3.4	3.3	3.2	3.2	1013.26
เฉลี่ย							1230.16	เฉลี่ย					953.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.34 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีแดง (Foron® Red RD-GL 200)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7172	2.5	2.5	2.4	2.5	217.47	0.7175	2.1	2.2	2.2	2.1	142.62
	2	0.7135	2.5	2.4	2.5	2.4	209.86	0.7132	2.3	2.2	2.2	2.0	146.76
	3	0.7168	2.5	2.4	2.4	2.4	204.44	0.7154	2.2	2.1	2.2	2.3	152.35
เฉลี่ย							210.59	เฉลี่ย					147.24
1	1	0.7138	2.4	2.5	2.5	2.5	216.44	0.7137	2.1	2.3	2.3	2.1	151.99
	2	0.7156	2.5	2.6	2.3	2.4	210.47	0.7115	2.0	2.2	2.2	2.1	136.55
	3	0.7181	2.4	2.4	2.5	2.5	211.21	0.7178	2.3	2.0	2.3	2.2	152.86
เฉลี่ย							212.71	เฉลี่ย					147.13
2	1	0.7154	2.5	2.5	2.4	2.5	216.92	0.7114	2.2	2.2	2.2	2.3	156.72
	2	0.7136	2.5	2.4	2.3	2.4	197.30	0.7159	2.1	2.0	2.0	2.2	127.92
	3	0.7142	2.4	2.4	2.5	2.6	216.56	0.7078	2.2	2.3	2.2	2.3	161.25
เฉลี่ย							210.26	เฉลี่ย					148.63
3	1	0.7072	2.4	2.5	2.4	2.4	201.70	0.7124	2.4	2.2	2.2	2.2	162.29
	2	0.7157	2.4	2.6	2.5	2.5	223.66	0.7159	2.3	2.2	2.1	2.0	142.30
	3	0.7185	2.4	2.4	2.5	2.5	211.33	0.7137	2.0	2.1	2.3	2.2	141.86
เฉลี่ย							212.23	เฉลี่ย					148.82
4	1	0.7145	2.4	2.4	2.5	2.5	210.15	0.7155	2.1	2.4	2.2	2.2	157.63
	2	0.7147	2.4	2.4	2.5	2.5	210.21	0.7133	2.2	2.2	2.2	2.0	141.78
	3	0.7139	2.5	2.4	2.5	2.5	216.47	0.7168	2.2	2.1	2.1	2.30	147.50
เฉลี่ย							212.28	เฉลี่ย					148.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.35 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีแดง (Foron® Red RD-GL 200) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7198	2.4	2.4	2.4	2.5	205.29	0.7150	2.1	2.1	2.1	2.3	142.12
	2	0.7134	2.5	2.5	2.5	2.6	229.69	0.7155	2.0	2.3	2.3	2.2	145.55
	3	0.7145	2.4	2.5	2.4	2.5	210.15	0.7145	2.3	2.3	2.2	2.2	162.77
เฉลี่ย							215.05	เฉลี่ย					150.15
1	1	0.7134	2.4	2.5	2.4	2.5	209.83	0.7188	2.0	2.4	2.2	2.2	153.08
	2	0.7156	2.5	2.5	2.5	2.4	216.98	0.7139	2.0	2.2	2.2	2.3	146.91
	3	0.7189	2.4	2.5	2.5	2.5	217.98	0.7144	2.3	2.1	2.2	2.1	147.01
เฉลี่ย							214.93	เฉลี่ย					149.00
2	1	0.7175	2.4	2.4	2.4	2.5	204.64	0.7155	2.3	2.2	2.2	2.2	157.63
	2	0.7174	2.5	2.5	2.5	2.5	224.19	0.7183	2.1	2.0	2.1	2.3	137.85
	3	0.7145	2.5	2.5	2.5	2.4	216.65	0.7120	2.2	2.2	2.2	2.2	151.63
เฉลี่ย							215.16	เฉลี่ย					149.04
3	1	0.7134	2.4	2.5	2.4	2.5	209.83	0.7187	2.2	2.1	2.2	2.2	147.90
	2	0.7190	2.4	2.4	2.5	2.5	211.47	0.7171	2.0	2.0	2.2	2.3	137.62
	3	0.7157	2.5	2.4	2.4	2.6	217.01	0.7177	2.3	2.3	2.3	2.2	169.01
เฉลี่ย							212.77	เฉลี่ย					151.51
4	1	0.7184	2.4	2.4	2.4	2.6	211.30	0.7154	2.2	2.1	2.2	2.2	147.22
	2	0.7130	2.4	2.5	2.5	2.5	216.19	0.7159	2.3	2.3	2.0	2.1	147.32
	3	0.7122	2.5	2.5	2.5	2.4	215.95	0.7177	2.1	2.2	2.2	2.3	152.84
เฉลี่ย							214.48	เฉลี่ย					149.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.36 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีแดง (Foron® Red RD-GL 200) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7155	2.5	2.5	2.5	2.4	216.95	0.7145	2.2	2.1	2.1	2.1	137.12
