การดัดแปรฝ้ายเพื่อการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว

นางสาวพวงแก้ว ชาวโพงพาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-2310-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODIFICATION OF COTTON FOR ONE STEP DYEING OF POLYESTER/COTTON BLEND FABRIC

Miss Puangkaew Chaopongpang

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2005
ISBN 974-14-2310-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปรฝ้ายเพื่อการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว
โดย	นางสาวพวงแก้ว ชาวโพงพาง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกูลกิจ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกูลกิจ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาว พวงแก้ว ชาวโพงพาง : การดัดแปรฝ้ายเพื่อการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว(MODIFICATION OF COTTON FOR ONE STEP DYEING OF POLYESTER/COTTON BLEND FABRIC) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกูลกิจ 114 หน้า. ISBN 974-14-2310-1.

สารดัดแปรสมบัติดูดติดสีรีแอกทีฟสำหรับเซลลูโลส Glycidyl triethanolamine methyl ammonium sulphate ได้นำมาดัดแปรฝ้ายของผ้าใยผสมระหว่างพอลิเอสเทอร์และฝ้ายก่อนนำผ้าใยผสมดัดแปรไปย้อมสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สขั้นตอนเดียว การดัดแปรได้อาศัยวิธีการย้อมแบบแช่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ผ้าที่ผ่านการดัดแปรแล้วได้นำมาวิเคราะห์หาร้อยละของธาตุไนโตรเจน แล้วนำไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สในขั้นตอนเดียวโดยไม่อาศัยการเติมเกลือช่วยย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน แล้วทำการวัดหาความเข้มของสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

ผลการวิเคราะห์หาธาตุในผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรพบว่ามีธาตุไนโตรเจน แสดงว่าสารดัดแปรได้ถูกผนึกลงไปในส่วนของฝ้ายได้ และพบว่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารดัดแปรที่ใช้ ผลการย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรในภาวะไร้เกลือพบว่าฝ้ายสามารถดูดติดสีรีแอกทีฟได้ดีขึ้นอย่างชัดเจนและค่าความเข้มของสีจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารดัดแปร ในทำนองเดียวกันค่าความเข้มข้นของสารดัดแปรที่เพิ่มขึ้นปริมาณของหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในผ้าดัดแปรก็เพิ่มตาม ทำให้ประสิทธิภาพการดึงดูดสีรีแอกทีฟก็จะแปรผันตามประมาณของหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมตามไปด้วย การย้อมแบบขั้นตอนพบว่าไม่ผลกระทบต่อการติดสีดิสเพอร์สของส่วนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ผลการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อทำการดัดแปรเส้นใยเซลลูโลสทำให้สามารถย้อมย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียวในระดับเฉดสีเข้มได้ (ความเข้มข้นของสีสูงเกินร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา2548

4772395523 : MAJOR APPLIPED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD: POLYESTER COTTON BLEND FABRIC / MODIFYING AGENT / CATIONIC AGENT / DYE SINGLE-BATH

PUANGKAEW CHAOPONGPANG : MODIFICATION OF COTTON FOR ONE STEP DYEING OF POLYESTER/COTTON BLEND FABRIC . THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. KAWEE SRIKULKIT, 115 pp. ISBN 974-14-2310-1.

The modifying agent with the absorptivity of reactive dyes for cellulose, glycidyl triethanolamine methyl ammonium sulphate, was employed to modify cotton fiber of cotton fiber of polyester/cotton blend fabric prior to one step dyeing with reactive dyes and disperse dyes. The modification was carried out using exhaust method at the temperature of 60 °C.The modified fabric was subjected to the nitrogen content determination. After one step dyeing with reactive dyes and disperse dyes without the addition of salt at 130 C under pressure color strength and color shade of dyed fabrics was evaluated using spectrophotometer. Also, color fastness was performed.

The results obtained from elemental analysis revealed the presence of nitrogen element in the modified fabric, proving the successful fixation of the modifying agent onto cellulose. The percent nitrogen content increased with an increase in the amount of the modifying agent applied. The dyeing results showed that the modified fabric dyed in the absence of salt exhibited the significant increase in the reactive dye absorption. The color strength was dependent on the concentration of the modifying agent; similarly, the more the concentration of the modifier the more the content of the quaternary ammonium group in the cellulose. The single step dyeing had a slight effect on the color shade of disperse dyes. In over all, it could be concluded that the modification of cellulose fiber allowed the single step dyeing of polyester/cotton blend fabric in the deep shade (>3% o.w.f.).

Department Materials Science
Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology
Academic year 2003

Student's signature Puangkaew Chaopongpang
Advisor's signature Kawee Srikulkit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านเครื่องมือ วัตถุดิบ และสถานที่สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งได้รับความช่วยเหลือ และการแนะแนวในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายนามดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกูลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

2. รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

3. รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

5.ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการใช้เครื่อง CHN

6.กรรมการผู้จัดการบริษัท วาย ยู ดี เท็กไทล์ จำกัด คุณโอฬาร และ คุณนงนุช รวยฟูพันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่ เครื่องทดลอง อุปกรณ์ สารเคมี ที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นผลสำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....ง
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ).....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ
สารบัญสมการ.....ท

บทที่ หน้า

1.บทนำ.....1
2.วารสารปริทรรศน์..... 4
2.1 เส้นใยฝ้าย 4
2.1.1โครงสร้างทางกายภาพ.....4
2.1.2 เกลียวฝ้าย.....5
2.1.3 สมบัติทางกายภาพ.....6
2.1.5โครงสร้างทางเคมี.....7
2.1.6 สมบัติทางเคมี.....7
2.1.7 การใช้งานของฝ้าย.....8
2.2 เส้นใยพอลิเอสเทอร์ 8
2.2.1การผลิตเส้นใย.....9
2.2.2โครงสร้างและสมบัติของพอลิเอสเทอร์.....10
2.3 การย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟ.....13
2.3.1 เคมีของสีรีแอกทีฟ.....14
2.3.2 กลไกการทำปฏิกิริยาของสีรีแอคทีฟกับเซลลูโลส.....15
2.3.2.1 สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบแทนที่.....15
2.3.2.2 สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบรวมตัว.....16
2.3.3 ผลของสารอิเลคโทรไลต์ (Electrolyte)ต่อความเข้มของสี.....17
2.4. การย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์.....18
2.3.1 สีดิสเพอร์ส (disperse dye).....18
2.3.2 สารช่วยพา (Carriers).....19

บทที่ หน้า

2.3.4 สารช่วยกระจายตัว (dispers agent).....20
2.5 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์กับเซลลูโลส.....20
2.6 การดัดแปรฝ้ายเพื่อเพิ่มความสามารถให้การรับสีย้อม.....22
3.วิธีการดำเนินการวิจัย.....31
3.1วัสดุการทดลอง.....31
3.2 กรรมวิธีการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายโดยทั่วไป 32
3.2.1ผลของความเข้มข้นสารดัดแปรแคทไอออนิกรีแอกทีฟ ต่อความสามารถในการดูดสีย้อมรีแอกทีฟของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร.....33
3.2.2 ผลของความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปรต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย 33
3.2.3 ผลของอุณหภูมิในการดัดแปรต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....33
3.2.4 ผลของอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....33
3.3 กรรมวิธีการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายการดัดแปร.....34
3.4 กรรมวิธีการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ในภาวะเติมเกลือ.....35
3.5 การตรวจสอบสีผ้าที่ผ่านการย้อมสี.....36
3.5.1 การหาค่าความเข้มสี.....36
3.5.2.การวัดหาความแตกต่างของสีด้วยระบบ CIE.....36
3.6 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า.....39
3.7 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....39
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 40
4.1 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในผ้าดัดแปร.....40
4.2 ผลของความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟต่อความเข้มของสีผ้า 42
4.3 ผลของความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปร ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย 56
4.4 ผลของอุณหภูมิในการดัดแปร ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....66

บทที่ หน้า

4.5ผลของอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....73
4.6 ผลของปริมาณสี ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิ-เอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร..... 80
4.7 ผลทดสอบความคงทนต่อแสง.....107
5.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....109
รายการอ้างอิง.....111
ภาคผนวก.....113
ประวัติผู้เขียน.....114

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 แสดงระดับความว่องไวของกลุ่มสีรีแอกทีฟ……...15

3.1 สารเคมีและสีย้อม..... 32

3.2 KYR Standared Quantity of Glauber's salt ……..35

4.1 แสดงค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนในเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป.....41

4.2 ร้อยละความเข้มสี บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป เปรียบเทียบกับค่า K/S สีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ที่ไม่ดัดแปร……..43

4.3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความเข้มสีและค่า K/S บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร กับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร.....…..49

4.4 ร้อยละความเข้มสีดิสเพอร์สที่บนเส้นใยพอลิเอสเตอร์ของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อความเข้มข้นสารแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....52

4.5 แสดงความต่างสี ของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป โดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ.....53

4.6 แสดง ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารดัดแปรแคตไอออนิก เปลี่ยนไป…….57

4.7 แสดงความต่างสีของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟและโซดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไป โดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ……62

4.8 แสดงร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่ออุณหภูมิและสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....66

4.9 แสดงค่าความแตกต่างสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไปโดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ.....70

4.10 ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....74

4.11 แสดงความต่างสีของสีดิสเพอร์ส บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....77

ตาราง หน้า

4.12 ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟที่ติดบนเส้นใยฝ้าย ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป……..80
4.13 ความความแตกต่างของสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัด-แปรเมื่อปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป.....98
4.14 ผลการทดสอบความคงทนต่อแสง ของสี.....108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 แสดงกระบวนการย้อมเป็นแบบ 2 ขั้นตอนของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....2

1.2 Glycidyl triethanolamine ammonium……3

2.1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยฝ้ายก) ภาพวาดแสดงภาคตัดขวาง ข) ภาพวาดแสดงภาพตามความยาว.....5

2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....7

2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์พอลิเอททีลีนเธเลฟาทาเลท.....8

2.4 ผังแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตพอลิเมอร์ Polyethylene terephthalate……9

2.5 ผังแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตเส้นใยพอลิเอสเทอร์.....10

2.6 ภาพแสดงการเกิดโพลาไรเซชันในวงแหวน triazine ring.....15

2.7 ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างนิวคลีโอไฟล์ เส้นใยเซลลูโลส หรือด่างไฮดรอกซิล กับสีรีแอกทีฟ.....16

2.8 ภาพแสดงปฏิกิริยาการแตกตัวของเซลลูโลสเมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่มีสภาวะ pH ด่าง.....16

2.9 ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาแบบรวมตัวระหว่างนิวคลีโอไฟล์และสีรีแอกทีฟ ชนิด Vinylsulphone.....17

2.10 แสดง การดุลศักย์ไฟฟ้าลบที่ผิวของเซลลูโลส.....18

2.11 แสดงกระบวนการย้อมเป็นแบบ 2 ขั้นตอนของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย……21

2.12 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสม แบบ 2 ขั้นตอนในสารละลายเดียว.....21

2.13 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสม แบบ1 ขั้นตอนในสารละลายเดียว……22

2.14 Glycidyl trimethylammonium chloride (G lytac A)(Protex)……23

2.15 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium(3,5)-dichlorotriazine……25

2.16 ภาพจำลองเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการดัดแปรด้วย poly(ethyleneimine) ย้อมด้วยสีธรรมชาติ...26

2.17 ปฏิกิริยาของ Sodium benzoylthioglycollate และ sodium benzovlsliclate กับ เซลลูโลส.....27

2.18 ภาพจำลองการย้อมเส้นใยพอลิเอททีลีนที่ผ่านการดัดแปรด้วยเดนไดเมอร์.....27

2.19 โครงสร้างทางเคมีของเดนไดเมอร์ (dendimer)……..28

2.20 Hercosett 125 29

3.1 แสดงขั้นตอนการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....32

3.2 ก).กระบอกเครื่องย้อมตัวอย่าง ระบบอินฟราเรด (LA-650 Infra-Red Dyer, Logic Art®)

ข).เครื่องย้อมตัวอย่าง ระบบอินฟราเรด (LA-650 Infra-Red Dyer, Logic Art®)……...32

ภาพประกอบ หน้า

3.3 กระบวนการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร.....34
3.4 กระบวนการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร.....36
3.5 เครื่องวัดสี(Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh® 600 PLUS)……..37
3.6 Opponent- type color scales……..37
3.7 ตัวอย่างการอ่านค่า CIELab……...38
3.8 ตัวอย่าง Opponent- type color……...38
3.9 เครื่อง CHN Elemental analyzer (LECO CHN 2000®) …….. 39
3.10 เครื่อง Magasol MT019® light Fastness……...39
4.1 ความสัมพันธ์ค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนกับความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกบนผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย.....41
4.2 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....43
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป 44
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....44
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....46
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป……..47
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....47
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....48
4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสี บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสทเอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ.....50
4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า K/S ของสีบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสทเอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ.....50
4.11 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้า

ภาพประกอบ หน้า

ใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป.....54
4.12 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป....54
4.13 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป.....55
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ.....58
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ……58
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MGกับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ.....59
4.17 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีเปลี่ยนไป……..63
4.18 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคต-ไอออนิกรีแอคทีฟเปลี่ยนไป.....63
4.19 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคต-ไอออนิกรีแอคทีฟเปลี่ยนไป.....64
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-MLบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัดแปรแคตไอออนิก.....67
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัดแปรแคตไอออนิก.....67
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัดแปรแคตไอออนิก....68

ภาพประกอบ หน้า

4.23 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....71

4.24 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป 71

4.25 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....72

4.26 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคต-ไอออนิก.....74

4.27 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคตไอออนิก 75

4.28 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MGบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคต-ไอออนิก.....75

4.29 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัด-แปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....78

4.30 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิ-เอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัดแปรแคตไอ-ออนิกเปลี่ยนไป.....78

4.31 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป……..79

4.32 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML เมื่อเพิ่มปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 81

4.33 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์

ภาพประกอบ หน้า

และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ.....82
4.34 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในภาวะที่มีเกลือ.....82
4.35 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่นของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ.....83
4.36 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ 83
4.37 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ 84
4.38 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก3 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ 84
4.39 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ 85
4.40 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ 85
4.41 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าK/S กับ เปอร์เซ็นต์สีและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกของสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML 86
4.42 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B เมื่อเพิ่มปริมาณและสารดัดแปรแคตไอออนิก.....87
4.43 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....88
4.44 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ และฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในสภาวะที่มีเกลือ.....88
4.45 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่นของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์

ภาพประกอบ หน้า

และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....89
4.46 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ1 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....89
4.47 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ.....90
4.48 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 3 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....90
4.49 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....91
4.50 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....91
4.51 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าK/S กับ ปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิก ของสีแดง Kayacelon React Red CN-3B..... 92
4.52 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MGเมื่อเพิ่มปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิก.....93
4.53 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า refactance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....94
4.54 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร ย้อมในสภาวะที่มีเกลือ.....94
4.55 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....95
4.56 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 1 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะ

ภาพประกอบ หน้า

ที่ปราศจากเกลือ.....95
4.57 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....96
4.58 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 3 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....96
4.59 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....97
4.60 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ.....97
4.61 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่า K/S กับ ปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกของสีรีแอกทีฟสีน้ำ-เงิน.....98
4.62 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัด-แปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....100
4.63 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัด-แปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....100
4.64 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....101
4.65 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้าบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....101
4.66 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....103

ภาพประกอบ หน้า

4.67 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....103
4.68 กราฟ Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัด-แปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....104
4.69 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ4 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....104
4.70 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....105
4.71 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....106
4.72 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....106
4.73 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า เส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป.....107

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ สมการ

สมการที่ หน้า

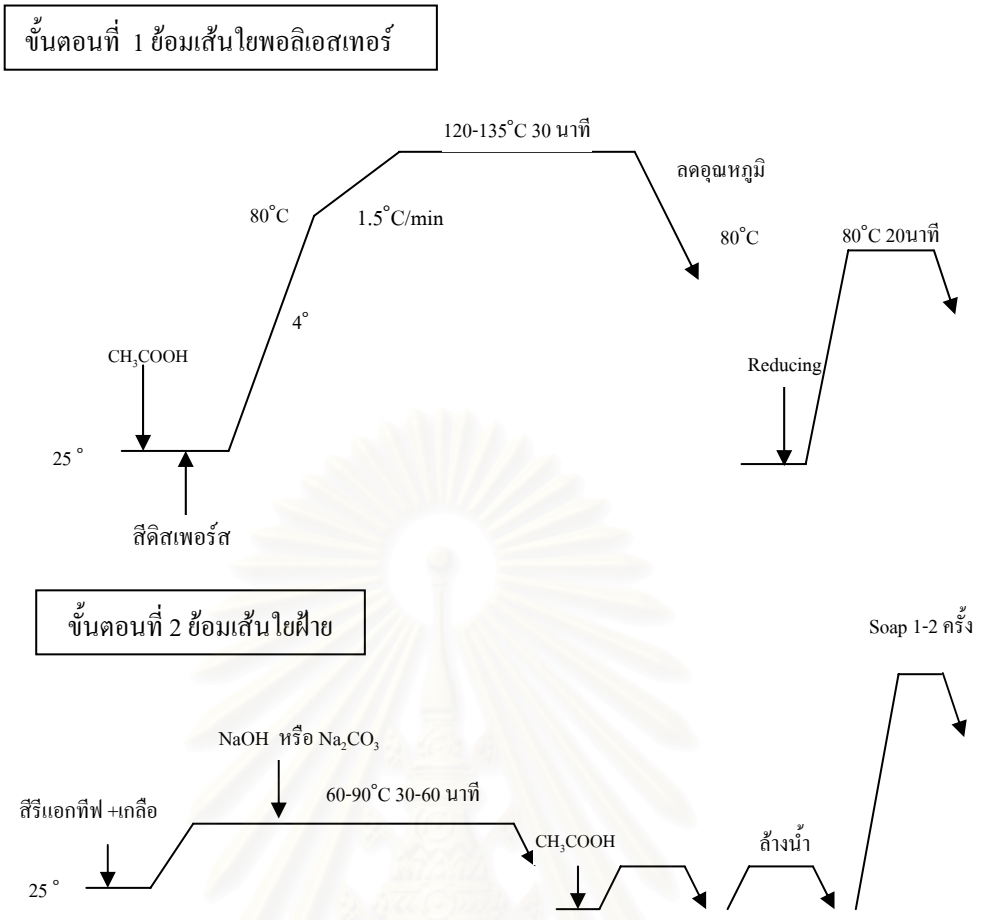
1.1 ปฏิกิริยาของหมู่รีแอกทีฟของสีกับเส้นใยเซลลูโลสในภาวะด่าง..... 2
1.2 ปฏิกิริยาหมู่รีแอกทีฟของสีกับเส้นใยเซลลูโลสในภาวะเป็นกลาง.....2
2.1 ปฏิกิริยา graft polymerization ระหว่างเซลลูโลสกับMAPTAC.....23
2.2 ปฏิกิริยาสารแคตไอออนิกกับเซลลูโลส……..…….23
2.3 ปฏิกิริยา Nicotinoyl Thioglycollate กับเซลลูโลส.....24
2.4 ปฏิกิริยาของ Nicotinoyl-cellulose ester กับสีกลุ่ม MCT……..…….24
2.5 ปฏิกิริยาของฝ้าย กับ DCPT.....25
2.6 ปฏิกิริยา ของ 3-amino-2-hydroxyl-
propyltrimethylammonium(3,5)-dichlorotriazine กับเซลลูโลส.....28
2.7 ปฏิกิริยาโครงข่ายภายในโมเลกุลเซสลูโลส.....28
2.8 ปฏิกิริยา ring-opening ของ polyepichlorohydrin-dimethylamine.....29
4.1 แสดงปฏิกิริยาของสารแคทไอออนิกรีแอคทีฟ ……42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

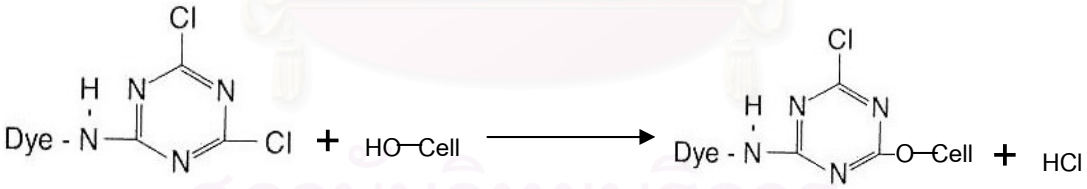
บทที่ 1
บทนำ

โดยปกติวิธีการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย นิยมย้อมด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอก-ทีฟ ซึ่งจำเป็นต้องทำการย้อมแบบ 2 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 คือ ขั้นตอนแรกจะต้องย้อมส่วนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ด้วยสีดิสเพอร์สก่อน โดยต้องย้อมที่อุณหภูมิสูงระหว่าง 120 – 135 องศาเซลเซียส และควบคุมค่าความเป็นกรดด่างที่ 4-4.5 ขั้นตอนที่ 2 จะย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟ โดยจะย้อมในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 60 – 90 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มรีแอก-ทีฟที่เลือกใช้ย้อม และต้องย้อมในภาวะความเป็นด่างที่ 11-11.5 สารช่วยย้อมที่ต้องใช้เพื่อย้อมสีรีแอกทีฟมีอยู่สองตัวคือเกลือและด่าง (โดยทั่วไปนิยมใช้ด่างโซดาแอช) สาเหตุที่ไม่สามารถรวมการย้อมสีสองประเภทในขั้นตอนเดียว เนื่องจากสีดิสเพอร์ส เมื่อย้อมในภาวะที่มีเกลือ เกลือจะไปรบกวนสีดิสเพอร์สที่เตรียมอยู่ในรูปสารแขวนลอยเกิดการตกตะกอนทำให้ไม่สามารถย้อมสีต่อไปได้ นอกจากนี้ภาวะที่เป็นด่างจะทำให้สีดิสเพอร์สถูกทำลาย ในทางกลับกันก็ไม่สามารถย้อมเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟในภาวะที่เป็นกรดได้ เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของหมู่รีแอกทีฟของสีกับเส้นใยเซลลูโลสต้องอาศัยภาวะที่เป็นด่าง ดังสมการ ที่ 1.1

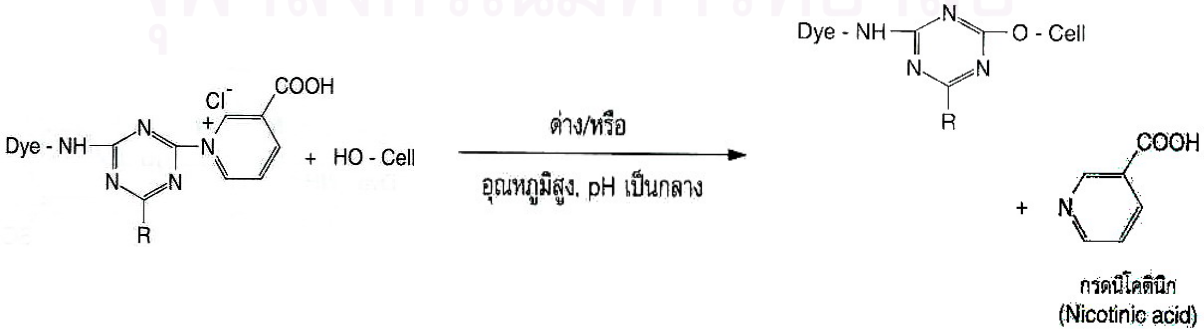
ในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการย้อมเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย แบบขั้นตอนเดียว โดยใช้สีรีแอกทีฟในกลุ่มที่สามารถทำปฏิกิริยาในภาวะพีเอชเป็นกลาง โดยมีหมู่ทำปฏิกิริยาคือ 3-carboxy pyridino-s-triazine หรือ mononicotinic acid triazine (MNT) ซึ่งจะผนึกติดกับเส้นใยเซลลูโลส ด้วยปฏิกิริยาดังสมการที่ 1.2 แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่คือ ย้อมได้เฉพาะสีอ่อนเท่านั้น หากเพิ่มความเข้มของสี ปริมาณสีที่ต้องการย้อมก็มากขึ้น การใช้เกลือก็จะเพิ่มตามปริมาณสีย้อม ซึ่งการใช้เกลือที่มากขึ้นจะส่งผลให้การกระจายตัวของสีดิสเพอร์สแย่ลง ประกอบกับยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาการตกตะกอนของสีดิสเพอร์ส อันเนื่องจากเกลือได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้พยายามปรับปรุงสมบัติของเส้นใยฝ้ายให้สามารถดูดซับสีย้อมสีรีแอกทีฟให้ได้มากขึ้น เพื่อทำให้สามารถลดปริมาณการเติมเกลือ โดยจะทำการดัดแปรส่วนที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอก-ทีฟ (cationic reactive agent) เพื่อทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีประจุบวกและสามารถดูดจับสีย้อมรีแอก-ทีฟ ซึ่งมีประจุลบได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเกลือ หลังจากนั้นจะทำการย้อมเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสีดิสเพอร์สและสีรีแอกทีฟในขั้นตอนเดียวโดยจะทำการศึกษาผลของปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกต่อความสามารถในการดูดซับสีรีแอกทีฟเฉดสีต่าง ๆ และจะทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของสีหลังย้อมต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงกระบวนการย้อมเป็นแบบ 2 ขั้นตอนของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย

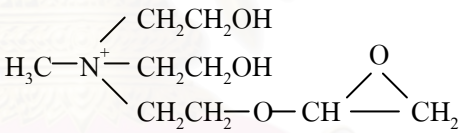


สมการที่ 1.1 ปฏิกิริยาของหมู่รีแอกทีฟของสีกับเส้นใยเซลลูโลสในภาวะด่าง



สมการที่ 1.2 ปฏิกิริยาหมู่รีแอกทีฟของสีกับเส้นใยเซลลูโลสในภาวะเป็นกลาง

จากการทำการดัดแปรส่วนที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสให้ดูดจับสีรีแอกทีฟได้เพิ่มขึ้น โดยลดปริมาณการใช้เกลือลง คาดว่าจะทำให้สามารถ ย้อมเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว เพราะว่าระบบการย้อมแบบนี้จะไม่มีเกลือไปรบกวนสีดิสเพอร์สให้เกิดการตกตะกอนในขณะที่ย้อมร่วมกับสีรีแอกทีฟ กระบวนย้อมแบบใหม่นี้จะเป็นทางเลือกใหม่ที่ช่วยให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้อย่างมาก ได้กระบวนการย้อมที่ใช้เวลาของการย้อมสั้นลง ในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาการดัดแปรเส้นใยเซลลูโลสด้วยสารดัดแปรประเภทแคตไอออนิก เพื่อเปลี่ยนเซลลูโลสให้มีประจุเป็นบวก[4] จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถทำการดัดแปรเส้นใยเซลลูโลส โดยใช้สารดัด-แปรที่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลส เช่น N(3-chloro-2-hydroxypropyl) trimethylammonium [1,2] ซึ่งสารตัวนี้มีประจุบวก ภายหลังการดัดแปรทำให้ได้เส้นใยเซลลูโลสมีประจุเป็นบวก เรียกว่า cationic cellulose [5,6,7,8,9,13] นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาการดัดแปรฝ้ายด้วยสารประกอบแคตไอออนิกรีแอกทีฟในขั้นตอนการฟอกขาว [11,12] โดยหลักการการดัดแปรเส้นใยเซลลูโลสทั่วไปคือ การผนึกสารควอเทอร์นารีแอมโมเนียม เข้ากับโครงสร้างเส้นใย ซึ่งหมู่สารควอเทอร์นารีแอมโมเนียมนั้น มีสมบัติในการดูดซับสีย้อมแอนไอออนิกได้ดี เช่น สีรีแอกทีฟและสีไดเร็กต์ เป็นต้น ในการวิจัยนี้จะใช้สารดัดแปรในกลุ่มสารควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium compound) คือ Glycidyl triethanolamine ammonium มีโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 Glycidyl triethanolamine ammonium

จากโครงสร้างสารดัดแปรจะมีหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม และ มีหมู่อิพอกไซด์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลส ดังนั้นภายหลังการดัดแปรแล้วจะได้หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมติดกับโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสอย่างถาวร ซึ่งคาดว่าจะสามารถย้อมเส้นใยเซลลูโลสดัดแปรโดยไม่ต้องอาศัยเกลือ โดยจุดประสงค์ในการวิจัยนี้จะทำการดัดแปรเส้นใยเซลลูโลสของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เพื่อให้สามารถย้อมผ้าเส้นใยผสมสองชนิดในขั้นตอนเดียว ทำให้กระบวนการย้อมสั้นลง ลดการใช้น้ำและพลังงาน ในการทดลองจะทำการศึกษาผลกระทบความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกต่อปริมาณการติดสี สมบัติการดูดติดสีของเส้นใย และทดสอบสมบัติหลังการย้อม เช่น สมบัติความคงทนต่อการซัก และสมบัติความคงทนต่อแสง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ สามารถย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว ในระดับเฉดสีกลางถึงเข้มได้

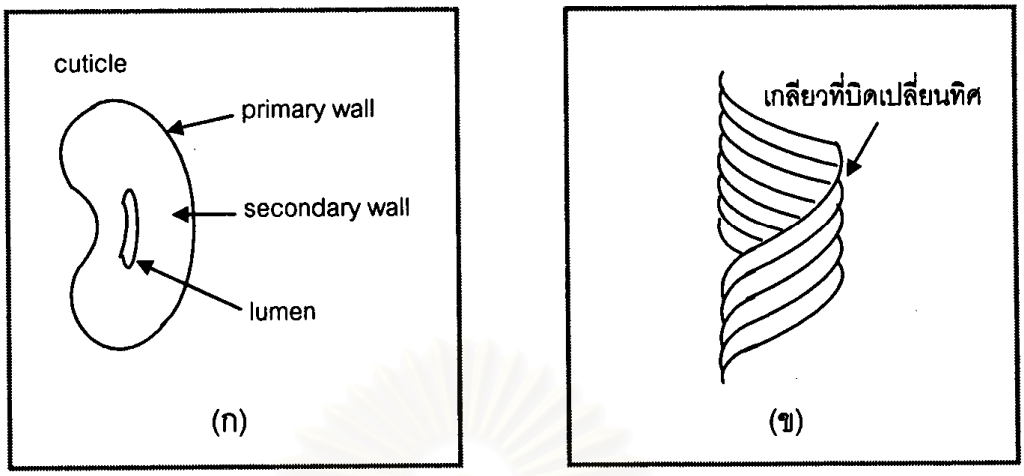
บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 เส้นใยฝ้าย [14]

การปลูกฝ้ายสามารถจะทำได้ในพื้นที่ที่มีอากาศอุ่นติดต่อกันเป็นเวลายาวนานเพียงพอ มีความชื้น และแสง ตลอดจนลักษณะดินที่เหมาะสม เมื่อต้นฝ้ายเจริญเติบโตเต็มที่ได้ความสูงประมาณ 3-6 ฟุต (1-2 เมตร) หลังจากที่ดอกเบ่งบานและร่วงไปแล้วก็จะเริ่มปรากฏเป็นปุยฝ้ายเติบโต ภายในปุยฝ้ายมีเมล็ดฝ้ายอยู่ โดยเส้นใยฝ้ายเจริญขึ้นจากเมล็ด กล่าวกันว่าแต่ละเมล็ดให้เส้นใยได้กว่า 20,000 เส้น เมื่อปุยฝ้ายสุกงอมก็จะเบ่งบาน และเปิดออกมองเห็นเส้นใยฝ้ายหรือการเปิดหีบฝ้าย โดยการนำเข้าเครื่องหีบ ปุยฝ้ายที่มีเปลือกเมล็ดติดและเส้นใยถูกนำเข้าเครื่อง เครื่องจะตีให้ปุยฝ้ายที่ส่งเข้ามานั้นป้อนสู่ลูกกลิ้ง ที่มีผิวเป็นฟันเลื่อยหมุนสวนทิศที่ส่งฝ้ายเข้ามายัง ซึ่งเป็นตะแกรงที่คอยดักสกัดให้เปลือกเมล็ดฝ้ายที่ถูกลูกกลิ้งดึงเส้นใยออก แล้วตกลงไปตามสายพานที่เตรียมไว้ คือเปลือกเมล็ดฝ้ายที่ตกลงมาดังกล่าว เส้นใยฝ้ายที่ถูกดึงติดมากับฟันเลื่อยบนลูกกลิ้งก็จะถูกกระแสลมดึง แรงลมพาเส้นใยไปสู่สายพาน เพื่อนำไปบรรจุต่อซึ่งเส้นใยฝ้ายนี้จะบรรจุโดยการอัดเป็นมัดสี่เหลี่ยมใหญ่เรียกว่า เบล แต่ละเบลมีน้ำหนักถึง 500 ปอนด์ (225 กิโลกรัม) ส่วนที่เป็นเปลือกของเมล็ดฝ้ายก็สามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยเนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนสูง หรือทำเป็นอาหารสัตว์ก็ได้ เนื้อในเมล็ดฝ้ายเป็นส่วนที่สามารถสกัดเอาน้ำมันไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันพืชหรือใช้ในการทำสบู่และจากการสกัดน้ำมันแล้วยังเป็นอาหารสัตว์ได้อีก ในส่วนของเส้นใยที่ติดปลายเมล็ดเป็นเส้นใยสั้นมาก เรียกว่า Cotton linter เป็นวัตถุดิบตั้งต้นของการทำเส้นใยประดิษฐ์ทั้งเรยอน และแอซีเทต

2.1.1 <u>โครงสร้างทางกายภาพ</u>

โครงสร้างของฝ้ายหากมองในรายละเอียดขององค์ประกอบทางเคมีฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสชนิดหนึ่ง ทั้งนี้ได้มีผู้เคยวิเคราะห์มาแล้วพบว่ามีอัตราส่วนของความเป็นผลึกต่อความเป็นอสัณฐานสูงถึงประมาณ 2 ต่อ 1 ทำให้ความสามารถในการยืดตัวดีและดูดซึมความชื้นสูง โดยทางกายภาพฝ้ายเป็นเส้นใยสั้นมีลักษณะภายนอกที่หยาบเป็นหลอดแบน ขวั้นเป็นเกลียว และจากกล้องจุลทรรศน์ภาพภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายเม็ดถั่วที่มีช่องกลางกลวงเป็นช่องส่งน้ำ (lumen) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยฝ้าย
ก) ภาพวาดแสดงภาคตัดขวาง ข) ภาพวาดแสดงภาพตามความยาว

(ก) ภาพภาคตัดขวางของฝ้ายระยะแรกมีลักษณะเป็นรูปตัว ยู (U) ผนังเซลล์บาง ขณะที่ยังอ่อนอยู่ ต่อเมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นผนังก็เริ่มหนามีลักษณะเป็นรูปถั่วมากขึ้นรูกลางที่เป็นท่อส่งน้ำจะหดเล็กลง ผิวนอกดูคล้ายมีฟิล์มมันเคลือบอยู่ ผนังชั้นแรกหรือ primary wall เป็นผนังชั้นที่เกิดขึ้นก่อนเป็นชั้นบาง ขณะที่ท่อส่งน้ำตรงกลางใหญ่ดูคล้ายเมล็ดถั่ว ต่อมาเมื่อเจริญเติบโตเป็นชั้น ๆ คล้ายวงปีในลำต้น ทำให้ท่อส่งน้ำส่วนกลางถูกเบียดเล็ดลง แต่ละชั้นของผนังที่ขยายเข้าไปมีความหนาแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ อาหารน้ำ เปลือกที่หนาเพิ่มขึ้นนี้รวมเรียกกันเป็นผนังชั้นสองหรือ secondary wall แต่ละชั้นที่เจริญเติบโตขึ้นนี้ประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดอันเกิดจากการต่อกันยาวของลูกโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสจัดเรียงต่อกัน และลักษณะของการจัดเรียงกันนี่เองที่ทำให้ในบางครั้งมีทิศทางเรียงที่สลับทิศสวนทางกัน ดังแสดงในรูป 2.2 ข)ทำให้เกิดเกลียวฝ้ายขึ้นตามความยาวของเส้นใย

2.1.2 <u>เกลียวฝ้าย</u>

เกลียวฝ้ายหรือการบิดตัวคล้ายริบบิ้น เป็นลักษณะที่แสดงถึงการเจริญเติบโตตามธรรมชาติอย่างเต็มที่แล้วของฝ้าย เมื่อปุยฝ้ายเปิดออกทำให้เส้นใยแห้งตัวลง ส่งผลให้รูส่งน้ำตรงกลางหดตัว ผนังของเส้นใยที่เกิดจากการเจริญเติบโตของลูกโซ่โมเลกุลมีการบิดเปลี่ยนทิศทาง ทำให้เป็นการขวั้นเกลียวที่สวนทางกัน เกิดการบิดงอเหมือนหลอดกาแฟการบิดงอนี้เป็นการเกิดเกลียวแบบธรรมชาติ ทำให้เส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการเกาะเกี่ยวกัน ปั่นเป็นด้ายได้ง่าย มีความสามารถในการยืดตัวสูง แม้ว่าในขณะเดียวกันอาจมีผลเสียเกิดขึ้นในบริเวณของการบิดเกลียวบ้าง เช่น เกิดการจับฝุ่นหรือสิ่งสกปรกได้ ความแข็งแรงลดลงประมาณร้อยละ 15-30 เมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ๆ เชื่อกันว่าถ้าหากสามารถยืดดึงเส้นใยให้เหยียดตรงออกแล้วจะทำให้แข็งแรงของเส้นใยเพิ่มขึ้นได้

2.1.3 สมบัติทางกายภาพ

ลักษณะภายนอก ฝ้ายจากธรรมชาติมีลักษณะคล้ายหลอดแบนบิดขวั้นกันเป็นเกลียว พื้นที่หน้าตัดเป็นเม็ดถั่ว ตรงกลางเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อส่งน้ำตามแกนกลางของเส้นใยนั่นเอง ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง

ความยาวเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 3-63 มิลลิเมตร โดยทั่วไปฝ้ายยาวมีความแข็งแรงดีกว่าฝ้ายสั้น

สี ปกติฝ้ายมีสีขาว บางชนิดอาจพบเป็นสีครีมหรือน้ำตาล

ความมัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความมันน้อย ยกเว้นที่ผ่านการทำชุบมัน (mercerization) แล้วความเงาเพิ่มขึ้น

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าประมาณ 3.0-5.0 กรัมต่อดีเนียร เมื่อเปียกน้ำฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 10-20 ฝ้ายที่ผ่านกระบวนการทำชุบมันแล้วความแข็งแรงจะสูง โดยทั่วไปความแข็งแรงฝ้ายแปรผันโดยตรงไปตามความยาวของเส้นใยเมื่อนำมาดีเกลียวเป็นด้าย เส้นใยยาวจะมีจุดสัมผัสและการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยสั้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานได้มากกว่า ส่งผลให้การทนต่อแรงดึงสูงขึ้น

การยืดตัว เป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดีและนำมาปั่นเป็นด้ายได้ง่ายสามารถยืดตัวได้ประมาณร้อยละ 3-7

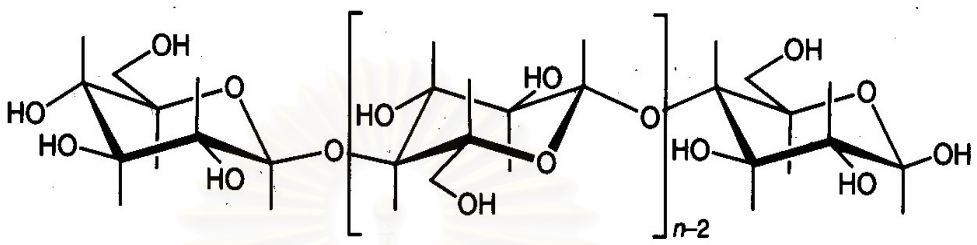
การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังที่ถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับได้ง่าย ในปัจจุบันมีการตกแต่งสำเร็จหลายวิธีที่จะช่วยให้ปัญหาของการยับลดลง

การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (21 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 65 ฝ้ายมีความสามารถดูดความชื้นได้สูงถึงร้อยละ 7-10 และความแข็งแรงของฝ้ายขึ้นเมื่อเปียก

ความร้อน ฝ้ายทนความร้อนได้ดี อุณหภูมิที่ใช้ในการรีดอาจสูงถึง 400-425 องศาฟาเรนไฮต์ (204-218 องศาเซลเซียส) ในระยะเวลาสั้น ๆ ฝ้ายเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 475 องศาฟาเรนไฮต์ (246 องศาเซลเซียส) และถ้าสูงกว่านั้นอาจถูกทำลายได้ สามารถซักได้ด้วยน้ำร้อน ระดับ 212 องศาฟาเรนไฮต์ (100 องศาเซลเซียส) และอบแห้งที่ 160-200 องศาฟาเรนไฮต์ (71-93 องศาเซลเซียส) ความถ่วงจำเพาะ 1.5

2.1.4โครงสร้างทางเคมี[15]

โครงสร้างเคมีของฝ้ายจะ มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 95-99 เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการเรียงต่อกันของหน่วยย่อยกลูโคสด้วยพันธะ 1,4 – linked – ß– D- glycosidic โดยมีระดับพอลิเมอร์ไรเซชัน(degree of polymerization) มากกว่า 3000



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

2.1.5 สมบัติทางเคมี[14]

กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่ถ้าเป็นกรดประเภทกรดกำมะถัน หรือกรดไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว และถ้าถูกกรดไนตริกทำปฏิกิริยาได้เซลลูโลสไนเทรตมีสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

ด่าง ฝ้ายทนต่อสารละลายด่างได้ดี แม้ด่างแก่ที่ใช้เป็นสบู่ในการซักล้างก็ไม่มีผลต่อสมบัติของฝ้าย นอกจากนั้นแล้วด่างที่เป็นสารเคมีหลักในการทำชุบมันกลับทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

ตัวทำละลายอินทรีย์ ฝ้ายสามารถซักแห้งได้เนื่องจากมีความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดีมาก

สารซักฟอก สารซักฟอกโดยทั่วไปที่มีขายในตลาดชนิดที่ไม่รุนแรงมากนักสามารถซักฟอกฝ้ายได้ แต่ต้องระวังเรื่องของความเข้มข้นและระยะเวลา ประกอบกับภายหลังการซักฟอกแล้วควรทำการล้างน้ำสะอาดออกให้หมด สารซักฟอกประเภทตัวออกซิไดส์ที่รุนแรง เช่น โปแตส-เซียมเปอร์แมงกาเนต และโซเดียมไฮโปคลอไรด์ มีผลทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นสภาพที่เรียกว่า ออกซีเซลลูโลส (oxycellulose) ที่มีสมบัติอ่อนแอกว่าฝ้ายปกติ ขาดง่ายเมื่อเปียกและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ราและแมลง ปกติผ้าฝ้ายเกิดราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างมาจากการลงแป้งทำให้เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของรา ปัญหานี้แก้ได้โดยการตกแต่งสำเร็จ ผ้าฝ้ายภายหลัง สำหรับแมลงก็เช่นเดียวกันเป็นปัญหาสืบเนื่องจากแป้งที่แตกค้างในฝ้ายมากกว่าสืบเนื่องจากเส้นใยฝ้ายเอง

แสง ฝ้ายถูกแสงแดดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นออกซีเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเสื่อมคุณภาพลง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้งานของฝ้ายไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง

การย้อมสี สามารถใช้สีย้อมได้หลายชนิด เช่น สีรีแอกทีฟ สีแวต นอกจากนั้นอาจเป็นสีไดเร็กและสีเบสิก

2.1.6 การใช้งานของฝ้าย[14]

ด้วยสมบัติที่ดี ของฝ้ายทั้งแข็งแรง ทนทาน ความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี การใช้งานหลากหลาย สามารถปั่นเป็นด้ายได้แทบทุกระดับของความละเอียด ทอเป็นผ้าได้ทุกโครงสร้าง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฝ้ายเป็นที่นิยมและใช้กันมาตลอด ผ้าฝ้ายล้วน ที่ไม่สามารถใช้วัสดุอย่างอื่นทดแทนได้ เช่น กางเกงยีน ผ้าปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง นอกจากนั้นแล้วฝ้ายยังสามารถใช้ผสมร่วมกับเส้นใยชนิดอื่นทั้งใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ด้วย ที่รู้จักกว้างขวางมากก็คือการใช้ร่วมกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ เช่น ผ้า T/C คือการผสมแบบมาตรฐานระหว่างพอลิเอสเทอร์กับฝ้ายในส่วนผสม 65 ต่อ 35 เป็นต้น

2.2 เส้นใยพอลิเอสเทอร์ (Polyester Fiber) [16]

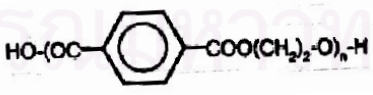
พอลิเอสเทอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ผลิตจากปฏิกิริยาแบบควบแน่นที่เกิดขึ้น ระหว่างโมเลกุลเล็ก ๆ ซึ่งการเชื่อมต่อกันของโมเลกุลด้วยพันธะเอสเทอร์ (ester) สารตั้งต้นในการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์คือ กรดไดเบสิก (dibasic acid) กับ ไดไฮริกแอลกอฮอล์ (dihydric alcohol) เส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะแบ่งตามสารตั้งต้นที่ใช้ พอแบ่งได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

1.เส้นใยพอลิเอททีลีนเธเลฟาทาเลท (polyethylene terephthalate , PET)

2.เส้นใยพอลิไซโคลเฮกเซนไดเมททีลีนเธเลฟาทาเลท (poly -1,4-cyclohexylene-dimethylene terephtalate , PCDT)