	2	0.7187	2.4	2.4	2.5	2.5	211.39	0.7178	2.2	2.3	2.2	2.2	158.13
	3	0.7166	2.6	2.5	2.4	2.4	217.29	0.7166	2.3	2.3	2.0	2.2	152.61
เฉลี่ย							215.21	เฉลี่ย					149.29
1	1	0.7187	2.4	2.5	2.5	2.5	217.92	0.7176	2.2	2.2	2.3	2.4	168.99
	2	0.7176	2.4	2.4	2.5	2.4	204.67	0.7145	2.0	2.2	2.2	2.0	132.34
	3	0.7171	2.5	2.5	2.5	2.4	217.44	0.7183	2.2	2.1	2.1	2.2	142.77
เฉลี่ย							213.34	เฉลี่ย					148.03
2	1	0.7189	2.4	2.4	2.5	2.5	211.44	0.7166	2.0	2.2	2.2	2.3	147.46
	2	0.7187	2.3	2.5	2.4	2.4	198.71	0.7186	2.2	2.1	2.3	2.2	153.03
	3	0.7156	2.5	2.5	2.6	2.5	230.40	0.7157	2.2	2.1	2.2	2.2	147.28
เฉลี่ย							213.52	เฉลี่ย					149.26
3	1	0.7156	2.4	2.5	2.5	2.5	216.98	0.7156	2.2	2.3	2.0	2.1	142.24
	2	0.7177	2.6	2.5	2.4	2.5	224.28	0.7187	2.2	2.1	2.2	2.1	142.85
	3	0.7168	2.5	2.5	2.4	2.3	204.44	0.7154	2.0	2.4	2.3	2.3	162.98
เฉลี่ย							215.23	เฉลี่ย					149.36
4	1	0.7145	2.5	2.4	2.5	2.4	210.15	0.7165	2.3	2.3	2.4	2.2	174.35
	2	0.7165	2.5	2.5	2.4	2.4	210.74	0.7186	2.4	2.3	2.2	2.0	158.31
	3	0.7178	2.5	2.5	2.4	2.5	217.65	0.7134	2.1	2.0	2.0	2.0	118.48
เฉลี่ย							212.85	เฉลี่ย					150.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.37 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7176	2.4	2.6	2.3	2.5	211.06	0.7165	2.2	2.2	2.2	2.3	157.85
	2	0.7171	2.5	2.4	2.5	2.5	217.44	0.7165	2.2	2.2	2.4	2.2	163.23
	3	0.7165	2.5	2.5	2.4	2.5	217.26	0.7169	2.0	2.1	2.2	2.2	137.58
เฉลี่ย							215.25	เฉลี่ย					152.89
1	1	0.7168	2.5	2.5	2.4	2.5	217.35	0.7180	2.3	2.2	2.2	2.2	158.18
	2	0.7150	2.3	2.6	2.5	2.5	216.80	0.7132	2.0	2.0	2.2	2.4	141.76
	3	0.7165	2.5	2.6	2.4	2.5	223.91	0.7154	2.4	2.2	2.2	2.2	162.98
เฉลี่ย							219.35	เฉลี่ย					154.31
2	1	0.7176	2.4	2.5	2.5	2.5	217.59	0.7168	2.3	2.3	2.4	2.3	180.18
	2	0.7189	2.5	2.5	2.5	2.4	217.98	0.7154	2.0	2.0	2.0	2.2	114.46
	3	0.7180	2.5	2.5	2.5	2.5	224.38	0.7164	2.2	2.2	2.3	2.3	163.20
เฉลี่ย							219.98	เฉลี่ย					152.61
3	1	0.7165	2.5	2.5	2.6	2.5	230.69	0.7165	2.3	2.4	2.3	2.4	185.97
	2	0.7184	2.4	2.4	2.5	2.5	211.30	0.7187	2.3	2.2	2.3	2.0	153.05
	3	0.7152	2.5	2.5	2.4	2.6	223.50	0.7171	2.0	2.0	2.0	2.2	123.56
เฉลี่ย							221.83	เฉลี่ย					154.20
4	1	0.7167	2.5	2.5	2.6	2.5	230.76	0.7156	2.0	2.1	2.3	2.2	142.24
	2	0.7189	2.5	2.4	2.6	2.4	217.98	0.7183	2.3	2.3	2.2	2.2	163.64
	3	0.7165	2.5	2.5	2.3	2.6	217.26	0.7122	2.1	2.3	2.4	2.3	167.72
เฉลี่ย							222.00	เฉลี่ย					157.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.38 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7187	2.5	2.6	2.5	2.4	224.59	0.7156	2.2	2.2	2.2	2.3	157.65
	2	0.7173	2.5	2.4	2.5	2.3	204.58	0.7165	2.2	2.2	2.4	2.2	163.23
	3	0.7175	2.4	2.5	2.4	2.6	217.56	0.7136	2.0	2.1	2.3	2.2	141.84
เฉลี่ย							215.58	เฉลี่ย					154.24
1	1	0.7156	2.4	2.5	2.6	2.6	230.40	0.7156	2.3	2.2	2.2	2.2	157.65
	2	0.7154	2.4	2.4	2.4	2.5	204.04	0.7168	2.1	2.0	2.2	2.4	147.50
	3	0.7163	2.6	2.6	2.5	2.4	230.63	0.7146	2.4	2.2	2.2	2.2	162.79
เฉลี่ย							221.69	เฉลี่ย					155.98
2	1	0.7187	2.5	2.5	2.5	2.4	217.92	0.7170	2.3	2.3	2.2	2.3	168.85
	2	0.7172	2.5	2.4	2.6	2.5	224.13	0.7133	2.0	2.0	2.3	2.0	132.12