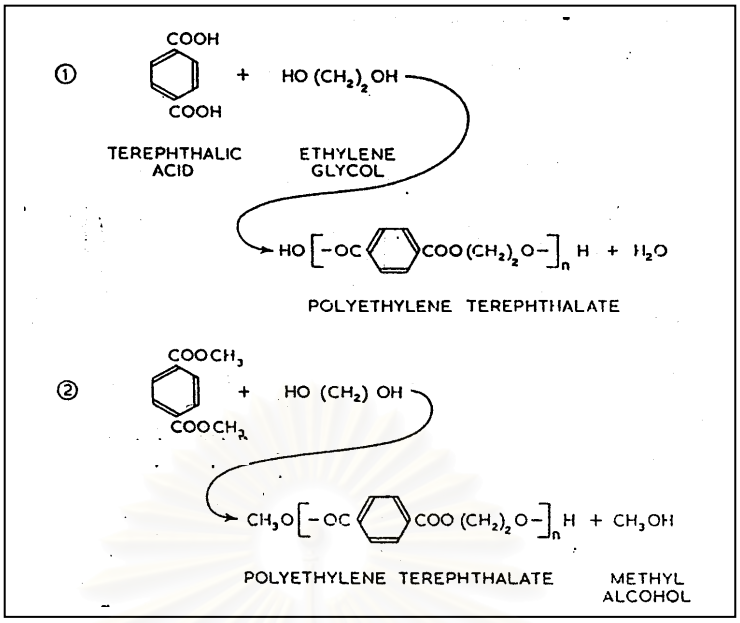
3.เส้นใยพอลิเอสเทอร์ชนิดอื่น ๆ

ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ นิยมใช้ เส้นใยพอลิเอททีลีนเธเลฟาทาเลท ซึ่งเรียกทั่วไปว่าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์พอลิเอททีลีนเธเลฟาทาเลท

เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นระหว่างกรดเธเลฟาทาลิก (terephtalic acid) หรือไดเมททิวเธเลฟาทาเลท (dimethyl terephthalate) กับเอททีลีนไกลคอล (ethylene glycol)

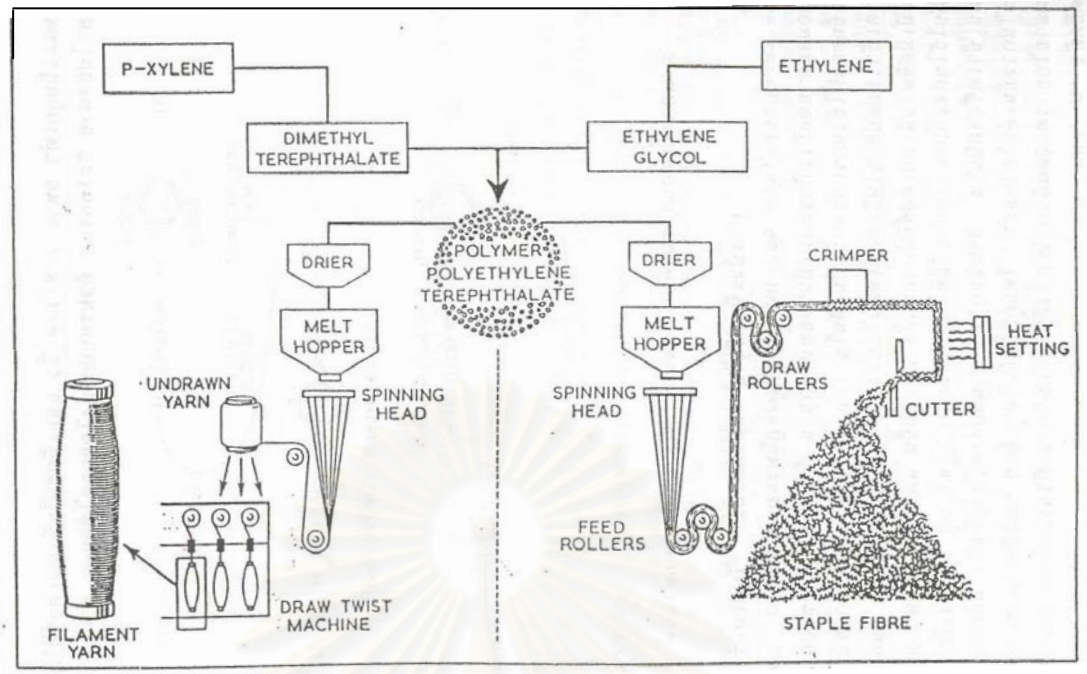


รูปที่ 2.4 ผังแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตพอลิเมอร์ Polyethylene terephthalate

2.2.1<u>การผลิตเส้นใย</u>

กระบวนการผลิตเส้นใยพอลิเอสเทอร์ เป็นกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาพอลิ-เมอร์ไรเซชันแบบควบแน่นระหว่างเอททีลีนไกลคอล (ethylene glycol) กับกรดเธเลฟาทาลิก (terephtalic acid)โดยน้ำจะถูกแยกออกระหว่างการเกิดปฏิกิริยา สายโซ่พอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะเชื่อมต่อกันด้วยหมู่เอสเทอร์ (ester bond) จนได้ระดับพอลิเมอร์ไรเซชันที่ต้องการ พอ-ลิเมอร์พอลิเอสเทอร์ ที่มีลักษณะใสไม่มีสี จะถูกอัดผ่านช่องรู (slot) ลงบนผิววงล้อที่มีน้ำหล่อเย็น ทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวซึ่งมีลักษณะเป็นแถบเส้นยาวตลอด แล้วป้อนเข้าเครื่องตัด ตัดออกมาเป็นเม็ด (chip) ที่มีลักษณะเป็นลูกเต๋า ขนาด 1/8-1/4 นิ้ว และเม็ดชิฟพอลิเอสเทอร์จะถูกลำเลียงไปยังฝ่ายปั่นเส้นใย (spinning) ด้วยระบบท่อส่งโดยการใช้ลมดูด (suction)

การปั่นเส้นใย (spinning) พอลิเมอร์พอลิเอททีลีนเธเลฟาทาเลท (polyethylene terephthalate) จะหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 260 องศาเซลเซียส และพอลิเมอร์ที่หลอมละลายจะมีเสถียรภาพเป็นระยะเวลานาน เมื่อปราศจากแก๊สออกซิเจน ฉะนั้นทุกขั้นตอนที่ใช้ในกระบวนการปั่นเส้นใย (spinning) จะต้องมีการป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปปะปน กับพอลิเมอร์หลอมเหลวในช่วงระหว่างปั่นเส้นใย ในส่วนของสปินนิ่งจะมีเม็ดชิฟ พอลิเมอร์ที่ต้องอบแห้งไล่ความชื้น แล้วผ่านเม็ดที่อบแห้งแล้วไปจัดเก็บไว้ในถังเก็บโดยเฉพาะที่มีแก๊สไนโตรเจนอยู่โดยรอบ จากถังเก็บเม็ดชิฟจะถูกป้อนเข้าเครื่องสปินนิ่ง สำหรับการทำงานของเครื่องสปินนิ่ง มีลักษณะเดียวกันกับที่ใช้ในการปั่นเส้นใยไนลอน โดยถูกปั๊มอัดรีดรูเล็ก ๆ บนสปินเนเรท ออกมาเป็นกระแสสายใยยาวตลอดแล้วทำให้แข็งตัว พร้อมกับกรอม้วนเก็บในลักษณะเส้นด้ายที่ยังไม่ได้ยืดตัว (undrawn yarn)



รูปที่ 2.5 ผังแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตเส้นใยพอลิเอสเทอร์

เส้นด้ายที่ยังไม่ได้ยืดตัว (undrawn yarn) จะถูกดึงยืดตัวออกอีก ประมาณ 5 เท่า ของความยาวเดิมบน เครื่องดึงยืด และเข้าเกลียว (draw-twist machine) การดึงยืดเส้นใยจะกระทำที่อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยตามสภาวะเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ถ้าเส้นด้ายชนิดความแข็งแรงสูง (high tenacity) จะใช้อุณหภูมิในการดึงยืดสูงกว่าเส้นด้ายใยยาวชนิดธรรมดาทั่ว ๆ ไป ในทางปฏิบัติเส้นใยพอลิเอส-เทอร์จะถูกดึงยืดในสภาวะที่ร้อนมากกว่าสภาวะเย็น ทั้งนี้เพราะการเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นใยจะเป็นระเบียบได้มากกว่า

เส้นใยสั้น (staple) ของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จากการอัดรีดเส้นใยออกมาจำนวนมาก ๆ แล้วรวบเส้นใยดังกล่าวเข้าด้วยกัน ในลักษณะคล้ายเชือกเส้นใหญ่ (Heavy tow) และจะถูกดึงยืดพร้อมทำให้สมบัติเป็นคลื่นลอน (crimp) ด้วยเชิงกล และทำให้คลื่นลอน อยู่ตัวหรือคงรูปโดยการอบด้วยความร้อนจากนั้น เส้นใยดังกล่าวจะถูกนำไปตัดให้เส้นใยได้ความยาวตามที่ต้องการ

2.2.2 <u>โครงสร้างและสมบัติของพอลิเอสเทอร์</u>

สมบัติของเส้นใยพอลิพอลิเอสเทอร์ที่สามารถแบ่งตามประเภทของเส้นด้ายได้ 3 ประเภท คือ

1. เส้นด้ายใยยาวชนิดความแข็งแรงสูง (high tenacity yarn)
2. เส้นด้ายใยยาวชนิดความแข็งแรงปานกลาง (medium tenacity yarn)
3. เส้นใยสั้น (staple fiber)

ประเภทของเส้นใยพอลิเอสเทอร์เหล่านี้ จะถูกพิจารณาความแตกต่างจากสมบัติทางกายภาพในลักษณะต่าง ๆ แต่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน อาจจะมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แม้ขนาดความโต (denier) ของเส้นด้ายที่สลับกันก็อาจจะมีผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะบางอย่างได้ เกณฑ์ค่ากำหนดของสมบัติด้านกายภาพต่าง ๆ เป็นสมบัติที่ได้ตามความต้องการของรูปแบบของเส้นใย ที่ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดสำหรับป้อนให้อุตสาหกรรมต่อเนื่องนำไปใช้งาน ทั้งเส้นด้ายใยยาวและใยสั้น สมบัติต่าง ๆ ของเส้นใยซึ่งจะถูกกระทำในลักษณะต่าง ๆกัน อาทิเช่น กระบวนการอบด้วยความร้อนให้อยู่ตัว (heat-set) หรือกระบวนการปั่นเส้นด้ายใยสั้น ซึ่งความแตกต่างของสมบัติที่ได้รับนั้น มาจากผู้ผลิตทั้งสิ้น ยกตัวอย่างข้อมูลสมบัติของเส้นด้ายพอลิเอส-เทอร์จากบริษัท I.C.I จำกัด เป็นผู้กำหนด ภายใต้ชื่อทางการค้า “ Terylene ” เส้นด้ายใยยาว Terylene นี้ จะถูกกำหนดลักษณะเกลียวตามอักษร “ S ” และระดับจำนวนเกลียวของเส้นด้ายที่แท้จริง จะมีความสัมพันธ์กับขนาดโตของเส้นด้าย ดังข้อมูลข้างล่างนี้

ส่วนเส้นด้ายใยยาวชนิดความแข็งแรงปานกลาง (medium tenacity yarn) ที่ถูกผลิตออกมายังมีการจำแนกชนิดความเงามัน เช่น ความใสมัว (bright) ความทึบแสง (dull) และชนิดทึบแสงพิเศษ (extra dull) ค่ากำหนดของขนาดความโตของเส้นด้ายและจำนวนเส้นใยยาวต่อหนึ่งเส้นด้าย ก็เช่น ขนาด denier ของเส้นด้าย มีตั้งแต่ 50 ,75 ,100 และ150 ซึ่งขนาด denier ของแต่ละเส้นใยยาวประมาณ 2 denier เส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ การใช้งานด้านสิ่งทอทั่วไป หรือสำหรับการทำให้เส้นใยมีความฟองฟู (bulking) ด้วยกรรมวิธีต่าง เช่น false-twisting ในบางกรณีก็มีการผลิตเส้นใยลักษณะพื้นที่หน้าตัดเป็นสามเหลี่ยม (tri-lobal cross-section) มาใช้ในงานสิ่งทอ เพื่อให้ได้ความหลากหลายในสมบัติด้านผิวสัมผัส และความมันเงา “crimplene” เป็นชื่อการค้าของเส้นด้ายที่มีสมบัติด้านความฟองฟูที่มีความคงตัว (stabilized) ซึ่งผลิตจากเส้นด้ายพอลิ-เอสเทอร์ terylene ความแตกต่างของเส้นด้ายดังกล่าวที่ไม่เหมือนกับเส้นด้ายฟองฟูอื่น ๆ ก็คือมีการหดตัวต่ำ ความสามารถในการยืดตัวต่ำและ มีความอิสระในการบิดเมื่ออยู่ในรูปเส้นใยเดี่ยว สามารถนำไปถักเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่ได้ขนาดตามต้องการได้ง่ายกว่าด้ายฟองฟูชนิดอื่น ๆ การตกแต่งสำเร็จก็ง่ายสะดวก การทำให้อยู่ตัว (prestabilization) ก่อนย้อมสีก็ไม่จำเป็น

เส้นด้ายใยยาวชนิดความแข็งแรงสูง (high tenacity yarn) ที่มีคุณสมบัติด้านความมัว (bright) ซึ่งอยู่ในขอบเขตค่ากำหนดของขนาดเส้นด้ายขนาดต่าง ๆ นั้น ขนาดของเส้นใยยาว จะมีประมาณ 5 denier เส้นด้ายใยยาวชนิดความแข็งแรงสูง มีความหลากหลายเกี่ยวกับสมบัติด้านความแข็งแรงและสมบัติการยืดตัวของเส้นด้ายด้วย

ใยสั้น (staple fiber) การผลิตใยสั้น (staple) จะอาศัยขนาดความโตของเส้นใยยาว (filament) จาก 1.5 ถึง 10 denier โดยลักษณะของเส้นใยจะมีสมบัติทึบแสงหรือด้าน (dull) ใยสั้นแต่ละชนิดซึ่งอาจมีความแตกต่าง ด้านสมบัติที่สามารถจะกำหนดได้สำหรับในการออกแบบโดยเฉพาะสำหรับใช้กับการปั่นด้ายใยสั้นธรรมชาติระบบต่าง ๆ อาทิเช่น ระบบปั่นด้ายสำหรับทอ

ผ้าขนแกะ (wollen) หรือผ้าเนื้อละเอียด (worsted) หรือระบบด้ายฝ้ายและลินิน ใยสั้นบางชนิดสำหรับการใช้งานเฉพาะอย่างอาจจะผลิตจากเส้นใยยาวชนิดที่มีคุณสมบัติขุ่นมัว (bright) และใยสั้นชนิดมีสีในตัวของเส้นใย ที่จะนำไปใช้งานที่มีลวดลายกำหนดไว้แน่นอนแล้ว

ใยสั้นพอลิเอสเทอร์ terylene มีความแตกต่างกับเส้นใยยาว อยู่ 2 ประเด็นหลัก ๆ คือ 1.ใยสั้นจะมีสมบัติด้านความอยู่ตัวของความเป็นคลื่นลอน (crimp) โดยการอบด้วยความร้อน (heat-set) 2.ใยสั้นจะมีสมบัติความคงตัวด้วยความร้อนในช่วงระหว่างทำการผลิต ซึ่งผลที่ตาม คือ สมบัติด้านหดตัวของใยสั้นกับใยยาวจะแตกต่างกัน

-สมบัติลักษณะรูปร่างที่มองเห็นได้

ลักษณะของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีลักษณะผิวเรียบเหมือนแท่งแก้ว โดยทั่วไปพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยจะเป็นวงกลม แต่บางชนิดก็เป็นพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม (trilobal) ใยสั้นจะมีลักษณะที่หงิกงอและเป็นคลื่นลอน ซึ่งจะมีหรือไม่มีสารปิ๊กเมนต์แล้วแต่กรณี

-สมบัติด้านความยืดตัว (elongation)

เส้นใยยาวชนิดความแข็งแรงสูง ร้อยละ 8-11
(ขึ้นอยู่กับชนิดเส้นใย)
เส้นใยยาวชนิดความแข็งแรงปานกลาง ร้อยละ 15-30
ใยสั้นชนิดความแข็งแรงสูง ร้อยละ 20-30
ใยสั้นชนิดความแข็งแรงปานกลาง ร้อยละ 30-50

-สมบัติด้านความคืนตัว (elastic recovery)

เส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีสมบัติด้านความคืนตัวดีจากแรงยืด แรงกดอัด แรงเฉือน และการโค้งงอ

-สมบัติด้านความร้อน (thermal properties)

จุดหลอมละลาย อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ ประมาณ 260 องศาเซลเซียส และผิวละลายเกาะติด (Sticking) ประมาณ 230-240 องศาเซลเซียส

ผลที่เกิดกับระดับอุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรง (tenacity) จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 6 และค่าความยืดตัวจะลดลงประมาณร้อยละ 30 ซึ่งเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นระดับอุณหภูมิ -100 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรง จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ50 และค่าความยืดตัวจะลดลงประมาณร้อยละ 35

ผลที่เกิดกับอุณหภูมิสูง ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เส้นใยพอลิเอสเทอร์ จะรักษาค่าความแข็งแรง ได้เพียงครึ่งหนึ่งของค่าความแข็งแรงที่อุณหภูมิห้อง สำหรับผลที่เกิดกับเส้นใยพอลิ-เอสเทอร์ที่ตากผึ่งในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิสูง จะมีผลน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เกิดกับเส้นใยอื่น ๆ ทั้งเส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์ ถ้าในบรรยากาศนั้นมีอุณหภูมิสูงถึง 150 องศา-เซลเซียส เส้นใยพอลิเอสเทอร์จะเปลี่ยนเพียงเล็กน้อย หลังจากผ่านพ้นไปเป็นเวลา 1 เดือนและจะ

รักษาสภาพความแข็งแรงประมาณร้อยละ 85 ของค่าความแข็งแรงเดิมและประมาณร้อยละ 55 หลังจากผ่านไปเป็นเวลา 6 เดือน

-สมบัติด้านการหดตัว (shrinkage properties)

เส้นด้ายใยยาวพอลิเอสเทอร์ จะหดตัว ประมาณร้อยละ 3 ในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และร้อยละ 10 ในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เส้นด้ายชนิดความแข็งแรงสูง (high tenacity) จะมีระดับค่าการหดตัวสูงกว่าเส้นด้ายชนิดความแข็งแรงปานกลาง (medium tenacity) โดยเฉพาะระดับอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ

ค่าความหดตัวของเส้นด้ายยาวพอลิเอสเทอร์ในน้ำร้อน จะมีค่าประมาณร้อยละ 6 และสูงกว่าการหดตัวในอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเส้นด้ายชนิดความแข็งแรงสูง (high tenacity) จะมีระดับการหดตัวสูงกว่าเส้นด้ายชนิดความแข็งแรงปานกลาง (medium tenacity) เช่นเดียวกัน

ใยสั้นพอลิเอสเทอร์จะมีความแตกต่างกับเส้นใยยาวพอลิเทอร์ ตรงที่ถูกกระทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อน ในขณะที่ทำการผลิต ฉะนั้นค่าความหดตัวของใยสั้น น้อยกว่าร้อยละ 1 ในสภาพน้ำร้อน แต่อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ในการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิเกิน 120 องศา-เซลเซียส ขึ้นไปและที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ค่าความหดตัวของใยสั้นอาจจะเกินร้อยละ 2

-ผลกระทบที่เกิดจากแสงแดด

เส้นใยพอลิเอสเทอร์ มีความคงทนต่อการเสื่อมสภาพจากแสงแดดสูง หลังจากตากผึ่งแสงแดดนาน ๆ เส้นใยจะค่อย ๆ สูญเสียค่าความแข็งแรง แต่ไม่เปลี่ยนสีผิวเส้นใยเมื่อเส้นใยตากผึ่งแสงแดดอยู่ด้านหลังของกระจก เส้นใยพอลิเอสเทอร์จะแสดงสมบัติด้านความคงทนต่อแสงแดดมากขึ้นและเป็นลักษณะเด่นและเหนือกว่าเส้นใยอื่น ๆ ภายใต้สภาวะการตากผึ่งแดดดังกล่าว

2.3 การย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟ[17]

โดยทั่วไปสีจะยึดติดกับเส้นใยเซลลูโลสได้ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

1.การยึดเกาะติดเส้นใยอันเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพ (physical attraction) ยกตัวอย่าง เช่น การยึดเกาะติดของสีไดเร็กท์บนเส้นใยเซลลูโลส ข้อเสียของการยึดเกาะโดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพก็คือ เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรงทำให้เวลาซักสีจะหลุดออกมาได้ง่าย ซึ่งเรียกว่าสีตก

2.การยึดเกาะติดเส้นใยอันเนื่องมาจากสีถูกกักขังอยู่ภายในเส้นใย (mechanical entrapment) ยกตัวอย่างเช่น สีแวต หรือสีซัลเฟอร์ สีประเภทนี้เมื่อเข้าไปอยู่ในเส้นใยแล้วจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะทำให้สีมีความคงทนต่อการซักสูง

3.การยึดเกาะติดบนเส้นใยอันเนื่องมาจากสีทำปฏิกิริยากับเส้นใย สีประเภทนี้คือสีรีแอก-ทีฟ การทำปฏิกิริยากับเส้นใย เกิดเป็นพันธะโควาเลนท์ (covalent bond) ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง

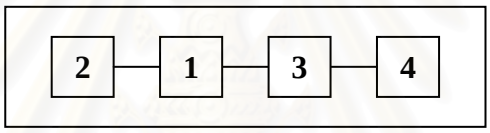
ทนทานต่อการซักล้าง ในปัจจุบันการย้อมเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟ กำลังได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเป็นสีย้อมที่สามารถย้อมได้ทุกเฉดสี และได้ความสดใส

2.3.1 เคมีของสีรีแอกทีฟ (chemistry of reactive dyes)

สีรีแอกทีฟมีโครงสร้างเคมีพื้นฐาน เหมือนสีไดเรกท์เพียงพัฒนาให้มีส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสได้ การออกแบบโครงสร้างของสีรีแอกทีฟจะไม่เน้นให้เหมือนกับสี-ไดเรกท์ในแง่โครงสร้างแบนราบและมีความเป็นเส้นตรง แต่จะเน้นความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใย

ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างของสีรีแอกทีฟ จะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบใหญ่ ๆคือ

1. ส่วนให้สี (chromophore)
2. ส่วนที่ให้สีละลายน้ำได้ (solubilising group)
3. ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา (linking group)
4. ส่วนทำปฏิกิริยา (reactive group)



2. solubilising group 1 chromophore

3 linking group 4 reactive group

ส่วนสำคัญที่สุดของสีรีแอกทีฟก็คือ ส่วนที่ทำปฏิกิริยาของสีหรือหมู่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา เพราะว่าสีจะเกาะติดอยู่บนเส้นใยได้มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำปฏิกิริยาของหมู่ว่องไวของสี การจำแนกกลุ่มสีรีแอกทีฟจึงแยกตามความสามารถในการทำปฏิกิริยาของสีที่อุณหภูมิต่าง ซึ่งพอจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยระดับที่ 1 จะมีความว่องไวสูงสุด ส่วนระดับที่ 5 จะมีความว่องไวต่ำสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่2.1 แสดงระดับความว่องไวของกลุ่มสีรีแอกทีฟ

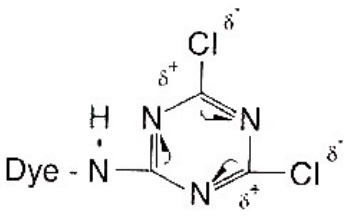
เคมีหมู่ที่ทำปฏิกิริยา	ชื่อทางการค้า	อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา (°C)	ระดับความว่องไว
Dichlorotriazine	Procion	30	1
Difluorochloropyrimidine	Levafix	40	2
Dichloroquinoxaline	EA	50	3
Monofluorotriazine	Levafix E	50	3
Vinyisulphone	Cibacron F	60	4
Monochlorotrizine	Remazol	80	5
	Procion		

2.3.2 กลไกการทำปฏิกิริยาของสีรีแอกทีฟกับเซลลูโลส

กลไกการทำปฏิกิริยาของสีรีแอกทีฟสามารถแบ่งตามหมู่รีแอกทีฟของสี มี 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาแบบแทนที่ และปฏิกิริยาแบบรวมตัว ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดเป็นแบบแทนที่ หรือรวมตัวได้นั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่รีแอกทีฟของสี

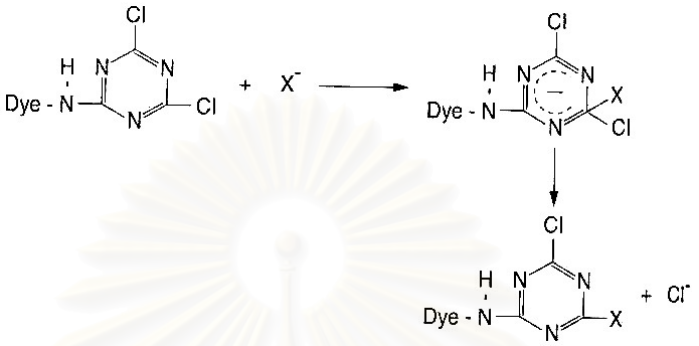
2.3.2.1 สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบแทนที่

เคมีของหมู่ว่องไวการทำปฏิกิริยาเป็นพวกเฮตเทอโรไซคลิก (heterocyclic) ที่มีอะตอมคาร์บอน กับอะตอมไนโตรเจนสลับกันอยู่ในวงแหวนอะโรมาติก โดยมีหมู่ข้างเคียง (side group) เป็นพวกธาตุฮาโลเจน (halogen) เช่น คลอไรด์ หรือ ฟลูออไรด์ สมบัติของวงแหวนเฮตเทอโรไซคลิก คืออิเลคตรอนที่อยู่ในวงแหวนจะเกิดโพลาไรเซชัน (polarization) โดยอะตอมคาร์บอนจะขาดอิเลคตรอนจึงแสดงศักย์เป็นขั้วบวก เนื่องจากอะตอมไนโตรเจนและฮาโลเจนที่เกาะอยู่รอบ ๆ อะตอมคาร์บอนมีสมบัติเป็นพวกชอบดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าหาตัวเอง (electron withdrawing) จึงทำให้อะตอมคาร์บอนขาดอิเลคตรอนมากขึ้น (มีขั้วเป็นบวกมากขึ้น) ภาพด้านข้างแสดงการเกิดโพลาไรเซชัน (ในที่นี้คือ triazinering)



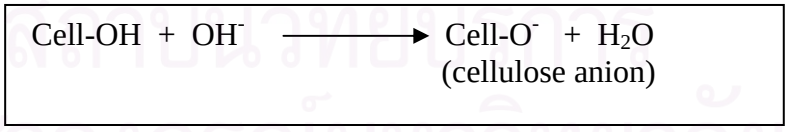
รูปที่ 2.6 ภาพแสดงการเกิดโพลาไรเซชันในวงแหวน triazine ring

ด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นการง่ายที่นิวคลีโอไฟล์ (nucleophile – พวกที่ชอบขั้วบวก) จะเข้าไปทำปฏิกิริยาแบบแทนที่ ที่ตำแหน่งอะตอมคาร์บอนเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง อะตอมฮาโลเจนจะหลุดออกมา ดังสมการปฏิกิริยาเคมีข้างล่าง



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างนิวคลีโอไฟล์ เส้นใยเซลลูโลส หรือด่างไฮดรอกซิล กับสีรีแอกทีฟ

โดย X^- เป็นตัวแทนของนิวคลีโอไฟล์ จากสมการเคมีจะเห็นได้ว่า เราสามารถย้อมเซลลูโลสด้วยสีรีแอททีฟ ถึงแม้ว่าเซลลูโลสจะยังไม่สามารถแสดงตัวเป็นนิวคลีโอไฟล์โดยตรงก็ตาม โดยในการย้อมจริงจะต้องทำการเติมด่างลงไปในน้ำย้อมเพื่อเปลี่ยนเซลลูโลสให้อยู่ในรูปประจุลบ หรือที่เรียกว่า Cellulose anion (นิวคลีโอไฟล์) โดยด่างที่นิยมใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมคาร์บอเนต/โซเดียมไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับความว่องไวของปฏิกิริยาของสีที่ใช้ ด่างที่เติมลงไปจะไปทำให้ หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเกิดการแตกตัว (ดังรูปที่ 2.7) แล้วได้เซลลูโลสที่มีประจุเป็นลบขึ้นมา ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นนิวคลีโอไฟล์ที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับสีรีแอกทีฟต่อไป พันธะที่เกิดหลังจากทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสคือพันธะโควาเลนท์ ซึ่งเป็นพันธะที่มีความแข็งแรง ทำให้ความคงทนต่อการซักล้างของสีดี

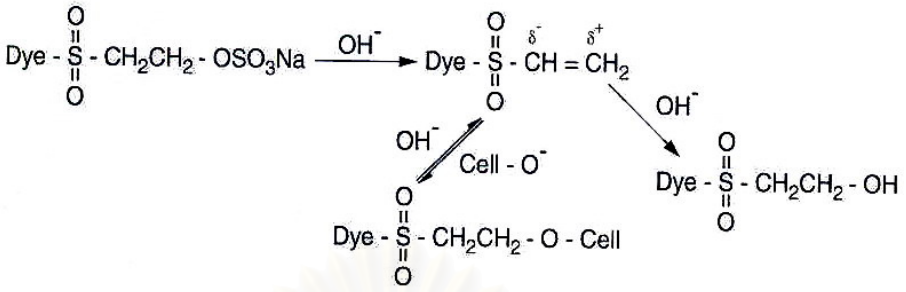


รูปที่ 2.8 ภาพแสดงปฏิกิริยาการแตกตัวของเซลลูโลสเมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่มีสภาวะ pH ด่าง

2.3.2.2 สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบรวมตัว

หมู่รีแอกทีฟของสีประเภทนี้จะเป็นพวก β-sulphatoethyl sulphonyl precursor เมื่ออยู่ในสารละลายที่ pH เป็นด่างหมู่นี้จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ vinylsulphone ในระบบนี้ หมู่พันธะคู่ (carbon-carbon double bond) จะเกิดโพลาไรเซชันนี้ จะทำให้อะตอมคาร์บอนของหมู่พันธะคู่ตัวที่

อยู่นอกสุดมีประจุบวก ซึ่งหมายความว่าอะตอม คาร์บอนตัวนั้นขาดอิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อมีนิวคลีโอไฟล์อยู่ด้วยเช่นเซลลูโลสไอออน ก็จะทำปฏิกิริยาการรวมตัวกับสีได้ ดังสมการข้างล่าง

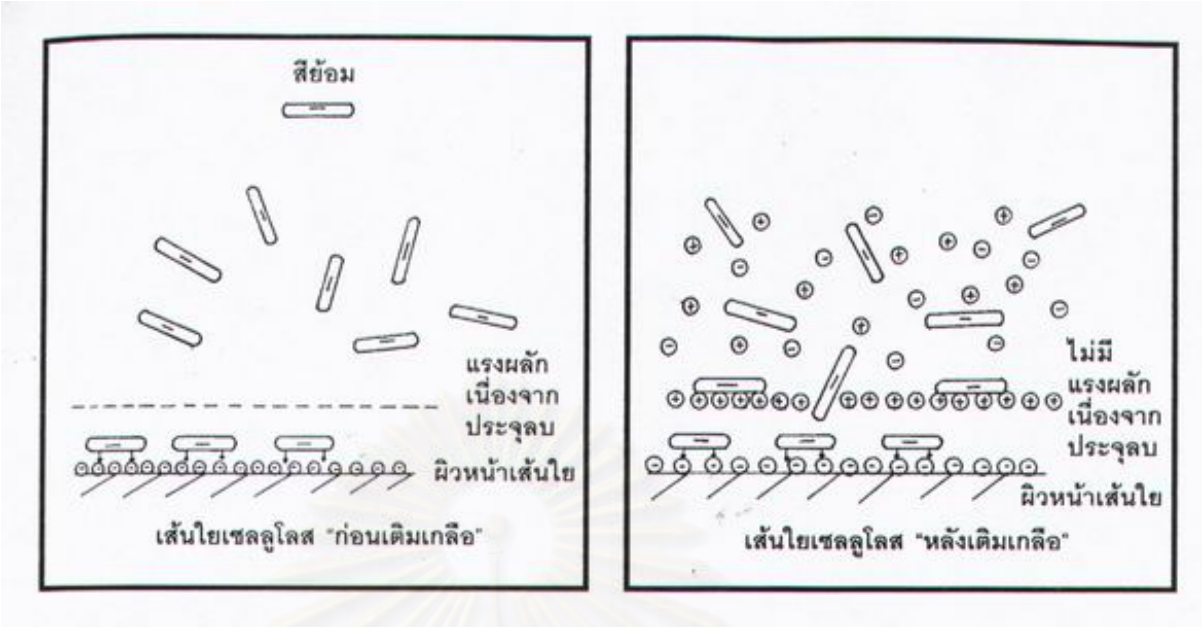


รูปที่ 2.9 ภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาแบบรวมตัวระหว่างนิวคลีโอไฟล์และสีรีแอกทีฟชนิด vinylsulphone

ข้อเสียของสีรีแอกทีฟอันเนื่องมาจากต้องอาศัยด่างเป็นตัวช่วยให้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับสีย้อม ก็คือด่างจะทำให้น้ำ (H_2O) เกิดการแตกตัวให้หมู่ไฮดรอกซิลได้ด้วย (OH^-) นอกเหนือจากเซลลูโลสไอออน หมู่ไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นมาจะไปทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสไอออน จึงเป็นเหตุให้สีบางส่วนหมดสภาพที่จะทำปฏิกิริยากับเส้นใยอีกต่อไป เรียกสีที่หมดสภาพว่าสีไฮโดรไลซ์ (hydrolysed dye) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องกำจัดออกไปเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการย้อมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาสีตก (staining) แต่การกำจัดเอาสีไฮโดรไลซ์ออกจากเส้นใยเซลลูโลส จำเป็นต้องใช้น้ำและพลังงานสูงทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมถ้าปล่อยสีไฮโดไลซ์ลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดที่ดี จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการพัฒนาสีรีแอกทีฟที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูงขึ้น

2.3.3. *ผลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ต่อความเข้มของสี*[15]

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว การเกิดปฏิกิริยาเส้นใยเซลลูโลสกับสีรีแอกทีฟ จำเป็นต้องอาศัยด่างเพื่อช่วยทำให้สีเกิดปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเกาะติดของสีย้อมโดยเฉพาะความสามารถของสีที่จะดูดซึมเข้าสู่บริเวณผิวเส้นใยได้มากน้อยเพียงไร คือการเคลื่อนที่ของสีไปยังผิวเส้นใย ซึ่งจะเรียกว่า อัตราการดูดซึมของสี สีจะเคลื่อนที่เข้าใกล้ผิวเส้นใยได้นั้นขึ้นอยู่กับ อิทธิพลของสารอิเลคโทรไลต์ ซึ่งเป็นสารช่วยย้อมอีกตัวที่ใช้ในการย้อมสีรีแอกทีฟ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเซลลูโลสเมื่อแช่อยู่ในน้ำ ผิวของเซลลูโลสจะแสดงศักย์ทางไฟฟ้าเป็นลบ เนื่องจากการสะสมของไอออนลบรอบๆผิว เมื่อเติมสารอิเล็กโทรไลต์ เช่น เกลือแกง หรือเกลือโซเดียมซัลเฟต โซเดียมไอออนจะไปดุลย์ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของเส้นใยให้เป็นศูนย์ ทำให้โมเลกุลของสีย้อมซึ่งมีประจุเป็นลบสามารถแพร่ผ่านกำแพงไอออนลบเข้าไปภายในเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดง การดุลศักย์ไฟฟ้าลบที่ผิวของเซลลูโลส

2.4. การย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์[18]

เส้นใยพอลิเอสเทอร์ โดยทั่วไปจะหมายถึงพอลิเอทธีลีนเธเลฟาเลท (polyethylene terephthalate, PET) เป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำโครงสร้างมีความเป็นผลึกสูง ส่งผลให้การย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ต้องใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 130 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้โครงสร้างเส้นใยพองตัว มีช่องว่างให้สีดิสเพอร์สแทรกตัวเข้าไปในเส้นใยได้ หากไม่ต้องการใช้อุณหภูมิสูงในการย้อม จะใช้สารช่วยย้อมที่เรียกว่า แคร์ลิเออร์(carriers) หรือเรียกอีกว่าสารช่วยพา ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

กลไกการรับสีดิสเพอร์สของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จากที่กล่าวมาแล้วเส้นใยพอลิเอสเทอร์เป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ เมื่อเส้นใยอยู่ในน้ำจะไม่แสดงความเป็นประจุใดๆ กลไกการติดสีจึงอาศัยหลักการเชิงกล ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง ต้องใช้อุณหภูมิหรือสารช่วยย้อม เพื่อให้เส้นใยพองตัว กล่าวคือ ให้สายโซ่โมเลกุลของเส้นใยพอลิเอสเทอร์เคลื่อนตัวมีช่องว่างให้โมเลกุลสีเข้าไปอยู่ในเส้นใยได้ และเมื่อลดอุณหภูมิลงสายโซ่โมเลกุลของเส้นใยจะเคลื่อนตัวเข้าใกล้กันทำให้ช่องว่างลดลง ส่งผลให้สีย้อมติดอยู่ภายในเส้นใย เราจึงมองเห็นเส้นใยพอลิเอสเทอร์มีสี

2.4.1 <u>สีดิสเพอร์ส (disperse dye)</u>

สีดิสเพอร์ส เป็นสีที่มีละลายน้ำได้น้อย แต่จะกระจายตัวอยู่ในน้ำอย่างสม่ำเสมอด้วยสารช่วยกระจายตัว (dispersing agent) ที่ผสมลงไปในขั้นตอนการผลิตสี นิยมใช้ย้อมเส้นใยที่มีความไม่ชอบน้ำ (hydrophobic fibers) เช่น พอลิอไคโลไนไตร (polyacrylonitrile) พอลิเอไมด์ (polyamide) และ พอลิเอสเทอร์ (polyester) โครงสร้างเคมีหลักของสีเป็นพวกหมู่ เอโซ (azo),

แอนธาคิวโนน (anthraquinone) และ ไดฟีนิวเอมีน (diphenylamine) ประเภทของสีดิสเพอร์สจะแบ่งตามสมบัติการย้อม มี 4 ประเภท

2.4.1.1 กลุ่ม เอ (Class A)

มีสมบัติการย้อมดีที่สุด การเคลื่อนตัวของสีดี (good migration) ส่งผลให้มีความสม่ำเสมอดี มีความคงทนต่อแสงสูง แต่คงทนต่อความร้อนได้น้อย สีพวกนี้ใช้ย้อมอุณหภูมิต่ำเช่น Dispersol FastYellow G (I.G.I) Duranolred 2B นิยมย้อมเส้นใย ไนลอน อะไครลิก อะซิเตด

2.4.1.2 กลุ่ม บี (Class B)

มีสมบัติการย้อมแย่กว่า A เล็กน้อยมีความสม่ำเสมอต่ำกว่ากลุ่มเอ ย้อมเส้นใยพอลิเอสเทอร์ โดยมีสารช่วยพา ช่วยการ เคลื่อนตัว ความคงทนต่อแสงพอใช้ ความคงทนต่อความร้อนดี สามารถย้อมที่อุณหภูมิสูงได้ นิยมใช้ย้อมอะซิเตตด้วย

2.4.2.3 กลุ่ม ซี (Class C)

กลุ่มนี้มีสมบัติการย้อมแย่กว่ากลุ่มที่กล่าวมาแล้ว ความคงทนต่อความร้อนสูงขึ้น ย้อมโดยใช้สารช่วยพาได้ผลดีมาก นิยมย้อมที่อุณหภูมิสูง ความคงทนต่อความร้อนได้ตามมาตรฐาน ความคงทนต่อการซักดีขึ้น เช่นสี Dispersol Fast yellow T4R (BASF)

2.4.2.4กลุ่มดี (Class D)

ความคงทนต่อความร้อนสูงมาก สามารถระเหิดได้แต่ไม่สลายตัว สำหรับย้อมผ้าที่มีโครงสร้างแน่น ๆเช่น spunless polyester เหมาะสำหรับการพิมพ์แบบถ่ายโอน (transfer printing) สมบัติการย้อมค่อนข้างต่ำคือการกระจายตัวของสีบนเส้นใยไม่ดี ต้องใส่สารช่วยกระจายตัว (dispersing agent) และสารป้องกันด่าง (levelling agent) สีพวกนี้ไม่เหมาะสมกับการย้อมที่ต้องใช้ สารช่วยพา เพราะจะติดสีไม่สม่ำเสมอ เช่น Dispersol Fast red TB

2.4.2 <u>สารช่วยพา (carriers)</u> [19]

สารช่วยพาเป็นสารช่วยในการทำให้สีดิสเพอร์สดูดติดกับเส้นใย สารที่ใช้เป็นสารช่วยพาเป็นสารประกอบประเภทอะโรมาติก (aromatic compound) ขนาดโมเลกุลค่อนข้างเล็ก เช่น ฟีนิว-ฟีนอล *(O*-phenylphenol), ไดฟีนิว (diphenyl) , คลอโรลิเนทเบนซิล (chlorinated benzenes) , เมท-ทิวไฮรอกซิลเมททิลเบนโซเอท (methyl-2-hydroxyl-3-methyl benzoate),เมทธิลเนทธาลีน (methyl naphthalene), ได หรือ ไตรคลอโรเบนซิน (di หรือ trichloro benzene) ,บิวทีเบนโซเอท (buty - benzoate), เมทธิลคีโซทิเนท (ethyl cresotinate), เมทธิลซาลิไซเลท (methyl salicylate) บางครั้งจะผสมกับ ฟีนิลซาลิไซเลท (phenyl salicylate) ,เมทธิลไดครอโรฟีโนซีอซิเตท (methyl diclorophenoxyacetate) ,หมู่อีเทอร์ (ether) ของไดคลอโรฟีนอล (2,4-dichlorophenol),ไดเอทธิล (diethyl) หรือไดลอลีฟาธาเลท (dially phthalate) และ อนุพันธ์ของแอลคิลฟาธาลิอิไมด์(N-alkylphthailimide) จากที่ได้กล่าวมา สารช่วยพาแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่การเลือกใช้

สารช่วยพาให้เหมาะสมกับชนิดผ้าที่ย้อม ตัวอย่างเช่นฟาธาเลท (phthalate) จะไม่มีประสิทธิภาพเมื่อใช้กับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ แต่จะมีประสิทธิภาพเมื่อใช้ย้อมกับเส้นใยไตรอะซิเตต (triacetate) หรือ สารช่วยพาสำหรับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ เป็นสารจำพวกฟีนิวฟีนอล (*O*-phenylphenol) และคลอโรลิเนทเบนซิล (chlorinated benzenes) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากที่สุด รองมาจะเป็นจำพวกเมท-ธิลเนทธาลีน (methyl naphthalene) และ บิวทีเบนโซเอท (buty benzoate)

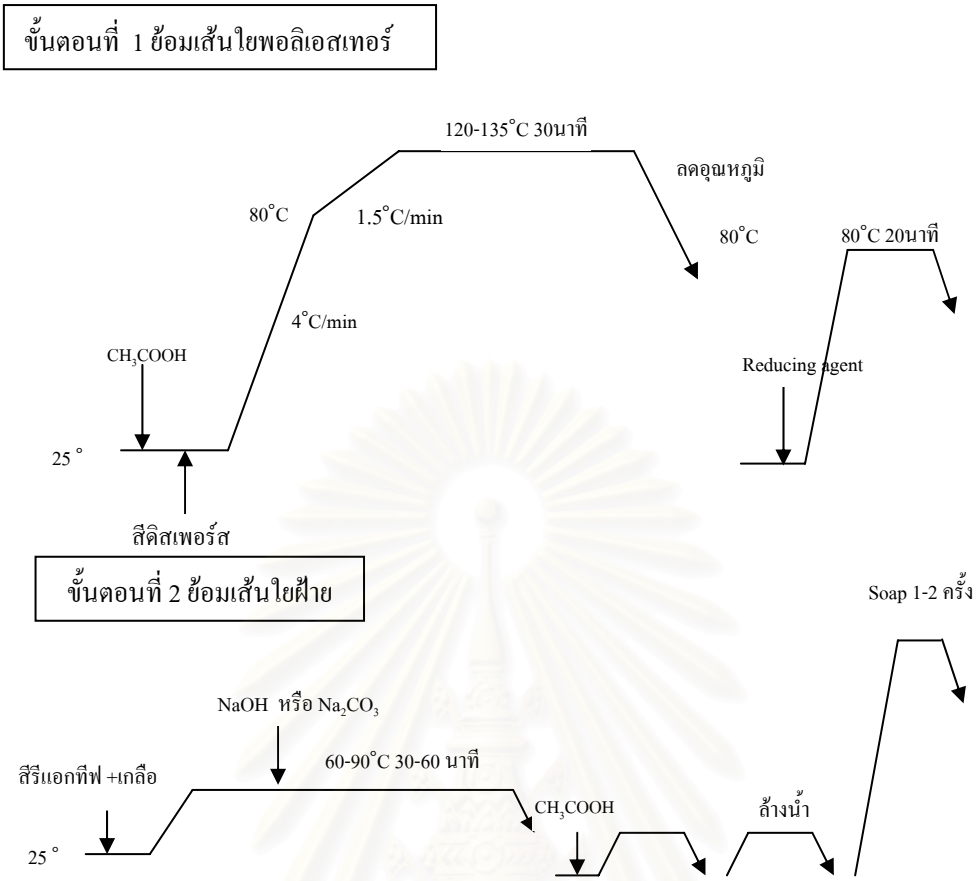
2.4.3 สารช่วยกระจายตัว (disperesing agent) [19]

เป็นสารช่วยให้สีกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอในน้ำ ทำให้สีไม่ตกตะกอนในขณะใช้งาน โดยปกติสีดิสเพอร์สจะละลายได้น้อยมาก หรือไม่ละลายเลย ส่วนใหญ่สารช่วยกระจายตัว เป็นสารประเภท anionic polyelectrolyte เพิ่มระดับความเข้ากันได้กับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ สารช่วยกระจายตัวจะใส่ในขั้นตอนการย้อม เมื่อสารช่วยกระจายตัวอยู่ในน้ำ จะกระจายตัวอย่างไม่มีรูปแบบเป็นอนุภาคเล็ก ๆ อยู่ในสารละลาย จัดเป็นระบบ ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (dispersion)