	3	0.7154	2.6	2.6	2.3	2.5	223.56	0.7164	2.2	2.2	2.3	2.3	163.20
เฉลี่ย							221.87	เฉลี่ย					154.72
3	1	0.7140	2.5	2.5	2.5	2.6	229.89	0.7143	2.3	2.4	2.3	2.4	185.40
	2	0.7153	2.6	2.5	2.5	2.4	223.53	0.7184	2.3	2.2	2.3	2.0	152.99
	3	0.7109	2.5	2.4	2.4	2.6	215.56	0.7131	2.2	2.0	2.0	2.2	132.08
เฉลี่ย							222.99	เฉลี่ย					156.82
4	1	0.7183	2.5	2.6	2.6	2.5	238.21	0.7160	2.1	2.1	2.3	2.2	147.34
	2	0.7169	2.5	2.5	2.5	2.4	217.38	0.7155	2.3	2.3	2.2	2.2	163.00
	3	0.7151	2.5	2.4	2.5	2.6	223.47	0.7174	2.1	2.3	2.4	2.3	168.94
เฉลี่ย							226.35	เฉลี่ย					159.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.39 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7187	2.6	2.6	2.5	2.6	245.42	0.7186	2.4	2.3	2.3	2.2	174.86
	2	0.7161	2.5	2.5	2.4	2.5	217.13	0.7179	2.0	2.2	2.2	2.3	147.73
	3	0.7149	2.4	2.5	2.4	2.4	203.90	0.7072	2.3	2.3	2.0	2.0	140.57
เฉลี่ย							222.15	เฉลี่ย					154.39
1	1	0.7165	2.5	2.5	2.5	2.6	230.69	0.7150	2.0	2.3	2.3	2.2	152.27
	2	0.7178	2.5	2.5	2.5	2.6	231.11	0.7167	2.1	2.2	2.2	2.0	137.54
	3	0.7190	2.4	2.3	2.4	2.6	205.07	0.7172	2.3	2.3	2.4	2.3	180.28
เฉลี่ย							222.29	เฉลี่ย					156.70
2	1	0.7186	2.5	2.7	2.4	2.5	231.37	0.7109	2.1	2.1	2.2	2.1	136.43
	2	0.7167	2.5	2.5	2.6	2.5	230.76	0.7145	2.3	2.2	2.2	2.3	162.77
	3	0.7201	2.3	2.4	2.4	2.6	205.38	0.7159	2.4	2.2	2.3	2.3	174.21
เฉลี่ย							222.50	เฉลี่ย					157.80
3	1	0.7175	2.5	2.4	2.5	2.6	224.22	0.7150	2.0	2.0	2.1	2.2	127.76
	2	0.7172	2.6	2.5	2.5	2.5	230.92	0.7138	2.2	2.3	2.3	2.4	173.70
	3	0.7178	2.5	2.5	2.5	2.4	217.65	0.7156	2.3	2.2	2.2	2.4	168.52
เฉลี่ย							224.26	เฉลี่ย					156.66
4	1	0.7165	2.5	2.4	2.5	2.5	217.26	0.7119	2.3	2.4	2.2	2.2	167.65
	2	0.7158	2.6	2.6	2.5	2.6	244.43	0.7108	2.0	2.2	2.3	2.3	151.37
	3	0.7173	2.4	2.5	2.5	2.5	217.50	0.7125	2.2	2.3	2.3	2.1	156.97
เฉลี่ย							226.39	เฉลี่ย					158.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.40 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7166	2.4	2.5	2.4	2.6	217.29	0.7176	2.3	2.3	2.2	2.2	163.48
	2	0.7179	2.5	2.5	2.4	2.4	211.15	0.7160	2.2	2.3	2.3	2.3	168.61
	3	0.7164	2.4	2.7	2.4	2.5	223.88	0.7173	2.2	2.2	2.1	2.2	147.61
เฉลี่ย							217.44	เฉลี่ย					159.90
1	1	0.7178	2.6	2.6	2.4	2.4	224.31	0.7097	2.1	2.2	2.2	2.2	146.04
	2	0.7186	2.5	2.5	2.4	2.5	217.89	0.7143	2.2	2.3	2.3	2.2	162.73
	3	0.7201	2.6	2.4	2.5	2.4	218.35	0.7155	2.3	2.2	2.3	2.4	174.11
เฉลี่ย							220.18	เฉลี่ย					160.96
2	1	0.7179	2.5	2.5	2.6	2.6	238.08	0.7181	2.4	2.3	2.2	2.2	169.11
	2	0.7126	2.4	2.3	2.4	2.4	190.93	0.7174	2.3	2.2	2.3	2.1	158.05
	3	0.7156	2.6	2.5	2.5	2.6	237.31	0.7147	2.3	2.3	2.3	2.1	162.82
เฉลี่ย							222.10	เฉลี่ย					163.32
3	1	0.7147	2.5	2.7	2.6	2.5	244.05	0.7161	2.2	2.4	2.3	2.4	180.00
	2	0.7159	2.5	2.5	2.5	2.6	230.50	0.7173	2.0	2.1	2.2	2.2	137.66
	3	0.7164	2.4	2.4	2.3	2.5	198.07	0.7159	2.3	2.3	2.3	2.2	168.59
เฉลี่ย							224.21	เฉลี่ย					162.08
4	1	0.7138	2.5	2.6	2.6	2.7	250.91	0.7185	2.3	2.2	2.2	2.2	158.29
	2	0.7147	2.4	2.6	2.5	2.5	223.34	0.7168	2.3	2.4	2.3	2.3	180.18