สารช่วยกระจายตัวอาจใส่มากับสีที่ย้อมเลยเพื่อเพิ่มความสามารถของสี ทำให้สีสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี อย่างไรก็ตามสารช่วยกระจายตัวจัดเป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant agent) ชนิดหนึ่ง จึงสามารถเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า จุดขุ่นตัว (cloud point) เป็นจุดที่สารลดแรงตึงผิวเกิดขุ่นตัวตกตะกอน ปรากฏการณ์ดังกล่าวมาเกิดได้เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปสารช่วยกระจายตัว จะมีจุดขุ่นตัว ที่อุณหภูมิสูง มากกว่า 100 องศาเซลเซียส ขึ้นไปเพื่อประสิทธิภาพในการย้อม แต่หากมีเกลืออยู่ในสารละลาย เกลือจะทำให้ จุดขุ่นตัว ของสารช่วยกระจายตัวต่ำลง เกิดการตกตะกอนก่อนที่จะถึงอุณหภูมิย้อม ส่งผลให้สีไม่สามารถกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ เกิดผ้าด่างได้ ดังนั้นการเลือกใช้สารช่วยกระจายตัวจะต้องคำนึงถึงกระบวนการย้อมด้วย

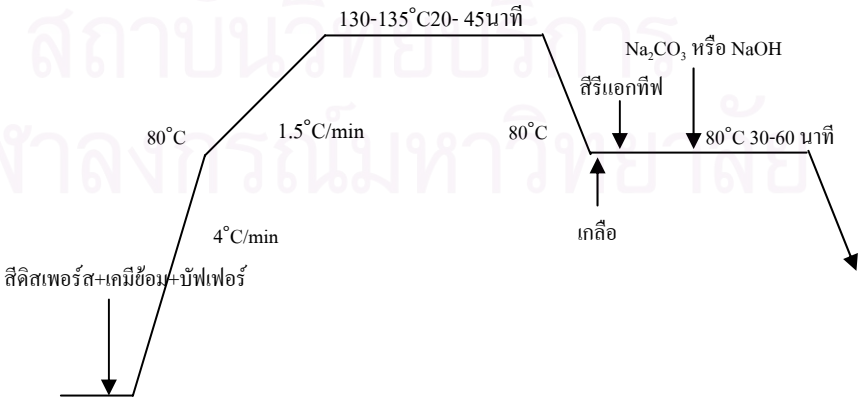
2.5 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์กับเซลลูโลส[18]

ผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์ผสมเซลลูโลสมีสมบัติที่ดีของเส้นใยทั้ง 2 ชนิด คือพอลิเอส-เทอร์ มีความเหนียวคงตัว ไม่ยืดและหด ทนต่อการซักฟอก และการสวมใส่ ส่วนสมบัติของพวกใยเซลลูโลส คือ นุ่ม น่าสวมใส่ ดูดซึมความชื้นและเหงื่อได้ดี ผ้าเส้นใยผสมจึงได้รับความนิยมอย่างมาก กรรมวิธีการย้อมเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์ จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งจะย้อมเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ก่อนแล้วจึงย้อมเส้นใยเซลลูโลส



รูปที่ 2.11 แสดงกระบวนการย้อมเป็นแบบ 2 ขั้นตอนของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย

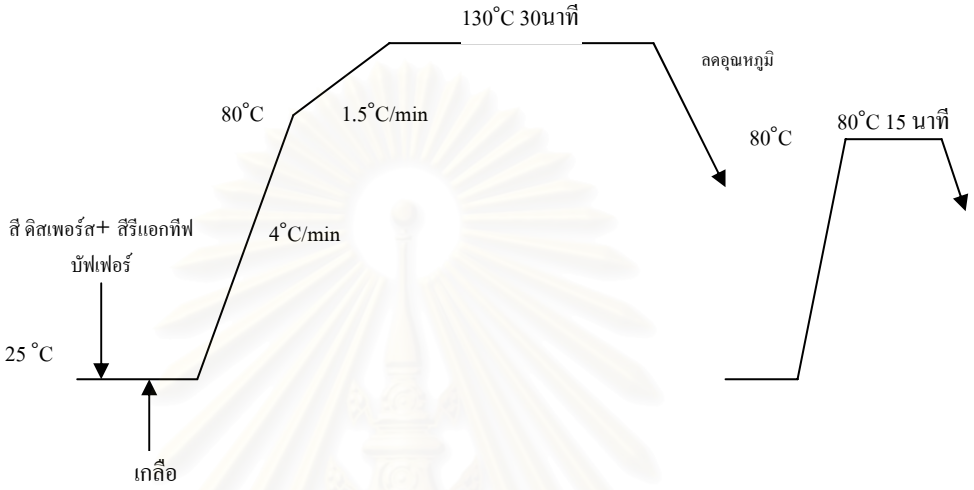
ข้อเสียของกรรมวิธีข้างต้น คือต้องใช้เวลานาน และต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ต่อมาได้มีการพัฒนากรรมวิธีการย้อมให้ใช้เวลาสั้นลง เป็นแบบ 2 ขั้นตอน แต่สามารถย้อมสีดิสเพอร์ส และสีรีแอกทีฟในครั้งเดียวได้ โดยตัดขั้นตอนการทำ RC ออกไป



รูปที่ 2.12 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสม แบบ 2 ขั้นตอนในสารละลายเดียว

กรรมวิธีนี้แม้ว่าจะใช้เวลาสั้นกว่ากรรมวิธีแรก แต่มีข้อเสียคือ เมื่อย้อมสีเข้ม สีจะมีการละลายได้น้อยเมื่ออยู่ในสารสะลายที่มีเกลือ และปัญหาเรื่องความคงทนของสีต่อการซัก

ต่อมา บริษัท Nippon Kayaku มีการพัฒนาสีย้อมรีแอกทีฟที่สามารถผนึกติดเส้นใยในภาวะที่เป็นกลาง ทำให้สามารถเส้นใยพอลิเอสเทอร์และเซลลูโลสได้ในขั้นตอนเดียว



รูปที่ 2.13 กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสม แบบ 1 ขั้นตอนในสารละลายเดียว

กรรมวิธีการย้อมแบบที่ 3 นี้ใช้เวลาสั้น และประหยัดน้ำกว่ากรรมวิธีที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีนี้ยังมีขีดจำกัดอยู่มาก คือย้อมได้เฉพาะสีอ่อน เท่านั้น ต้องเลือกกลุ่มสีดิส-เพอร์สให้เหมาะสม และต้องใช้สีรีแอกทีฟกลุ่มที่มีหมู่ทำปฏิกิริยาในภาวะเป็นกลางได้

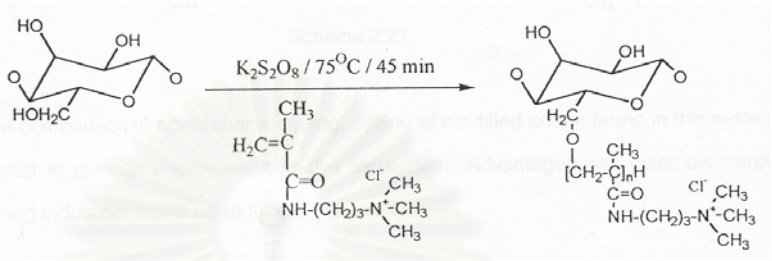
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการดัดแปรฝ้ายเพื่อเพิ่มความสามารถให้การรับสีย้อม

(Modification of cellulose fiber to enhance dyeability)

ระหว่างปี 1980[15] มีการพัฒนาเทคนิคที่จะเพิ่มความสามารถในการรับสีย้อมด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมและเป็นหมู่ประจุบวก เมื่อนำสารเหล่านี้มาผนึกติดกับเส้นใยเซลลูโลส จะทำให้ได้เซลลูโลสที่มีประจุเป็นบวก จึงทำให้เซลลูโลสดัดแปรมีความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่มีหมู่ประจุลบเช่นสีรีแอกทีฟได้ดีขึ้น ช่วยลดการเติมเกลือช่วยย้อมลงไปได้ โดยทั่วไปสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ใช้แบ่งตามกลุ่มการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

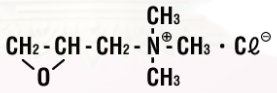
1. ไวนิลมอนอเมอร์ (vinyl monomers)
2. สารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ (cationic reactive compounds)
3. สารแคตไอออนิกพอลิเมอร์ (cationic polymers)

ไวนิลมอนอเมอร์สามารถเกิดปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ด้วยปฏิกิริยา Graft polymerization ยกตัวอย่างงานวิจัยของ พัชรี ลาภสุริยกุล และ กาวี ศรีกูลกิจ[12] (ปี 2000) ที่เสนอการทำการผนึก Methacryloylamino propyl trimethylammonium chloride (MAPTAC) ลงบนเซลลูโลส โดยอาศัย potassium persulphate เป็นตัวเริ่ม ปฏิกิริยา graft polymerization ระหว่างเซลลูโลสกับ MAPTAC แสดงไว้ดังสมการที่ 2.1



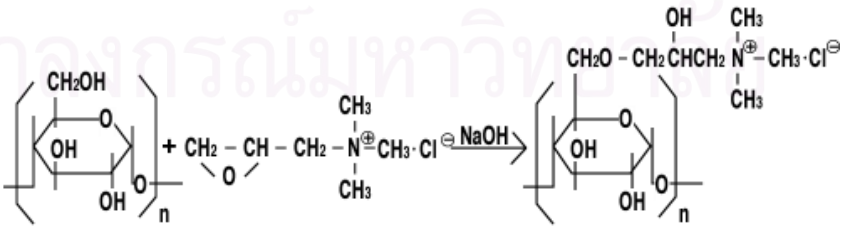
สมการที่ 2.1 ปฏิกิริยา graft polymerization ระหว่างเซลลูโลสกับ MAPTAC

สารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ เป็นสารกลุ่มใหญ่ที่สุดและมีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยสารดัดแปรที่ประสบความสำเร็จในการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์คือสาร glycidyltrimethylammonium chloride ดังแสดงโครงสร้างเคมีไว้ดังรูปที่ 2.14 สารนี้มีชื่อทางการค้าว่า Glytac A (Protex) [21]



รูปที่ 2.14 Glycidyl trimethylammonium chloride (G lytac A)(Protex)

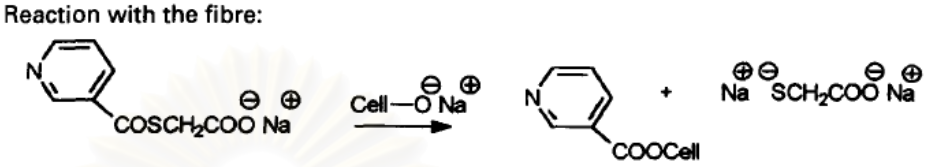
สารข้างต้นยังมีชื่อทางการค้าอย่างอื่นอีกว่า SY-GTA80 การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Glytac A กับเซลลูโลสสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2



สมการที่ 2.2 ปฏิกิริยาสารแคตไอออนิกกับเซลลูโลส

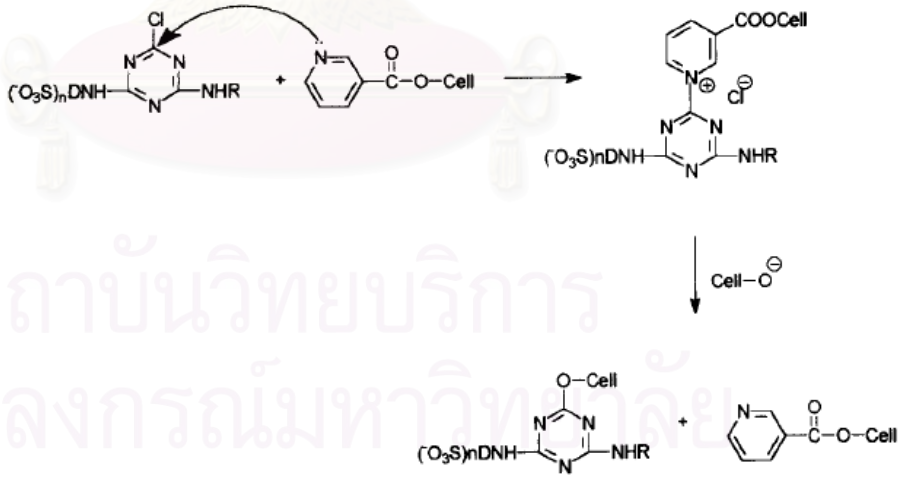
Kristin M. Cannon และ Peter J. Hauser[1] (2003) ศึกษาการดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสาร N-(3-chloro-2-hydroxypropy) trimethylammonium chloride (CHTAC) โดยต้องใช้ด่างเป็นตัวช่วยในการเกิดปฏิกิริยากับฝ้าย โดยแสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาดังสมการ 2.2

Lewis และ Mcllroy[22] (1996) ได้ทดลองนำสาร Nicotinoyl Thioglycollate (NTG) ไปผนึกลงบนผ้าฝ้ายโดยเสนอปฏิกิริยาเคมีดังสมการที่ 2.3



สมการที่ 2.3 ปฏิกิริยา Nicotinoyl Thioglycollate กับเซลลูโลส

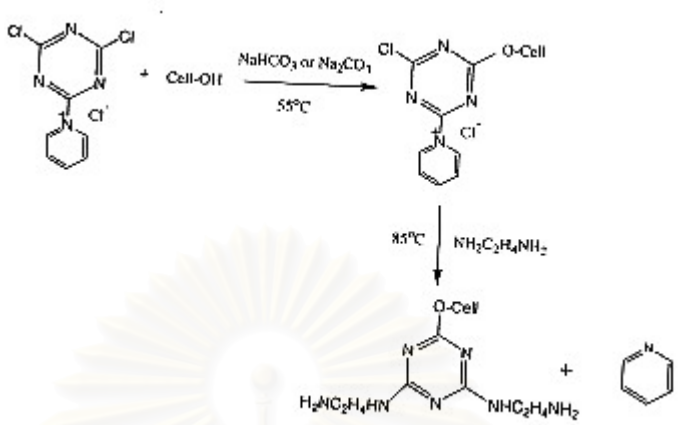
เมื่อดัดแปรฝ้ายด้วย NTG เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างเซลลูโลสให้เป็น nicotinoyl-cellulose ester หมู่ nicotonoyl จะทำหน้าที่เป็นคะตะลิสต์ช่วยทำให้เซลลูโลสสามารถทำปฏิกิริยากับสีรีแอกทีฟได้โดยไม่อาศัยด่างเข้าช่วย ดังแสดงในสมการที่ 2.4 จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็เพื่อลดการใช้ด่างในการช่วยผนึกติดของสีรีแอกทีฟ ทั้งนี้เพราะการเติมด่างจะทำให้สีรีแอกทีฟบางส่วนเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและหมดสภาพที่จะทำปฏิกิริยากับเซลลูโลส



สมการที่ 2.4 ปฏิกิริยาของ Nicotinoyl-cellulose ester กับสีกลุ่ม MCT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

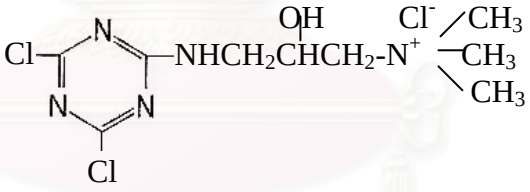
ปภาพิดา พรสุริยะศักดิ์ (ปี 1997)[36]ใช้สารดัดแปร 2,4-dichloro-6-pyridino-s-triazine (DCPT) ดัดแปรฝ้ายโดยเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 2.5



สมการที่ 2.5 ปฏิกิริยาของฝ้าย กับ DCPT

จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการดัดแปร มาย้อมด้วยวิธีแบบแช่และการ pad-batch ผลการย้อมฝ้ายดัดแปร มีการผนึกสีประจุลบสูงขึ้น

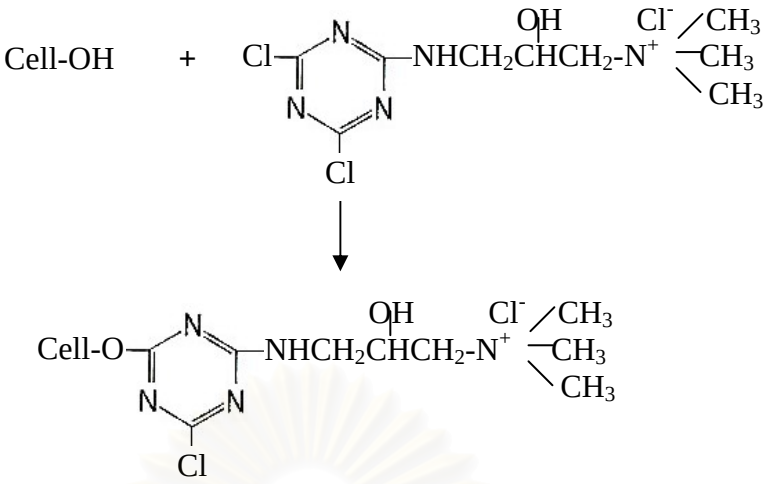
พูลสิริ รัตนนิยม (ปี 2000) [11] ใช้สารดัดแปร 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium(3,5) -dichlorotriazine มีโครงสร้าง ดังรูป 2.18 ดัดแปรฝ้ายในขั้นตอนฟอกขาว



รูปที่ 2.15 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium(3,5)-dichlorotriazine

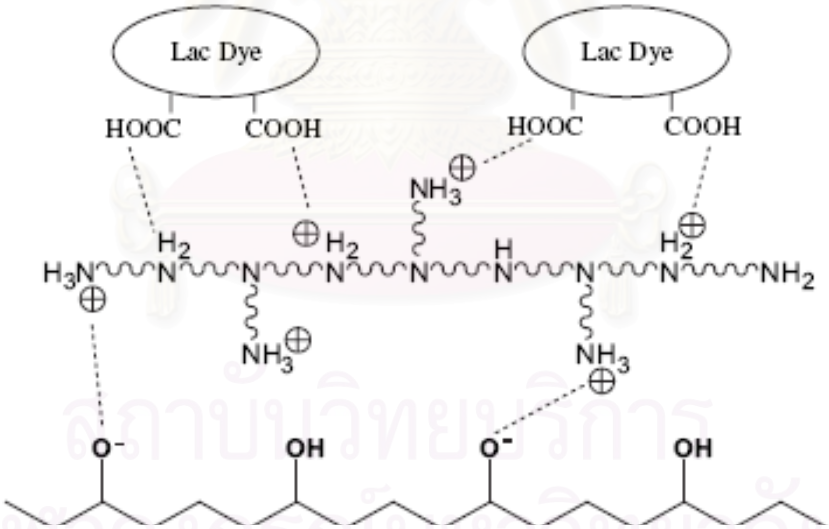
สารดัดแปรจะเกิดปฏิกิริยา กับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสดังสมการ 2.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สมการ 2.6 ปฏิกิริยา ของ 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium(3,5)-dichlorotriazine กับเซลลูโลส

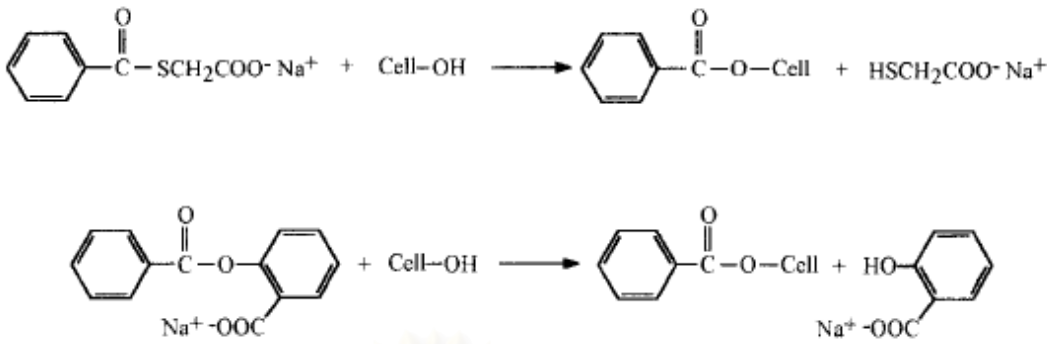
Sorapong Janhom ,Peter Griffiths ,Ruangsri Watanesk และ Surasak Watanesk[21] (2003) ทำการศึกษาความสามารถในการรับสีย้อมธรรมชาติของฝ้าย โดยนำ poly(ethyleneimine) (PEI) ไปดัดแปรฝ้ายเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับสีย้อมธรรมชาติ



รูปที่ 2.16 ภาพจำลองเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการดัดแปรด้วย poly(ethyleneimine) ย้อมด้วยสีธรรมชาติ

poly(ethyleneimine) (PEI) จัดเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก ทำหน้าที่คล้ายอิเล็กโทรไลต์ สามารถดูดซับสีย้อมที่มีประจุลบ เพิ่มอัตราการดูดซึมของสีย้อม

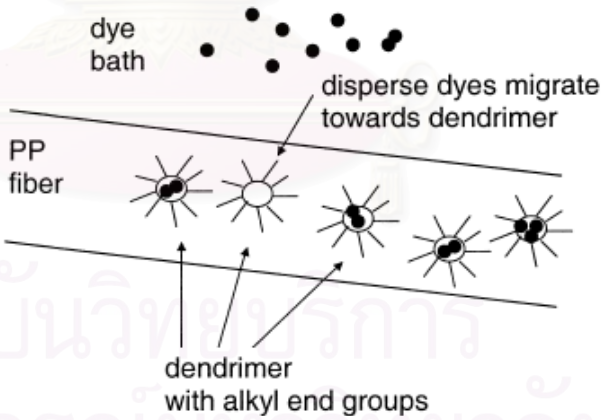
P.J. Broadbent และ D.M. Lewis[24] (1999) ทำการดัดฝ้ายด้วย Sodium benzoylthioglycollate (BTG) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับสีย้อมดิสเพอร์ส



รูปที่ 2.17 ปฏิกิริยาของ Sodium benzoylthioglycollate และ sodium benzovlsliclate กับ เซลลูโลส

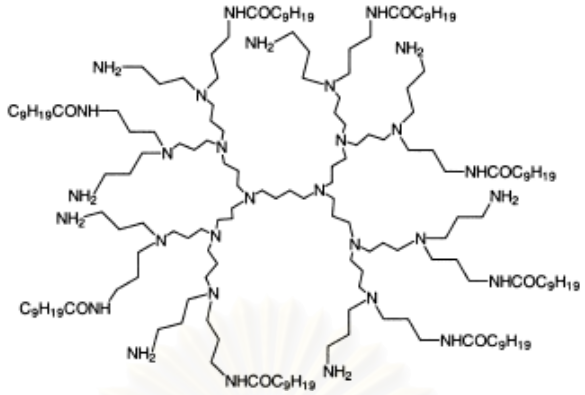
งานวิจัยดังกล่าวสามารถทำให้ฝ้ายสามารถย้อมติดได้ด้วยสีย้อมดิสเพอร์ส ทั้งนี้เพราะโครงสร้างฝ้ายได้ถูกดัดแปรให้มีความไม่ชอบน้ำมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการย้อมผ้ายเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์กับฝ้ายในขั้นตอนเดียวและใช้สีดิสเพอร์สย้อมเพียงชนิดเดียว

Peter E. Froehling (ปี2000) ศึกษาพฤติกรรมของเดนไดร์เมอร์ (dendrimers) ซึ่งเป็นพอลิ-เมอร์ที่มีกิ่งก้านสาขา ในการนำมาใช้ปรับปรุงสมบัติการติดสีย้อมของเส้นใยสังเคราะห์[29]



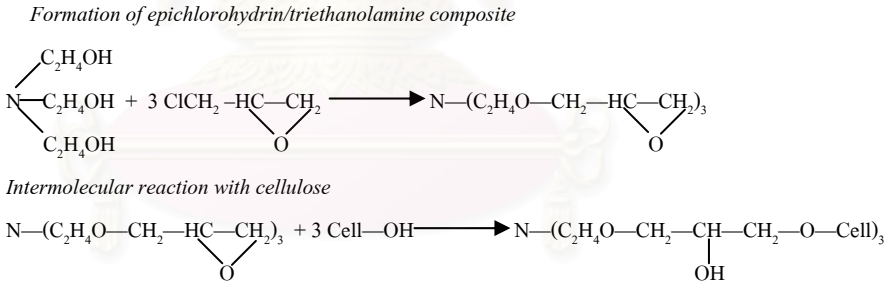
รูปที่ 2.18 ภาพจำลองการย้อมเส้นใยพอลิเอททีลีนที่ผ่านการดัดแปรด้วยเดนไดเมอร์

S.M. Burkinshaw ,M Mignanelli ,P.E. Froehling และ M.J. Bide[26](ปี2000) ได้ทำการศึกษาการดัดแปรฝ้ายด้วย dendrimer เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับสีย้อมรีแอกทีฟ ซึ่งได้เปิดเผยงานวิจัยว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วย dendrimer สามารถย้อมสีได้ความเข้มสีมากกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร โดยภาวะการย้อมที่เป็นกรดเป็นภาวะที่ย้อมแล้วได้ความเข้มสีมากที่สุด



รูปที่ 2.19 โครงสร้างทางเคมีของเดนไดเมอร์ (dendimer)

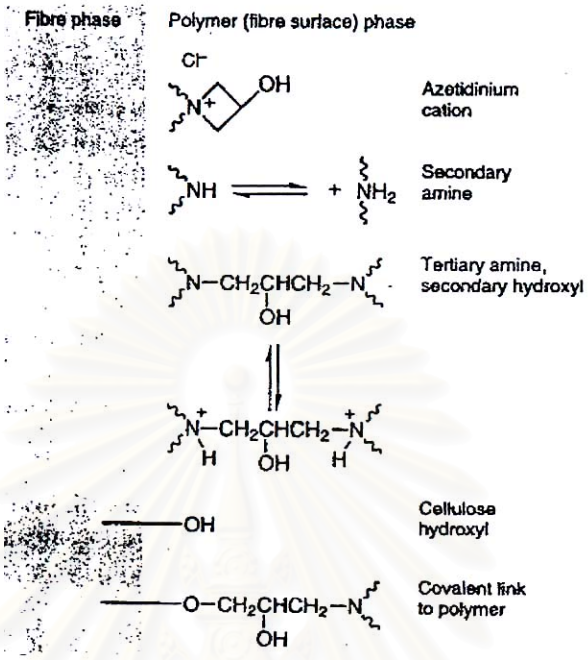
Waly et al (ปี1990) ศึกษาการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสด้วยสาร epichlorohydrin triethanolamine[32] ในตัวละลายอะซิโทน (acetone) เมื่อดัดแปรฝ้ายด้วยสารดังกล่าว ฝ้ายจะมีสมบัติความคืนตัวต่อการยับได้ดี เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย (intermolecular crosslinking) ระหว่าง epichlorohydrin และ triethanolamine ภายในโครงสร้างของเซลลูโลสดังสมการที่ 2.7 และพบว่าผ้าที่ผ่านการดัดแปร จะมีหมู่ช่วยดูดติดสีแอสิด และสีรีแอกทีฟชนิด dichloro-s-triazine (DCT) [32]



สมการที่ 2.7 ปฏิกิริยาโครงข่ายภายในโมเลกุลเซลลูโลส

บริษัท Courtaulds และ Clariant ได้พัฒนา Sendene process โดยเป็นกระบวนการที่ใช้ cationic polymer (Sandene 8425) ดัดแปรผ้าฝ้ายในภาวะด่าง ด้วยกระบวนการดูดซึม (exhaust method) เมื่อย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและ สีไดเร็ก ทำให้สีติดเข้มขึ้น เนื่องจากสาร cationic polymer เพิ่มอัตราการดูดซึม (substantivity) ของสีแอนไอออนิก (anionic) ได้ดี

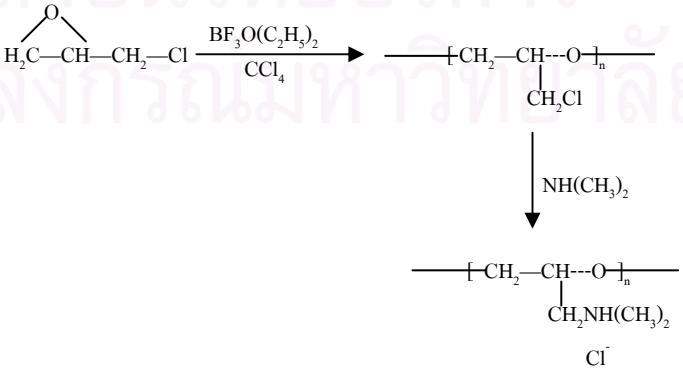
Burkinshaw et al (ปี1997) [27]ได้ทำการศึกษาการนำ Hercosett 125(Hercules) ซึ่งเป็นสาร cationic reactive polymer สังเคราะห์จากปฏิกิริยารวมตัวของกรดอะดิปิก (adipic acid) และ diethylenetriamine โดยอาศัยเทคนิค pad-dry-cure



รูปที่ 2.20 Hercosett 125

หากดัดแปรฝ้ายด้วย Polyamide-epichlorohydrin ส่งผลให้มีอัตราดูดซึมสูงขึ้น เมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นกลาง และปราศจากเกลือ

Wu และ Chen[34] ดัดแปรฝ้าย ด้วย polyepichlorohydrin-dimethylamine สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเร็ก การสังเคราะห์ polyepichlorohydrin-dimethylamine ได้จากการพอลิเมอไรเซชันด้วยปฏิกิริยา ring-opening ในสารละลาย carbon tetrachloride โดยมี boron trifluoride etherate เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาดังกล่าวจะได้ polyepichlorohydrin (PECH) หลังจากนั้น เติม dimethylamine ลงใน PECH ที่ 95 องศาเซลเซียส



สมการที่ 2.8 ปฏิกิริยา ring-opening ของ polyepichlorohydrin-dimethylamine

ปริมาณไนโตรเจนที่สูงขึ้นบนเส้นใยฝ้ายจะส่งผลให้ความเข้มสีสูงขึ้น พอลิเมอร์ที่ได้จะมีน้ำหนักโมเลกุลแต่งต่างกัน เมื่อดัดแปรฝ้ายด้วยพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความเข้มสีดีกว่า อัตราการดูดซึมสูงกว่า(higher substantivity) ดัดแปรฝ้ายด้วยพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุการทดลอง

-ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย มีโครงสร้างถัก cvc Tricot เป็น พอลิเอสเทอร์และฝ้าย คนละหน้า

-เคมีและสีย้อมที่ใช้ในงานวิจัยมีดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 สารเคมีและสีย้อม

เคมี	บริษัท
สารดัดแปรแคตไอออนิก (Glycidyl triethanolamine ammonium)	Modern Dyestuffs & Pigment CO.,LTD
โมโนโซเดียมฟอสเฟตเกรดอุตสาหกรรม (NaH_2PO_4)	Thai polyphosphate & chemical CO.,LTD
ไดโซเดียมฟอสเฟตเกรดอุตสาหกรรม (Na_2HPO_4)	
กรดแอซิติกเกรดอุตสาหกรรม(CH_3COOH)	เอช วี เคมิคอล จำกัด
สีรีแอกทีฟชนิดที่สามารถย้อมในภาวะที่เป็นกลาง Kayacelcon React Dyes	Nippon Kayaku
สีดิสเพอร์ส Navacron ACE	เพรสซิเดนท์ เคมีภัณฑ์ จำกัด
สารช่วยกระจายตัว (dispersing agent) SEMOL WS 200	วินนีเม็กซ์อุตสาหกรรมจำกัด
สบู่ (Soaping agent) VP 100	สยามโปร เทรดดิ้ง จำกัด
เกลือ โซเดียมซัลเฟต 99% เกรดอุตสาหกรรม(Na_2SO_4)	เอ็มซีอินดัสเทรียลเคมิคัล จำกัด (นำเข้าจากจีน)

อุปกรณ์

1.เครื่องวัดสี(Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh® 600 PLUS)

2.เครื่องวิเคราะห์ธาตุ(CHN Elemental analyzer ,LECO® CHN 2000)

3.เครื่องวัดความคงทนของสีต่อแสง (Magasol MT019® light Fastness)

4.เครื่องย้อมสีตัวอย่างระบบอินฟราเรด (LA-650 Infra-Red Dyer, Logic Art®)

5. ตาชั่งละเอียด

6. เครื่องแก้ว

-ปิเปต 50 มิลลิลิตร

-ขวดรูปชมพู่ควบคุมปริมาณ (Volumetric Flask) ขนาด 500 และ 1000 มิลลิลิตร

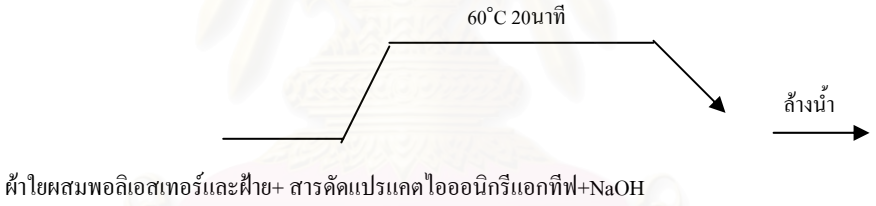
-บีกเกอร์ ขนาด 1000 และ 2000 มิลลิลิตร

-แท่งแก้วคนสาร

3.2 กรรมวิธีการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายโดยทั่วไป

การดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ โดยอาศัยวิธีการแบบ exhaust

เริ่มด้วยตัดผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย หนัก 5 กรัมใส่ลงกระบอกย้อม LA-650 Infra-Red Dyer ที่มีสารละลายสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟที่เตรียมที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 0.5 - 5 กรัมต่อลิตรและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-5 กรัมต่อลิตร นำกระบอกย้อมเข้าเครื่องย้อม LA-650 Infra-Red Dyer ทำการดัดแปรตามกรรมวิธีการดัดแปรดังรูปที่ 3.1 โดยอุณหภูมิดัดแปรที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 60-100 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำต่อวัสดุ 1:10, 1:20 และ 1:30 ใช้เวลาในการดัดแปรคงที่ที่ 20 นาที หลังจากนั้นนำผ้าออกจากกระบอกย้อม ล้างผ้าด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งน้ำล้างมีค่าพีเอชเป็นกลาง



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย

ก ข

รูปที่ 3.2 ก).กระบอกเครื่องย้อมตัวอย่าง ระบบอินฟราเรด (LA-650 Infra-Red Dyer, Logic Art®)
ข).เครื่องย้อมตัวอย่าง ระบบอินฟราเรด (LA-650 Infra-Red Dyer, Logic Art®)

3.2.1<u>ผลของความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ ต่อความสามารถในการดูดสีย้อมรีแอกทีฟของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร</u>

เตรียมสารละลายสารดัดแปรที่ความเข้มข้น 0.5,1,2,3,4 และ 5 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ คือ 1:20) นำผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ชั่งน้ำหนักไว้ 5 กรัมใส่ในกระบอกย้อมสารละลายสารดัดแปรดังกล่าว ทำการดัดแปรตามกรรมวิธีดังรูปที่ 3.1 ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผ้าที่ผ่านการดัดแปรไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สต่อไป

3.2.2<u>ผลของความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปรต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย</u>

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร และสาร แคตไอออนิก 0.5,1,2,3,4 และ 5 กรัมต่อปริมาตร 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ คือ 1:20) นำผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ชั่งน้ำหนักไว้ 5 กรัมใส่ในกระบอกย้อมสารละลายสารดัดแปรดังกล่าว ทำการดัดแปรตามกรรมวิธีดังรูปที่ 3.1 ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผ้าที่ผ่านการดัดแปรไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สต่อไป

3.2.3<u>ผลของอุณหภูมิในการดัดแปรต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย</u>

เตรียมสารละลายสารดัดแปรที่ความเข้มข้น 0.5,1,2,3,4 และ 5 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ คือ 1:20) นำผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ชั่งน้ำหนักไว้ 5 กรัมใส่ในกระบอกย้อมสารละลายสารดัดแปรดังกล่าว ทำการดัดแปรตามกรรมวิธีดังรูปที่ 3.1 ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที อุณหภูมิ 60, 70,80, 90, และ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผ้าที่ผ่านการดัดแปรไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สต่อไป

3.2.4 <u>ผลของอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย</u>

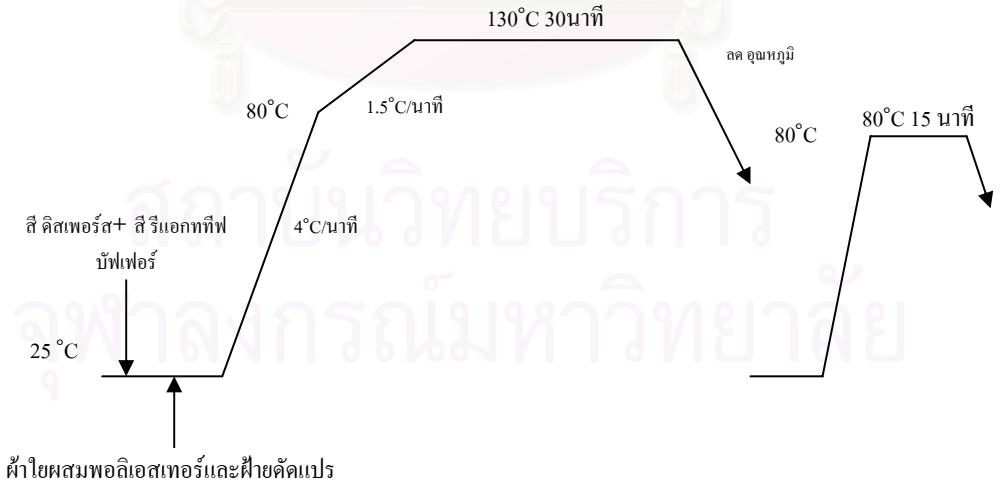
เตรียมสารละลายสารดัดแปรที่ความเข้มข้น 0.5,1,2,3,4 และ 5 กรัมต่อลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 50,100 และ 150 มิลลิลิตร (อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ คือ 1:10 ,1:20 และ 1:30) นำผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ชั่งน้ำหนักไว้ 5 กรัมใส่ในกระบอกย้อมสารละลายสารดัดแปรดังกล่าว ทำการดัดแปรตามกรรมวิธีดังรูปที่ 3.1 ใช้เวลาในการดัดแปร

20 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผ้าที่ผ่านการดัดแปรไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สต่อไป

3.3 กรรมวิธีการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

ขั้นตอนการย้อมผ้าเส้นใยผสมจะทำการย้อม เส้นใยพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัด-แปรในขั้นตอนเดียว โดยจะทำการย้อมในระดับเฉดสีกลางถึงเข้ม ทำการย้อมที่ภาวะพีเอชเป็นกลางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์(Buffer) เป็นตัวควบคุมค่าพีเอช อัตราวัสดุต่อน้ำคือ 1:10 ย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 30 นาที โดยมีรายละเอียดของวิธีการย้อมดังนี้

เตรียมสารละลายสีรีแอกทีฟ Kayacelon React และสีดิสเพอร์ส Navacron ACE ที่ความเข้มข้นต่างกันคือร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักผ้า (0.0005, 0.001, 0.0015 และ 0.002 กรัม ตามลำดับ) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อม LA-650 Infra-Red Dyer หลังจากนั้นเติมโม-โนโซเดียมฟอสเฟต 0.4 กรัมต่อลิตร และไดโซเดียมฟอสเฟต 0.6 กรัมต่อลิตร และสารช่วยให้สีดิสเพอร์สกระจายตัว (dispersing agent) SEMOL WS 200 1 กรัมต่อลิตร หลังจากนั้นใส่ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรที่ชั่ง ไว้ 5 กรัม ลงในกระบอกย้อมสารละลายสีย้อมที่เตรียมไว้ นำกระบอกย้อมเข้าเครื่องย้อม LA-650 Infra-Red Dyer ตั้งอุณหภูมิที่ 130 องศาเซสเซียล ใช้เวลาในการย้อม 30 นาที นำผ้าออกจากกระบอกย้อมแล้วล้างผ้าด้วยน้ำสะอาด ต่อด้วยทำการต้มซักล้างผ้าที่ผ่านการย้อมในสารละลายซักล้าง VP 100 1 กรัมต่อลิตร ที่อูณหภูมิ 80 องศาองศา-เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ล้างผ้าที่ผ่านการซักล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วทำให้แห้งก่อนนำผ้าไปทดสอบต่อไป กรรมวิธีของการย้อมแสดงไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

กระบวนการย้อมผ้าเส้นใยผสมแบบขั้นตอนเดียว โดยปราศจากเกลือ จะย้อมสี ปริมาณตั้งแต่ ร้อยละ 1-4 ของน้ำหนักผ้า (owf) ทั้งส่วนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเทอร์ สารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5,1,2,3,4และ 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำที่ใช้ในการดัดแปร คือ 1:20

3.4 กรรมวิธีการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรในภาวะเติมเกลือ

ย้อมสี ตั้งแต่ ร้อยละ 1-4 ของน้ำหนักผ้า ทั้งส่วนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเทอร์ กับผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร ในสภาวะปราศจากเกลือและภาวะที่มีเกลือ เพื่อศึกษาความสามารถของสารดัดแปรแคตไอออนิก

ผ้าที่ย้อมในสภาวะที่มีเกลือ จะต้องใช้เกลือตามปริมาณสี คือ เมื่อใช้สีมีปริมาณมากขึ้นต้องใช้เกลือมากขึ้นตามปริมาณสี ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางเกลือ ของสี Kayacelcon React Dyes

เปอร์เซ็นต์สี (owf)	เกลือ โซเดียมซัลเฟต (กรัมต่อลิตร)				
	1:10	1:15	1:20	1:30	1:40
0.01	3	3	3	4	5
0.01-0.03	5	5	6	6	7
0.03-0.05	8	9	10	11	13
0.05-0.3	10	11	13	15	17
0.3-0.5	14	15	17	17	23
0.5-0.7	16	17	20	23	27
0.7-1.0	20	22	24	28	32
1.0-1.5	25	27	30	34	39
1.5-2.0	31	34	37	43	48
2.0-2.5	38	41	44	50	56
2.5-3.0	43	47	51	57	63
3.0-3.5	49	53	56	63	70

การเลือกใช้ปริมาณเกลือ จะต้องคำนึงถึงอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำด้วย (L:R) โดยในการดำเนินการวิจัย การคำนวนอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ จะคำนวณเฉพาะน้ำหนักส่วนที่เป็นเส้นใยฝ้ายเท่านั้น ในการดำเนินการวิจัย จะย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายอัตราส่วน 50/50 ของน้ำหนักผ้า โดยจะย้อมที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:10 ดังนั้นหากคำนวนอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำเฉพาะน้ำหนักของเส้นใยฝ้าย จะเท่า 1:20

ในการทดลองจะเลือกใช้ปริมาณเกลือตามเปอร์เซ็นต์สีดังนี้

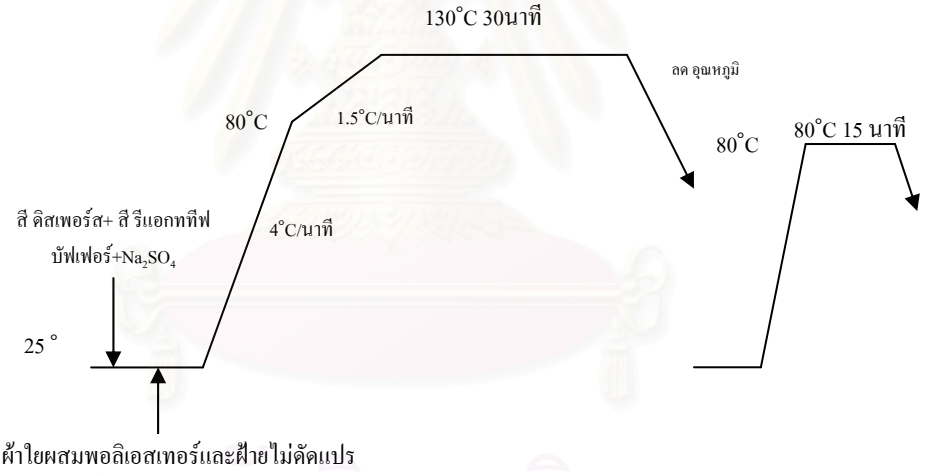
ย้อมสีรีแอกทีฟ ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า ใช้เกลือ 30 กรัมต่อลิตร

ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ใช้เกลือ 44 กรัมต่อลิตร

ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ใช้เกลือ 51 กรัมต่อลิตร

ร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า ใช้เกลือ 56 กรัมต่อลิตร

เตรียมสารละลายสีรีแอกทีฟ Kayacelon React และสีดิสเพอร์ส Navacron ACE ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า (0.0005 กรัม) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อม LA-650 Infra-Red Dyer หลังจากนั้นเติมโมโนโซเดียมฟอสเฟต 0.4 กรัมต่อลิตร และไดโซเดียมฟอสเฟต 0.6 กรัมต่อลิตร และสารช่วยให้สีดิสเพอร์สกระจายตัว (dispersing agent) SEMOL WS 200 1 กรัมต่อลิตร และเกลือโซเดียมซัลเฟต 1.5 กรัม (30 กรัมต่อลิตร) หลังจากนั้นใส่ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรที่ชั่ง ไว้ 5 กรัม ลงในกระบอกย้อมสารละลายสีย้อมที่เตรียมไว้ นำกระบอกย้อมเข้าเครื่องย้อม LA-650 Infra-Red Dyer ตั้งอุณหภูมิขึ้นไปที่ 130 องศาเซสเซียล ใช้เวลาในการย้อม 30 นาที นำผ้าออกจากกระบอกย้อมแล้วล้างผ้าด้วยน้ำสะอาด ต่อด้วยทำการต้มซักล้างผ้าที่ผ่านการย้อมในสารละลายซักล้าง VP 100 1 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาองศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ล้างผ้าที่ผ่านการซักล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วทำให้แห้งก่อนนำผ้าไปทดสอบต่อไป กรรมวิธีของการย้อมแสดงไว้ในรูป3.4



รูปที่ 3.4 กระบวนการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร

3.5 การตรวจสอบสีผ้าที่ผ่านการย้อมสี

3.5.1 <u>การหาค่าความเข้มสี</u>

การวัดค่าสีของผ้าได้อาศัยเครื่องวัดสี Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh 600 PLUS ดังรูปที่ 3.1 ค่า reflectance ที่วัดได้จะนำไปใช้คำนวณหาค่าความเข้มของสี (K/S) ตามสมการที่ 3.1