	3	0.7098	2.4	2.4	2.5	2.3	196.25	0.7172	2.2	2.3	2.2	2.1	152.73
เฉลี่ย							223.50	เฉลี่ย					163.73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.41 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7143	2.5	2.5	2.4	2.6	223.22	0.7157	2.3	2.2	2.3	2.2	163.05
	2	0.7157	2.5	2.4	2.5	2.7	230.43	0.7168	2.2	2.2	2.3	2.2	157.91
	3	0.7139	2.4	2.5	2.4	2.4	203.61	0.7159	2.3	2.2	2.3	2.2	163.09
เฉลี่ย							219.09	เฉลี่ย					161.35
1	1	0.7167	2.4	2.4	2.4	2.6	210.80	0.7171	2.2	2.3	2.3	2.3	168.87
	2	0.7171	2.5	2.5	2.6	2.4	224.09	0.7169	2.0	2.2	2.1	2.2	137.58
	3	0.7180	2.6	2.5	2.6	2.5	238.11	0.7172	2.3	2.3	2.4	2.3	180.28
เฉลี่ย							224.33	เฉลี่ย					162.24
2	1	0.7181	2.5	2.5	2.5	2.6	231.21	0.7165	2.1	2.1	2.2	2.0	132.71
	2	0.7179	2.4	2.5	2.4	2.4	204.75	0.7169	2.3	2.2	2.3	2.2	163.32
	3	0.7183	2.6	2.5	2.7	2.5	245.28	0.7171	2.4	2.4	2.4	2.4	198.26
เฉลี่ย							227.08	เฉลี่ย					164.76
3	1	0.7165	2.5	2.4	2.4	2.5	210.74	0.7147	2.2	2.3	2.2	2.2	157.45
	2	0.7177	2.5	2.5	2.6	2.7	245.08	0.7155	2.3	2.3	2.3	2.2	168.49
	3	0.7168	2.4	2.5	2.4	2.6	217.35	0.7163	2.4	2.3	2.2	2.3	174.30
เฉลี่ย							224.39	เฉลี่ย					166.75
4	1	0.7167	2.4	2.5	2.5	2.4	210.80	0.7186	2.4	2.3	2.3	2.2	174.86
	2	0.7188	2.6	2.6	2.6	2.5	245.45	0.7173	2.2	2.2	2.1	2.1	142.58
	3	0.7175	2.4	2.5	2.5	2.6	224.22	0.7180	2.3	2.3	2.4	2.3	180.48
เฉลี่ย							226.82	เฉลี่ย					165.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.42 ความแข็งกระด้างของผ้าพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วย สีดิสเพอร์ส สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® P

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.7165	2.5	2.5	2.4	2.5	217.26	0.7183	2.2	2.3	2.2	2.2	158.24
	2	0.7168	2.7	2.6	2.6	2.5	251.97	0.7185	2.3	2.4	2.4	2.3	186.49
	3	0.7163	2.4	2.4	2.3	2.3	185.92	0.7179	2.1	2.0	2.2	2.2	137.78
เฉลี่ย							218.38	เฉลี่ย					160.84
1	1	0.7175	2.6	2.7	2.6	2.5	252.22	0.7167	2.1	2.1	2.2	2.2	142.46
	2	0.7168	2.3	2.4	2.4	2.4	192.05	0.7172	2.3	2.3	2.4	2.3	180.28
	3	0.7169	2.5	2.4	2.5	2.5	217.38	0.7171	2.2	2.3	2.2	2.3	163.36
เฉลี่ย							220.55	เฉลี่ย					162.03
2	1	0.7168	2.3	2.4	2.3	2.4	186.05	0.7176	2.1	2.1	2.2	2.2	142.64
	2	0.7179	2.6	2.7	2.5	2.6	252.36	0.7202	2.4	2.3	2.4	2.4	192.96
	3	0.7173	2.5	2.5	2.6	2.5	230.95	0.7189	2.2	2.2	2.2	2.3	158.38
เฉลี่ย							223.12	เฉลี่ย					164.66
3	1	0.7190	2.4	2.5	2.5	2.4	211.47	0.7162	2.2	2.1	2.2	2.2	147.38
	2	0.7202	2.7	2.6	2.7	2.6	268.05	0.7173	2.3	2.4	2.3	2.3	180.30
	3	0.7187	2.3	2.5	2.4	2.4	198.71	0.7169	2.3	2.3	2.2	2.3	168.82
เฉลี่ย							226.08	เฉลี่ย					165.50
4	1	0.7176	2.5	2.6	2.4	2.5	224.25	0.7195	2.3	2.3	2.3	2.4	180.85
	2	0.7098	2.4	2.3	2.5	2.4	196.25	0.7184	2.1	2.2	2.1	2.1	137.87
	3	0.7198	2.7	2.6	2.6	2.5	253.02	0.7186	2.2	2.4	2.4	2.3	180.63
เฉลี่ย							224.51	เฉลี่ย					166.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.43 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9822	2.7	2.7	2.7	2.6	376.01	0.9987	2.4	2.5	2.5	2.4	293.73
	.9	0.9836	2.7	2.8	2.8	2.7	409.12	0.9840	2.4	2.4	2.3	2.4	263.64
	3	0.9825	2.7	2.7	2.7	2.8	397.61	0.9862	2.4	2.5	2.5	2.5	299.03
เฉลี่ย							394.25	เฉลี่ย					285.47
1	1	0.9845	2.7	2.7	2.6	2.7	376.89	0.9809	2.4	2.3	2.3	2.4	254.60
	2	0.9864	2.7	2.8	2.8	2.8	421.57	0.9864	2.4	2.5	2.6	2.5	308.25
	3	0.9843	2.7	2.7	2.7	2.7	387.48	0.9835	2.5	2.5	2.5	2.4	298.22
เฉลี่ย							395.31	เฉลี่ย					287.02
2	1	0.9865	2.7	2.7	2.8	2.7	399.23	0.9875	2.5	2.5	2.5	2.4	299.43
	2	0.9860	2.7	2.7	2.6	2.7	377.47	0.9798	2.5	2.3	2.4	2.4	270.90
	3	0.9864	2.7	2.7	2.8	2.8	410.28	0.9863	2.5	2.4	2.5	2.5	299.06
เฉลี่ย							395.66	เฉลี่ย					289.80
3	1	0.9860	2.8	2.8	2.9	2.8	444.59	0.9886	2.5	2.6	2.5	2.5	318.30
	2	0.9836	2.7	2.7	2.8	2.6	387.20	0.9865	2.4	2.5	2.4	2.5	290.15
	3	0.9830	2.6	2.6	2.8	2.7	376.32	0.9846	2.4	2.4	2.4	2.3	263.80
เฉลี่ย							402.70	เฉลี่ย					290.75
4	1	0.9856	2.8	2.8	2.8	2.8	432.72	0.9863	2.5	2.5	2.6	2.5	317.56
	2	0.9809	2.7	2.7	2.6	2.7	375.51	0.9820	2.4	2.3	2.4	2.4	263.11
	3	0.9837	2.7	2.8	2.7	2.7	398.10	0.9847	2.4	2.4	2.5	2.5	289.62
เฉลี่ย							402.11	เฉลี่ย					290.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.44 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9856	2.7	2.7	2.7	2.6	377.31	0.9845	2.4	2.4	2.5	2.6	298.52
	2	0.9840	2.7	2.6	2.6	2.7	366.24	0.9867	2.5	2.5	2.4	2.6	308.34
	3	0.9903	2.7	2.8	3.0	2.8	446.53	0.9836	2.4	2.3	2.3	2.4	255.30
เฉลี่ย							396.69	เฉลี่ย					287.39
1	1	0.9835	2.7	2.6	2.7	2.7	376.51	0.9894	2.6	2.5	2.6	2.6	337.86
	2	0.9860	2.7	2.7	2.7	2.8	399.03	0.9856	2.4	2.4	2.5	2.4	281.10
	3	0.9869	2.8	2.7	2.8	2.7	410.49	0.9842	2.4	2.3	2.3	2.3	247.39
เฉลี่ย							395.34	เฉลี่ย					288.78
2	1	0.9859	2.7	2.8	2.9	2.8	432.85	0.9861	2.4	2.6	2.5	2.4	299.00
	2	0.9837	2.7	2.7	2.7	2.6	376.59	0.9843	2.3	2.3	2.2	2.3	231.79
	3	0.9848	2.7	2.7	2.7	2.7	387.68	0.9883	2.6	2.5	2.6	2.7	347.41
เฉลี่ย							399.04	เฉลี่ย					292.73
3	1	0.9827	2.7	2.7	2.7	2.8	397.70	0.9861	2.4	2.5	2.4	2.4	281.25
	2	0.9819	2.8	2.7	2.7	2.8	408.41	0.9840	2.4	2.4	2.3	2.4	263.64
	3	0.9844	2.8	2.7	2.8	2.7	409.45	0.9907	2.6	2.7	2.5	2.5	338.30
เฉลี่ย							405.18	เฉลี่ย					294.40
4	1	0.9867	2.8	2.7	2.8	2.9	433.20	0.9819	2.3	2.4	2.4	2.4	263.08
	2	0.9859	2.7	2.7	2.7	2.8	398.99	0.9842	2.5	2.4	2.6	2.5	307.56
	3	0.9848	2.6	2.7	2.7	2.7	377.01	0.9846	2.4	2.5	2.6	2.5	307.69
เฉลี่ย							403.07	เฉลี่ย					292.78

ตารางที่ ข.45 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีแดง (Foron® Red RD-GL 200 และ Drimarene® Red X-6BN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9858	2.7	2.8	2.7	2.8	410.03	0.9847	2.4	2.3	2.4	2.5	272.25
	2	0.9867	2.8	2.8	2.8	2.7	421.70	0.9850	2.4	2.5	2.4	2.3	272.33
	3	0.9826	2.6	2.6	2.6	2.7	355.46	0.9857	2.5	2.5	2.6	2.5	317.36
เฉลี่ย							395.73	เฉลี่ย					287.32
1	1	0.9859	2.7	2.6	2.7	2.7	377.43	0.9840	2.4	2.3	2.4	2.4	263.64
	2	0.9836	2.7	2.7	2.7	2.	387.20	0.9884	2.5	2.5	2.5	2.6	318.23
	3	0.9857	2.8	2.8	2.7	2.8	421.27	0.9849	2.4	2.4	2.5	2.5	289.68
เฉลี่ย							395.30	เฉลี่ย					290.52
2	1	0.9846	2.7	2.7	2.8	2.7	398.46	0.9875	2.6	2.5	2.5	2.6	327.48