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

เมื่อ K คือสัมประสิทธิ์การดูดซับ

S คือ สัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง

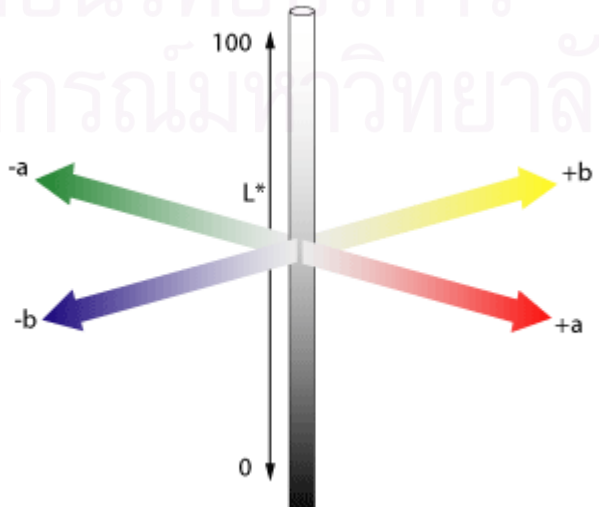
R คือ ค่าสะท้อนแสง

จากนั้นนำค่า K/S ที่ได้ไปคำนวนหาค่าร้อยละความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น โดยคำนวนเปรียบเทียบค่า K/S ของผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร ที่ทำการย้อมในภาวะไม่เติมเกลือ (blank) โดยอาศัยวิธีการคำนวณตามสมการ 3.2

$$\text{ค่าร้อยละความเข้มสี} = \frac{K/S_{sample}}{K/S_{blank}} \times 100 \quad \text{.....3.2}$$

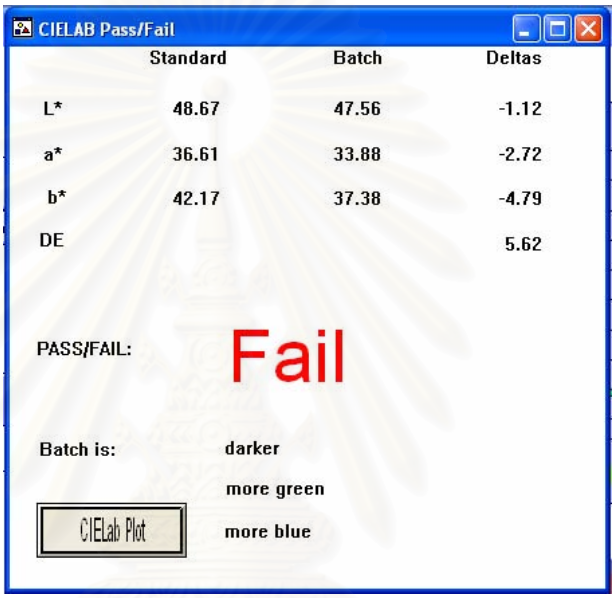
รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสี(Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh® 600 PLUS)

3.5.2.<u>การวัดหาความแตกต่างของสีด้วยระบบ CIE (Commission International de l'Èclairage หรือ International Commission on Illumination)</u>



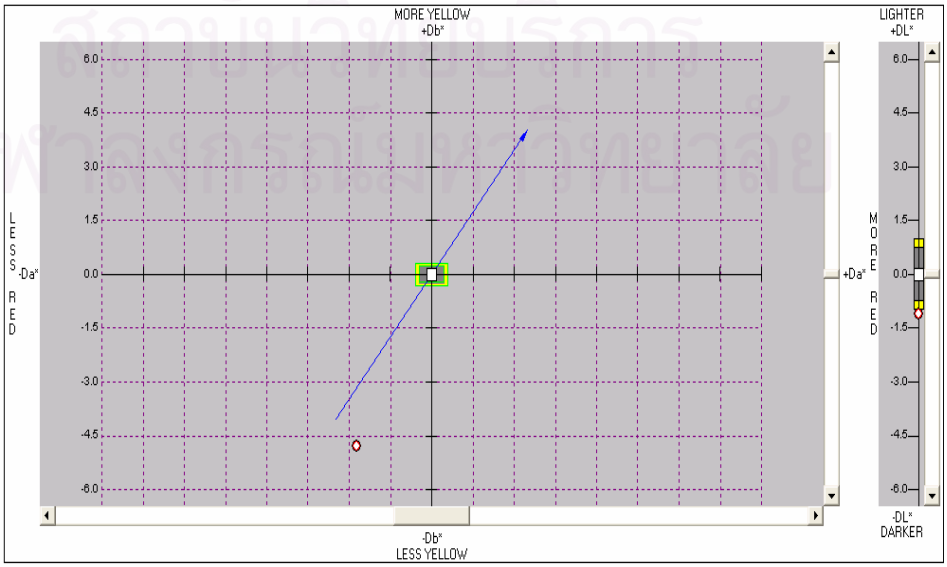
รูปที่ 3.6 Opponent- type color scales

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดสี Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh 600 PLUS ด้วยระบบ CIE อธิบายความต่างด้วยค่า L ,a และ b ซึ่งค่าทั้ง 3 มีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.5 L คือความสว่างความมืด มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยหากค่าเข้าใกล้ 0 จะมีความมืดมาก แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 100 จะมีความสว่างมากขึ้น ค่า a จะอธิบายถึงเฉดแดง และเขียว ถ้ามีค่าเป็น บวก จะมีเฉดแดงมากว่า หากค่าเป็นลบ จะมีเฉดเขียวกว่า ค่า b อธิบายความต่างเฉดในเฉดเหลืองและน้ำเงิน ถ้ามี b มีค่าเป็นบวกหมายความว่ามีเฉดเหลืองกว่า ถ้ามีค่าเป็นลบหมายความว่ามีเฉดน้ำเงินกว่า ตัวอย่างการอ่านความต่างสี



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการอ่านค่า CIELab

จากรูปที่ 3.7 นำมาแสดงความสัมพันธ์ด้วย Opponent- type color scales จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวอย่าง Opponent- type color

3.6 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า

การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า ด้วยกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง (rapid combustion) ทำการวิเคราะห์หาแก๊สไนโตรเจนที่ได้จากการเผาไหม้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHN Elemental analyzer(LECO CHN 2000®)

โดยนำผ้าฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไปวิเคราะห์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนธาตุไนโตรเจนบนผ้ากับค่าความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้าย และสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์

รูปที่ 3.9 เครื่อง CHN Elemental analyzer (LECO CHN 2000®)

3.7 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

ความคงทนต่อแสงของผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร และที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคต-ไอออนิกรีแอกทีฟ ความคงทนต่อแสงสามารถทดสอบได้ ด้วยการจำลองแหล่งแสงที่กำหนดส่องกระทบผ้า ซึ่งมาตรฐานในการทดสอบคือมาตรฐาน AATCC Method 16 Xenon Lamp Fading Unit ทดสอบที่ 20 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Magasol MT019® light Fastness รูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่อง Magasol MT019® light Fastness

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในผ้าดัดแปร

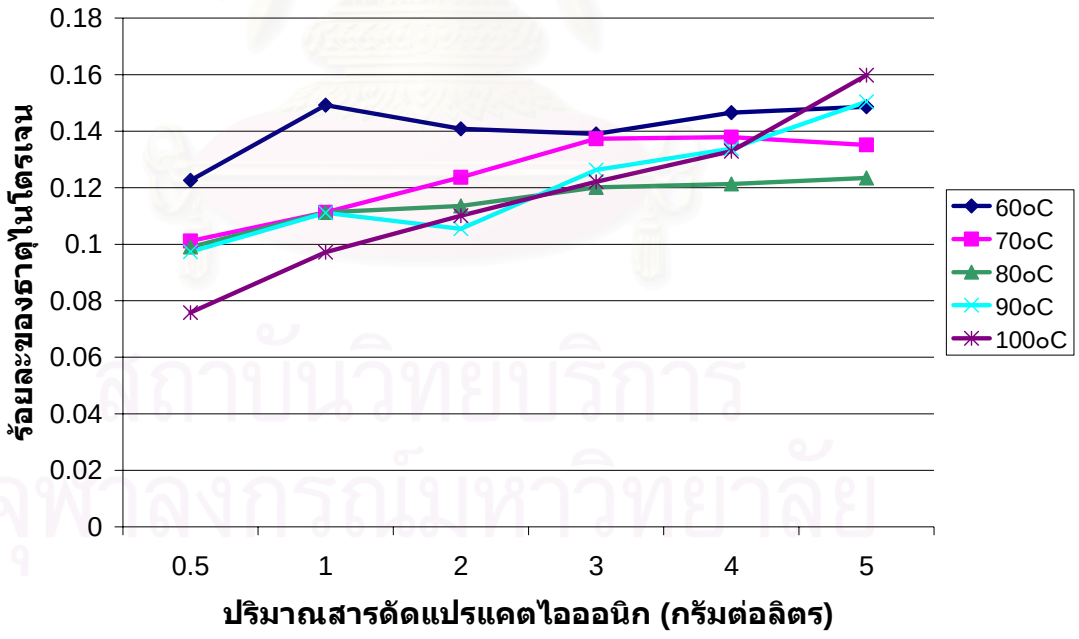
ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของสารดัดแปรที่ใช้ในการทดลองนี้ ในขณะที่เซลลูโลสและพอลิเอสเทอร์จะไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในเส้นใยเซลลูโลสภายหลังการดัดแปรด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHN Elemental analyzer(LECO CHN 2000®) ซึ่งวิเคราะห์หาธาตุจากแก๊สที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง (rapid combustion) ทำการวิเคราะห์หาธาตุเพื่อยืนยันว่า สารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ ได้ผนึกติดอยู่กับเส้นใยเซลลูโลส

ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่พบในผ้าเส้นใยฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการดัดแปร แสดงไว้ดังในตารางที่ 4.1 และเปรียบเทียบด้วยกราฟที่ 4.1 จากตารางพบว่าปริมาณของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารดัดแปรที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิการดัดแปรที่ 60 องศาเซลเซียส ร้อยละของธาตุไนโตรเจนในผ้าเส้นใยเซลลูโลพบว่าเป็นร้อยละ 0.1226, 0.1492, 0.1408, 0.139, 0.1466 และ 0.1486 เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารดัดแปรจาก 0.5,1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งที่การดัดแปรที่อุณหภูมิ 70, 80, 90 และ 100 ก็พบแนวโน้มในทำนองเดียวกัน ผลของอุณหภูมิพบว่าการดัดแปรที่อุณหภูมิต่างๆนั้น ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุไนโตรเจน และยังพบอีกว่าที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 60 องศาเซลเซียส ปริมาณธาตุไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าปฏิกิริยาระหว่างสารดัดแปรกับเซลลูโลสนั้น ไม่จำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิสูง ทั้งนี้เพราะหมู่อีพอกไซด์ของสารดัดแปรนั้นเป็นหมู่ที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิสูงเข้าช่วย การตรวจพบธาตุไนโตรเจนที่เพิ่มจากเดิม จึงสามารถยืนยันได้ว่าสารดัดแปรได้ผนึกติดอยู่กับเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งปริมาณธาตุไนโตรเจนที่พบบนผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร คือ 0.0029 ปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสและสารดัดแปรแสดงไว้ในสมการที่ 4.1

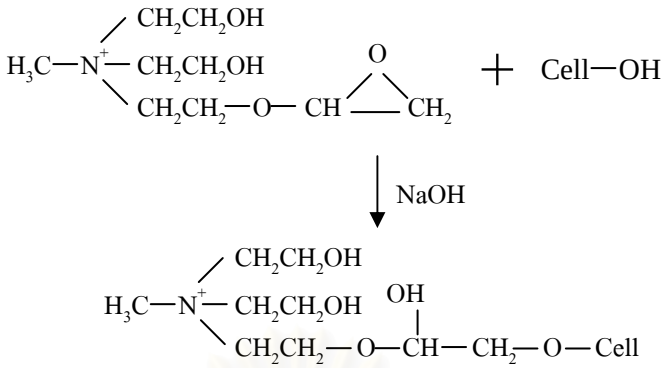
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนในเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป

ความเข้มข้นของสารดัดแปร (กรัมต่อลิตร)	ร้อยละของธาตุไนโตรเจนที่พบในผ้าที่ดัดแปรที่อุณหภูมิต่างๆ				
	60 °C	70°C	80°C	90°C	100°C
0.5	0.1226	0.1011	0.09903	0.09738	0.07584
1	0.1492	0.1113	0.1113	0.1111	0.09715
2	0.1408	0.1237	0.1135	0.1055	0.1101
3	0.139	0.1373	0.1201	0.1263	0.1221
4	0.1466	0.1379	0.1213	0.1338	0.1329
5	0.1486	0.1351	0.1234	0.1504	0.1598



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนกับความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกบนผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย



สมการที่ 4.1 แสดงปฏิกิริยาของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟกับฝ้าย

4.2 ผลของความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟต่อความเข้มของสีผ้า

จากความสำเร็จที่สามารถผนึกสารดัดแปรแคตไอออนิกลงบนเส้นใยเซลลูโลสได้ ทำให้เซลลูโลสมีโครงสร้างจากไม่มีประจุกลายเป็นมีประจุเป็นบวก ซึ่งคาดว่าทำให้เซลลูโลสดัดแปรหรือ cationic cellulose สามารถดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟซึ่งเป็นสีย้อมที่มีประจุลบได้ดีขึ้น ดังนั้นเพื่อศึกษาผลของปริมาณสารดัดแปรต่อความสามารถในดูดซับสีย้อม จึงได้ทำการทดลองย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสีรีแอกทีฟและสีดิสเพอร์สในภาวะปราศจากเกลือ สีรีแอก-ทีฟสามสีคือ Kayacelon React Yellow CN-ML, Kayacelon React Red CN-3B และ Kayacelon React Blue CN-MG สีดิสเพอร์ส สามสีคือ Navacron Yellow ACE, Navacron Red ACE และ Navacron Blue ACE โดยย้อมที่ปริมาณน้ำต่อวัสดุ 10 ต่อ 1 (L:R=10:1) ทั้งหกสีได้ทำการย้อมที่ปริมาณสีย้อมคงที่ ที่ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 30 นาที ค่าความเข้มของสีบนผ้าย้อมได้แสดงในรูปของค่า K/S โดยค่า K/S สูงแสดงว่าสีบนผ้ามีความเข้มสูง ผลการทดลองพบว่า ในทุกกรณีค่า K/S ของผ้าฝ้ายดัดแปรมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามปริมาณของสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ใช้เมื่อเทียบกับค่า K/S ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร

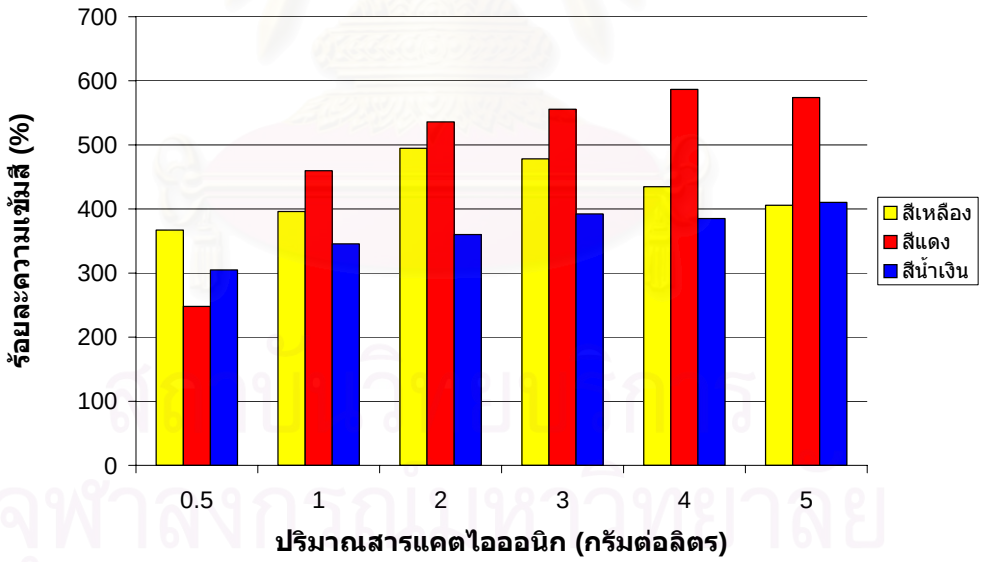
เปรียบเทียบค่า K/S ของผ้าใยพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรกับผ้าใยพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรด้วยสมการคำนวนร้อยละความเข้ม แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.4

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

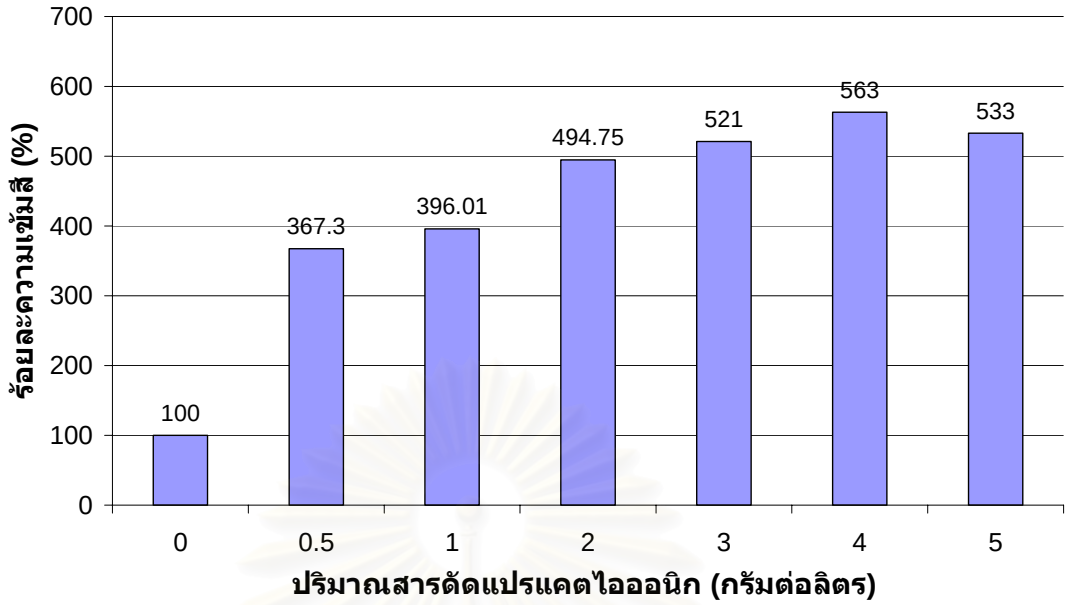
$$\text{ค่าร้อยละความเข้มสี} = \frac{K/S_{sample}}{K/S_{blank}} \times 100$$

ตารางที่4.2 ร้อยละความเข้มสี บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป เปรียบเทียบกับค่า K/S สีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ที่ไม่ดัดแปร

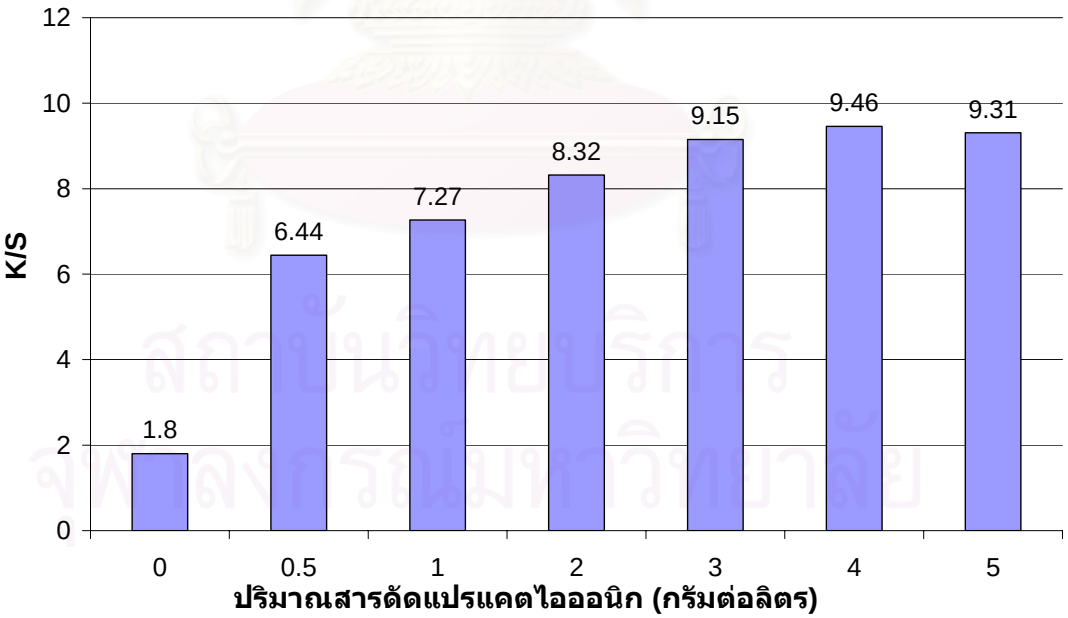
ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิก (กรัมต่อลิตร)	ร้อยละความเข้มสีเมื่อเปรียบเทียบกับค่าK/S ของผ้าที่ไม่ดัดแปร		
	Kayacelon React Yellow CN-ML	Kayacelon React Red CN-3B	Kayacelon React Blue CN-MG
ผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร	100	100	100
0.5	367.3	248.1	304.86
1	396.01	459.69	345.54
2	494.75	535.75	359.97
3	478.3	555.64	392.34
4	434.73	586.46	385.15
5	405.83	573.94	410.37



รูปที่ 4.2 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

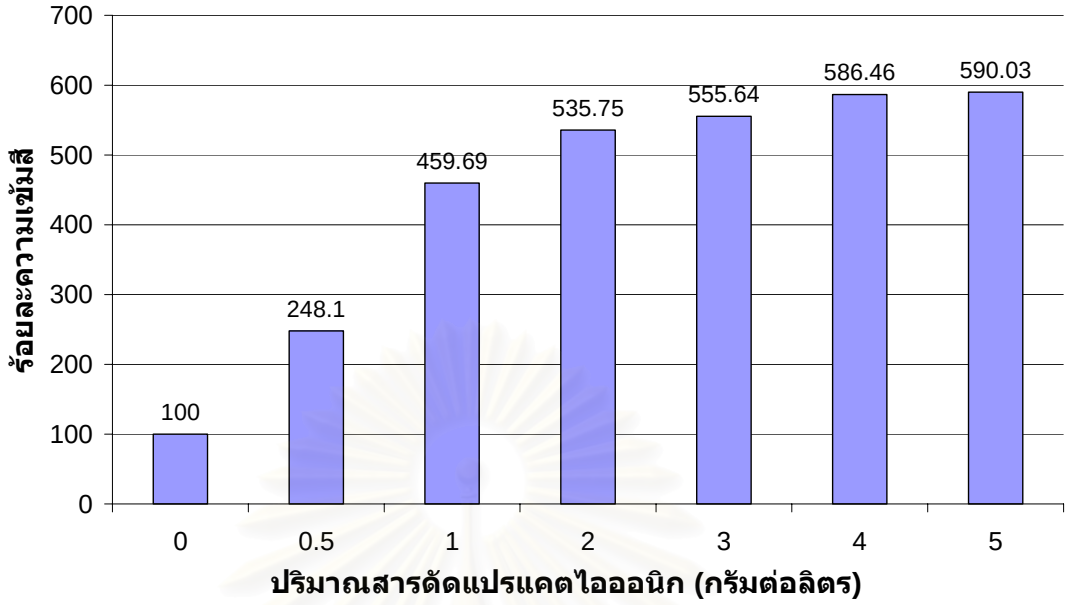


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

จากรูปที่ 4.3 และ4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของร้อยละความเข้มสีและค่า K/S เมื่อเทียบกับปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟที่ความเข้มข้น 0.5,1 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML ที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อเทียบกับสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ไม่ผ่านการดัดแปรย้อมในภาวะปราศจากเกลือ มีค่า 367.3 , 396.01, 494.75, 478.3 , 434.73 และ 405.83 ตามลำดับ และค่า K/S มีค่า 6.44, 7.27, 8.32 , 9.15, 9.46 และ 9.31 ตามลำดับ โดย สีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ไม่ผ่านการดัดแปรมีค่า K/S เท่ากับ 1.8

จากผลการวิจัย ร้อยละความเข้มสีและค่า K/S ของสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ 4 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด โดยร้อยละความเข้มสีและค่า K/S ของสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 ,1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 267.3 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 4.64 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 296.01 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 5.47 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 394.75 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 6.52 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 3 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 421 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 7.35 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคต-ไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 463 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 7.66 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 433 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 7.51 ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีชี้วัดได้ว่า สารดัดแปรแคตไอออนิกที่ใช้มีประสิทธิภาพช่วยให้สีเหลืองติดบนเส้นใยฝ้ายเพิ่มขึ้น ค่าดังกล่าวแสดงตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

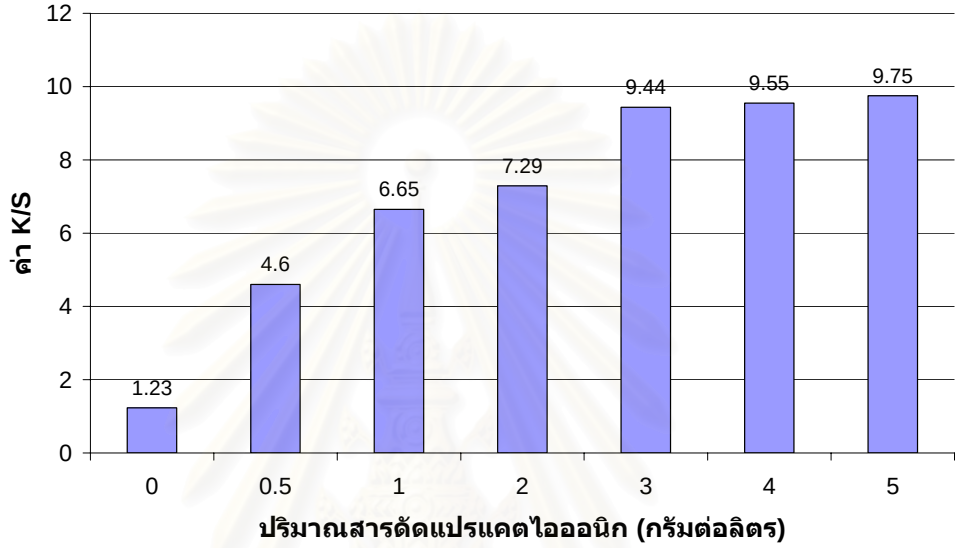


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้าย ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

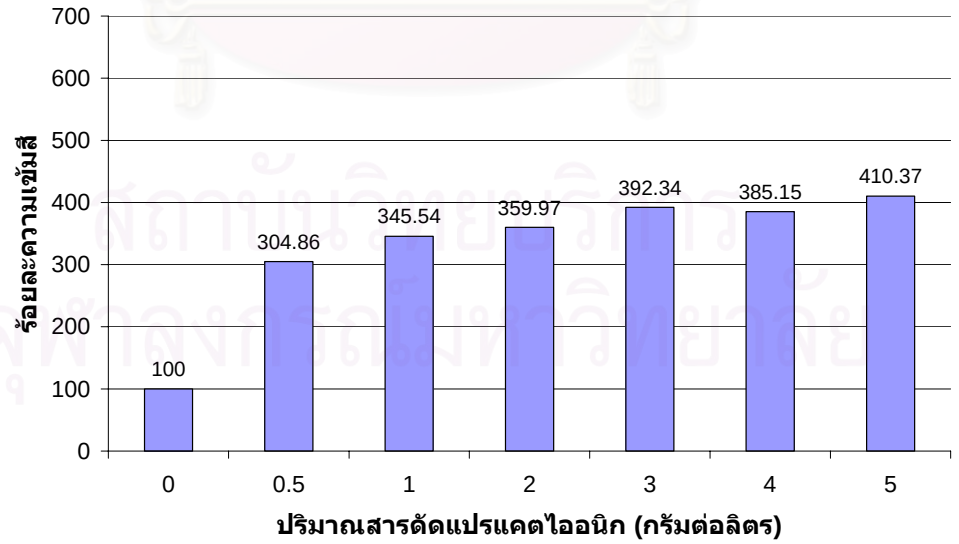
เมื่อพิจารณาสีแดง Kayacelon React Red CN-3B ที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิ-เอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ เมื่อความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกสูงขึ้น ร้อยละความเข้มสีและค่า K/S มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยมีร้อยละความเข้มสีเป็น 248.1, 459.69, 535.75, 555.64, 586.46 และ 590.03 เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอ-ออนิก 0.5,1 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.5 และมีค่า K/S เป็น 4.6, 6.65, 7.29, 9.44, 9.55 และ 9.75 เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5,1 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.6

จากความสัมพันธ์รูปที่ 4.5 และ 4.6 ร้อยละความเข้มสีและค่า K/S เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิก ตั้งแต่ 0.5 จนถึง 2 กรัมต่อลิตร และเริ่มมีค่าใกล้เคียงเมื่อดัด-แปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 3 ถึง 5 กรัมต่อลิตร แต่ยังเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น โดยร้อยละความเข้มสี และ ค่า K/S ของสีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร มีค่ามากที่สุดคือ 590.03 และ 9.75 ตามลำดับ โดยร้อยละความเข้มสีและค่า K/S ของสีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่อดัด-แปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 ,1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปร-แคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 148.1 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 3.37 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 359.69 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 5.42 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 435.75 และ ค่า

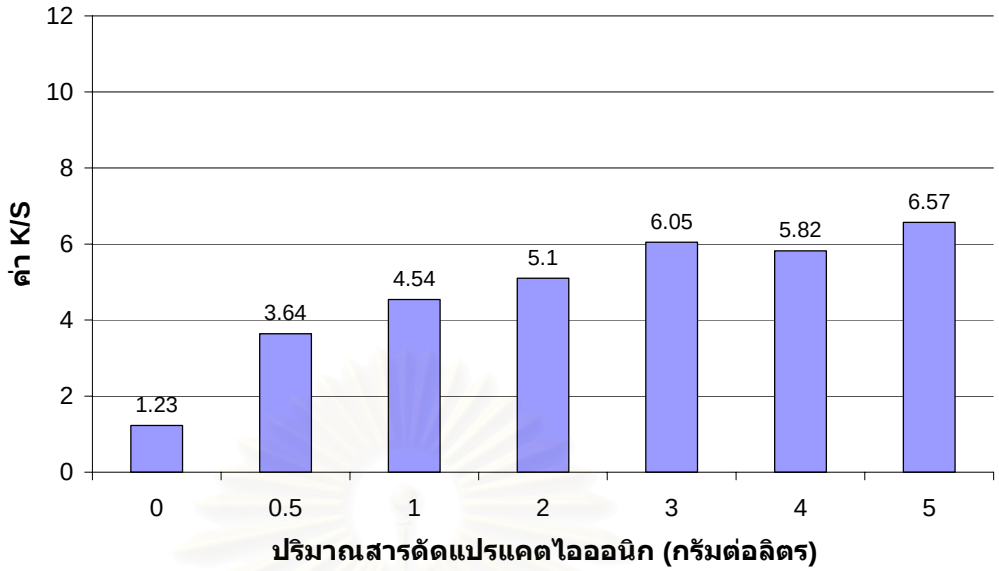
K/S เพิ่มขึ้น 6.06 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 3 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 455.64 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 8.21 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 486.46 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 8.32 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 490.03 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 8.52 ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีชี้วัดได้ว่าสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ใช้มีประสิทธิภาพช่วยให้สีแดงติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายเพิ่มขึ้น ค่าดังกล่าวแสดงตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K/S สีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้าย-ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

เมื่อพิจารณาที่สีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปร ร้อยละความเข้มสีและค่า K/S จะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือเมื่อความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5,1 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เป็น 304.86, 345.54, 359.97, 392.34, 385.15 และ 410.37 ตามลำดับ และค่า K/S เป็น 3.64, 4.54, 5.1, 6.05, 5.82 และ 6.57 ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8

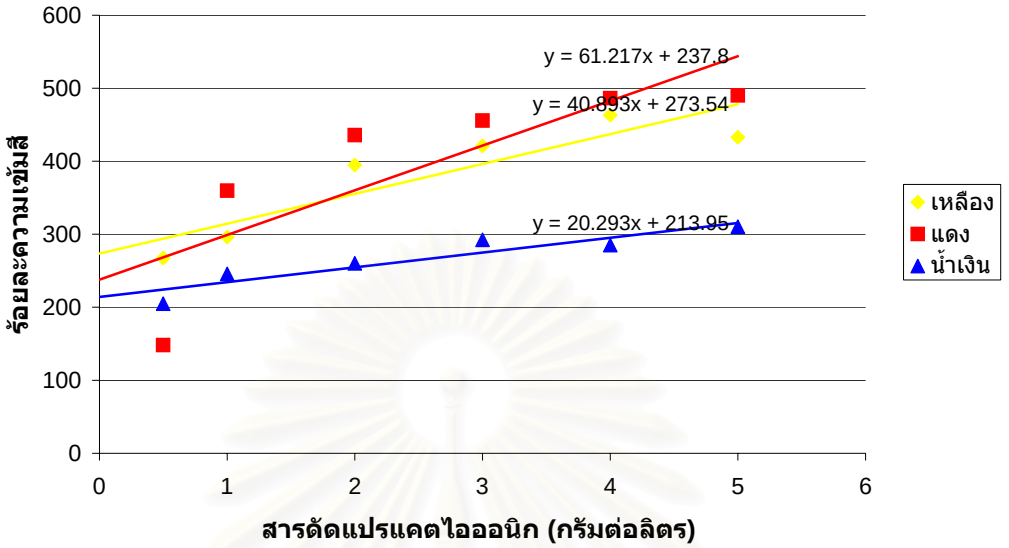
จากกราฟความสัมพันธ์ของร้อยละความเข้มสีที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายที่ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าร้อยละความเข้มสีบนเส้นใยเซลลูโลสของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร โดยการเปลี่ยนแปลงระหว่างร้อยละความเข้มสีของผ้าที่ผ่านการดัดแปรและไม่ดัดแปรนั้น มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสีเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารดัดแปรแคต-ไอออนิกลดลง โดยร้อยละความเข้มสี และ K/S ของสีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิ-เอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร มีค่ามากที่สุดคือ 410.37 และ6.57 ตามลำดับ โดยร้อยละความเข้มสีและค่า K/S ของสีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าเส้นใยพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 ,1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 204.86 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 2.41 , ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 245.54 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 3.31 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 259.97 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 3.87 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคต-

ไอออนิก 3 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 292.34 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 4.82 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น285.15 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 4.59 ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสี เพิ่มขึ้น 310.37 และ ค่า K/S เพิ่มขึ้น 5.34 ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีชี้วัดได้ว่าสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ใช้มีประสิทธิภาพช่วยให้สีน้ำเงินติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเพิ่มขึ้น ค่าดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 4.3

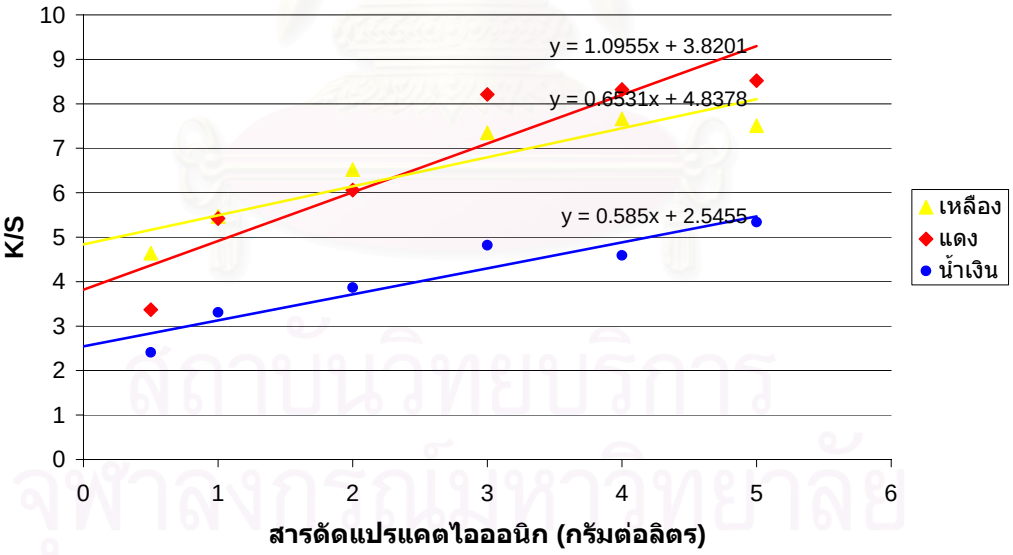
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความเข้มสีและค่า K/S บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร กับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

ความเข้มข้นของสารแคตไอออนิก(กรัมต่อลิตร)	Kayacelon React Yellow CN-ML		Kayacelon React Red CN-3B		Kayacelon React Blue CN-MG	
	Δร้อยละความเข้มสี	Δค่า K/S	Δร้อยละความเข้มสี	Δค่า K/S	Δร้อยละความเข้มสี	Δค่า K/S
0.5	267.3	4.64	148.1	3.37	204.86	2.41
1	296.01	5.47	359.69	5.42	245.54	3.31
2	394.75	6.52	435.75	6.06	259.97	3.87
3	421	7.35	455.64	8.21	292.34	4.82
4	463	7.66	486.46	8.32	285.15	4.59
5	433	7.51	490.03	8.52	310.37	5.34
original	287.5	5.19	804.92	9.9	558.47	6.86

นำตารางที่ 4.3 มาแสดงความสัมพันธ์ด้วยสมการเส้นตรง เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้น โดยค่าความชันของสมการเส้นตรงถือได้ว่าเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสี



รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสี บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสทเอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ



รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า K/S ของสีบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสทเอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ

จากความสัมพันธ์ เห็นได้ว่าสีแดง Kayacelon React Red CN-3B ที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือมีความชันเท่ากับ 60.281 จากร้อยละความเข้มสี และ1.0457 จากค่า K/S กล่าวได้ว่าปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกับสีแดงมากที่สุด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเกลือจะส่งผลให้ร้อยละความเข้มสีแดงบนเส้นใยฝ้ายมีค่ามากกว่าร้อยละความเข้มสีแดงบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นค่าที่ต่างกันมาก แสดงว่า เกลือยังมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก

ค่าความชันของสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML ที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย มีค่าเท่ากับ 38.735 จากร้อยละความเข้มสีและ 0.6214 จากค่า K/S ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสีและค่า K/S สีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเกลือกับการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก เห็นได้ว่าสารดัดแปรแคตไอออนิกสามารถทดแทนเกลือได้ อีกทั้งยังมีประสิทธิดีกว่า เมื่อความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.3

ค่าความชันของสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG มีค่าน้อยกว่าค่าความชันของสีแดงและสีเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 19.393 จากร้อยละความเข้มสี และ 0.5554 จากค่า K/S แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละความเข้มสีของสีน้ำเงินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสีเหลืองและสีแดง เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเกลือกับสารดัดแปรแคตไอออนิก เกลือมีประสิทธภาพมากกว่า แต่มีความแตกต่างไม่มากนัก จากตารางที่ 4.3 ร้อยละความเข้มสีน้ำเงินเมื่อย้อมในภาวะที่มีเกลือยังมีค่ามากกว่าร้อยละความเข้มสีที่ย้อมผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร อยู่ 248.1

เปรียบเทียบความเข้มสีในการส่วนของเส้นใยพอลิเอสเตอร์ ทั้งสีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงิน จะมีร้อยละความเข้มสีไม่ต่างกันมากนัก เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิก ดังแสดงในตารางที่ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ร้อยละความเข้มสีดิสเพอร์สที่บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อความเข้มข้นสารแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ (กรัมต่อลิตร)	ร้อยละความเข้มสี (%)		
	Navacron Yellow ACE	Navacron Red ACE	Navacron Blue ACE
blank	100	100	100
0.5	110.19	109.24	103.72
1	119.3	93.75	108.33
2	111.54	107.94	109.77
3	100.61	115.83	103.72
4	103.67	111.46	114.3
5	91.62	112.89	106.95

ระดับการติดสีดิสเพอร์สของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร และย้อมในภาวะปราศจากเกลือ เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปร และย้อมในภาวะที่ไม่มีเกลือ จะมีค่าใกล้เคียงกัน

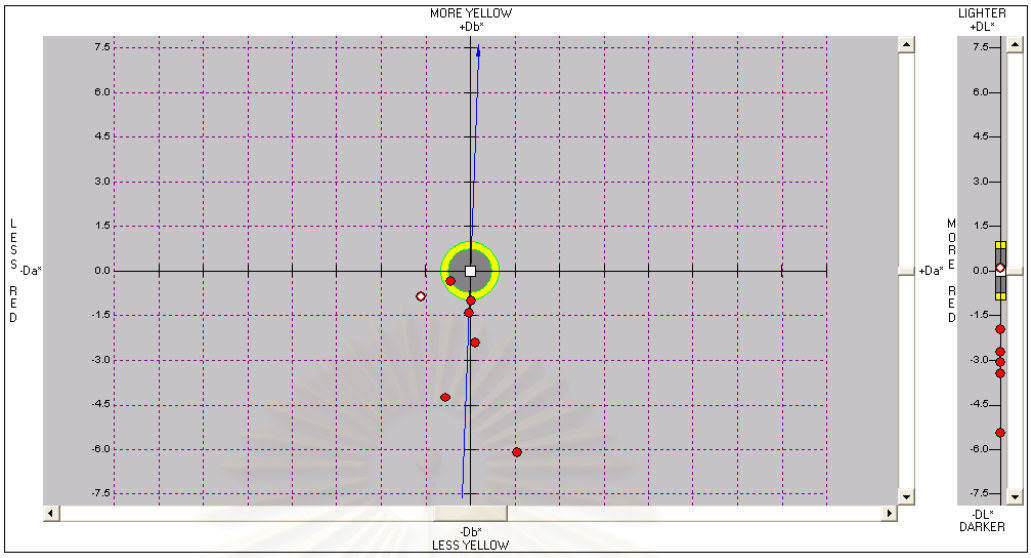
เห็นได้ว่าความต่างของร้อยละความเข้มสีมีน้อย จึงใช้การเปรียบเทียบความต่างของสี (DE) โดยหากค่าความต่างสีเมื่อเทียบ Blank มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความเหมือนของสีมาก จากการเปรียบเทียบความต่างของสีระหว่างสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรกับสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรย้อมในภาวะปราศจากเกลือ ด้วยครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Spectraflsh® 600 PLUS) โดยให้ผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปรเป็นค่ามาตรฐาน และผ้าที่ผ่านการดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบแสดงค่าดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงความต่างสี ของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป โดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ

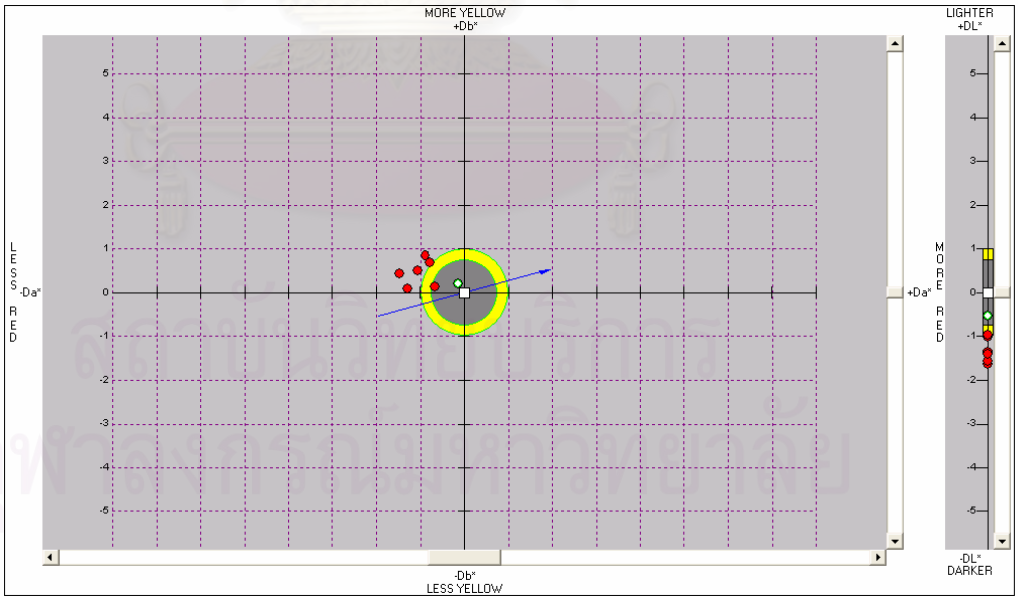
สี	ค่าความแตกต่าง	original	ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ (กรัมต่อลิตร)					
			0.5	1	2	3	4	5
Navacron Yellow ACE	DL*	0.21	-2.69	-2.69	-1.95	-5.28	-3.01	-3.3
	Da*	-2.01	0.17	0.08	-0.51	1.54	0.29	-0.84
	Db*	-0.80	-0.90	-1.32	-0.28	-5.59	-2.21	-3.89
	DE	2.17	2.84	3.00	2.04	7.84	3.74	5.17
Navacron Red ACE	DL*	-0.52	-1.04	-1.62	-1.31	-1.56	-1.01	-1.39
	Da*	-0.09	-1.24	-1.92	-1.61	-1.32	-0.94	-0.89
	Db*	0.23	0.83	0.50	0.24	0.60	0.15	0.75
	DE	0.57	1.82	2.56	2.09	2.13	1.39	1.81
Navacron Blue ACE	DL*	-0.04	-1.00	-1.31	-2.03	-1.92	-2.32	-1.73
	Da*	0.04	-0.50	0.63	-0.66	1.20	-0.56	-1.69
	Db*	-0.53	1.04	-0.14	1.87	2.55	1.86	2.92
	DE	0.54	1.53	1.46	2.84	3.41	3.03	3.79

ค่า DL*, Da*, Db* และ DE จะอธิบายถึงเฉดสีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยแคตไอออนิกรีแอกทีฟ เมื่อเทียบเฉดสีดิส-เพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ สามารถอธิบายได้ดังรูป 4.11, 4.12 และ 4.13