	2	0.9848	2.7	2.8	2.8	2.7	409.62	0.9837	2.4	2.5	2.4	2.4	280.56
	3	0.9829	2.7	2.7	2.7	2.7	386.93	0.9829	2.3	2.4	2.3	2.5	263.35
เฉลี่ย							398.34	เฉลี่ย					290.46
3	1	0.9849	2.7	2.7	2.7	2.7	387.72	0.9843	2.5	2.5	2.5	2.4	298.46
	2	0.9858	2.8	2.7	2.8	2.7	410.03	0.9880	2.5	2.6	2.5	2.5	318.11
	3	0.9868	2.8	2.8	2.7	2.8	421.74	0.9827	2.3	2.4	2.4	2.4	263.29
เฉลี่ย							406.50	เฉลี่ย					293.29
4	1	0.9848	2.7	2.7	2.8	2.8	409.62	0.9858	2.6	2.5	2.5	2.6	326.92
	2	0.9850	2.8	2.8	2.8	2.8	432.45	0.9843	2.4	2.5	2.4	2.5	289.50
	3	0.9818	2.7	2.6	2.7	2.7	375.86	0.9822	2.3	2.4	2.4	2.3	254.94
เฉลี่ย							405.98	เฉลี่ย					290.45

ตารางที่ ข.46 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9849	2.7	2.6	2.6	2.7	366.57	0.9856	2.5	2.5	2.5	2.5	308.00
	2	0.9905	2.7	2.8	2.9	2.8	434.87	0.9840	2.4	2.5	2.5	2.4	289.42
	3	0.9867	2.7	2.7	2.7	2.7	388.42	0.9837	2.3	2.4	2.4	2.4	263.56
เฉลี่ย							396.62	เฉลี่ย					286.99
1	1	0.9829	2.7	2.6	2.6	2.7	365.83	0.9856	2.3	2.4	2.3	2.3	247.74
	2	0.9837	2.7	2.7	2.7	2.7	387.24	0.9860	2.4	2.5	2.5	2.4	290.00
	3	0.9857	2.8	2.8	2.8	2.8	432.76	0.9875	2.5	2.6	2.6	2.5	327.48
เฉลี่ย							395.28	เฉลี่ย					288.41
2	1	0.9856	2.7	2.7	2.7	2.8	398.87	0.9850	2.3	2.3	2.2	2.3	231.96
	2	0.9828	2.6	2.6	2.6	2.5	335.60	0.9872	2.4	2.4	2.6	2.5	299.34
	3	0.9866	2.8	2.8	2.8	3.0	456.78	0.9878	2.6	2.5	2.6	2.6	337.31
เฉลี่ย							397.08	เฉลี่ย					289.54
3	1	0.9858	2.7	2.7	2.6	2.6	366.91	0.9851	2.4	2.5	2.6	2.6	317.17
	2	0.9850	2.5	2.6	2.4	2.5	307.81	0.9830	2.2	2.2	2.3	2.3	223.94
	3	0.9864	3.8	2.7	2.7	2.8	532.66	0.9854	2.5	2.5	2.6	2.7	336.49
เฉลี่ย							402.46	เฉลี่ย					292.53
4	1	0.9878	2.9	2.9	2.8	3.0	481.83	0.9851	2.5	2.6	2.6	2.5	326.69
	2	0.9835	2.6	2.5	2.5	2.6	326.16	0.9846	2.5	2.5	2.6	2.5	317.01
	3	0.9857	2.6	2.8	2.7	2.8	398.91	0.9821	2.3	2.3	2.3	2.2	231.28
เฉลี่ย							402.30	เฉลี่ย					291.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.47 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9843	2.8	2.8	2.7	2.7	409.41	0.9856	2.4	2.5	2.3	2.6	289.89
	2	0.9832	2.5	2.6	2.6	2.6	335.74	0.9869	2.6	2.6	2.6	2.5	337.00
	3	0.9864	2.8	2.8	2.9	2.9	456.69	0.9848	2.3	2.4	2.3	2.2	239.64
เฉลี่ย							400.61	เฉลี่ย					288.84
1	1	0.9851	2.7	2.6	2.8	2.7	387.79	0.9861	2.4	2.4	2.4	2.5	281.25
	2	0.9870	2.9	2.8	2.8	2.9	456.96	0.9860	2.4	2.4	2.4	2.4	272.61
	3	0.9858	2.6	2.7	2.6	2.7	346.53	0.9863	2.6	2.5	2.5	2.5	317.56
เฉลี่ย							397.10	เฉลี่ย					290.47
2	1	0.9854	2.5	2.5	2.6	2.6	326.79	0.9891	2.8	2.8	2.7	2.8	422.73
	2	0.9868	2.7	2.7	2.8	2.7	399.35	0.9868	2.4	2.5	2.5	2.4	290.24
	3	0.9889	2.9	2.8	2.9	2.9	470.00	0.9817	2.1	2.1	1.9	2.0	163.04
เฉลี่ย							398.71	เฉลี่ย					292.00
3	1	0.9850	2.6	2.5	2.6	2.6	336.36	0.9865	2.5	2.6	2.5	2.6	327.15
	2	0.9857	2.7	2.8	2.8	2.7	409.99	0.9834	2.3	2.2	2.2	2.3	224.03
	3	0.9868	2.8	2.9	2.8	3.0	469.00	0.9869	2.6	2.5	2.5	2.6	327.28
เฉลี่ย							405.11	เฉลี่ย					292.82
4	1	0.9842	2.5	2.5	2.6	2.5	316.88	0.9820	2.1	1.9	2.2	2.2	181.89
	2	0.9903	2.9	3.0	2.9	3.0	508.47	0.9892	2.7	2.6	2.8	2.6	378.69
	3	0.9879	2.6	2.7	2.7	2.8	388.90	0.9849	2.5	2.6	2.5	2.5	317.11
เฉลี่ย							404.75	เฉลี่ย					292.56

ตารางที่ ข.48 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีเหลือง (Foron® Yellow-Brown RD-2RS และ Drimarene® Yellow X-4RN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9858	2.8	2.9	2.9	2.9	468.52	0.9860	2.5	2.6	2.5	2.5	317.46
	2	0.9847	2.7	2.7	2.7	2.8	398.50	0.9853	2.5	2.5	2.5	2.4	298.76
	3	0.9820	2.6	2.5	2.6	2.5	325.66	0.9833	2.3	2.4	2.4	2.3	255.22
เฉลี่ย							397.56	เฉลี่ย					290.48
1	1	0.9867	2.7	2.6	2.7	2.6	367.24	0.9897	2.6	2.6	2.6	2.7	358.03
	2	0.9834	2.6	2.6	2.6	2.6	345.68	0.9851	2.4	2.4	2.4	2.5	280.96
	3	0.9896	2.8	2.9	3.0	2.9	482.71	0.9836	2.3	2.2	2.3	2.3	231.63
เฉลี่ย							398.54	เฉลี่ย					290.21
2	1	0.9836	2.6	2.6	2.7	2.7	366.09	0.9859	2.7	2.6	2.7	2.7	377.43
	2	0.9864	2.7	2.7	2.6	2.7	377.62	0.9870	2.4	2.4	2.4	2.5	281.50
	3	0.9883	2.9	2.8	2.8	2.9	457.57	0.9832	2.3	2.2	2.3	2.2	223.99
เฉลี่ย							400.42	เฉลี่ย					294.31
3	1	0.9887	2.9	3.0	2.8	2.9	482.27	0.9852	2.4	2.6	2.5	2.4	298.73
	2	0.9858	2.6	2.6	2.5	2.5	326.92	0.9864	2.6	2.7	2.6	2.7	367.13
	3	0.9882	2.7	2.6	2.8	2.8	399.92	0.9842	2.2	2.2	2.3	2.2	216.82
เฉลี่ย							403.04	เฉลี่ย					294.23
4	1	0.9872	2.9	2.8	2.9	3.0	481.54	0.9854	2.2	2.4	2.3	2.3	239.79
	2	0.9851	2.6	2.7	2.7	2.8	387.79	0.9869	2.5	2.5	2.5	2.5	308.41
	3	0.9839	2.6	2.7	2.6	2.5	345.86	0.9873	2.5	2.5	2.6	2.6	327.42
เฉลี่ย							405.06	เฉลี่ย					291.87

ตารางที่ ข.49 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p)

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9856	2.6	2.5	2.6	2.7	346.46	0.9868	2.5	2.5	2.4	2.4	290.24
	2	0.9872	2.7	2.7	2.7	2.7	388.62	0.9852	2.4	2.3	2.3	2.3	247.64
	3	0.9886	2.7	2.9	2.8	2.9	445.76	0.9870	2.6	2.5	2.6	2.4	317.78
เฉลี่ย							393.61	เฉลี่ย					285.22
1	1	0.9862	2.7	2.7	2.8	2.7	399.11	0.9869	2.6	2.5	2.5	2.6	327.28
	2	0.9875	2.9	2.8	2.7	2.8	433.55	0.9847	2.3	2.3	2.4	2.3	247.52
	3	0.9859	2.6	2.7	2.6	2.5	346.56	0.9852	2.4	2.4	2.4	2.5	280.99
เฉลี่ย							393.08	เฉลี่ย					285.26
2	1	0.9881	2.9	3.0	2.9	2.8	481.98	0.9861	2.7	2.7	2.7	2.6	377.50
	2	0.9868	2.4	2.6	2.5	2.4	299.22	0.9869	2.4	2.5	2.4	2.4	281.47
	3	0.9877	2.7	2.8	2.8	2.7	410.82	0.9837	2.0	2.2	2.4	2.2	209.49
เฉลี่ย							397.34	เฉลี่ย					289.49
3	1	0.9849	2.8	2.8	2.9	2.8	444.10	0.9867	2.5	2.4	2.4	2.5	290.21
	2	0.9862	2.7	2.7	2.8	2.6	388.23	0.9822	2.4	2.4	2.4	2.3	263.16
	3	0.9883	2.6	2.6	2.8	2.7	378.35	0.9872	2.6	2.5	2.5	2.5	317.85
เฉลี่ย							403.56	เฉลี่ย					290.41
4	1	0.9855	2.6	2.6	2.7	2.6	356.51	0.9867	2.4	2.5	2.4	2.5	290.21
	2	0.9870	2.8	2.9	2.7	2.9	445.04	0.9848	2.4	2.4	2.4	2.3	263.86
	3	0.9862	2.7	2.8	2.8	2.7	410.20	0.9889	2.5	2.6	2.5	2.5	318.40
เฉลี่ย							403.92	เฉลี่ย					290.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.50 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p) พร้อมการตกแต่งสำเร็จด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9863	2.5	2.5	2.7	2.7	346.70	0.9869	2.4	2.5	2.4	2.5	290.27
	2	0.9879	2.6	2.7	2.7	2.7	378.19	0.9854	2.4	2.3	2.3	2.5	264.02