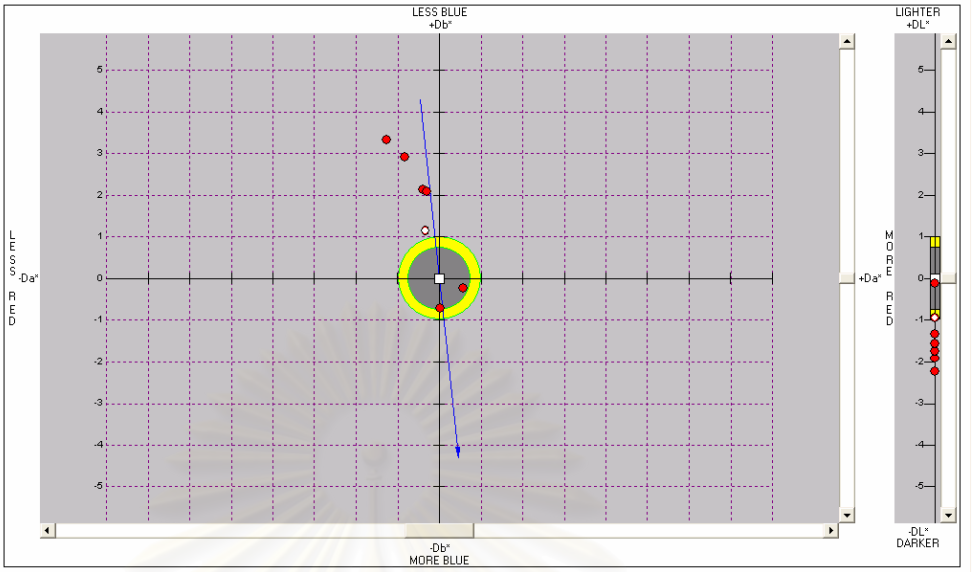
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.12 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.13 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป

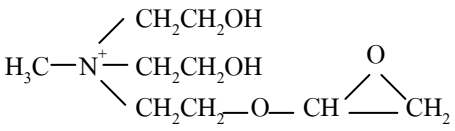
จากรูปที่ 4.11 เส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ย้อมด้วยสีดิสเพอร์สสีเหลือง Navacron Yellow ACE มีสีน้ำเงิน และเขียวกว่า ผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร และมีความเข้มกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่า DL*, Da*, Db* และ DE ไม่เป็นแนวโน้ม

สีแดงดิสเพอร์ส Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกทั้งหมด มีเฉดออกเขียว และเข้มกว่าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปรดังแสดงดังรูปที่ 4.12 ค่า DL*, Da*, Db* และ DE มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย และเกาะกลุ่มกัน

Opponent- type color scales สีน้ำเงินดิสเพอร์ส Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกแสดงดังรูปที่ 4.13 เห็นได้ว่า ตัวอย่างทั้งหมดมีสีเข้มกว่า สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปรเล็กน้อย ส่วนความต่างของเฉดสีส่วนใหญ่ เหลืองมากกว่าหรือมีสีน้ำเงินน้อยกว่าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร มีเพียง 2 ตัวอย่างที่มีเฉดน้ำเงินกว่าเส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร

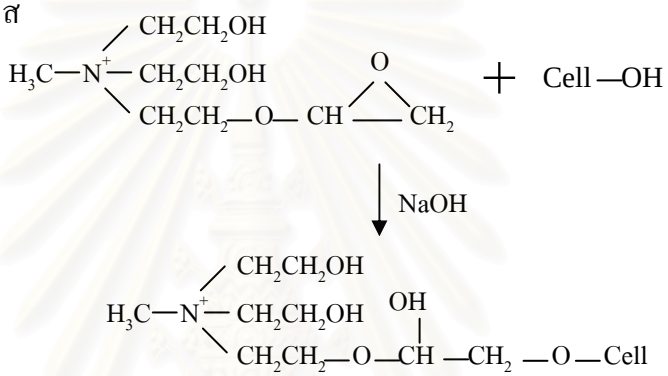
จะเห็นได้ว่าการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก จะช่วยให้ร้อยละความเข้มสีและค่า K/S ของสีรีแอกทีฟที่ติดบนเส้นใยฝ้าย มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก ทั้งสีเหลือง แดงและน้ำเงิน ในขณะที่ร้อยละความเข้มสีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์มีค่าใกล้เคียงกัน อาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากสาร

ดัดแปรแคตไอออนิกที่ทำการดัดแปรผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย จะเกิดปฏิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลสเท่านั้น ซึ่งอธิบายได้ดังสมการเกิดปฏิกิริยา



Glycidyl triethanolamine ammonium

เมื่ออยู่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หมู่อิพอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลส



จากการเกิดปฏิกิริยา จะทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีหมู่ ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมติดอยู่ สามารถรับสีย้อมที่เป็นแอนไอออนิก (anionic) โดยไม่ต้องใช้เกลือเป็นสารช่วยย้อม

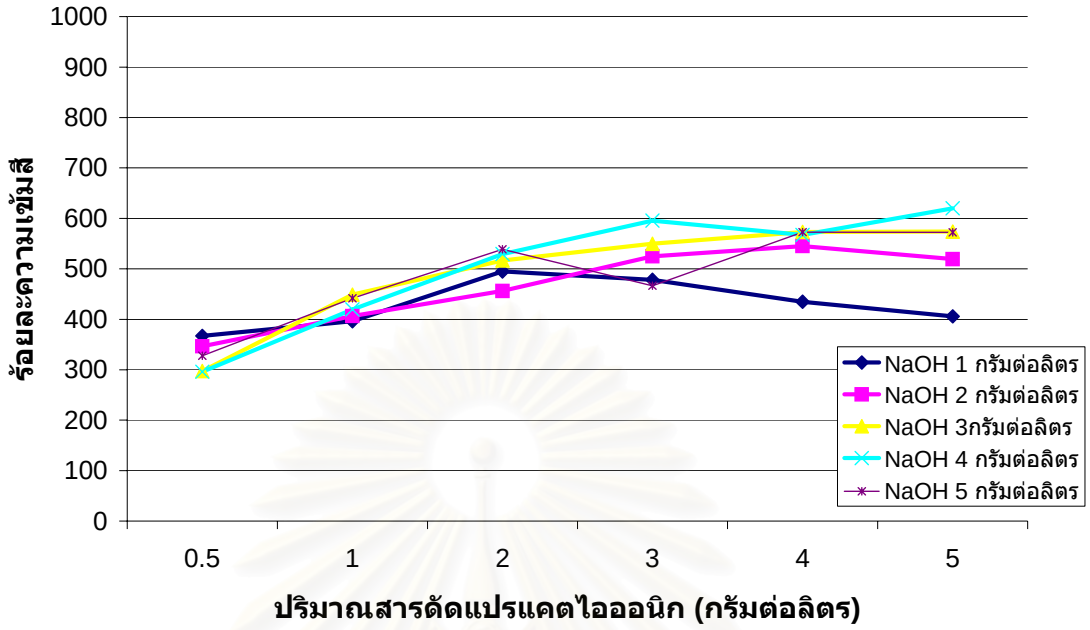
4.3 ผลของความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปร ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำต่อวัสดุ 20 ต่อ 1 (L:R=20:1) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 20 นาที ย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า 130 องศาเซลเซียส 30 นาที ปริมาณน้ำต่อวัสดุ 1 ต่อ 10 (L:R=10:1) ผลการย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์ของผ้าในผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

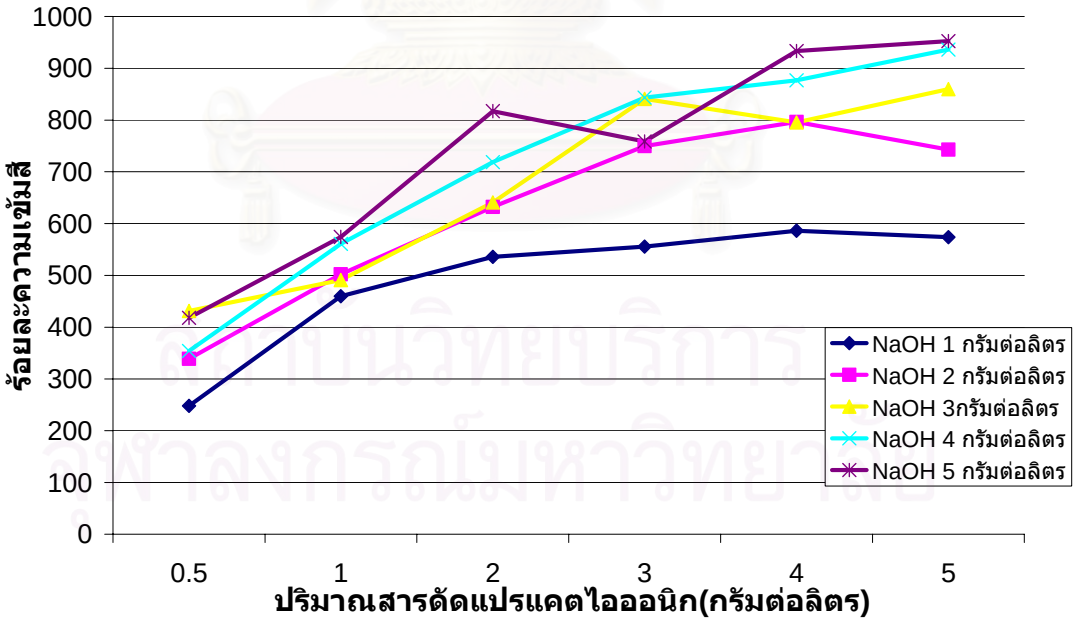
ตารางที่ 4.6 แสดง ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย-ดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารดัดแปรแคตไอออนิก เปลี่ยนไป

สี	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณแคตไอออนิกรีแอกทีฟ (กรัมต่อลิตร)					
		0.5	1	2	3	4	5
Kayacelon React Yellow CN-ML	1	367.3	396.01	494.75	478.3	434.73	405.83
	2	346.56	406.48	456.21	524.72	545.26	519.32
	3	297.52	449.01	516.64	549.78	573.12	573.78
	4	295.93	419.77	529.45	595.74	567.15	620
	5	327.82	441.77	538.54	466.57	572.8	572.52
Kayacelon React Red CN-3B	1	248.1	459.69	535.75	555.64	586.46	573.94
	2	339	501.85	632.07	749.56	796.63	742.93
	3	431.48	490.82	641.03	841.14	795.53	859.93
	4	354.1	560.97	718.99	843.52	876.73	936.03
	5	418.12	574.24	817.14	758.66	933.31	952.53
Kayacelon React Blue CN-MG	1	304.86	345.54	359.97	392.34	385.15	410.37
	2	284.62	364.94	470.93	506.44	477.17	540.34
	3	268.32	395.81	495.5	493.71	562.48	636.24
	4	266.6	355.62	512.75	568.81	602.96	583.8
	5	288.94	378.08	476.95	385.15	582.27	642.02

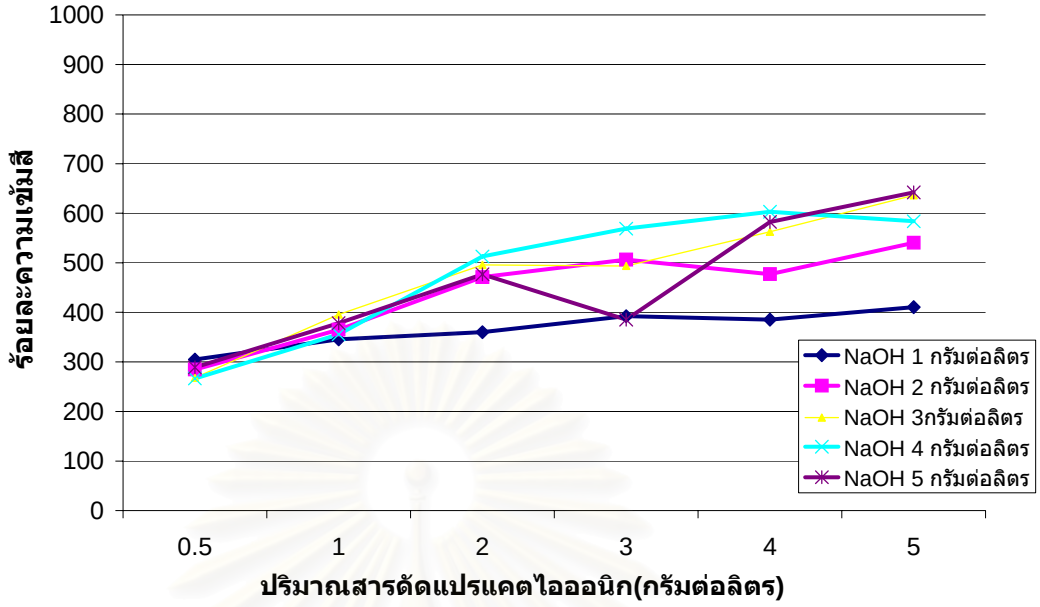
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ

พิจารณาร้อยละความเข้มสีบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ 0.5 กรัมต่อลิตร เท่ากัน ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไป สีเหลืองและสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสีไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 4.14 และ 4.16) สีเหลืองมีร้อยละความเข้มสี เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปร เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 367.3, 346.56, 297.52, 295.93 และ 327.28 ตามลำดับ สีน้ำเงินมีร้อยละความเข้มสี เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปร เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 304.86, 284.62, 268.32, 266.6 และ 288.94 ตามลำดับ เห็นได้ว่าเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไป ร้อยละความเข้มสีของสีเหลืองและสีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรได้เปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงของร้อยละความเข้มสีของสีเหลืองและสีน้ำเงินไม่เป็นแนวโน้มตามระดับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น พิจารณาที่ความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกเป็น 1 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีของสีเหลือง เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการดัดแปร เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 396.01, 406.48, 449.01, 419.77 และ 441.77 ตามลำดับ และร้อยละความเข้มสีน้ำเงินเป็น 345.54, 364.94, 395.81, 355.62 และ 378.08 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมีพฤติกรรมเหมือนกับ ร้อยละความเข้มสีที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร คือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นแนวโน้มตามปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้นเป็น 3 กรัมต่อลิตร ร้อยละความ

เข้มสีเหลืองและสีน้ำเงินมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น คือมีร้อยละความเข้มสีเหลืองเป็น 478.3, 524.72, 549.78, 595.74 และ 466.57 ร้อยละความเข้มสีน้ำเงินเป็น 392.34, 506.44, 493.71, 568.81 และ 385.15 เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.16 เห็นได้ว่า ร้อยละความเข้มสีเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น จากพฤติกรรมดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก หมู่ OH ของเส้นใยฝ้ายเพิ่มขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จึงทำให้หมู่รีแอกทีฟของสีสามารถทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น

สีแดงมีร้อยละความเข้มสีเปลี่ยนแปลง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.15) พิจารณาที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 248.1, 339, 431.48, 354.1 และ 418.12 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีมากที่สุด หากดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 459.69, 501.85, 490.82, 560.97 และ 574.24 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีสูงที่สุด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเป็น 2 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 535.75, 632.07, 641.03, 718.99 และ 817.14 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีสูงที่สุด โดยร้อยละความเข้มสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันเมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 3 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 555.64, 749.56, 841.14, 843.52 และ758.66 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีสูงที่สุด เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 586.46, 796.63, 795.53, 876.73 และ 933.31 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีสูงที่สุด เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ร้อยละความเข้มสีเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 573.94, 742.93, 859.93, 936.03 และ 952.53 ตามลำดับ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มสีสูงที่สุด

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก มีผลกับความเข้มสีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปร โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น จากพฤติกรรมดังกล่าวอาจเนื่องมาจาก หมู่ OH ของเส้นใยฝ้ายเพิ่มขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอก-ไซด์ จึงทำให้หมู่รีแอกทีฟของสีสามารถทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น ซึ่งมีผลกับสีแดงมากที่สุด

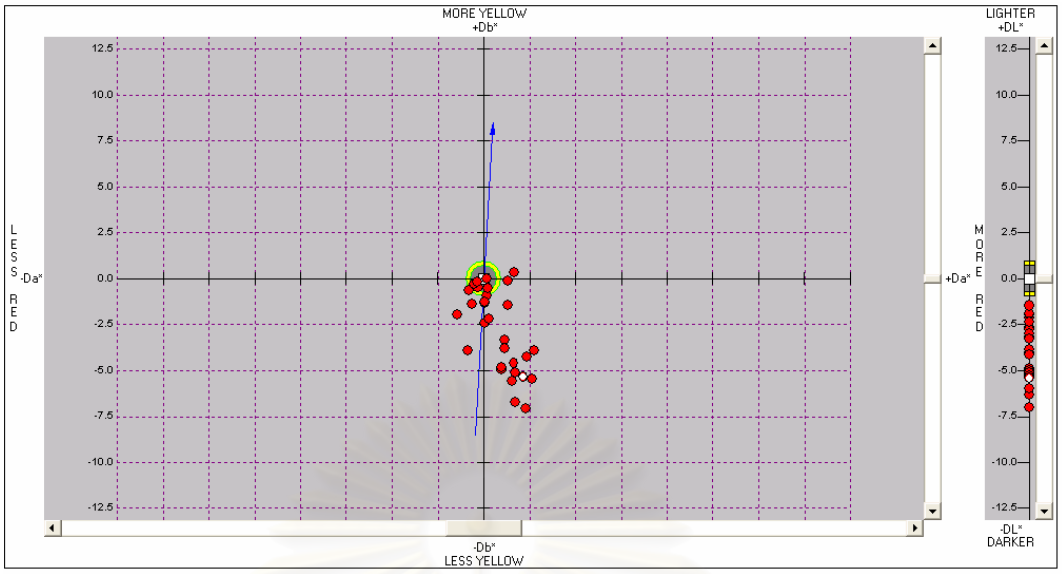
เมื่อพิจารณาสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรเปรียบเทียบกับสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ไม่ผ่านการดัดแปรแสดงค่าความต่างของสีดังตารางที่ 4.7

นำค่าความต่างสีมาแสดงความสัมพันธ์ ด้วย Opponent- type color scales แสดงในรูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19

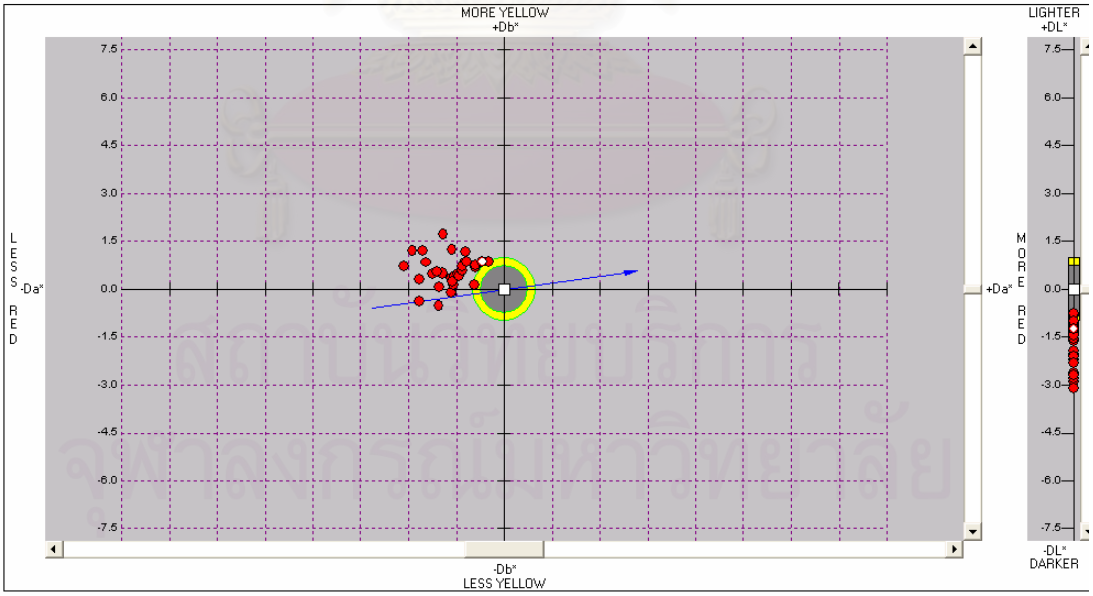
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงความต่างสีของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟและโซดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไป โดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ

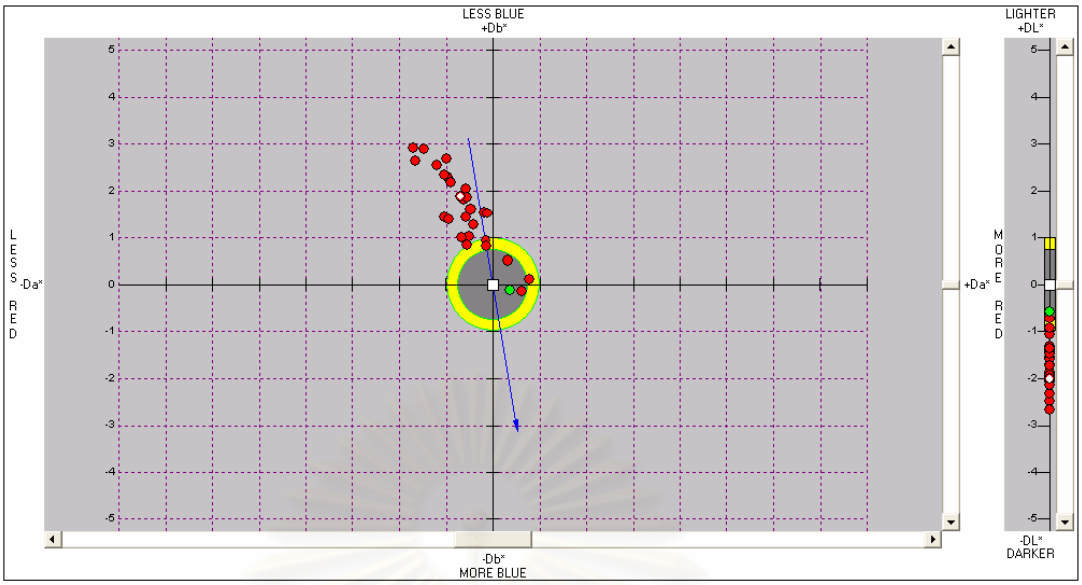
ปริมาณ NaOH	ค่าความต่างสี	สารดัดแปรแคตไอออนิก (กรัมต่อลิตร)																	
		0.5			1			2			3			4			5		
		Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE
1	DL*	-2.69	-1.04	-1.00	-2.69	-1.62	-1.31	-1.95	-1.31	-2.03	-5.28	-1.56	-1.92	-3.01	-1.01	-2.32	-3.30	-1.39	-1.73
	Da*	0.17	-1.24	-0.50	0.08	-1.92	0.63	-0.51	-1.61	-0.66	1.54	1.32	-1.20	0.29	-0.94	-0.56	-0.84	-0.89	-1.69
	Db*	-0.90	0.83	1.04	-1.32	0.50	-0.14	-0.28	0.24	1.87	-5.59	0.60	2.55	-2.21	0.15	1.86	-3.89	0.75	2.92
	DE	2.84	1.82	1.53	3.00	2.56	1.46	2.04	2.09	2.84	7.84	2.13	3.41	3.74	1.39	3.03	5.17	1.81	3.79
2	DL*	-1.94	-1.08	-1.71	-2.62	-0.77	-1.88	-1.91	-1.37	-2.08	-5.26	-2.19	-1.40	-4.12	-2.80	-1.86	-5.30	-2.10	-1.36
	Da*	-1.44	-1.65	-0.47	1.32	-1.64	-0.96	-0.33	-2.05	-0.18	2.36	-1.64	-1.66	1.13	-1.91	-0.90	0.99	-2.09	-0.14
	Db*	-1.95	0.33	1.61	-0.11	-0.10	2.31	-0.19	-0.52	1.53	-4.23	1.23	2.64	-3.80	1.71	2.18	-4.82	0.54	0.82
	DE	3.11	2.00	2.40	2.94	1.82	3.13	1.94	2.52	2.59	7.15	3.00	3.42	5.72	3.80	3.01	7.23	3.01	1.59
3	DL*	-2.14	-1.25	-1.38	-4.03	-1.33	-1.99	-1.47	-2.62	-2.48	-5.06	-2.91	-0.72	-7.00	-1.27	-1.47	-6.33	-1.43	-2.13
	Da*	-0.32	1.55	0.33	0.04	-2.03	-0.67	0.16	-3.14	-0.57	1.70	-2.55	-0.56	2.27	-0.90	-0.57	1.73	-1.17	-1.03
	Db*	-0.45	0.42	0.52	-2.39	0.08	1.86	0.00	0.71	2.03	-5.12	1.20	0.84	-7.07	0.70	1.45	-6.73	0.86	2.34
	DE	2.21	2.03	1.51	4.69	2.42	2.80	1.48	4.15	3.26	7.40	4.05	1.24	10.20	1.71	2.14	9.40	2.04	3.33
4	DL*	-2.67	-0.84	-1.54	-2.76	-1.11	-1.59	-3.17	-1.17	-0.98	-4.89	-3.10	-1.96	-5.03	-1.93	-2.66	-5.97	-2.31	-0.92
	Da*	0.23	-0.48	0.79	1.66	-1.58	-0.42	1.31	-1.41	-1.04	2.73	-2.88	-0.61	0.99	-1.21	-1.00	2.64	-2.65	-0.67
	Db*	-0.52	0.87	0.11	0.32	0.13	1.28	-1.42	0.40	1.44	-3.93	1.20	1.81	-4.98	1.17	2.70	-5.44	0.30	1.00
	DE	2.73	1.30	1.74	3.24	1.93	2.09	3.72	1.88	2.03	6.84	4.39	2.74	7.14	2.56	3.91	8.50	3.53	1.52
5	DL*	-2.34	-1.29	-0.57	-2.37	-1.35	-1.43	-2.34	-2.04	-1.05	-3.85	-1.43	-1.96	-5.11	-2.70	-1.93	-5.43	-1.24	-2.01
	Da*	-0.80	-1.45	0.37	-0.63	-2.67	-0.15	0.03	-2.26	-0.94	1.13	-1.31	-0.11	1.64	-2.45	-1.47	2.15	-0.68	-0.68
	Db*	-0.66	0.49	-0.11	-1.40	-0.39	0.95	-1.29	0.48	1.40	-3.34	0.74	1.53	-4.61	0.84	2.90	-5.33	0.85	1.89
	DE	2.56	2.00	0.69	2.82	3.02	1.72	2.68	3.08	1.99	5.22	2.07	2.48	7.07	3.74	3.78	7.91	1.65	2.84



รูปที่ 4.17 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปร-แคตไอออนิกรีแอคทีฟเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.18 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปร-แคตไอออนิกรีแอคทีฟเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.19 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปร-แคตไอออนิกรีแอคทีฟเปลี่ยนไป

จากรูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 เห็นได้ว่า สีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไปมีความเข้มกว่า สีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทั้ง 3 สี แต่การเปลี่ยนของค่า DL*, Da*, Db* และ DE ไม่สัมพันธ์กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกที่เปลี่ยนไป

ความต่างของเฉดสีของสีดิสเพอร์ส ที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปร มีพฤติกรรมต่างกัน เมื่อสีที่ย้อมเปลี่ยนไป คือ สีเหลืองดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปร เกือบทั้งหมดมีเฉดสีออกน้ำเงินและแดงกว่า สีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร สีแดงดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรมีเฉดมีออกเขียวและเหลืองกว่า สีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร สีน้ำเงินดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรมีเฉดออกเหลืองและเขียวกว่าสีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร พฤติกรรมดังกล่าวอาจเนื่องจาก เส้นใยพอลิเอสเทอร์ไม่มีหมู่ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารดัดแปรแคตไอออนิก สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสม-

พอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร อย่างไรก็ตามมีพฤติกรรมหนึ่งที่เกิดขึ้นกับทุกสี คือมีค่า DL เป็นลบ ซึ่งหมายความว่า สีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีความเข้มกว่าสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเล็กน้อย อาจเนื่องมาจาก สารช่วยกระจายตัวที่ใช้ในสีดิสเพอร์สมีประจุลบ ส่งผลให้สารดัดแปรแคตไอออนิกดึงดูดให้สีดิสเพอร์สเข้าใกล้ผ้าใยพอลิเอสเทอร์และฝ้ายได้ดี แต่สีดิสเพอร์สจะไปอยู่ในบริเวณเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ระดับร้อยละความเข้มสีของสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรจึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก

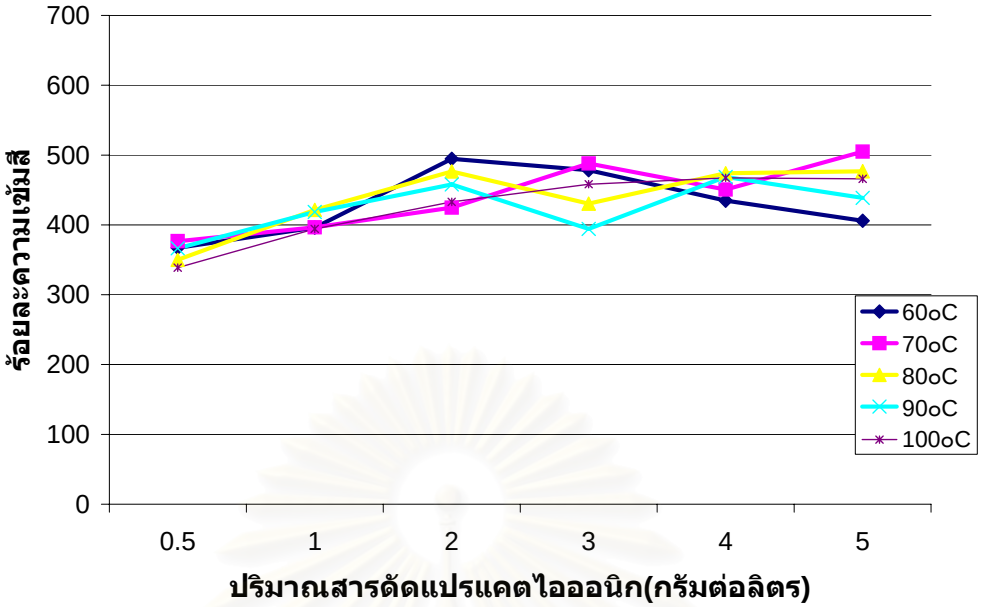
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลของอุณหภูมิในการดัดแปร ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิ-เอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

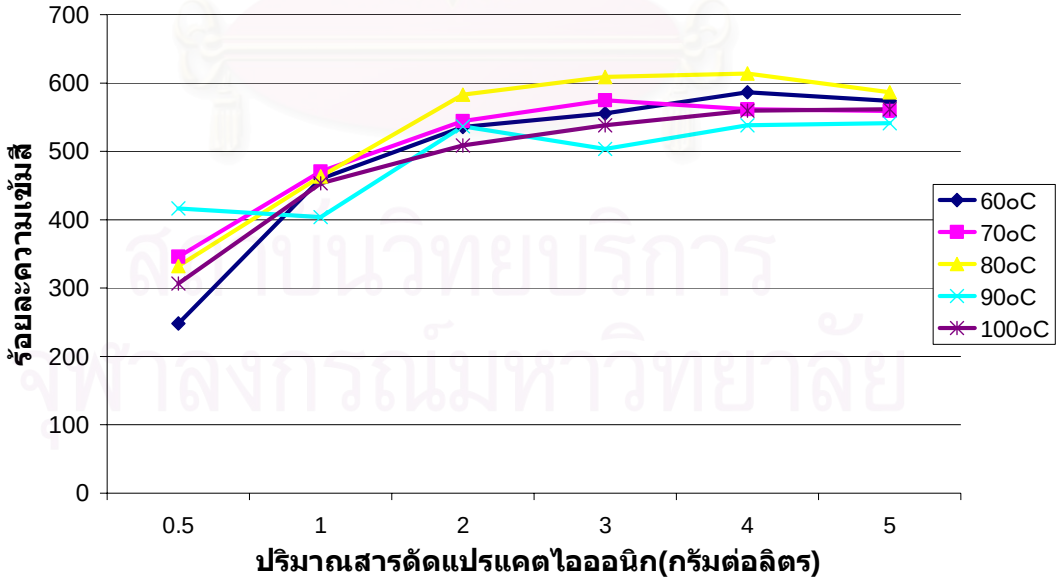
ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ โดยทำการดัดแปรผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์และฝ้าย ที่ 60, 70, 80, 90, และ 100 องศาเซลเซียส โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที ย้อมอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำที่ใช้ในการดัดแปร คือ 1:20 ย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า 130 องศาเซลเซียส 30 นาที แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย-ดัดแปร เมื่ออุณหภูมิและสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

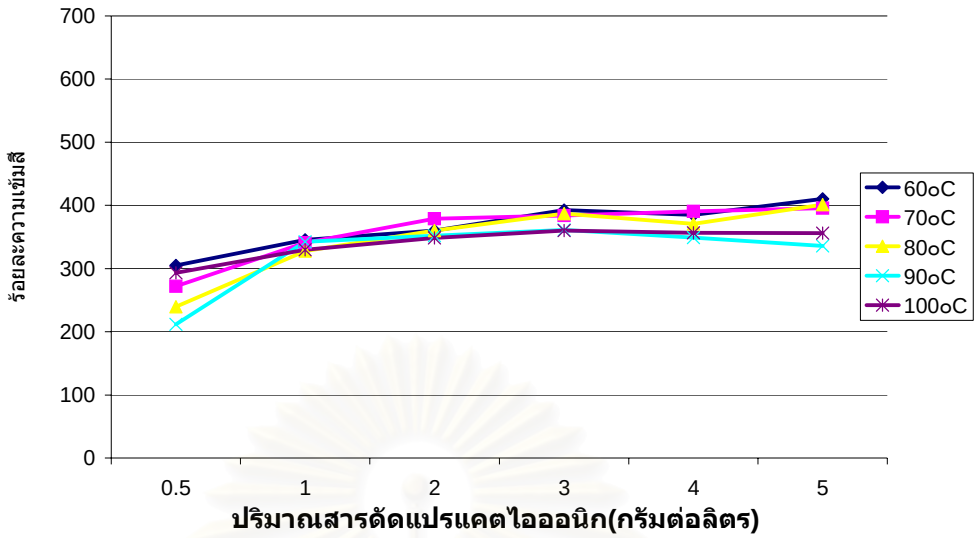
สี	ปริมาณสารดัดแปรแคต-ไอออนิก(กรัมต่อลิตร)	อุณหภูมิ (°C)				
		60	70	80	90	100
Kayacelon React Yellow CN-ML	0.5	367.3	376.75	349.82	366.61	338.8
	1	396.01	396.39	421.54	418.47	394.35
	2	494.75	424.79	476.51	458.03	432.96
	3	478.3	487.88	430.56	394.38	458.23
	4	434.73	450.43	473.88	468.69	467.42
	5	405.83	504.87	476.71	438.64	465.87
Kayacelon React Red CN-3B	0.5	248.1	345.96	332.15	416.83	306.91
	1	459.69	470.5	463.24	403.91	453.29
	2	535.75	544.13	582.96	536.65	508.79
	3	555.64	574.62	609.09	503.39	538.4
	4	586.46	561.79	613.93	538.34	559.76
	5	573.94	558.96	586.66	541.36	561.79
Kayacelon React Blue CN-MG	0.5	304.86	272.19	239.57	211.8	293.15
	1	345.54	340.63	327.82	342.39	329.63
	2	359.97	378.84	360.27	352.06	348.67
	3	392.34	383.84	386.77	361.14	360.22
	4	385.15	390.6	370.92	349.21	356.69
	5	410.37	395.34	401.38	336.04	356.17



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัด-แปรแคตไอออนิก



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัด-แปรแคตไอออนิก



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอุณหภูมิและสารดัด-แปรแคตไอออนิก

จากรูปที่ 4.20, 4.21 และ4.22 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ในตาราง 4.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ร้อยละความเข้มสีที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย สีทั้ง 3 สี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นแนวโน้มตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่มีค่าใกล้เคียงกัน ในการดำเนินงานวิจัย ทำการดัดแปรที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ร้อยละความเข้มสีบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเท่ากับ 0.5 กรัมต่อลิตร สีเหลืองมีร้อยละความเข้มสี เท่ากับ 367.3, 376.75 , 349.82 และ 338.8 ตามลำดับ สีแดงมีร้อยละความเข้มสีเท่ากับ 248.1, 345.96, 322.15, 416.83 และ 306.91 ตามลำดับ สีน้ำเงินมีร้อยละความเข้มสี เท่ากับ 304.86. 272.19, 239.57, 211.87 และ 293.15 ตามลำดับ เห็นได้ว่าร้อยละความเข้มสีของแต่ละสี มีค่าเปลี่ยนแปลง แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นไม่เป็นแนวโน้ม โดยร้อยละความเข้มสีที่สูงที่สุด ของสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร คือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 376.75 สีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย คือที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 416.83 สีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย คือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 304.86 ทั้ง 3 สีค่าสูงสุดของร้อยละความเข้มสีที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ไม่ได้อยู่ที่อุณหภูมิเดียวกัน พิจารณาที่ความเข้มข้นของแคตไอออนิก เท่ากับ 1 กรัมต่อลิตร ดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส สีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีร้อยละความเข้มสี เท่ากับ 396.01 , 396.39, 421.54,

418.47 และ394.35 ตามลำดับ สีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีร้อยละความเข้มสีเท่ากับ 459.69, 470.5, 463.24, 403.91 และ 453.29 ตามลำดับ สีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีร้อยละความเข้มสีเท่ากับ 345.54, 340.63, 327.82 ,342.39 และ 329.63 ตามลำดับ จากผลการทดลองร้อยละความเข้มสีของสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรที่สูงสุด เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอ-ออนิก 1 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิในการดัดแปร 80 องศาเซลเซียส เท่ากับ 421.54 ร้อยละความเข้มสีของสีแดงที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่สูงสุด เมื่อดัดแปรด้วยสารดัด-แปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิในการดัดแปร 70 องศาเซลเซียสเท่ากับ 470.5 ร้อยละความเข้มสีของสีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่สูงสุด เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิในการดัดแปร 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 342.39 เห็นได้ว่าร้อยละความเข้มสีถึงแม้จะมีค่าเปลี่ยนแปลง แต่ก็มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลงของร้อยละความเข้มสีที่เกิดนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิในการดัดแปร ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.20, 4.21 และ 4.22

จากผลการวิจัย ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิในขั้นตอนการดัดแปรที่ เพิ่มขึ้น ไม่มีผลกับร้อยละความเข้มสี ซึ่งมีแนวโน้มเดียวทั้ง 3 สี แสดงว่าปฏิกิริยาระหว่างสารดัดแปรกับเซลลูโลสนั้น ไม่จำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิสูง ทั้งนี้เพราะหมู่อีพอกไซด์ของสารดัดแปรนั้นเป็นหมู่ที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิสูงเข้าช่วย

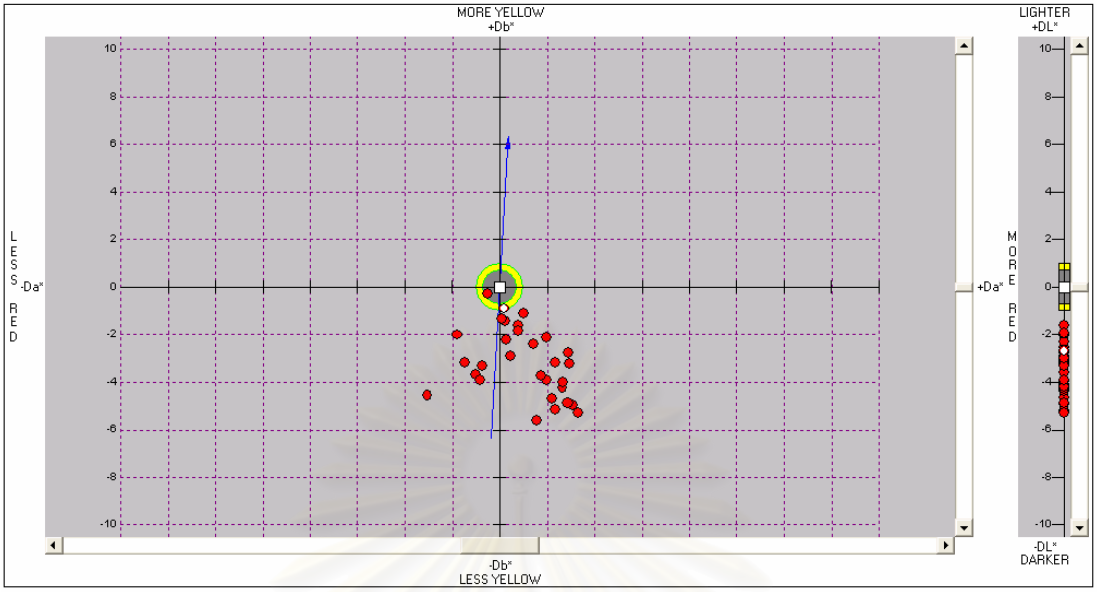
พิจารณาการเปลี่ยนแปลง ค่าความต่างของสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย อธิบายได้จากข้อมูลในตารางที่ 4.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

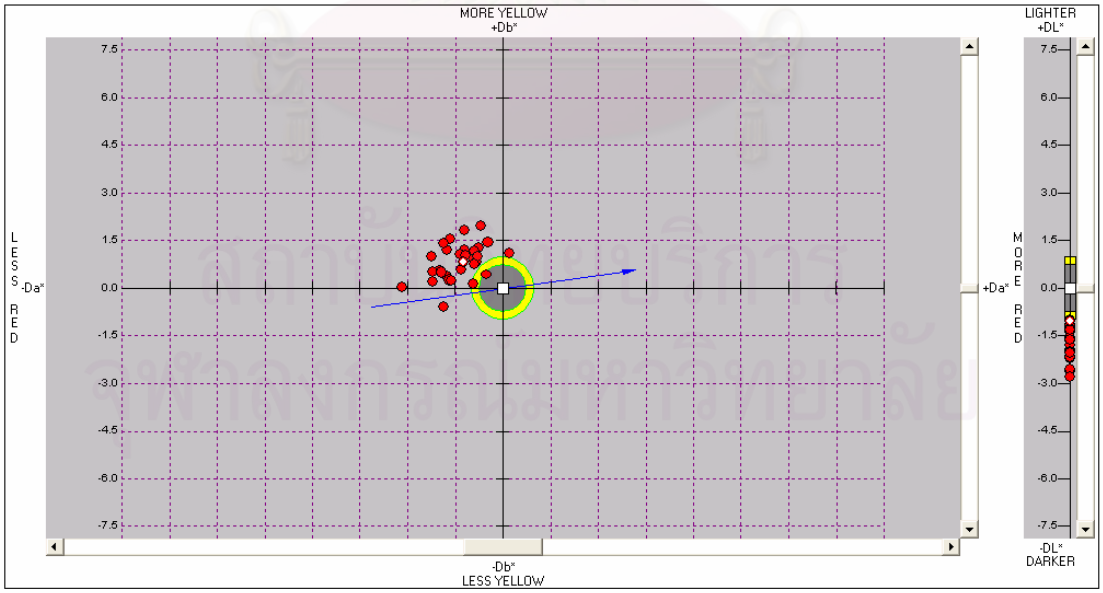
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแตกต่างสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป โดยให้สีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเป็นค่าเปรียบเทียบ

อุณหภูมิ	ค่าความต่างสี	ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิก(กรัมต่อลิตร)																	
		0.5			1			2			3			4			5		
		เหลือง	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	แดง	น้ำเงิน
60	DL*	-2.69	-1.04	-1.00	-2.69	-1.62	-1.31	-1.95	-1.31	-2.03	-5.28	-1.56	-1.92	-3.01	-1.01	-2.32	-3.30	-1.39	-1.73
	Da*	0.17	-1.24	-0.50	0.08	-1.92	0.63	-0.51	-1.61	-0.66	1.54	1.32	-1.20	0.29	-0.94	-0.56	-0.84	-0.89	-1.69
	Db*	-0.90	0.83	1.04	-1.32	0.50	-0.14	-0.28	0.24	1.87	-5.59	0.60	2.55	-2.21	0.15	1.86	-3.89	0.75	2.92
	DE	2.84	1.82	1.53	3.00	2.56	1.46	2.04	2.09	2.84	7.84	2.13	3.41	3.74	1.39	3.03	5.17	1.81	3.79
70	DL*	-3.22	-2.55	-1.08	-2.54	-1.34	-1.50	-2.29	-2.81	-1.49	-2.76	-1.13	-1.91	-1.62	-2.19	-1.44	-3.06	-2.04	-1.66
	Da*	-0.72	-3.16	0.01	1.42	-0.80	0.43	-1.79	-1.85	0.26	-1.47	0.22	0.03	0.99	-0.70	0.48	-1.02	-1.17	0.37
	Db*	-3.32	0.03	0.79	-2.41	1.01	0.45	-2.00	1.42	0.85	-3.18	1.11	1.31	-1.13	1.97	0.69	-3.68	1.02	0.65
	DE	4.68	4.06	1.34	3.78	1.86	1.63	3.53	3.65	1.74	4.46	1.61	2.32	2.21	3.03	1.67	4.90	2.56	1.82
80	DL*	-2.88	-1.57	-1.48	-2.02	-2.15	-1.56	-3.13	-2.03	-1.34	-2.52	-2.22	-0.68	-1.94	-1.35	-0.73	-3.93	-2.01	-1.32
	Da*	0.47	-1.77	-0.09	0.23	-2.20	-0.05	1.99	-0.88	-0.43	0.79	-1.69	-0.09	0.76	-0.50	0.04	-3.60	-1.36	0.31
	Db*	-2.89	0.38	1.37	-1.44	0.53	1.53	-2.10	1.18	1.54	-1.86	0.26	0.61	-1.62	0.43	0.37	-4.55	1.07	0.69
	DE	4.11	2.40	2.01	2.49	3.12	2.18	4.26	2.51	2.09	3.23	2.80	0.92	2.64	1.51	0.82	6.75	2.65	1.52
90	DL*	-5.20	-2.62	-0.79	-4.85	-1.21	-1.99	-4.20	-2.55	-1.05	-3.57	-1.99	-1.65	-3.96	-1.28	-1.66	-4.28	-1.79	-0.20
	Da*	3.32	-2.23	-0.44	2.87	-1.85	0.43	2.18	-1.77	0.04	2.90	-2.19	0.35	2.64	-0.81	0.11	2.65	-0.47	-0.30
	Db*	-5.29	1.00	1.02	-4.86	-0.58	0.98	-4.68	1.22	0.71	-2.78	0.21	0.73	-4.23	0.83	0.92	-4.00	1.46	0.26
	DE	8.13	3.59	1.37	7.45	2.28	2.26	6.65	3.34	1.27	5.37	2.97	1.84	6.37	1.73	1.90	6.43	2.36	0.44
100	DL*	-4.65	-1.92	-1.87	-4.35	-1.64	-1.52	-4.11	-2.58	-2.02	-4.20	-1.98	-1.42	-4.91	-1.54	-1.46	-4.22	-2.54	-1.55
	Da*	2.35	-1.98	0.37	1.74	-0.77	0.15	2.94	-1.66	0.63	1.98	-1.20	0.13	3.09	-0.92	-0.05	2.35	-1.20	-0.03
	Db*	-5.15	0.54	1.07	-3.72	1.28	1.00	-3.20	1.56	0.58	-3.90	1.20	0.91	-4.96	0.92	1.05	3.17	1.82	1.16
	DE	7.33	2.81	2.19	5.98	2.22	1.83	5.98	3.44	2.19	6.07	2.61	1.69	7.63	2.02	1.80	5.78	3.35	1.93

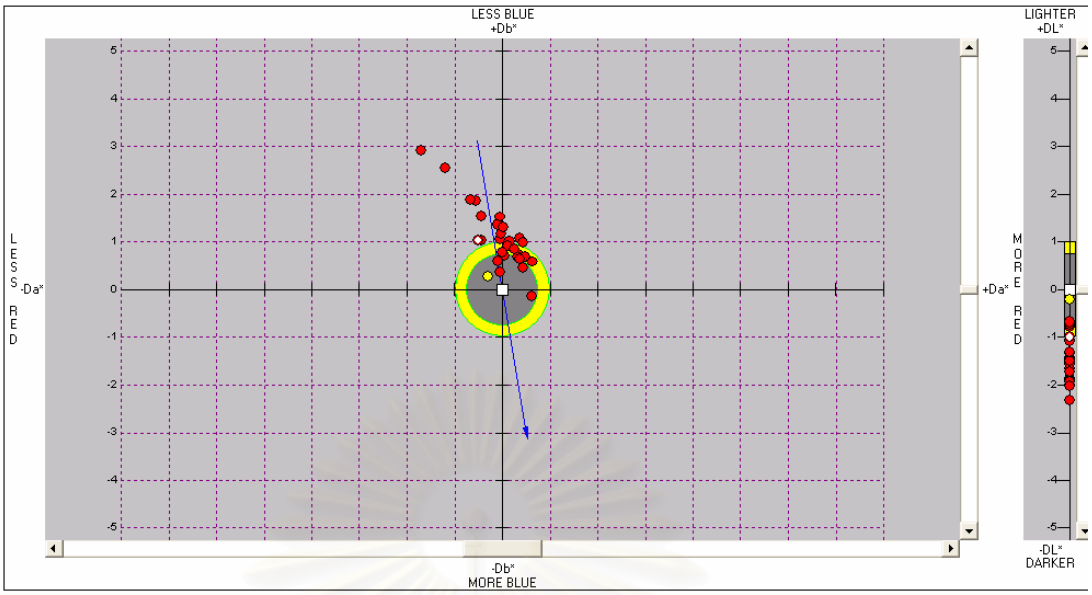
70



รูปที่ 4.23 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.24 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.25 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออุณหภูมิและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

นำค่าในตารางที่ 4.9 มาแสดงตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.23 พิจารณาที่สีเหลืองดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรค่าความต่างสี (DE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แนวโน้มนี้เกิดขึ้นจะเกิดกับสีเหลืองดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเท่านั้น สีเหลืองดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีความไวต่อสารดัดแปรแคตไอออนิกสูงกว่าสีแดงและน้ำเงินดิสเพอร์ส ที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร สังเกตได้จากการกระจายตัวของกราฟ Opponent- type color scales สีเหลืองที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีมากกว่าสีอื่น กระจายตัวของตัวอย่างอยู่ในค่าที่เป็น –Db แสดงว่าตัวอย่างออกสีน้ำเงินกว่า และและมีค่า DL เป็นลบ แสดงว่ามีสีความเข้มกว่า สีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรซึ่งตัวอย่างทั้งหมดเป็นไปในทางเดียวกัน

รูปที่ 4.24 เป็น Opponent- type color scales สีแดงที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร มีการกระจายของกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่าสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ค่าความต่างสีโดยส่วนใหญ่น้อยกว่าสีน้ำเงินและสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีค่า Db เป็น บวก แสดงว่ามีสีเหลืองกว่า มีเพียงตัวอย่างเดียวที่มีค่า Db เป็นลบ คือ ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 90 องศา-

เซลเซียส และตัวอย่างทั้งหมดมีค่า DL เป็นลบ แสดงว่าสีมีความเข้มกว่าสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร

รูปที่ 4.25 เป็น Opponent- type color scales สีน้ำเงินที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีค่า Db เป็น บวก แสดงว่ามีเฉดสีเหลืองกว่า มีเพียงตัวอย่างเดียวที่มีค่า Db เป็นลบ คือ ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตัวอย่างทั้งหมดมีค่า DL เป็นลบ แสดงว่าสีมีความเข้มกว่าสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร

สีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรมีความเข้มกว่าสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากสารช่วยกระจายตัวที่ใช้ในสีดิสเพอร์สมีประจุลบ อิทธิพลของสารดัดแปรแคตไอออนิกดึงดูดให้สีดิสเพอร์สเข้าใกล้ผ้าใยพอลิเอสเทอร์และฝ้ายได้ดี แต่สีดิสเพอร์สจะไปอยู่ในบริเวณเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรส่วนใหญ่ จึงทำให้ไม่ค่อยมีผลกับความเข้มสีของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ประกอบสารดัดแปรแคตไอออนิกไม่เกาะติดกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จึงไม่มีผลกระทบโดยตรงกับสีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

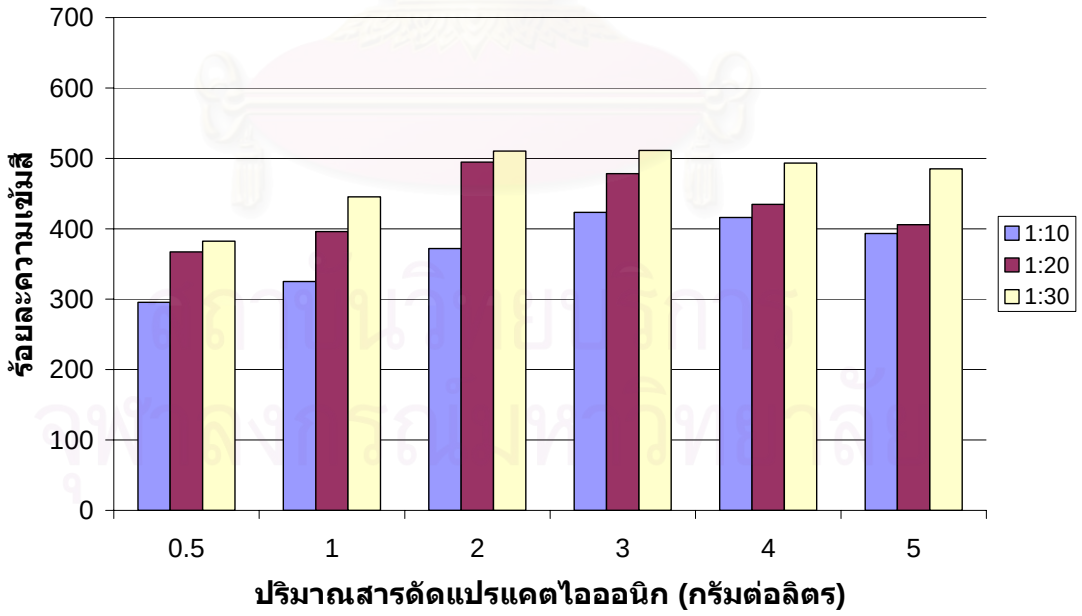
4.5 ผลของอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ ต่อระดับความเข้มสีและปริมาณสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปร

อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำที่ใช้ในการดัดแปร คือ 1:10 ,1:20 และ 1:30 สารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5,1,2,3,4และ 5 กรัมต่อลิตร ดัดแปรที่อุณหภูมิ 60 องศาเศลเซียล โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมต่อลิตรใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที ย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ทั้งส่วนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ด้วยสีรีแอททีฟ และ สีดิสเพอร์ส แสดงร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไปไว้ในตารางที่ 4.10

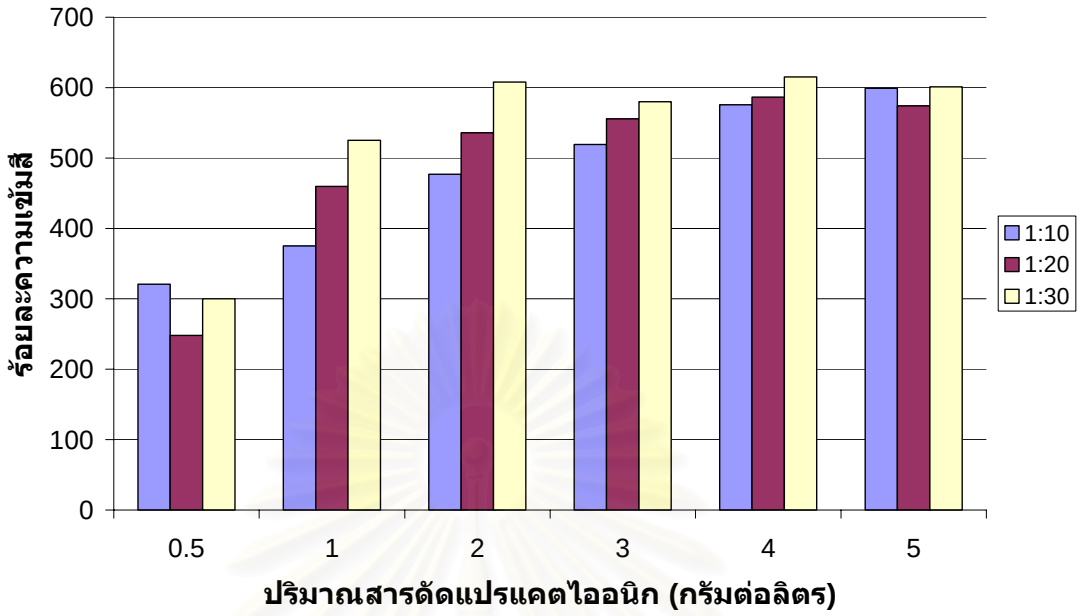
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

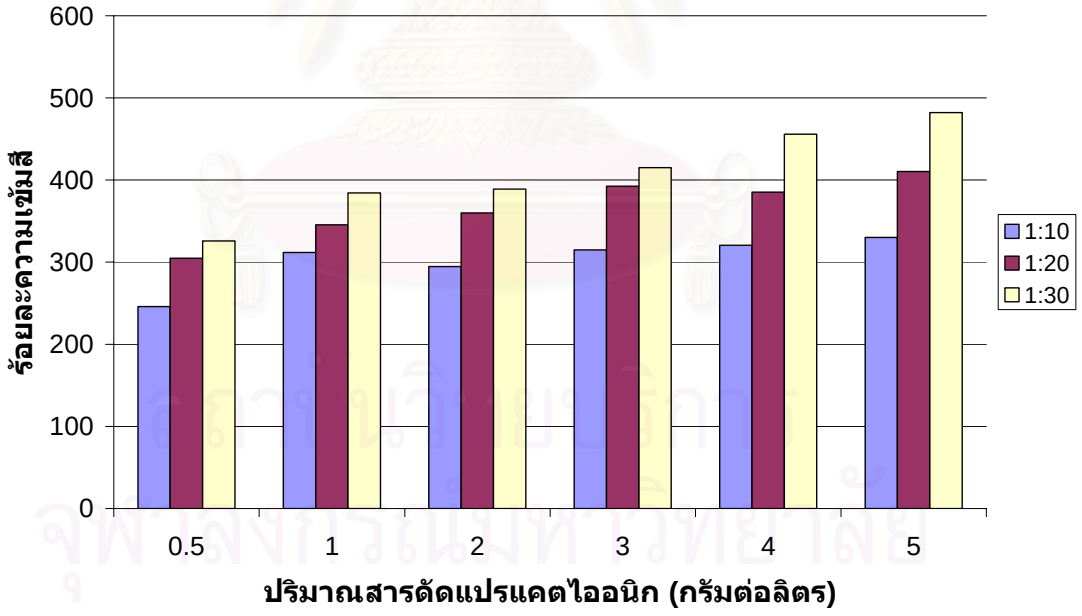
ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิก (กรัมต่อลิตร)	Kayacelon React Yellow CN-ML			Kayacelon React Red CN-3B			Kayacelon React Blue CN-MG		
	1:10	1:20	1:30	1:10	1:20	1:30	1:10	1:20	1:30
0.5	295.63	367.3	382.5	320.64	248.1	300.15	245.96	304.86	325.8
1	325.21	396.01	445.3	375.19	459.69	525.14	311.76	345.54	384.22
2	371.83	494.75	510.4	476.97	535.75	608	294.76	359.97	389.11
3	423.32	478.3	511.3	519.4	555.64	579.82	315.03	392.34	415.08
4	416.03	434.73	493.2	575.74	586.46	615.2	320.52	385.15	455.61
5	393.26	405.83	485.1	599.01	573.94	601.09	330.15	410.37	482.01



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคตไอออนิก



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B บนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคตไอออนิก



รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MGบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร กับอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและสารดัดแปรแคตไอออนิก

พิจารณาที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำเป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 มีร้อยละความเข้มย้อมด้วยสีเหลืองรีแอกทีฟ 295.63, 367.3 และ 382.5

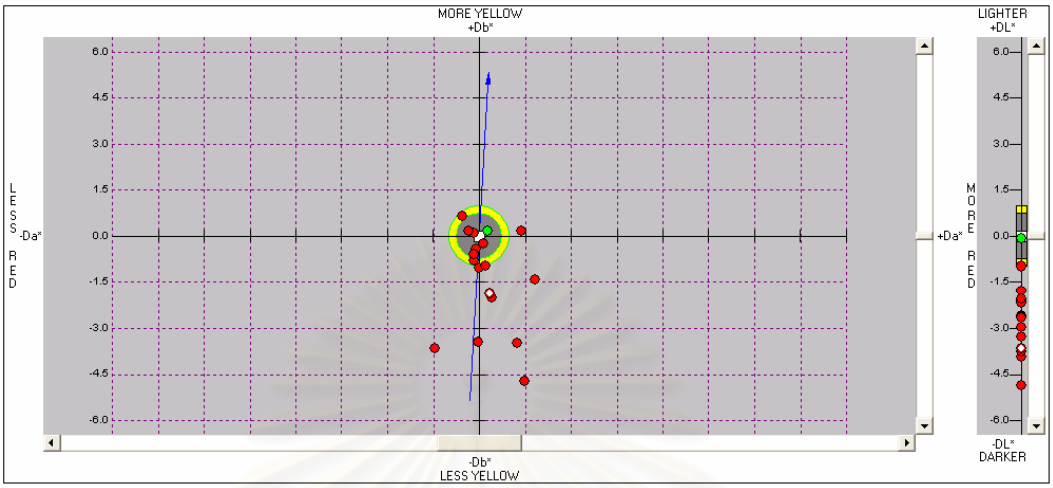
ตามลำดับ ย้อมด้วยสีแดงรีแอกทีฟ 320.64, 248.1 และ 300.15 ตามลำดับ ย้อมด้วยสีน้ำเงินรีแอกทีฟ 245.96, 30486 และ 325.8 ตามลำดับ เห็นได้ว่าร้อยละความเข้มสีเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อเพิ่มขึ้น ยกเว้นสีแดง ร้อยละความเข้มสีที่ อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:10 มีค่ามากที่สุด รองมาคือ อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:30 ส่วน อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:20 มีค่าน้อยที่สุด ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ เป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 ย้อมสีเหลือง มีร้อยละความเข้มสี 325.21, 396.01 และ 445.3 ตามลำดับ ย้อมสีแดง มีร้อยละความเข้มสี 375.19, 459.69 และ 525.14 ตามลำดับ ย้อมสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสี 311.76, 345.54 และ 384.22 ตามลำดับ เห็นได้ว่าร้อยละความเข้มสีเพิ่มเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มเดียวทั้งสีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงิน ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ เป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 ย้อมสีเหลือง มีร้อยละความเข้มสี 371.83, 494.75 และ 510.4 ตามลำดับ ย้อมสีแดง มีร้อยละความเข้มสี 476.97, 535.75 และ 608 ตามลำดับ ย้อมสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสี 294.76, 359.97 และ 389.11 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 3 กรัมต่อลิตรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ เป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 ย้อมสีเหลือง มีร้อยละความเข้มสี 423.32, 478.3 และ 511.3 ตามลำดับ ย้อมสีแดง มีร้อยละความเข้มสี 519.4, 555.64 และ 579.82 ตามลำดับ ตามลำดับ ย้อมสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสี 315.03, 392.34 และ 415.08 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ เป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 ย้อมสีเหลือง มีร้อยละความเข้มสี 416.03, 434.73 และ 493.2 ตามลำดับ ย้อมสีแดง มีร้อยละความเข้มสี 575.74, 586.46 และ 615.2 ตามลำดับ ย้อมสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสี 320.52, 385.15 และ 455.61 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ เป็น 1:10 ,1:20 และ 1:30 ย้อมสีเหลือง มีร้อยละความเข้มสี 393.26, 405.83 และ 485.1 ตามลำดับ ย้อมสีแดง มีร้อยละความเข้มสี 599.01, 573.94 และ 601.09 ตามลำดับ ย้อมสีน้ำเงิน มีร้อยละความเข้มสี 330.15, 410.37 และ 482.01 ตามลำดับ เห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำเพิ่มขึ้น ร้อยละความเข้มสีจะเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.18, 4.19 และ 4.20 แสดงให้เห็นว่า เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำเพิ่มขึ้น ร้อยละความเข้มสีจะเพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกันทั้ง 3 สี การเพิ่มขึ้นของร้อยละความเข้มสีอาจกล่าวได้ มีผลมาจาก อัตราส่วนสารดัดแปรแคตไอออนิกต่อน้ำหนักผ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารเคมีที่ใส่ลงไปจะเพิ่มตามอัตราส่วน L:R

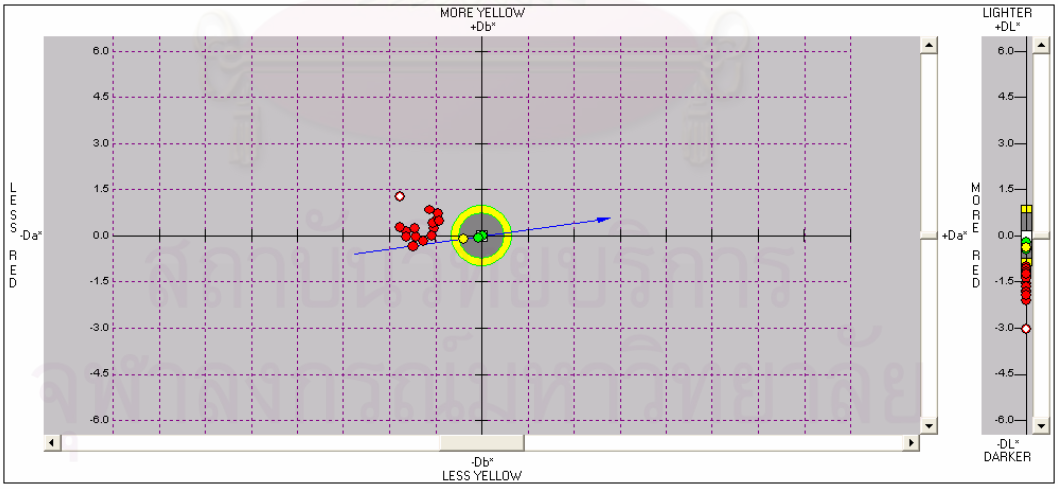
เมื่อพิจารณาสีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร พบว่า ร้อยละความเข้มสีของทุกสีเมื่อเปรียบเทียบกับ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงใช้การวัดความต่างของเพื่อวิเคราะห์ผล ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงความต่างสีของสีดิสเพอร์ส บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

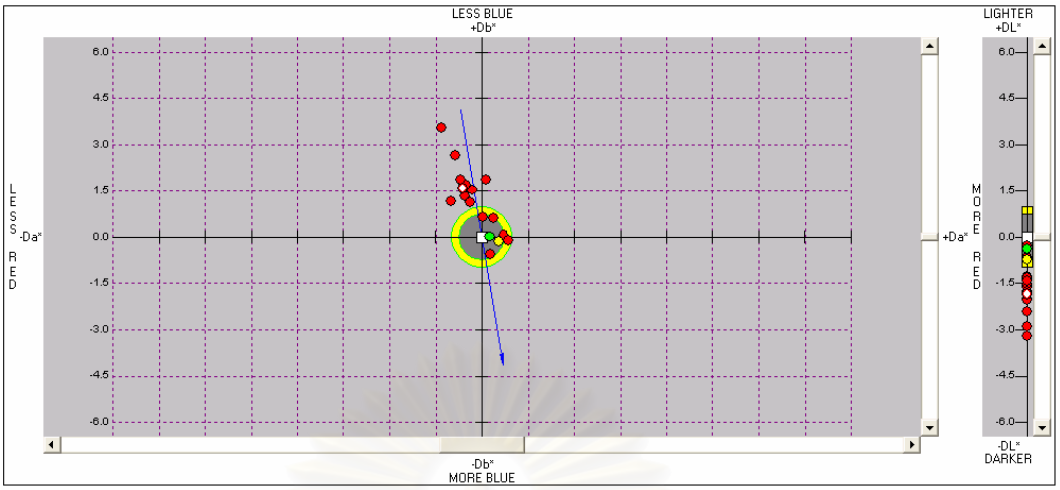
ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิก (กรัมต่อลิตร)	ค่าความต่างสี	Navacron Yellow ACE			Navacron Red ACE			Navacron Blue ACE		
		1:10	1:20	1:30	1:10	1:20	1:30	1:10	1:20	1:30
0.5	DL*	-1.78	-2.63	-3.27	-1.55	-1.38	-2.09	-2	-0.73	-1.77
	Da*	-0.55	0.19	1.83	-2.45	-2.14	-2.64	-0.57	0.56	-0.7
	Db*	0.67	-0.95	-1.41	0.13	-0.03	0.29	1.74	-0.14	1.85
	DE	1.97	2.8	4	2.9	2.54	3.39	2.71	0.93	2.65
1	DL*	-2.65	-2.64	-2.14	-1.33	-1.21	-1.25	-3.22	-1.28	-1.3
	Da*	1.37	-1.45	0.14	-1.44	-1.58	-1.39	-1.3	-0.54	-0.39
	Db*	0.16	-3.66	-0.25	0.52	0.41	0.48	3.57	1.35	1.14
	DE	2.99	4.74	2.16	2.03	2.03	1.93	4.98	1.93	1.77
2	DL*	-0.99	-3.75	-2.1	-0.21	-1.08	-1.66	-3.22	-0.26	-0.66
	Da*	-0.17	-0.04	-0.12	0.02	-1.91	-2.23	1.3	0.28	-1.01
	Db*	0.1	-3.45	-0.41	-0.02	-0.17	-0.36	3.57	-0.55	1.16
	DE	1	5.09	2.14	0.22	2.2	2.8	4.98	0.67	1.67
3	DL*	-2.17	-2.16	-2.98	-0.43	-1.17	-1.81	-1.61	-1.81	-1.41
	Da*	-0.01	-0.17	0.42	-0.11	-1.42	-2.17	0.71	-0.32	0.04
	Db*	-1.03	-0.59	-2.01	-0.06	0.73	0.25	0.08	1.53	0.64
	DE	2.4	2.25	3.62	0.45	1.98	2.84	1.76	2.39	1.55
4	DL*	-0.7	-2.04	-4.86	-0.99	-1.78	-1.93	-1.51	-2.41	-2.91
	Da*	0.27	-0.34	1.49	-1.55	-1.68	-2.44	0.38	-0.86	0.14
	Db*	0.18	0.16	-4.73	0.23	0.84	-0.04	0.63	2.67	1.86
	DE	0.33	2.8	6.94	1.86	2.59	3.11	1.68	3.69	3.45
5	DL*	-3.94	-3.66	2.6	-1.1	-0.38	-3.05	-1.38	-2.03	-1.85
	Da*	1.24	0.35	-0.17	-1.63	-0.57	-2.64	0.85	-0.52	-0.63
	Db*	-3.49	-1.85	-0.81	0	-0.12	1.28	-0.09	1.69	1.6
	DE	5.41	4.11	2.73	1.97	0.7	4.23	1.62	2.69	2.52



รูปที่ 4.29 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.30 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.31 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

จากรูปที่ 4.29-4.31 แสดง Opponent- type color scales ของ สีเหลือง Navacron Yellow ACE ,สีแดง Navacron Red ACE และสีน้ำเงิน Navacron Blue ACE บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์เมื่ออัตราส่วนวัสดุต่อน้ำในการดัดแปรและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป อธิบายถึง สีเหลือง Navacron Yellow ACE เมื่อย้อมผ้าเส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการดัดแปร สีที่ติดบนเส้นใยพอ-ลิเอสเทอร์ มีค่า –DL ทั้งหมด แสดงว่า มีความเข้มกว่าสีเหลืองที่ติดบนเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร สีแดง Navacron Red ACE และสีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ก็มีพฤติกรรมเดียวกัน ความแตกต่างของเฉดสี เมื่อย้อม สีเหลือง Navacron Yellow ACE มีความต่างเฉดมากที่สุดสังเกตุได้จากการกระจายตัวของจุดบนกราฟ โดยส่วนใหญ่จุดบนกราฟสีเหลือง Navacron Yellow ACE มีเฉดน้ำเงินกว่า เพราะมีค่า –Db สีแดง Navacron Red ACE จุดบนมีการจายตัวน้อยอธิบายได้ว่ามีความต่างสีน้อยเมื่อเทียบกับสีที่ติดบนเส้นใยพอลิ-เอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร จุดส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกันอยู่ที่ ค่า –Da อธิ-บายได้ว่าเขียวกว่า สีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปรเล็กน้อย สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE จุดบนกราฟเกาะกลุ่มกัน ส่วนใหญ่มีค่าเป็น + Db อธิบายได้ว่ามีเฉดเหลืองกว่าสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร อย่างไรก็ตามความต่างสีทั้งหมดมีค่าแตกต่างเพียงเล็กน้อย คือมีค่า DE ไม่เกิน 7

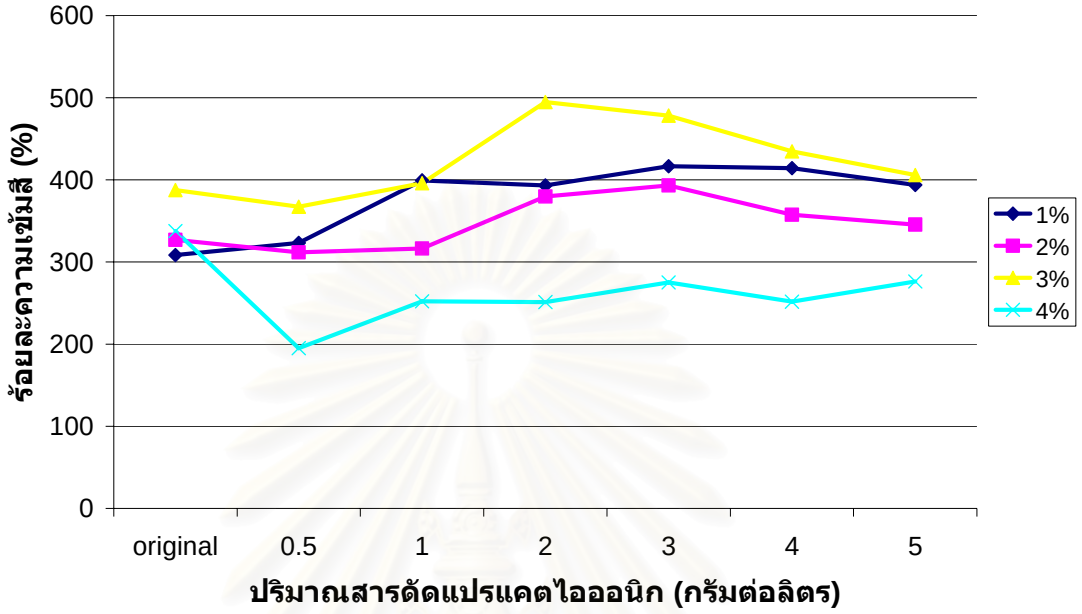
การเปลี่ยนแปลงของค่าความต่างสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร มีเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก สารดัดแปรแคตไอออนิกไม่ได้เกาะติด กับเส้นใยพอลิ-เอสเทอร์เมื่อดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เพราะสารดัดแปรแคตไอออนิก ไม่มีหมู่ที่จะทำปฏิกิริยากับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ จึงไม่มีผลกระทบโดยตรงกับสีดิสเพอร์สบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์

4.6 ผลของปริมาณสีต่อระดับความเข้มสีที่ผนึกติดกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

กระบวนการย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายแบบขั้นตอนเดียว โดยปราศจากเกลือ จะย้อมสี ร้อยละ 1-4 ของน้ำหนักผ้า ทั้งส่วนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยพอลิเอสเทอร์ สารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5,1,2,3,4 และ 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการดัดแปร 20 นาที อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำที่ใช้ในการดัดแปร คือ 1:20 ผลร้อยละความเข้มสีแสดงไว้ในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ร้อยละความเข้มสีรีแอกทีฟที่ติดบนเส้นใยฝ้าย ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป

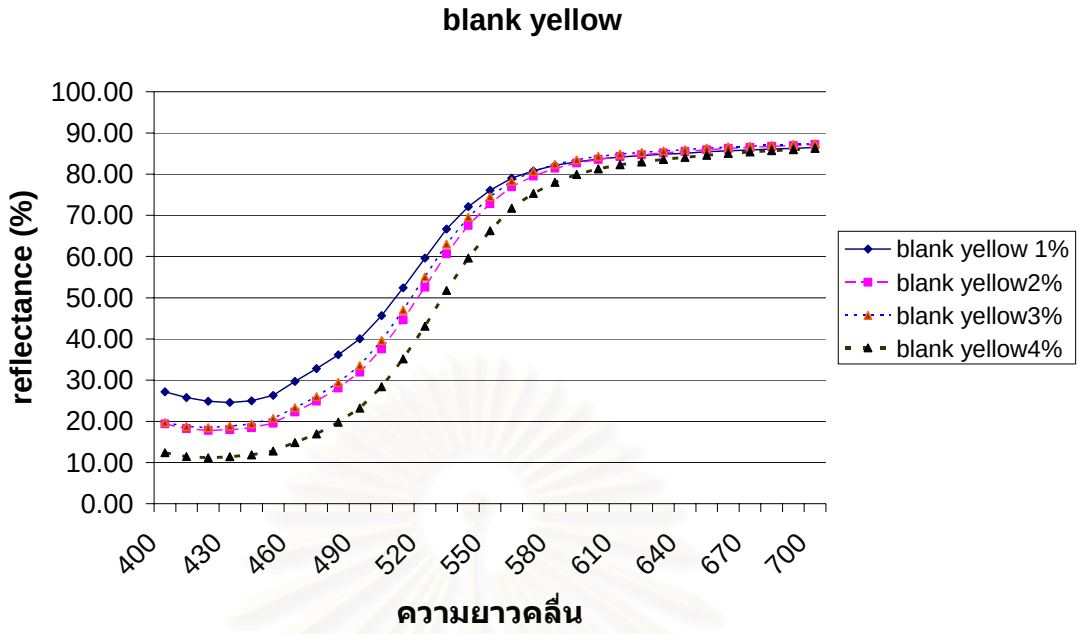
สี	ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณสี (%owf)			
		1	2	3	4
Kayacelon React Yellow CN-ML	original	308.52	326.95	387.5	337.67
	0.5	323.3	311.83	367.3	195.08
	1	399.38	316.55	396.01	252.04
	2	393.19	379.83	494.75	251.17
	3	416.73	393.33	478.3	275.07
	4	414.39	357.69	434.73	251.61
	5	393.81	345.59	405.83	276.46
Kayacelon React Red CN-3B	original	628.31	752.84	904.92	669.45
	0.5	263.16	237.41	248.1	219.06
	1	485.64	400.71	459.69	264.32
	2	626.27	452.67	535.75	298.89
	3	617	462.53	555.64	321.96
	4	548.19	474.64	586.46	359.26
	5	636.09	588.87	573.94	346.25
Kayacelon React Blue CN-MG	orginal	366.01	510.35	658.47	548.11
	0.5	229.97	180.93	304.86	160.63
	1	271.39	296.09	345.54	219.84
	2	429.11	319.75	359.97	290.24
	3	462.85	360.56	392.34	285.43
	4	467.92	409.76	385.15	289.52
	5	437.88	392.09	410.37	291.03



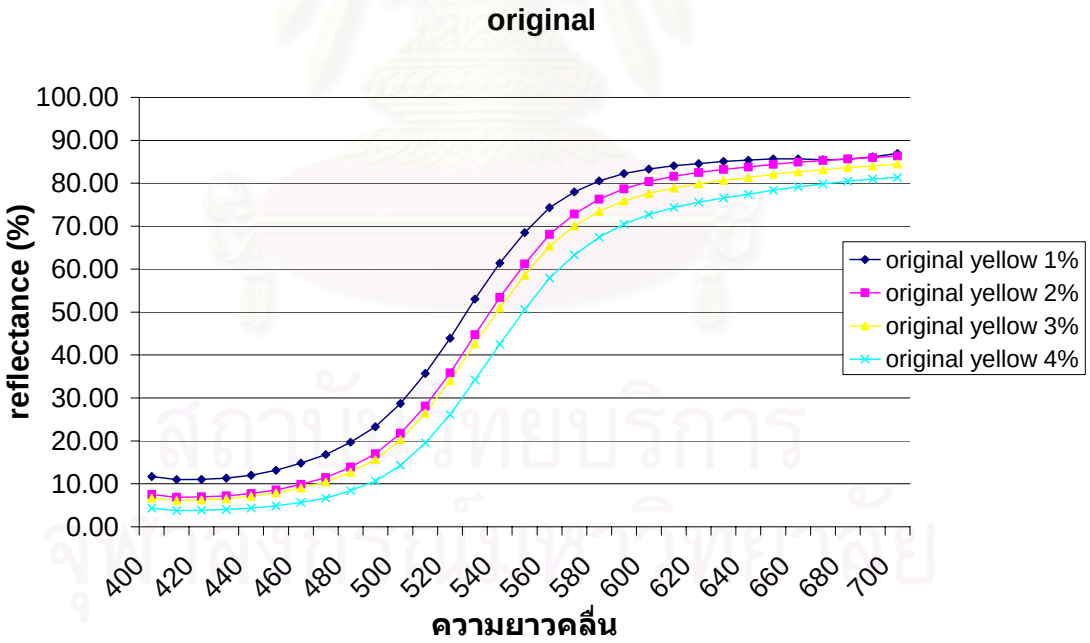
รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML เมื่อเพิ่มปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ

จากร้อยละความเข้มสีของสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML ที่ปริมาณสีต่างๆ จะเห็นได้ว่าที่สีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีร้อยละความเข้มสีมากที่สุด เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเดียวกัน นั้นคือมีอัตราการติดสีสูงกว่าปริมาณสีอื่น หากจะพิจารณาความสัมพันธ์ของสารดัดแปรแคตไอออนิกที่เหมาะสมกับปริมาณสี สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนแสงของแต่ละสี โดยพิจารณาอัตราการเพิ่มขึ้นของ ค่า K/S ของแต่ละความเข้มสีที่ย้อม

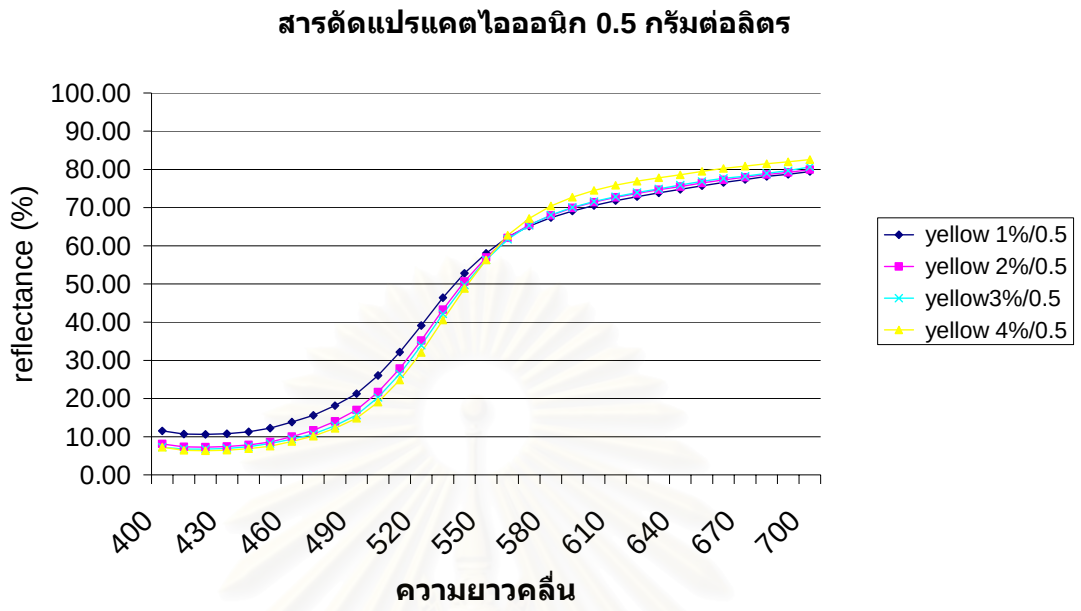
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



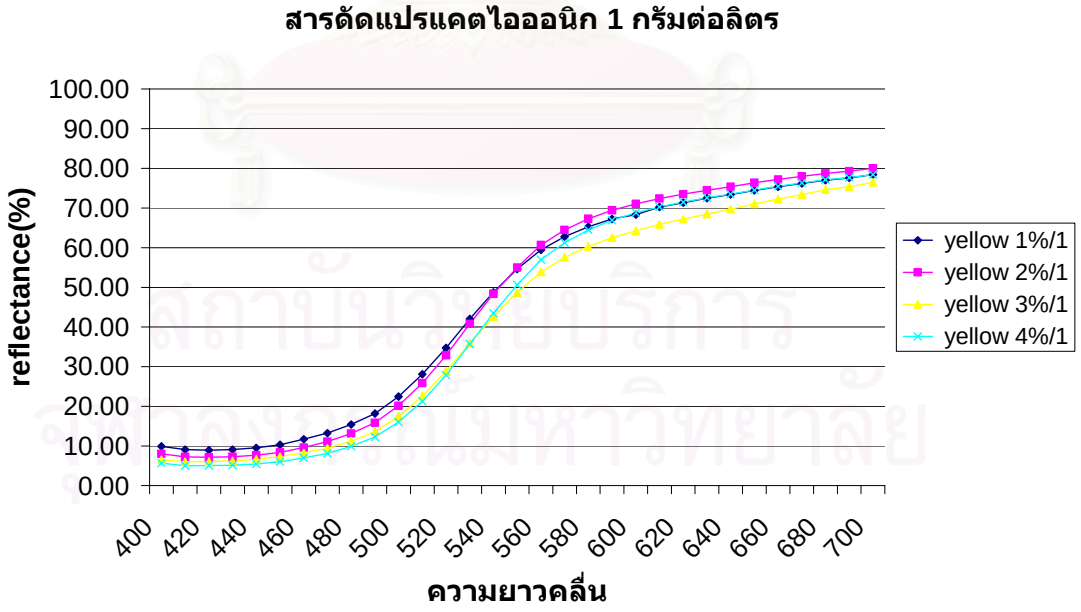
รูปที่ 4.33 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



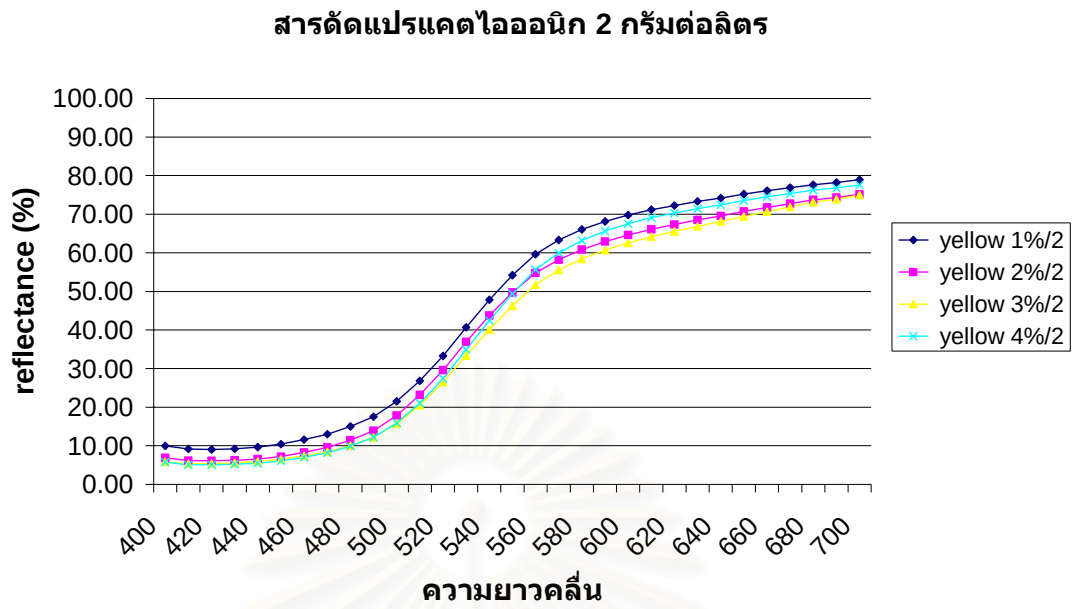
รูปที่ 4.34 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอส-เทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในภาวะที่มีเกลือ



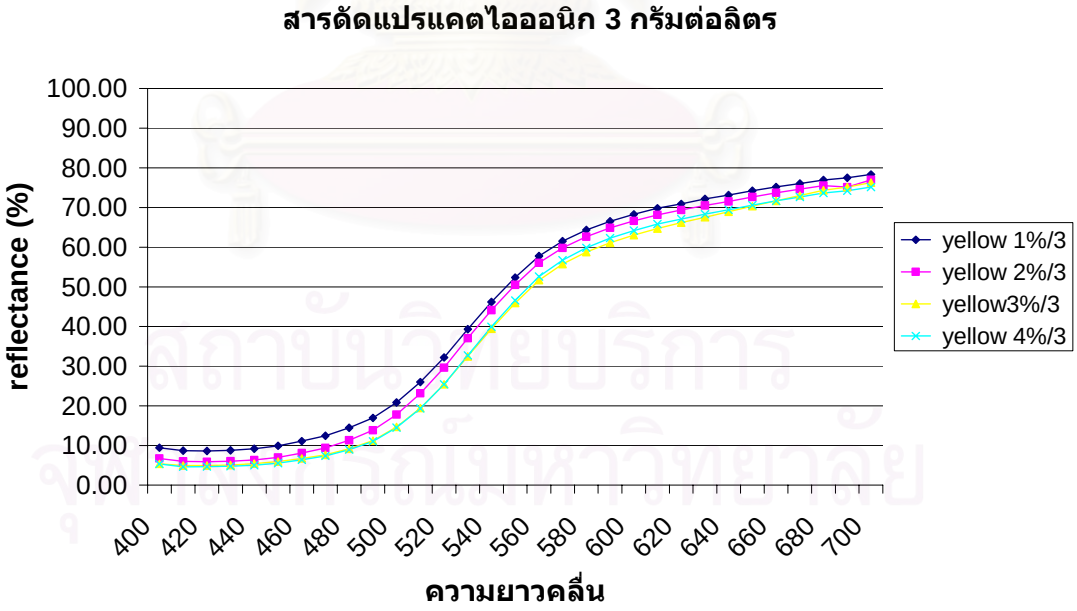
รูปที่ 4.35 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่นของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



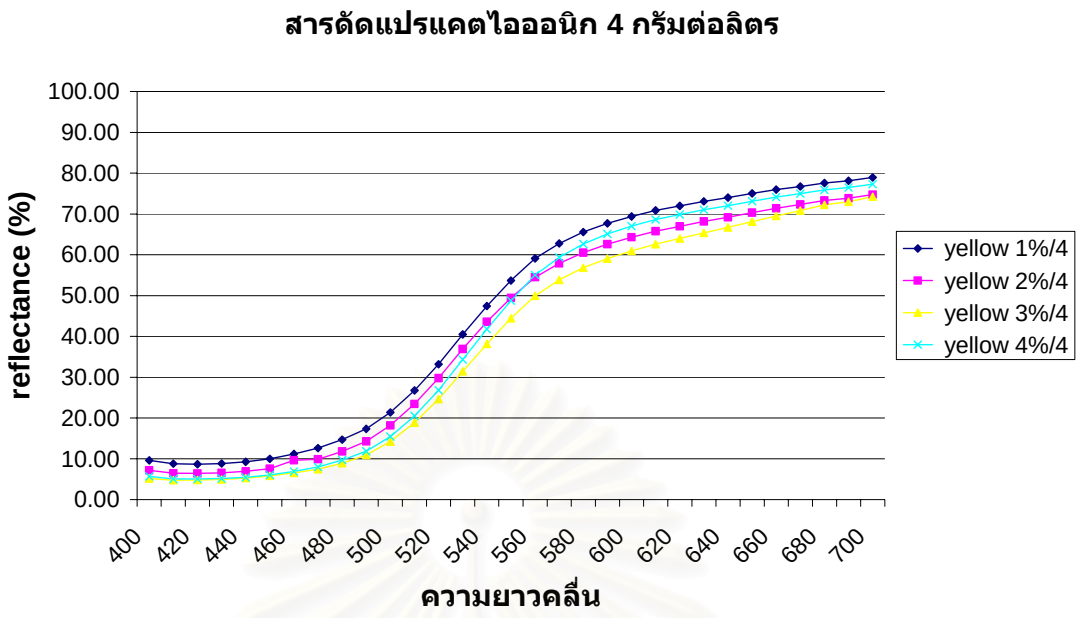
รูปที่ 4.36 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 1 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



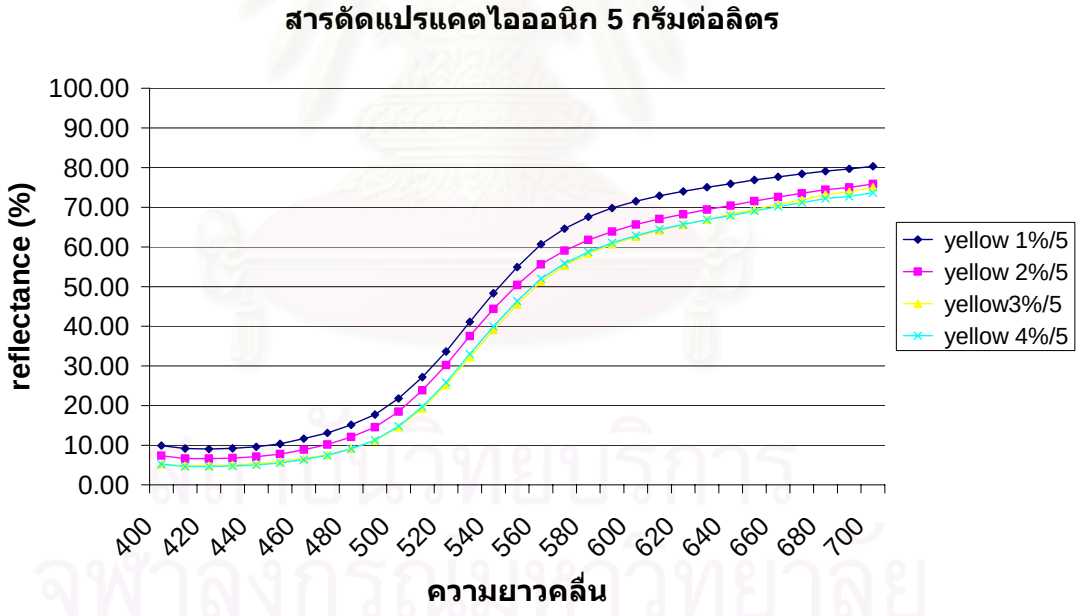
รูปที่ 4.37 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.38 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก3 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.39 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ

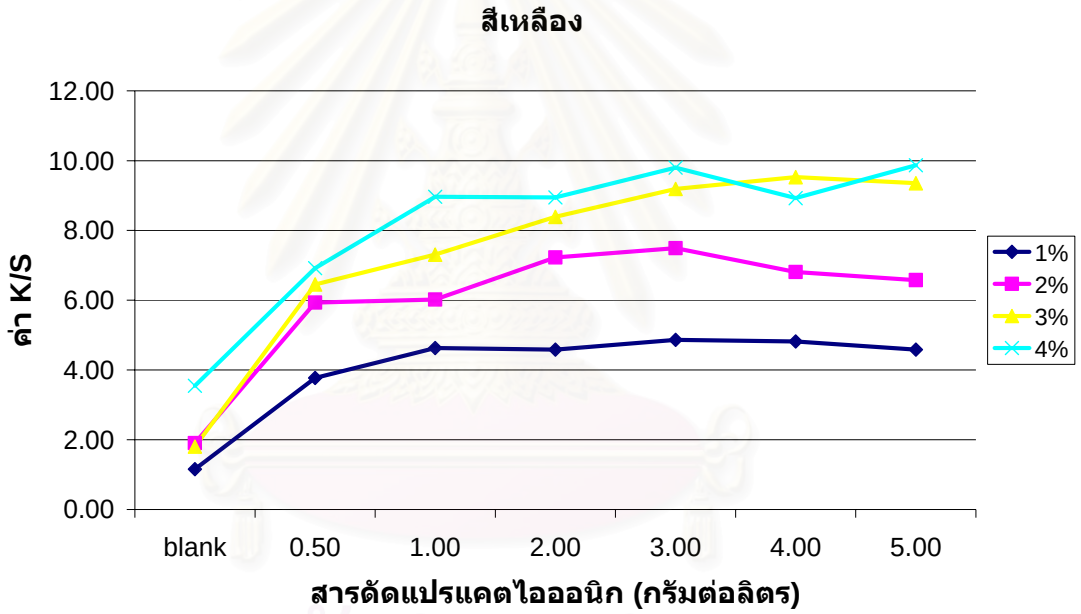


รูปที่ 4.40 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ

จากรูปที่ 4.33-4.40 แสดงค่าสะท้อนของแสงที่ช่วงต่าง ๆ โดยหากมีค่าน้อยแสดงว่า ร้อยละความเข้มสีจะมาก พิจารณาที่ blank สีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า จะมีค่าสะท้อนแสงน้อยที่สุด นั้นคือมีความเข้มมากที่สุด

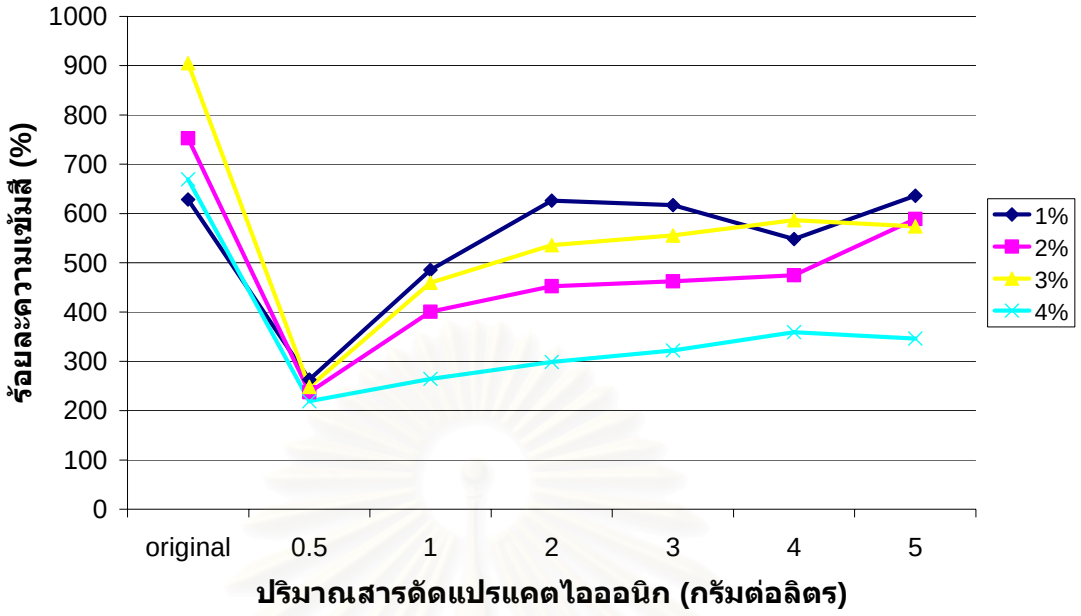
เมื่อดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย สีที่ติดบนเส้นใยฝ้ายจะมีพฤติกรรมเปลี่ยนไป โดยระดับร้อยละความเข้มสีจะมีค่าใกล้เคียงกันมากกว่าผ้าที่ย้อมด้วยกระบวนการย้อมเดิม (รูปที่ 4.32) พิจารณาผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ย้อมด้วยสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า มีปริมาณค่าสะท้อนแสง (%R) ต่ำกว่าผ้าที่ย้อมด้วยสีร้อยละ 1, 2 และ 3 ของน้ำหนักผ้า จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.1 นำมาแสดงดังรูปที่ 4.41

$$K/S = (1-R^2)/2R \quad \text{.....3.1}$$



รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าK/S กับ เปอร์เซ็นต์สีและปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกของสีเหลือง Kayacelon React Yellow CN-ML

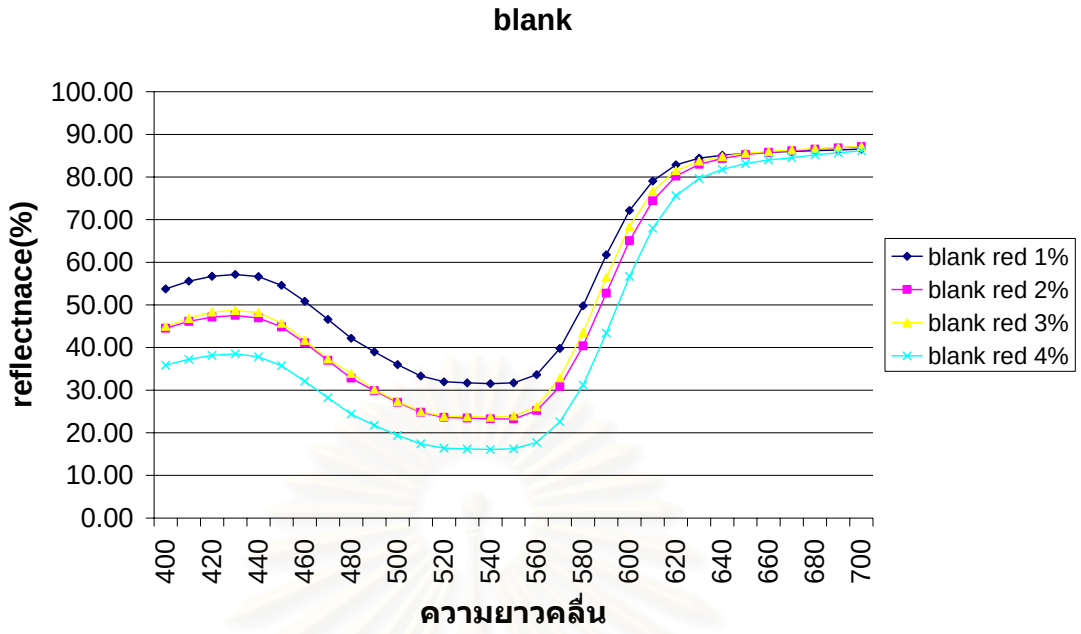
จากรูปที่ 4.41 ผ้าย้อมสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า มีค่า K/S มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเดียวกัน หากปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลง ค่า K/S จะสูงขึ้น และเริ่มคงที่ ที่ 2 กรัมต่อลิตร โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทุกปริมาณสี



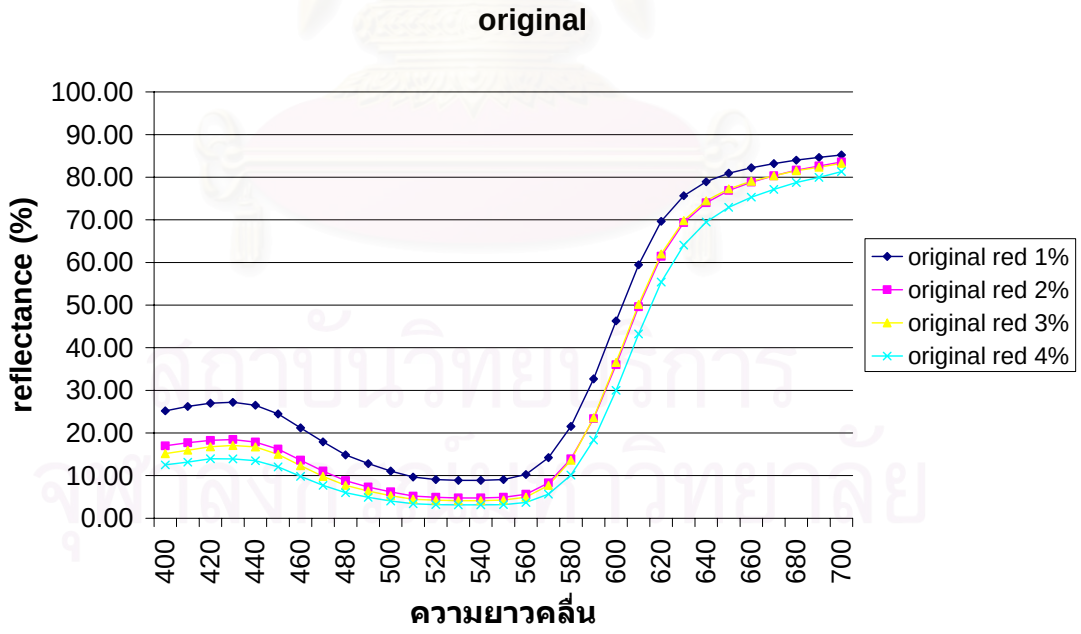
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีแดง Kayacelon React Red CN-3B เมื่อเพิ่มปริมาณและสารดัดแปรแคตไอออนิก

จากรูปที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มสี ที่ร้อยละ 1-4 ของน้ำหนักผ้า ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก 0.5 กรัมต่อลิตร ที่ระดับร้อยละ 1-4 ของน้ำหนักผ้า ร้อยละความเข้มใกล้เคียงกัน (เมื่อเปรียบกับ blank ที่ปริมาณสีเดียวกัน) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกขึ้น ที่ย้อมสีร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า มีร้อยละความเข้มสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเล็กน้อย เมื่อสารดัดแปรแคตไอออนิกมีความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร ผ้าที่ย้อมสี ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของร้อยละความเข้มสี เมื่อสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มของค่าความเข้มน้อยกว่า ผ้าที่ย้อมสีร้อยละ1 ของน้ำหนักผ้า เมื่อปริมาณสีเพิ่ม อัตราการเพิ่มขึ้นของร้อยละความเข้มสีจะน้อยลง โดยสังเกตจากความชันของกราฟ

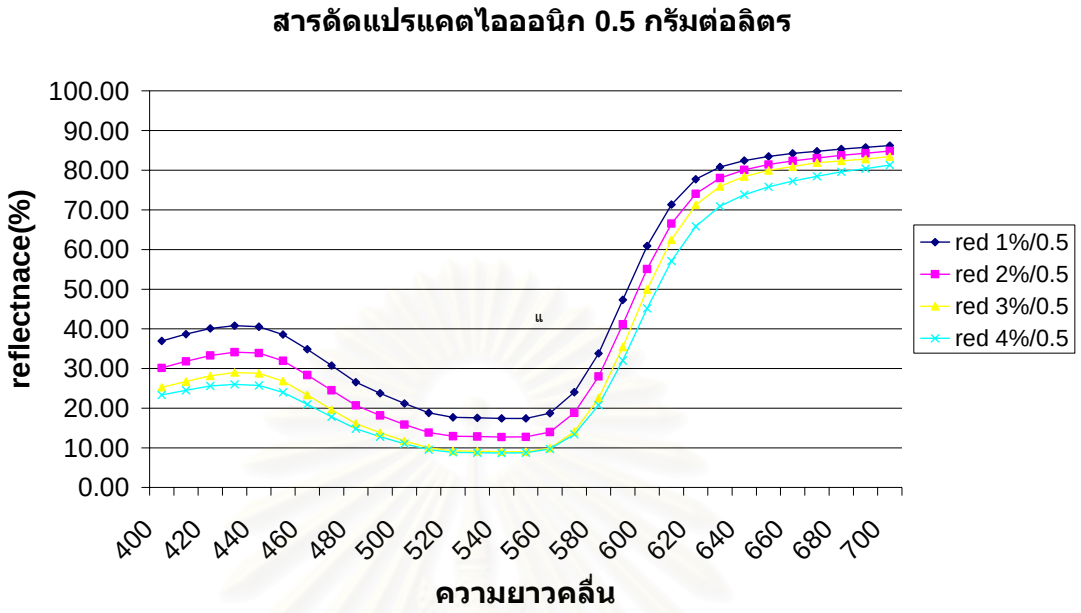
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



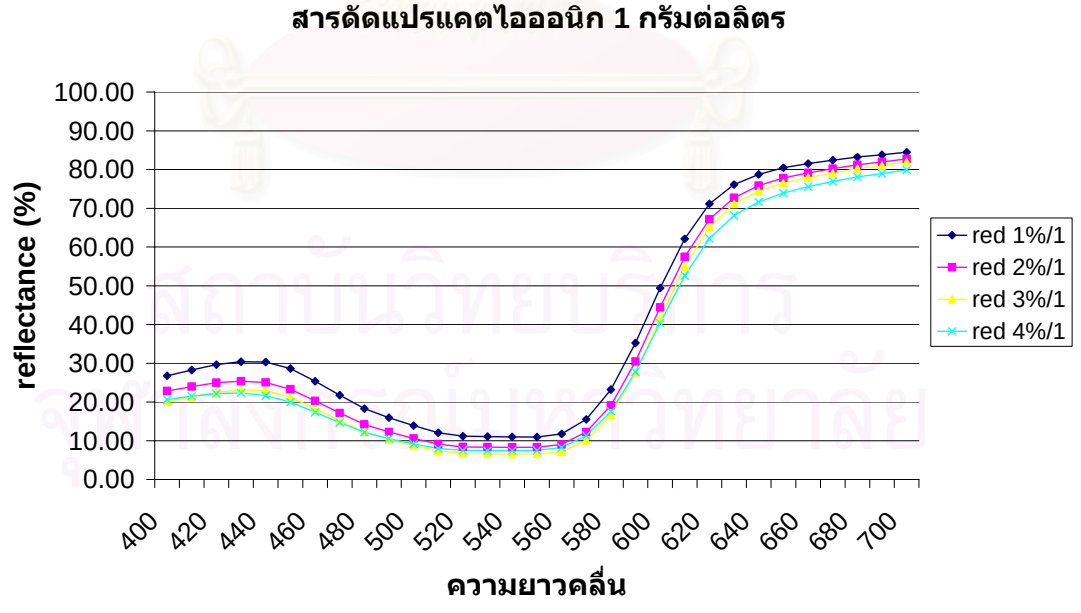
รูปที่ 4.43 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



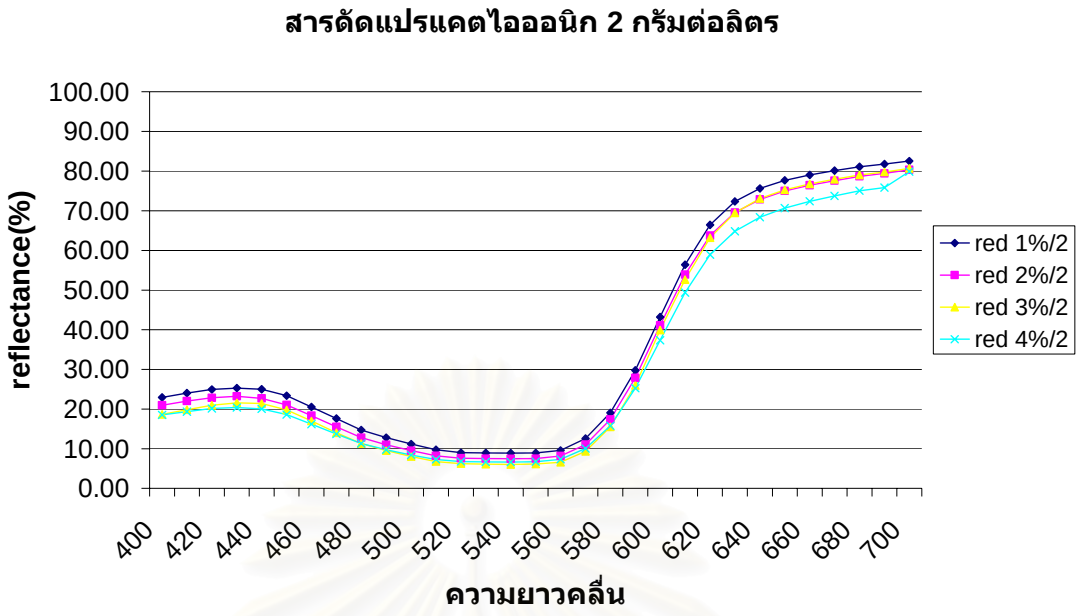
รูปที่ 4.44 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ผ่านการดัดแปร ย้อมในสภาวะที่มีเกลือ



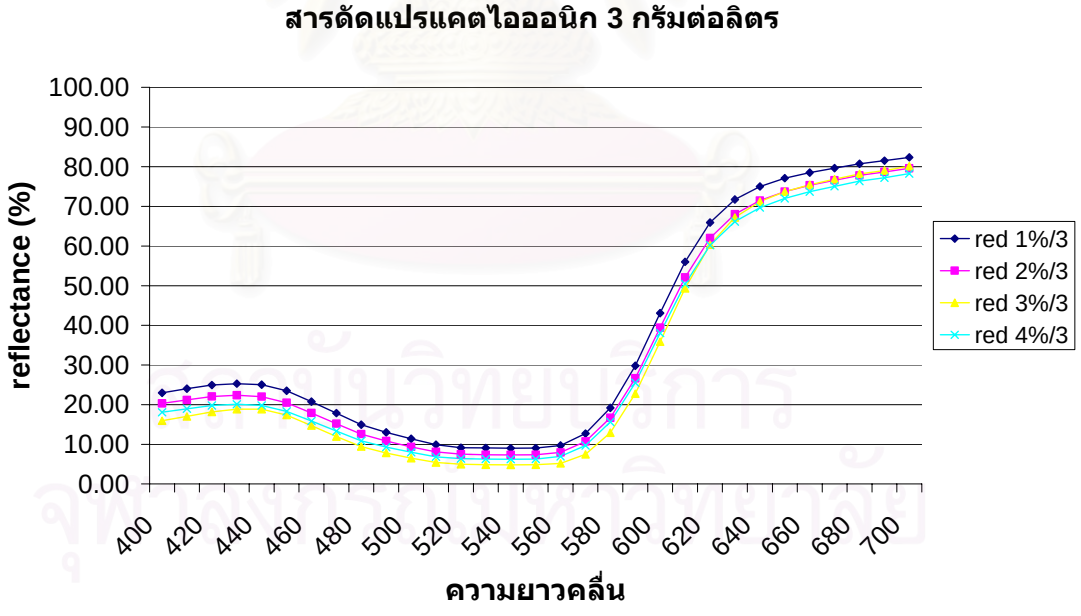
รูปที่ 4.45 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่นของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



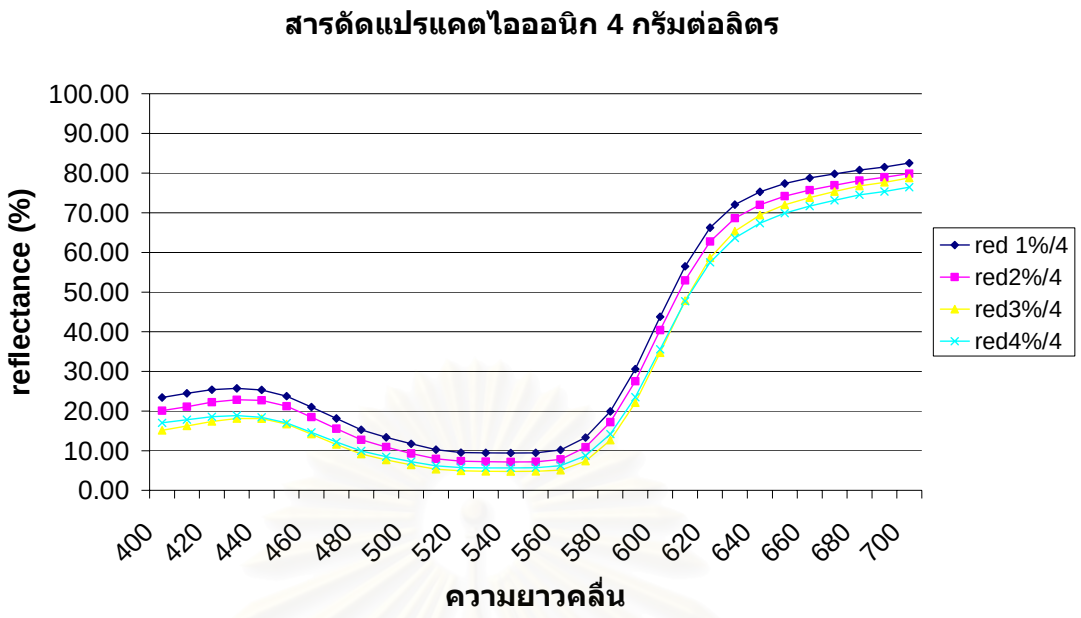
รูปที่ 4.46 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ1 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



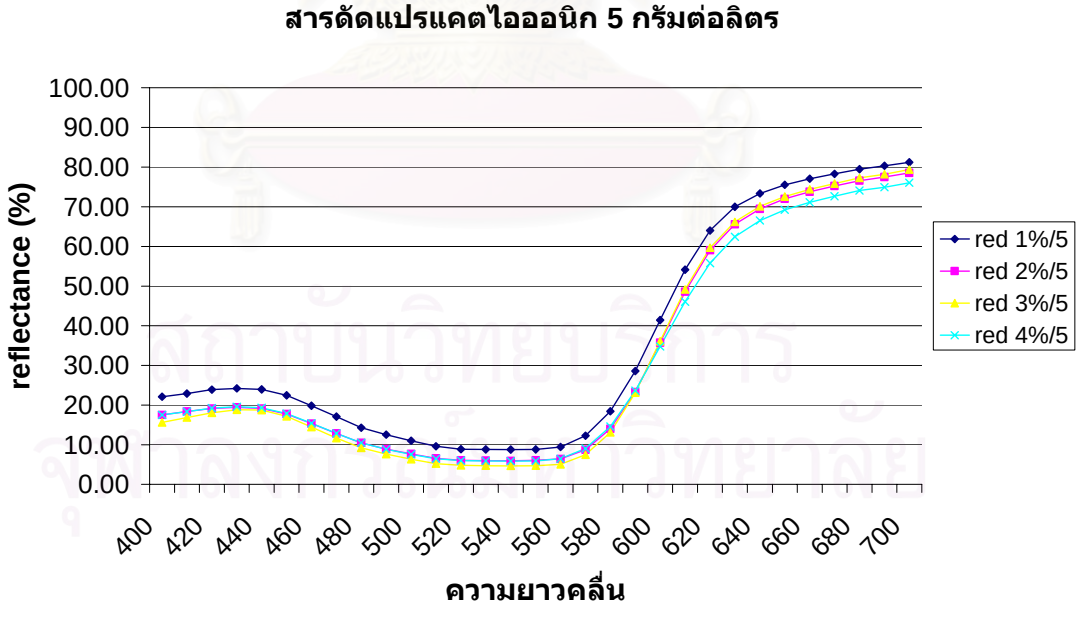
รูปที่ 4.47 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.48 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 3 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ

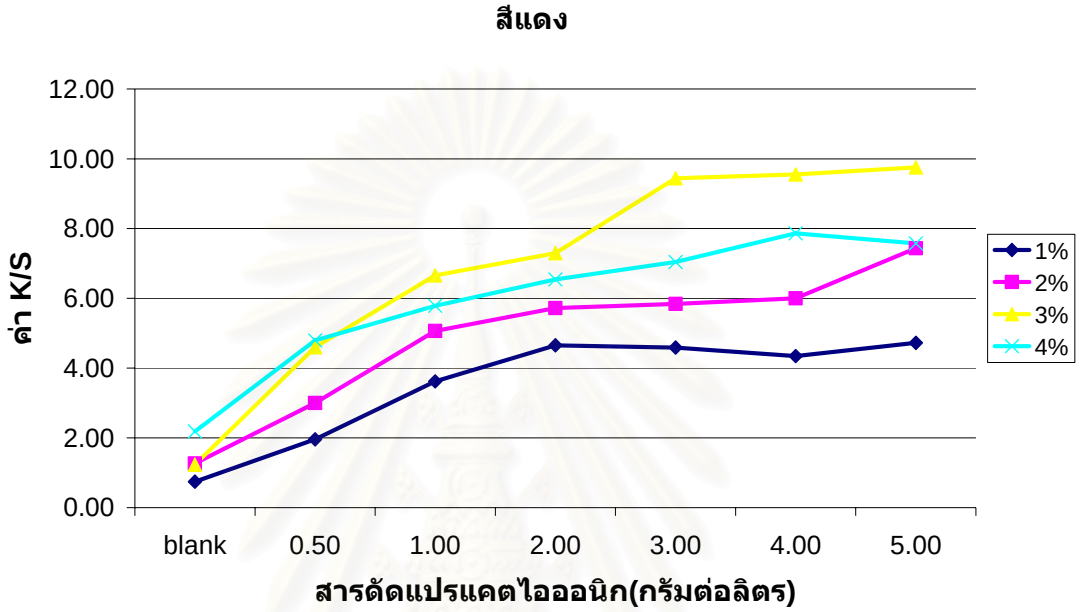


รูปที่ 4.49 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



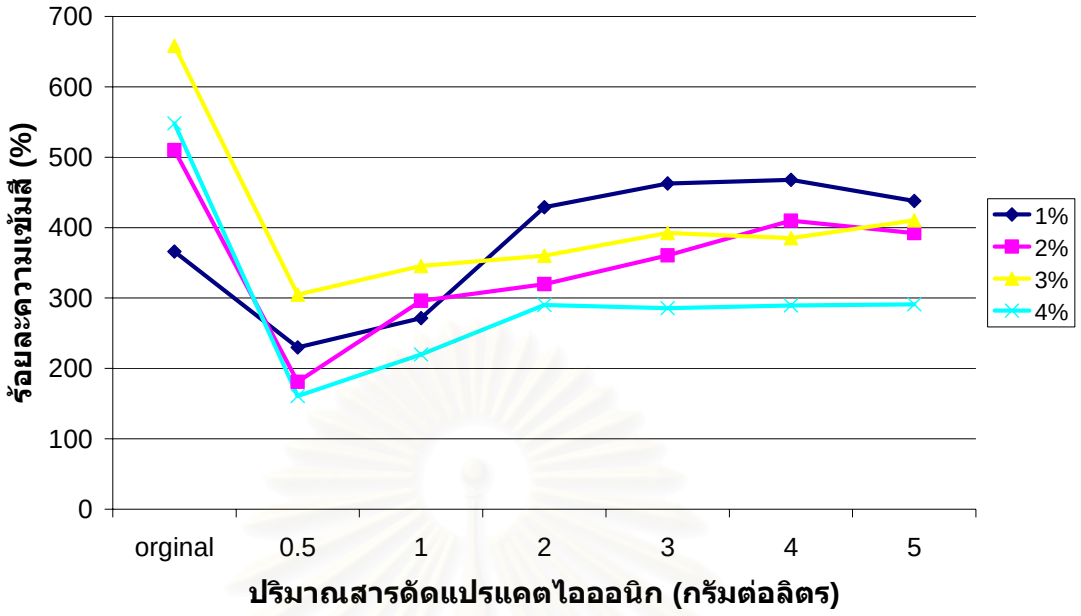
รูปที่ 4.50 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ

จากรูปที่ 4.45-4.50 ผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ผ้าที่ย้อมด้วยสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีปริมาณค่าสะท้อนแสง (%R) ต่ำกว่าผ้าที่ย้อมด้วยสีร้อยละ 1, 2 และ 4 ของน้ำหนักผ้า จากความสัมพันธ์ตามสมการ 3.1 นำมาแสดงดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าK/S กับ ปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิก ของสีแดง Kayacelon React Red CN-3B

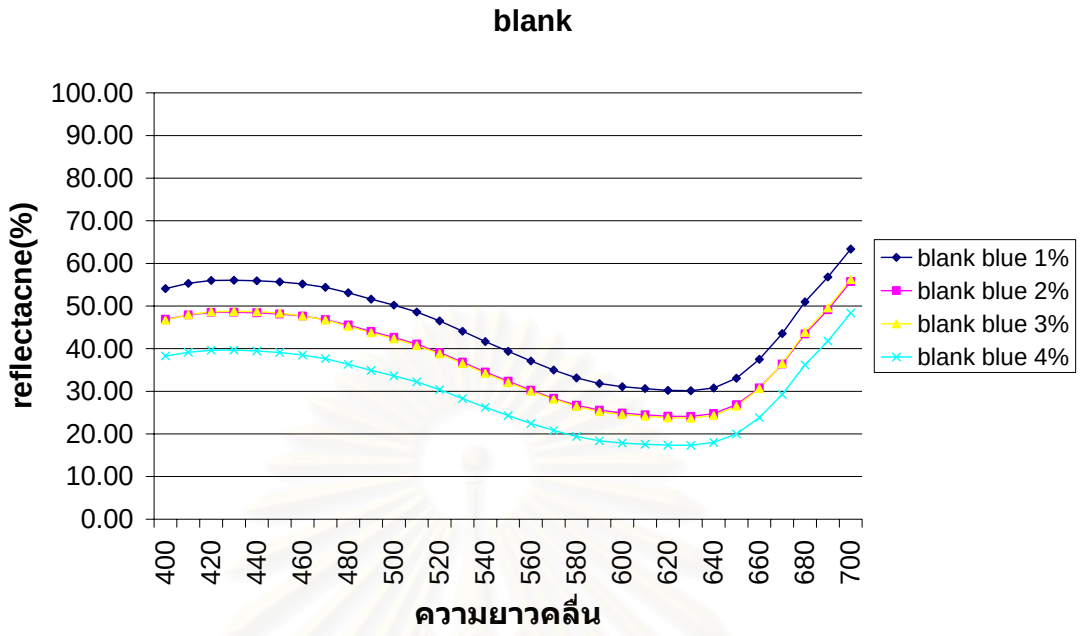
พิจารณาค่า K/S ของ ผ้าย้อมสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า มีค่า K/S มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบที่ blank เมื่อปริมาณสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้นค่า K/S ของผ้าย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้ามีแนวโน้มสูงกว่าผ้าย้อมสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า กล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่า K/S ของผ้าย้อมสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า มีน้อยกว่าผ้าย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ทั้งนี้อาจเนื่องจากความสามารถของสารดัดแปรแคตไอออนิก เมื่อปริมาณสีสูงเกินกว่าความสามารถของสารดัดแปรแคตไอออนิก ค่า K/S ของผ้าย้อมสีร้อยละ 4ของน้ำหนักผ้า จึงน้อยกว่าค่า K/S ของผ้าย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า



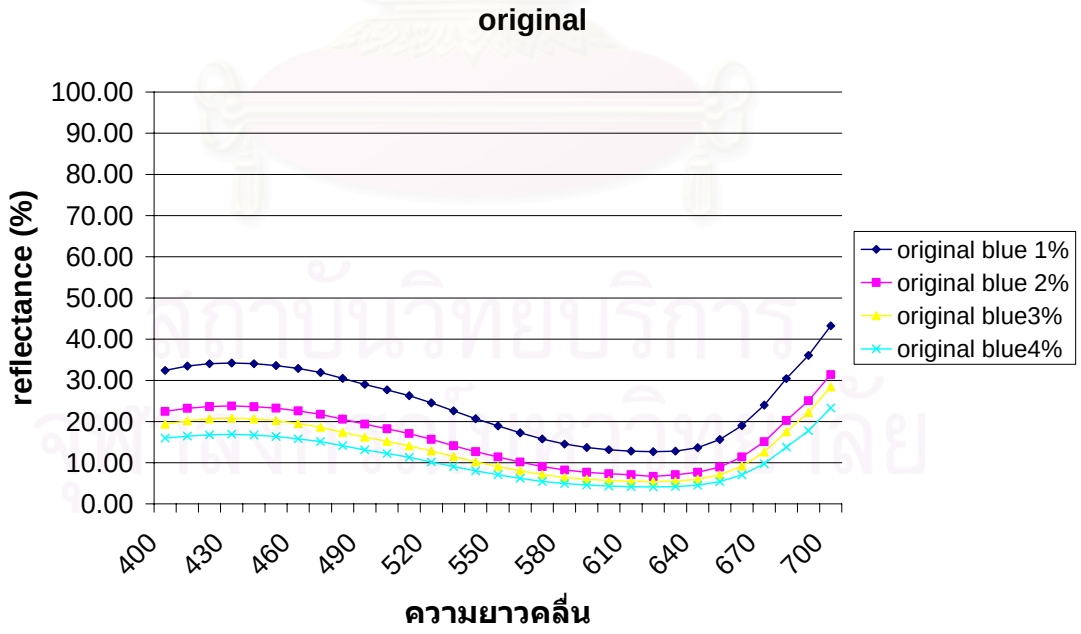
รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ร้อยละความเข้มสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MGเมื่อเพิ่มปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิก

ผ้าย้อมสีน้ำเงิน Kayacelon React Blue CN-MG ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า มีร้อยละความเข้มสีมากกว่าย้อมด้วยสีน้ำเงิน ย้อมที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักผ้า แสดงว่า สารดัดแปรแคต-ไอออนิกรีแอกทีฟมีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อย้อมที่สีร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า ผ้าผ่านการดัดแปรด้วยแคตไอออนิกรีแอกทีฟ 0.5 และ 1 กรัมต่อลิตร มีร้อยละความเข้มเมื่อเปรียบเทียบกับ Blank สีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า ย้อมสีน้ำเงินสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า มีร้อยละความเข้มสี สูงขึ้น ตามระดับความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟที่สูงขึ้น และจะคงที่ เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟตั้งแต่ 2-5 กรัมต่อลิตร พฤติกรรมดังกล่าวอาจเกิดจากปริมาณสีที่มากเกินกว่าความสามารถของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ อย่างไรก็ตามผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ย้อมด้วยสีน้ำเงินสีร้อยละ 2 และ 3 ของน้ำหนักผ้า มีร้อยละความเข้มสีเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเพิ่มขึ้น

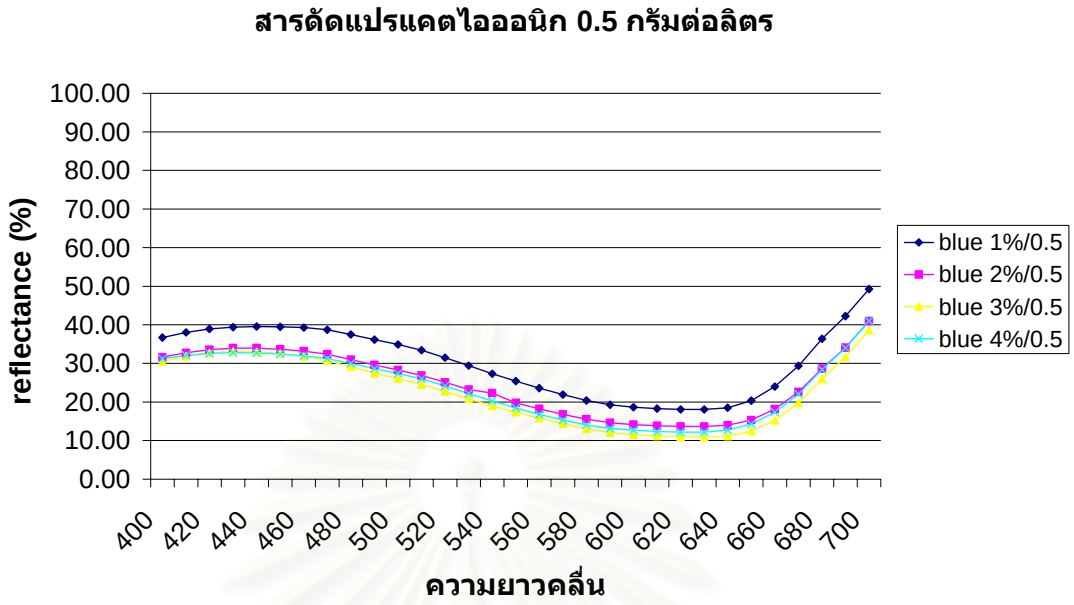
จากรูปที่ 4.54 พิจารณาที่ค่า original ซึ่งเป็นผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปรและย้อมในภาวะที่มีเกลือ ร้อยละความเข้มสีเมื่อเทียบกับ blank มากที่สุด คือผ้าที่ย้อมสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีระดับการผนึกติดสีมากที่สุด สาเหตุคือ เมื่อพิจารณารูปที่4.53 กราฟแสดงค่าสะท้อนแสงแต่ละความยาวคลื่น blank สีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า เกือบจะทับ สีร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้าแสดงว่าระดับความเข้มสีมีระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถอธิบาย ได้จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.1 ซึ่งจะอธิบายอีกครั้งในรูปที่ 4.61



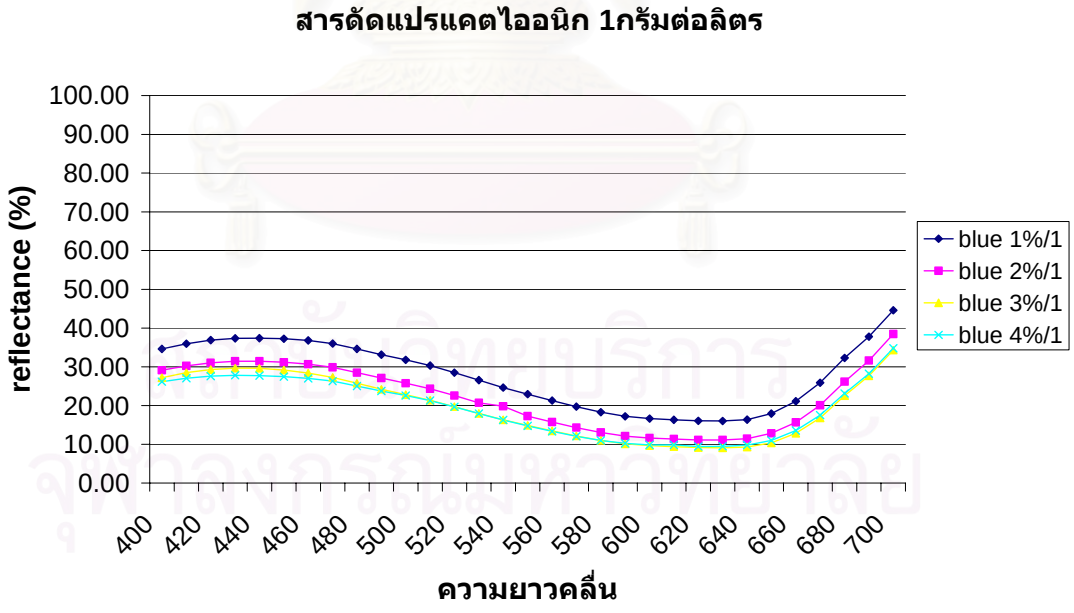
รูปที่ 4.53 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า refactance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.54 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร ย้อมในสภาวะที่มีเกลือ

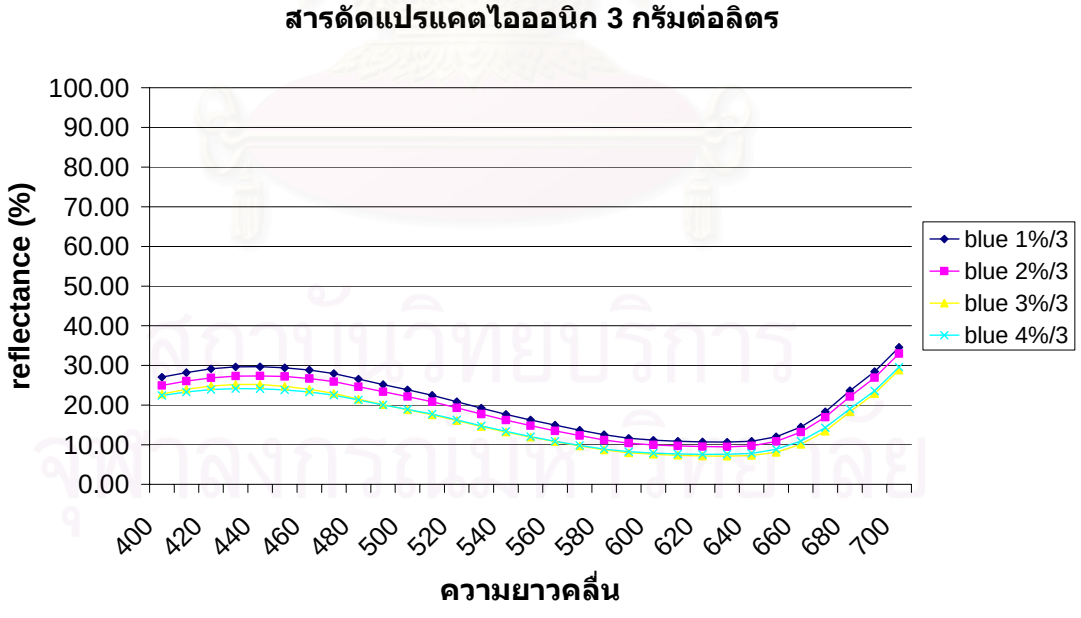


รูปที่ 4.55 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 0.5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



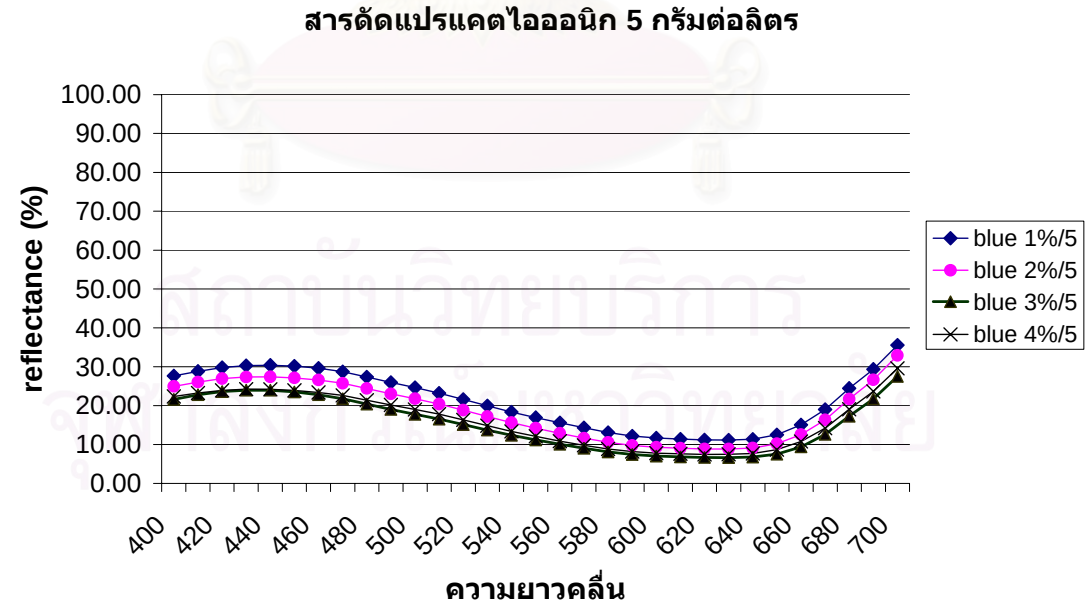
รูปที่ 4.56 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 1 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ

รูปที่ 4.57 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 2 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ

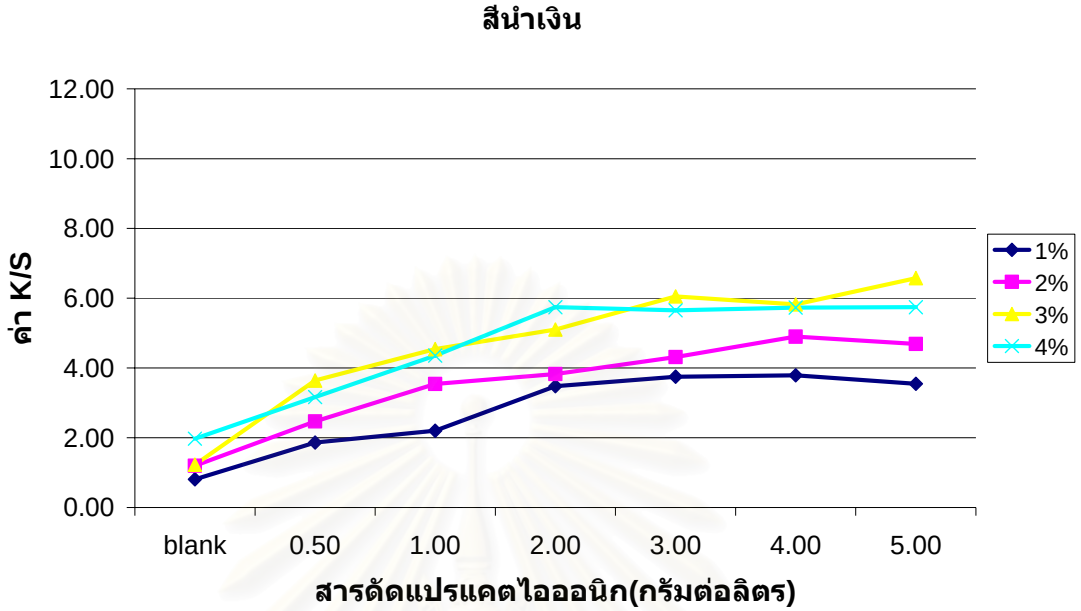


รูปที่ 4.58 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 3 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ

รูปที่ 4.59 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 4 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.60 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ค่า reflectance แต่ละช่วงความยาวคลื่น ของ ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ 5 กรัมต่อลิตร ย้อมในสภาวะที่ปราศจากเกลือ



รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ ระหว่างค่า K/S กับ ปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกของสีรีแอกทีฟสีน้ำเงิน

รูปที่ 4.54-4.60 นำมาสร้างความสัมพันธ์ตามสมการที่ 3.1 นำมาสร้างกราฟดังแสดงในรูป 4.61 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ค่า K/S ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ย้อมด้วยสีน้ำเงิน ที่สีร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักผ้า จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเพิ่มขึ้น ค่า K/S ของทุกปริมาณสีเพิ่มขึ้น

จากที่ได้เคยกล่าวไปข้างต้นแล้วว่า ระดับการติดสีของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอ-ออนิกเพิ่มขึ้น แต่จากพฤติกรรมของสีน้ำเงินรีแอกทีฟที่ย้อมด้วยสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า นั้นมีความเข้มกว่าสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า เนื่องจากระดับความสามารถของสารดัดแปรแคตไอออนิกมีขีดจำกัด

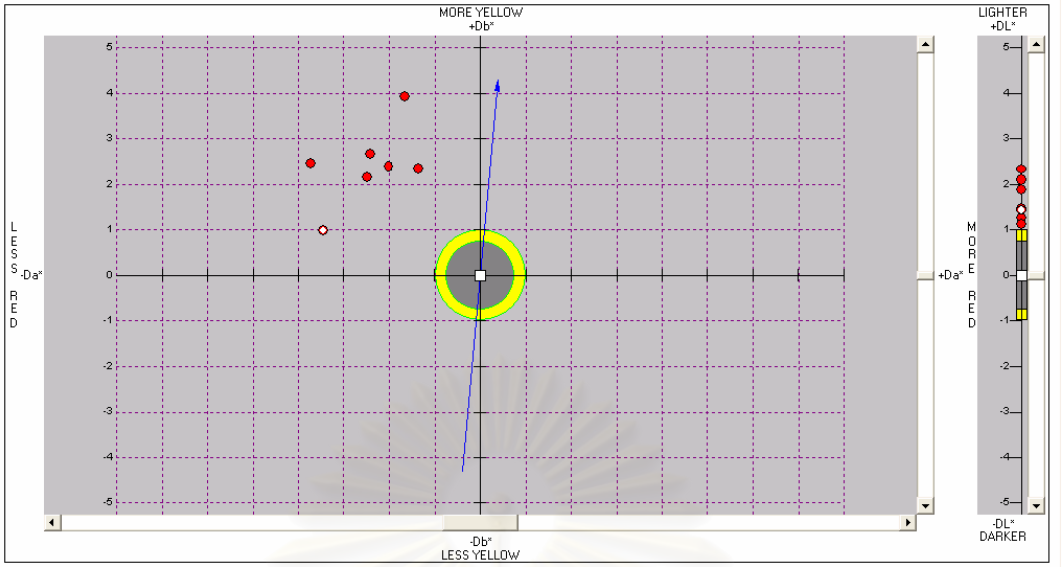
แต่เมื่อเปรียบเทียบระดับความแตกต่างระดับการสะท้อนแสงของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ย้อมในภาวะที่มีเกลือที่สีร้อยละ 3 และ4 ของน้ำหนักผ้า (original)(รูปที่ 4.54) มีความแตกต่างกันน้อยเช่นเดียวกัน แต่ ร้อยละความเข้มสีของ ผ้าที่ย้อมสีร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า ก็ยังมีค่ามากกว่าสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า

พิจารณาสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร การวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยค่า CIE ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.13

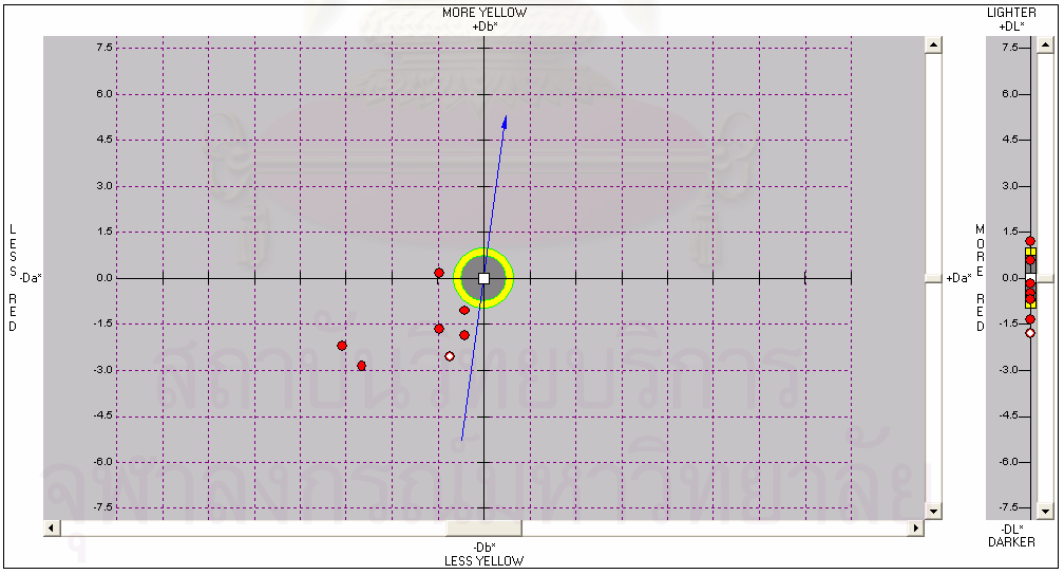
ตารางที่ 4.13 ความความแตกต่างของสีที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อปริมาณสีและสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟเปลี่ยนไป

		ไม่มีสารดัดแปรแคตไอออนิก			สารดัดแปรแคตไอออนิก																	
					0.5			1			2			3			4			5		
		Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE	Yellow ACE	Red ACE	Blue ACE
1%	DL*	1.44	-0.94	-0.69	1.88	-2.24	-1.13	2.33	-3.18	-1.63	1.27	-2.94	-0.75	1.47	-2.14	0.07	2.1	-2.01	-1.37	1.14	-1.54	-1.31
	Da*	-3.44	0.58	0.003	-2.41	-0.51	-1.36	-3.72	-0.47	-1.73	-2.01	0.46	-1.94	-1.67	16.1	-1.97	-1.67	1.18	-1.36	-1.36	1.22	-0.79
	Db*	0.98	0.74	0.15	2.67	1.43	1.46	2.46	2.23	2.66	2.39	1.67	2.63	2.34	2.24	2.87	3.92	1.51	1.46	2.34	1.82	1.24
	DE	3.85	1.32	0.71	4.06	2.7	2.42	5.03	3.91	3.57	3.37	3.41	3.35	2.94	3.49	3.48	4.75	2.78	2.42	2.94	2.68	1.97
2%	DL*	-0.68	-0.31	-0.75	-1.78	-1.09	-0.22	-0.17	-3.54	-1.57	-1.36	-3.16	-1.56	1.2	-0.72	-1.08	0.58	-1.6	-1.62	-0.48	-0.51	-1.2
	Da*	-0.63	0.13	-0.62	-1.11	-1.81	-1.19	-3.98	-2.35	-1.01	-0.63	-2.44	-1.27	-4.62	-0.88	-1.15	-1.46	-1.45	-1.49	-1.45	-1	-1.46
	Db*	-1.06	-0.22	1.02	-2.55	-0.04	1.18	-2.88	1.42	1.9	-1.86	0.53	2.09	-2.19	0.055	1.73	0.17	-0.31	2.36	-1.67	0.14	2.02
	DE	1.4	0.4	1.41	3.3	2.11	1.7	4.92	4.48	2.66	2.38	4.03	2.9	5.25	1.14	2.34	1.58	2.18	3.23	2.26	1.13	2.77
3%	DL*	0.21	-0.52	-1	-2.69	-1.04	-1.00	-2.69	-1.62	-1.31	-1.95	-1.31	-2.03	-5.28	-1.56	-1.92	-3.01	-1.01	-2.32	-3.30	-1.39	-1.73
	Da*	-2.01	-0.09	-0.5	0.17	-1.24	-0.50	0.08	-1.92	0.63	-0.51	-1.61	-0.66	1.54	1.32	-1.20	0.29	-0.94	-0.56	-0.84	-0.89	-1.69
	Db*	-0.8	0.23	1.04	-0.90	0.83	1.04	-1.32	0.50	-0.14	-0.28	0.24	1.87	-5.59	0.60	2.55	-2.21	0.15	1.86	-3.89	0.75	2.92
	DE	2.17	0.57	1.53	2.84	1.82	1.53	3.00	2.56	1.46	2.04	2.09	2.84	7.84	2.13	3.41	3.74	1.39	3.03	5.17	1.81	3.79
4%	DL*	0.14	-1.04	-0.38	-2.21	-3.11	-1.36	-0.57	-1.14	-0.75	-2.03	-2.6	-1.11	-0.97	-0.44	-0.19	-1.15	-1.29	-1	-1.08	-1.11	-0.96
	Da*	-1.53	-2.25	0.17	-3.88	-5.82	-1.19	-3.76	-1.53	-1.04	-3.54	-2.79	-0.66	-4.09	-0.59	-0.69	-3.26	0.54	-0.59	-3.59	-0.96	-0.35
	Db*	-1.03	-2.37	-0.04	-3.97	-3.68	1.96	-2.67	0.95	0.98	-4.35	0.86	1.13	-3.36	-0.02	0.22	-2.91	1.11	1	-3.39	0.43	0.84
	DE	1.85	3.43	0.42	5.96	7.56	2.67	4.64	2.13	1.62	5.97	3.91	1.72	5.38	0.74	0.75	4.52	1.79	1.53	5.06	1.53	1.32

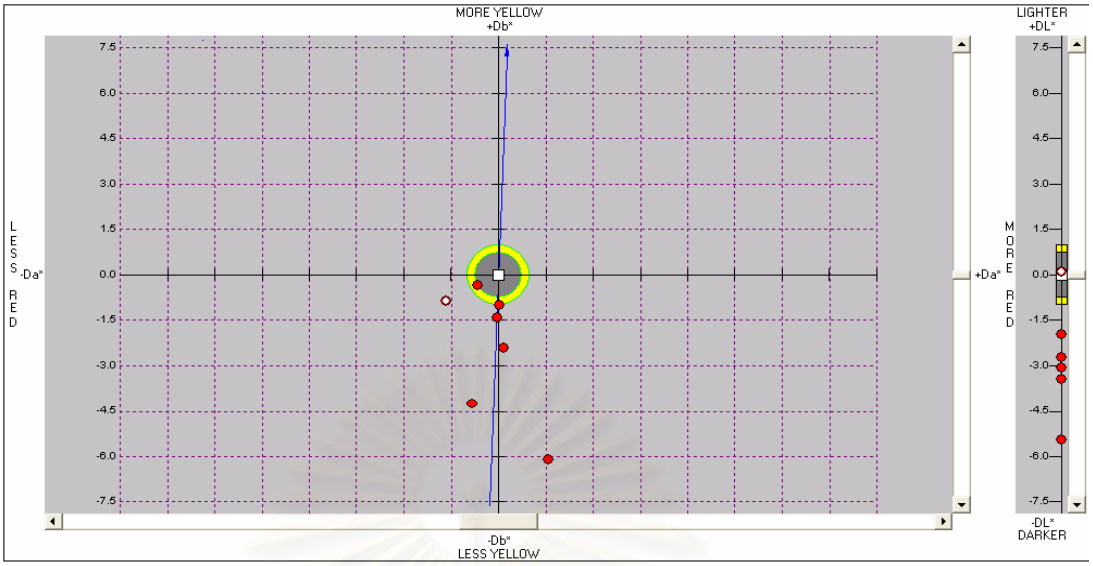
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



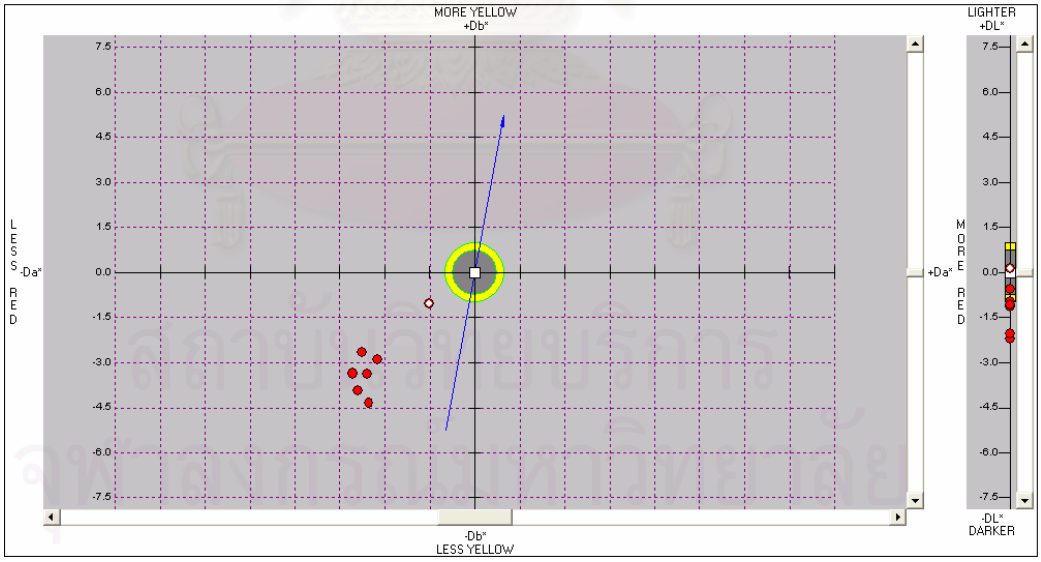
รูปที่ 4.62 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.63 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.64 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้าบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



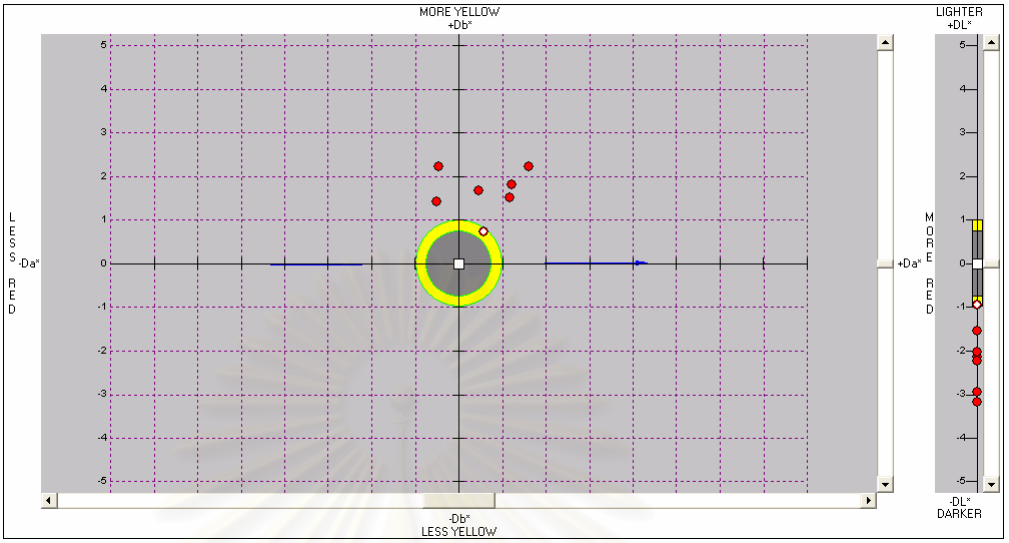
รูปที่ 4.65 Opponent- type color scales สีเหลือง Navacron Yellow ACE ร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้าบนเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

จากรูปที่ 4.62-4.65 แสดง Opponent- type color scales สีเหลืองร้อยละ 1, 2, 3, และ 4 ของน้ำหนักผ้า ตามลำดับ ความต่างของสีดิสเพอร์สที่ ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า ผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก มีค่าเป็น +Db และ -Da แสดงว่า มีเฉดเหลืองและเขียวกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร ความสว่างและความเข้มสามารถอธิบายได้ด้วย ค่า DL จากกราฟค่า DL ของผ้าที่ผ่านการดัดแปรทั้งหมดมีค่าเป็น +DL แสดงว่าผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกมีความสว่างกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร

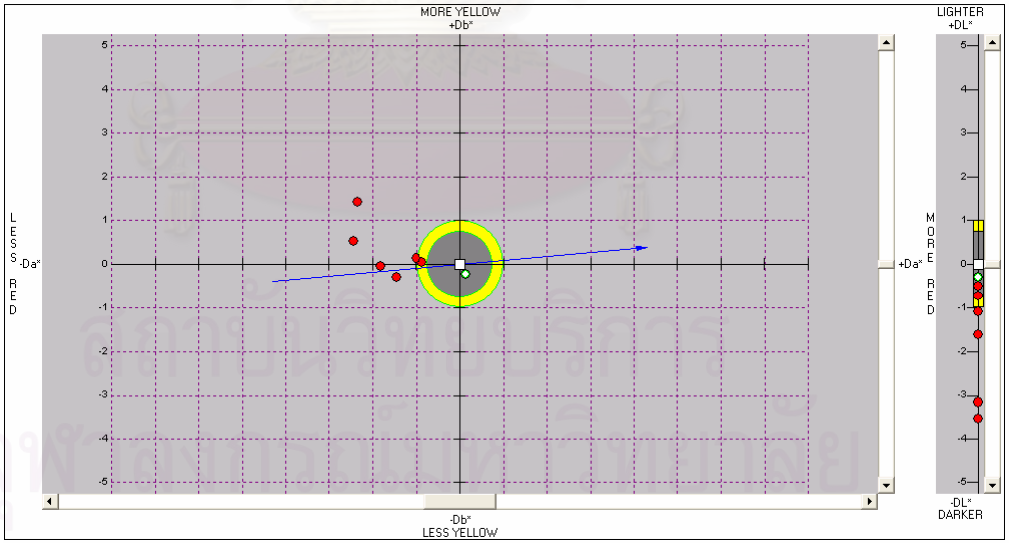
พฤติกรรมของสีเหลืองดิสเพอร์ส ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า ต่างจากร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า จากรูปที่ 4.60 ตัวอย่างที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ค่าความต่างสีเป็น –Da และ –Db แสดงว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรมีเฉดเขียวและน้ำเงินกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ตัวอย่างที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟที่ 3 และ 4 กรัมต่อลิตร มีค่า DL เป็น 1.2 และ 0.58 ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ามีความสว่างกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร และตัวอย่างที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟที่ 1 ,2 และ 5 กรัมต่อลิตร มีค่า DL เป็นลบแสดงว่ามีความเข้มกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปร

เมื่อย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสีดิสเพอร์ส ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ความต่างสีเมื่อเปรียบเทียบกับสีที่ติดบนผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร(รูปที่ 4.64) มีค่าเป็น –Db และ -DL แสดงว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรมีเฉดออกน้ำเงินและมีความเข้มกว่า ซึ่งเกิดกับตัวอย่างทั้งหมด ส่วนค่า Da มีทั้งเป็นบวกและลบและมีบางตัวอย่าง ที่ทับแกนอธิบายได้ว่าความต่างของสีในเฉดเขียวและแดงแตกต่างน้อย แต่หากเพิ่มปริมาณสีที่ย้อมเป็นร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า สีดิสเพอร์สที่ติดบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก มีเฉดสีเขียว และน้ำเงินกว่า สีผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร เนื่องจากกราฟแสดงค่า Da และ Db เป็นลบ ทั้งมีค่า –DL หมายถึงสีผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรเข้มกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร

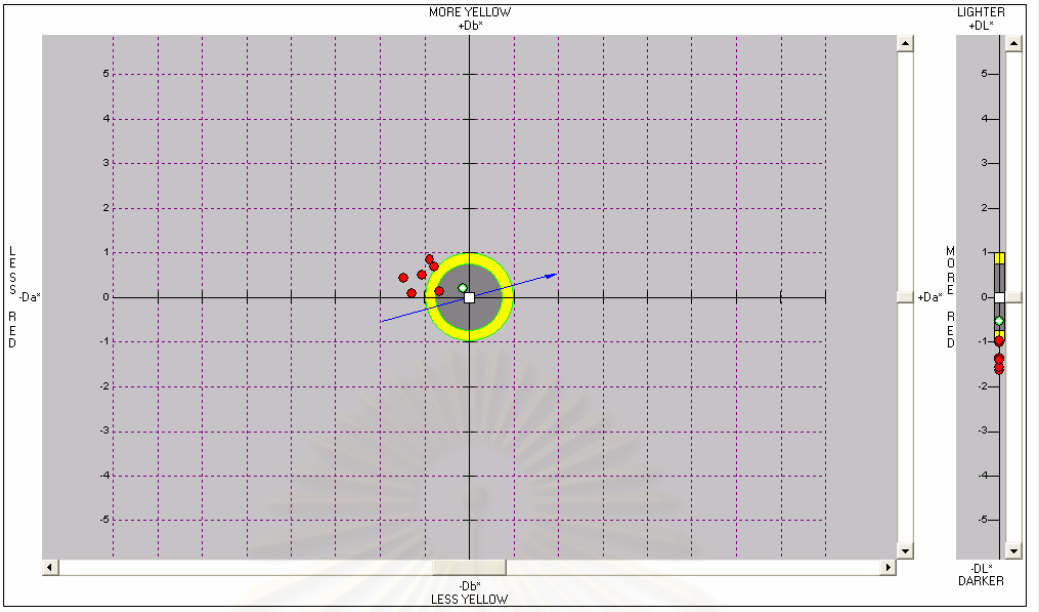
จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก เมื่อย้อมด้วยสีดิสเพอร์ส ที่ร้อยละ 2, 3 ,4 และ 5 ของน้ำหนักผ้า สีเข้มกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร แต่ระดับของความเข้มนั้นไม่มาก เป็นผลกระทบเพียงเล็กน้อยของสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ทำเฉดแตกต่างไปจากเดิม ซึ่งสีเหลืองจะเป็นสีที่ ค่า DE มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสีแดงและสีน้ำเงิน



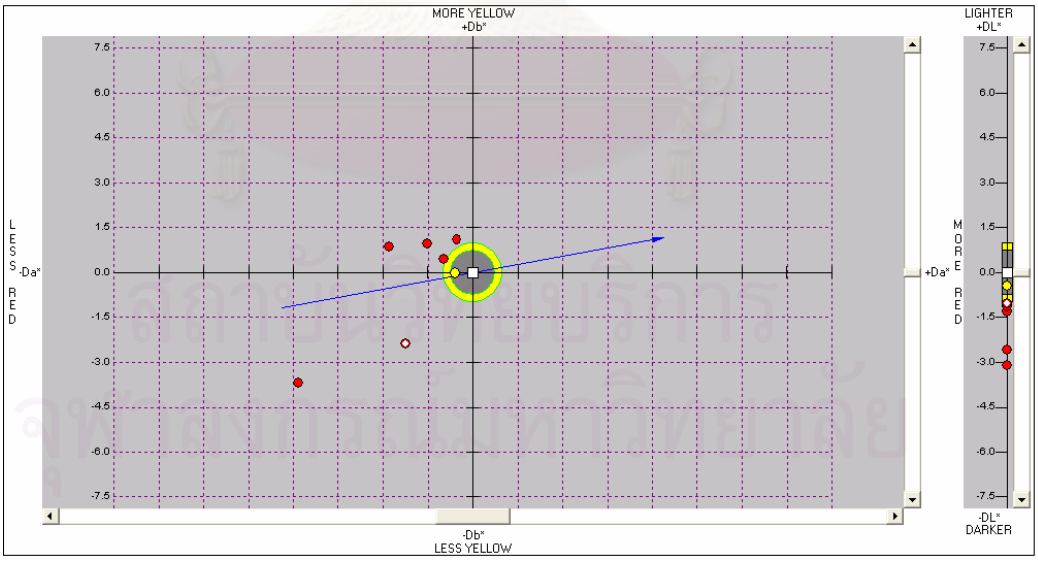
รูปที่ 4.66 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.67 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



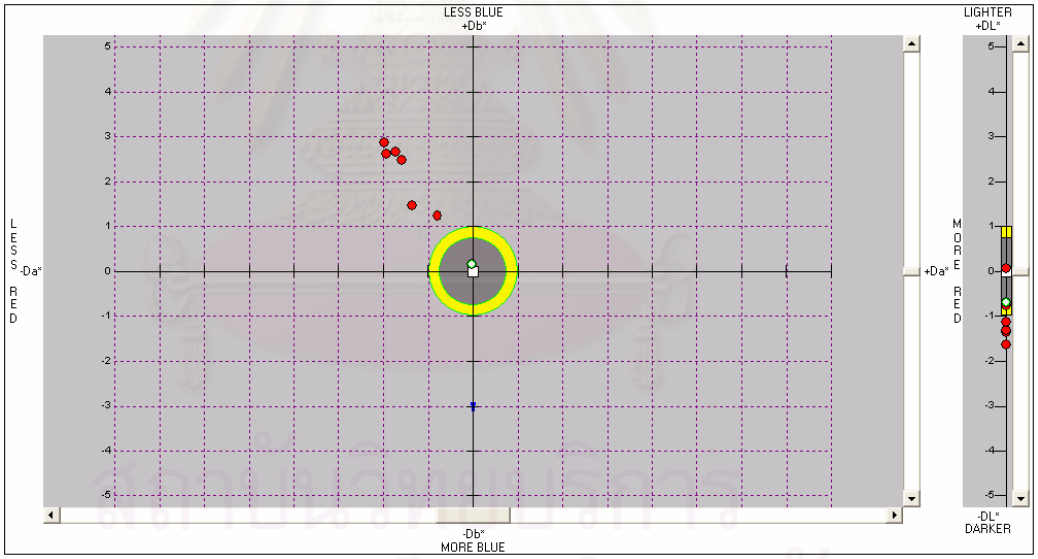
รูปที่ 4.68 กราฟ Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอส-เทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



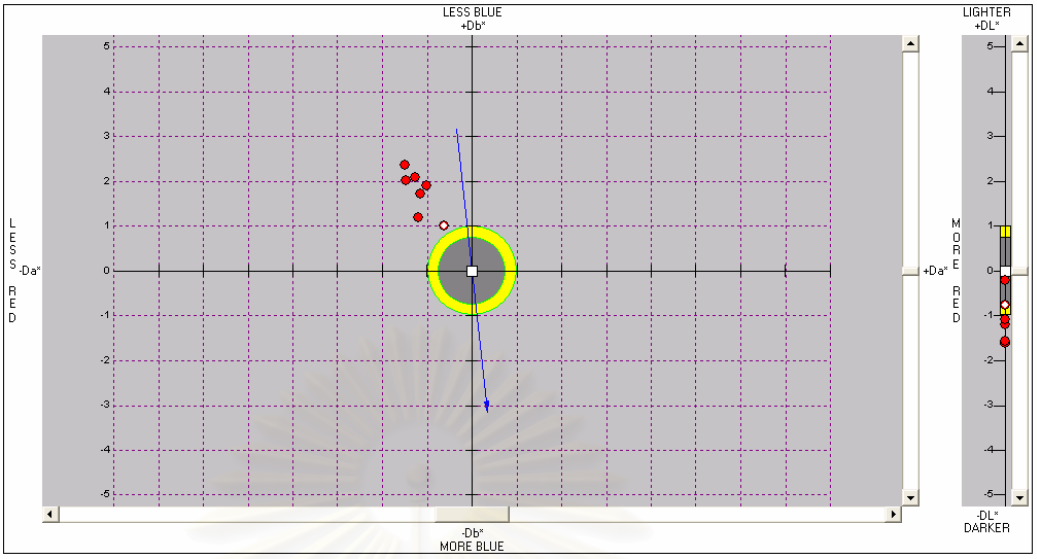
รูปที่ 4.69 Opponent- type color scales สีแดง Navacron Red ACE ร้อยละ4 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

จากรูปที่ 4.66-4.69 กราฟ Opponent- type color scales สีแดงบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร ที่ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักผ้า แสดงในเห็นว่า ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก มีสีเข้มกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ตัวอย่างทุกปริมาณสีที่ย้อมแสดงค่าเป็น –DL ทั้งหมด ส่วนเฉดสี จะมีพฤติกรรมต่างกัน โดยผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายผ่านการดัดแปรด้วยสีน้ำเงินดิสเพอร์สปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนัก สีเฉดเหลืองกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปร ส่วนที่ร้อยละ 2, 3 และ4 ของน้ำหนักผ้า ผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟสีเฉดเขียวกว่าผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านดัดแปร

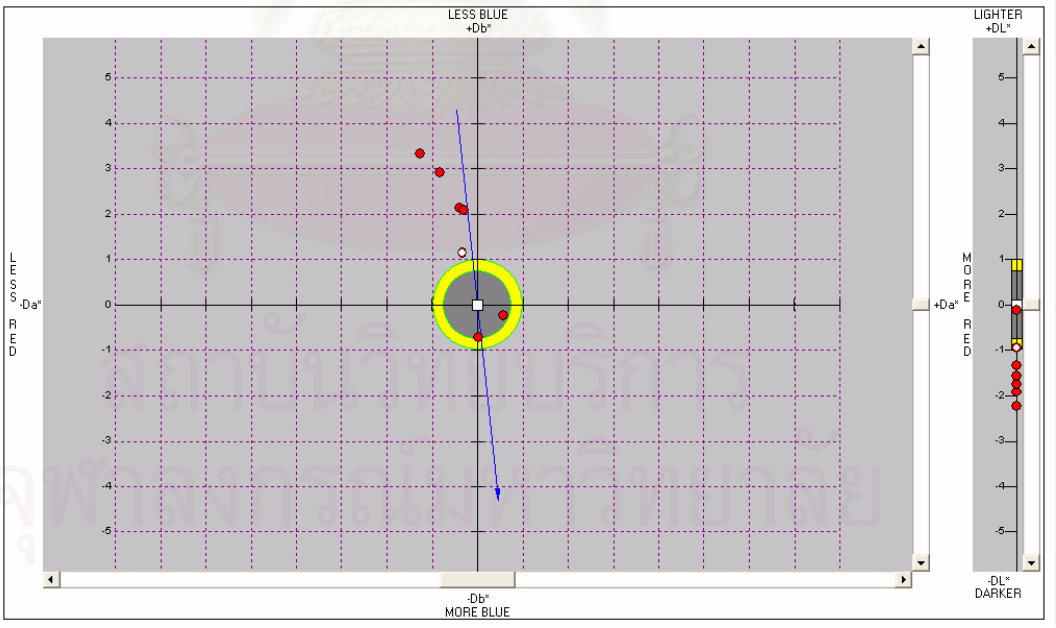
จากกราฟ Opponent- type color scales ของสีแดง ค่า DE มีค่าน้อยกว่าสีเหลือง สังเกตได้จากการเกาะกลุ่มของจุดบนกราฟ และรัศมีวงกลมที่อยู่บนกราฟ



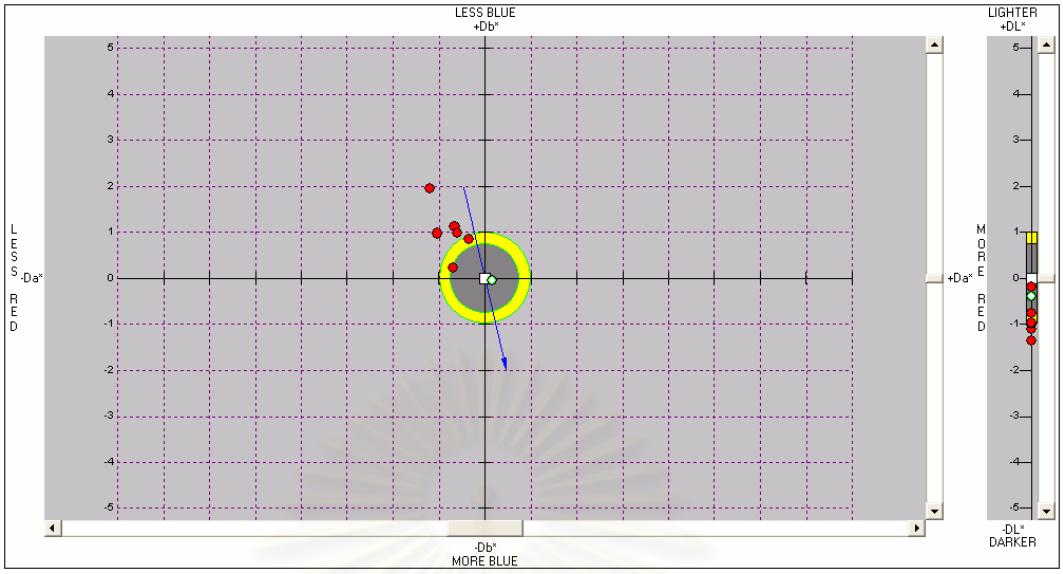
รูปที่ 4.70 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.71 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.72 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า บนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.73 Opponent- type color scales สีน้ำเงิน Navacron Blue ACE ร้อยละ 4 ของน้ำหนักผ้า เส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปรเมื่อความเข้มข้นสารดัดแปรแคตไอออนิกเปลี่ยนไป

รูปที่ 4.70-4.73 แสดงกราฟ Opponent- type color scales ทั้ง 4 กราฟแสดงค่า +Db และ –DL แสดงว่าสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรมีเฉดออกแดง และเข้มกว่าสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายไม่ดัดแปร มีเพียง 2 ตัวอย่างที่ดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิกรีแอกทีฟ 0.5 และ 2 กรัมต่อลิตร ย้อมสี ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า มีค่า –Db แสดงว่ามีเฉดน้ำเงิน จากกราฟ Opponent- type color scales ของสีน้ำเงิน ค่า DE มีค่าน้อยกว่าสีเหลือง สังเกตได้จากการเกาะกลุ่มของจุดบนกราฟ และรัศมีวงกลมที่อยู่บนกราฟ

4.7 ผลทดสอบความคงทนต่อแสง (Light fastness)

นำผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ผ่านการย้อมสีที่ ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผ้า ไปทดสอบความคงทนต่อแสง ด้วยเครื่อง Xenon Weather Meter ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ที่ย้อมด้วยกระบวนการย้อมปกติ (original) และผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ไม่ผ่านการดัดแปรย้อมในภาวะที่ไม่มีเกลือ (Blank) เพื่อศึกษาผลกระทบของสารดัดแปรแคตไอออนิกต่อความคงทนของสีต่อแสง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าสารที่มีประจุบวกมักแสดงพฤติกรรมเป็นตัวเร่งในการสลายตัวของสีเมื่อสัมผัสแสงแดด

ผลการทดสอบความคงทนต่อแสงด้านเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร แสดงในตารางที่ 4.14 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ความคงทนของสีต่อแสงจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสีแดงมีระดับความคงทนต่อแสงต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนต่อแสง ของสี

	เหลือง	แดง	น้ำเงิน
blank	3-4	2-3	3-4
original	4	3-4	3
0.5	2	2	1-2
1	2	1-2	2
2	2	1-2	2
3	2	1-2	2
4	2	1-2	2
5	2	1-2	2

โดย ให้ระดับ 5 คือ ดีมาก
4 คือ ดี
3 คือ ปานกลาง
2 คือ แย่
1 คือ แย่มาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ได้ศึกษาผลการดัดแปรผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก ก่อนทำการย้อมเพื่อเพิ่มความสามารถให้การรับสีย้อมรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในภาวะปราศจากเกลือ โดยการกระบวนการย้อมแบบแช่ในขั้นตอนเดียว ผลการดูดติดสีย้อมรีแอกทีฟของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย พบว่าร้อยละความเข้มสีสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารดัดแปรที่ใช้ แสดงว่า สารดัดแปรผนึกติดอยู่บนเส้นใยฝ้าย และทำหน้าที่ดูดสีย้อมให้แพร่เข้าไปในเส้นใย โดยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกของสารดัดแปรแคตไอออนิกที่ผนึกอยู่บนเส้นใย กับประจุสีย้อมรีแอกทีฟ ปริมาณการผนึกติดของสีย้อมรีแอกทีฟบนเส้นใยฝ้ายของผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย เมื่อย้อมด้วยสีเหลืองรีแอกทีฟ สารดัดแปรแคตไอออนิกมีประสิทธิภาพดีกว่าเกลือ เมื่อย้อมด้วยสีแดงรีแอกทีฟ สารแคตไอออนิกมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกลือ เมื่อย้อมสีน้ำเงิน สารดัดแปรแคตไอออนิกมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกลือ สารดัดแปรแคตไอออนิกมีขีดจำกัดการดูดซึมสีย้อม เมื่อย้อมปริมาณสีสูงขึ้นปริมาณสีรีแอกทีฟ ที่ผนึกติดบนเส้นใยฝ้ายมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงระดับที่คงที่

สารดัดแปรแคตไอออนิก เมื่อดัดแปรกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ผลกระทบของสารดัดแปรแคตไอออนิกต่อสีดิสเพอร์ส ทำให้เฉดสีบนเส้นใยพอลิเอสเทอร์ของใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร เปลี่ยนไป แต่ไม่ได้ทำให้ความเข้มของสีลดลง เมื่อเทียบกับผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายที่ย้อมด้วยกระบวนการปกติ โดยเฉดสีจะเปลี่ยนไปมากขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารดัดแปรแคตไอออนิกมากขึ้น สาเหตุเนื่องจากสีดิสเพอร์สเป็นสีที่ไม่มีประจุ สารดัดแปรแคตไอออนิกจึงไม่ส่งผลการย้อมกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์ แต่เฉดเปลี่ยนไปอาจเนื่องจาก สารดัดแปรแคตไอออนิกไปกีดกันสีย้อมดิสเพอร์สให้เข้าไปภายในเส้นใยพอลิเอสเทอร์ได้ไม่ดีเท่าเดิม

ผลความคงทนของสีต่อแสง เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคตไอออนิก มีผลทำให้ความคงทนของสีรีแอกทีฟต่อแสงลดลง สาเหตุอาจเนื่องมาจากผลของหมู่ประจุบวกซึ่งทราบกันทั่วไปว่าเป็นหมู่เร่งการสลายตัวของสีภายใต้สภาวะแสง แต่ไม่มีผลกระทบกับความคงทนต่อแสงของสีดิสเพอร์ส

ข้อเสนอแนะ จากผลการทดลองสารดัดแปรแคตไอออนิก ผลต่อสีดิเพอร์ส ทำให้เปลี่ยนสีเฉดไปจากเดิม ในงานวิจัยได้ศึกษากับกลุ่มสีดิสเพอร์สเพียงกลุ่มเดียว ซึ่งเป็นกลุ่มสีที่มีความสามารถในการย้อมดี หากเปลี่ยนกลุ่มสีดิสเพอร์สเป็นชนิดอื่นจึงน่าจะมีผลกระทบของสารดัดแปรแคตไอออนิกด้วย

กระบวนการย้อมสีผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายในขั้นตอนเดียว มีใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอมานาน แต่การย้อมในระดับสีเข้มยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้นทุนของสีรีแอกทีฟสูง สารดัด

แปรที่ใช้ในการวิจัยหากมีการพัฒนาให้สามารถย้อมได้ทุกกลุ่มสีก็จะสามารถช่วยให้ลดข้อด้อยในส่วนนี้ได้

สารดัดแปรแคตไอออนิก มีผลโดยตรงกับความคงทนต่อแสงของสี ซึ่งเป็นคุณภาพสำคัญของวัสดุสิ่งทอ ระดับของผลการทดสอบความคงทนต่อแสงของสี เมื่อดัดแปรด้วยสารดัดแปรแคต-ไอออนิกไม่สามารถย้อมรับได้เมื่อใช้ในอุตสาหกรรมจริง ซึ่งเป็นข้อด้อยของสารดัดแปรแคตไอออ-นิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Kristin M. Cannon and perter J. Hauser,North, Color Assessment of Cationic Cotton Dyed with Fiber Reactive Dyes,AATCC REVIEW J., V.3 no.5 (May 2003) p.21-3
2. Hinks,David; Burkinshaw, Stephen M.; Lewis, David M. AATCC REVIEW J., V.1 no.5 (May 2001) p.43-6
3. http://cse.nias.affrc.go.jp/katohiro/pro1.htm
4. Hiroshi Kato* and Tamako Hata, Journal of Insect Biotechnology and Sericology, 71(3), 161-166. 20025.
5. http://www.dow.com/webapps/lit/litorder.asp?filepath=quat/pdfs/noreg/123-
6. D.M. Soignet, R.J. Berni, and R.R. Bernerito, Text. Res.J., 36(1996) 987.
7. D.M. Soignet, R.R. Bernerito, and J.B. Mckelevery, J. appl. Polymer Sci, 11(1967) 1155.
8. A. Hebeish and A. Higazy, Amer. Dyestuff .Rep 77(1988)34.
9. W. Tsjui et.al, J. Appl. Polymer. Sci,32(5)(1986)5175.
10. http://www.kotani-chemical.co.jp/en/02_sensyoku02.html
11. พูลสิริ รัตนนิยม,การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารประกอบแคตไอออนิกในการฟอกเพื่อเพิ่มการรับสีย้อมสีรีแอกทีฟ,วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
12. นางสาว พัชรี ลาภสุริยกุล, การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยแคตไอออนิกรีแอคทีฟพอลิเมอร์ในการฟอกเพื่อเพิ่มการรับสีย้อมรีแอกทีฟ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
13.http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa4025/is_200401/ai_n9375267/pg_2
14.รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, วิทยาศาสตร์เส้นใย, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
15. John Shore, Cellulosics Dyeing. Society of Dyers and Colourists, 1995 (UK)
16. ประเสริฐ ด่านธำรงกูล, เทคโนโลยีการผลิตเส้นใย, ภาควิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี
17. กาวี ศรีกูลกิจ, หลักการย้อมสีสิ่งทอ ตอนที่ 8 , นิตยาสารคัลเลอร์เวย์ Vol 8, 2002
18. ดร. อภิชาติ สนธิสมบัติ, กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ 2, ภาควิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี, 2543.

19. John Shore, Colorants and auxiliaries Volume 2. Society of Dyers and Colourists, 1990 . (UK)

20. Joonseok Koh, Alkali-hydrolysis Kinetic of alkali-clearable azo disperse dyes containing a fluorosulphonyl group and fastness properties on PET/cotton blends, Dye and Pigment Volume 64 , 2005

21. Sakamoto Yakuhin Kogyo Co_,Ltd.htm

22. D.M. Lewis and K.A. Mcllroy, Modification of Cotton with Nicotinoyl Thioglycollate to Improve its Dyeability, Dye and Pigment Volume 35,1997

23. Sorapong Janhom, Peter Griffiths, RuangsriWatanesk and Surasak Watanesk, Enhacement of lac dye adsorption on cotton fibres by poly(ethyleneimine), Dye and Pigment Volume 63,2004

24. P.J. Broadbent, D.M. Lewis, Modification of cotton cellulose with sodium benzoylthioglycollate and its effect in its dyeability with disperse dyes : Part 1 : synthesis and characterization of sodium benzoylthioglycollate, Dye and Pigment Volume 43,1999

25. Peter E Froehling, Dendrimer and dyes areview , Dye and Pigment Volume 48,2001

26. S.M. Burkinshaw, M Mignanelli , P.E. Froehling , M.J. Bide ,The use of dendrimers to modify the dyeing Behaviour of reactive on cotton, Dye and Pigment Volume 47,2000

27. D.M. Lewis and K.A. Mcllroy. The chemical modification of cellulosic fibres to enhance dyeability. Rev. Prog . Coloration Volume 27,1997

28. M. Hartmann. Celllulose Ethers. USP 1, 777,970 (1930)

29. E.A. El-alfy, S.S. Aggour , M.H. Mardini, and A. Hebeish. Amer. Dyestuff Rep. Volume 76,1986

30. X.P.Lei and D.M. Lewis. Dye Pigment. Volume 16, 1991

31. G.E.Evans, J . Shore, and C.V. Stead. J.S.D.C. Volume 100,1984

32. A. Waly, R Rafia, M.H. El-Rafie, and A. Hebeish. Amer. Dyestuff Rep. Volume 79,1990

33.S.M. Burkinshaw , X.P. Lei, and D.M. Lewis. J.S.D.C. volume 105,1989

34. A. Kawabata, J.A. Taylor, The effect of reactive dye upon the uptake and anti bacterial action of poly(hexamethylene biguanide) on cotton dyed with ß-Sulphatoethylsulphonyl reactive dyes, Dye Pigment. Volume 68, 2006

35. M.Sakamoto, Y. Yamada, N. Oijma, and H . Tonami. Journal of Applied Polymer Science .

Volume 17,1973

36. ปภาพิดา พรสุริยะศักดิ์, การดัดแปรเส้นใยเซลลูโลสโดยวิธีทางเคมีเพื่อปรับปรุงการยึดติดของสีรีเอกทีฟ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-ผลความคงทนต่อแสงของสี Kayacelon React Yellow CNML เมื่อย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร

blank

original

0.5 กรัมต่อลิตร

1 กรัมต่อลิตร