	3	0.9888	2.7	2.9	2.8	3.0	457.80	0.9869	2.5	2.5	2.6	2.4	308.41
เฉลี่ย							394.23	เฉลี่ย					287.56
1	1	0.9865	2.8	2.7	2.7	2.7	399.23	0.9870	2.5	2.6	2.6	2.5	327.32
	2	0.9873	2.7	2.8	2.7	2.9	421.96	0.9846	2.4	2.3	2.4	2.3	255.56
	3	0.9860	2.7	2.6	2.6	2.7	366.98	0.9853	2.4	2.4	2.4	2.5	281.02
เฉลี่ย							396.06	เฉลี่ย					287.96
2	1	0.9882	3.0	2.9	2.9	2.8	482.02	0.9860	2.7	2.6	2.7	2.6	366.98
	2	0.9876	2.4	2.5	2.6	2.5	308.63	0.9870	2.4	2.5	2.4	2.5	290.30
	3	0.9878	2.7	2.8	2.8	2.7	410.86	0.9836	2.2	2.0	2.4	2.3	216.69
เฉลี่ย							400.50	เฉลี่ย					291.32
3	1	0.9850	2.9	2.8	2.8	2.8	444.14	0.9899	2.4	2.4	2.5	2.5	291.15
	2	0.9861	2.6	2.8	2.7	2.7	388.19	0.9874	2.3	2.4	2.4	2.4	264.55
	3	0.9884	2.7	2.7	2.8	2.6	389.09	0.9870	2.5	2.5	2.6	2.5	317.78
เฉลี่ย							407.14	เฉลี่ย					291.16
4	1	0.9853	2.7	2.6	2.7	2.7	377.20	0.9868	2.5	2.4	2.5	2.4	290.24
	2	0.9872	2.8	2.9	2.7	2.8	433.42	0.9847	2.3	2.4	2.4	2.4	263.83
	3	0.9861	2.8	2.8	2.7	2.7	410.16	0.9889	2.5	2.6	2.5	2.6	327.95
เฉลี่ย							406.92	เฉลี่ย					294.01

ตารางที่ ข.51 ความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งที่ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอคทีฟ สีน้ำเงิน (Foron® Blue RD-GLF และ Drimarene® Blue X-BLN p) และตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมด้วยสารดูดซับรังสียูวี Rayosan® C

ความเข้มข้นสี (%owf)	ตัวอย่างที่	แนวด้ายยืน						แนวด้ายพุ่ง					
		น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	bending length (เซนติเมตร)				ความแข็งกระด้าง (มก.ซม.)
0.5	1	0.9858	2.6	2.6	2.6	2.7	356.62	0.9862	2.4	2.4	2.4	2.5	281.27
	2	0.9873	2.7	2.8	2.7	2.6	388.66	0.9854	2.3	2.3	2.4	2.3	247.69
	3	0.9885	2.7	2.9	2.8	2.9	445.72	0.9871	2.6	2.5	2.6	2.6	337.07
เฉลี่ย							397.00	เฉลี่ย					288.68
1	1	0.9865	2.8	2.7	2.7	2.7	399.23	0.9872	2.5	2.6	2.5	2.6	327.38
	2	0.9870	2.8	2.8	2.7	2.9	433.33	0.9845	2.3	2.4	2.4	2.3	255.53
	3	0.9858	2.6	2.7	2.6	2.6	356.62	0.9850	2.4	2.5	2.4	2.4	280.93
เฉลี่ย							396.40	เฉลี่ย					287.95
2	1	0.9878	2.9	2.9	2.9	2.8	469.48	0.9860	2.6	2.7	2.7	2.7	377.47
	2	0.9870	2.5	2.6	2.5	2.5	317.78	0.9871	2.5	2.3	2.4	2.5	281.53
	3	0.9876	2.8	2.8	2.7	2.7	410.78	0.9835	2.1	2.2	2.4	2.2	216.67
เฉลี่ย							399.35	เฉลี่ย					291.89
3	1	0.9852	2.6	2.6	2.5	2.7	346.32	0.9866	2.4	2.4	2.5	2.5	290.18
	2	0.9870	2.8	2.7	2.7	2.8	410.53	0.9824	2.2	2.4	2.3	2.3	239.06
	3	0.9899	2.8	3.0	2.9	2.8	470.47	0.9875	2.6	2.5	2.6	2.7	347.13
เฉลี่ย							409.11	เฉลี่ย					292.12
4	1	0.9854	2.7	2.7	2.6	2.6	366.76	0.9869	2.4	2.5	2.4	2.5	290.27
	2	0.9871	2.7	2.9	2.7	2.8	421.87	0.9845	2.2	2.4	2.4	2.3	247.47
	3	0.9863	2.8	2.7	2.9	2.8	433.03	0.9890	2.5	2.7	2.5	2.6	337.72
เฉลี่ย							407.22	เฉลี่ย					291.82

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายบิณฑสันต์ ขวัญข้าว เกิดเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งทอ จากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา 2544 หลังจากนั้น เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายของปีการศึกษา 2546 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย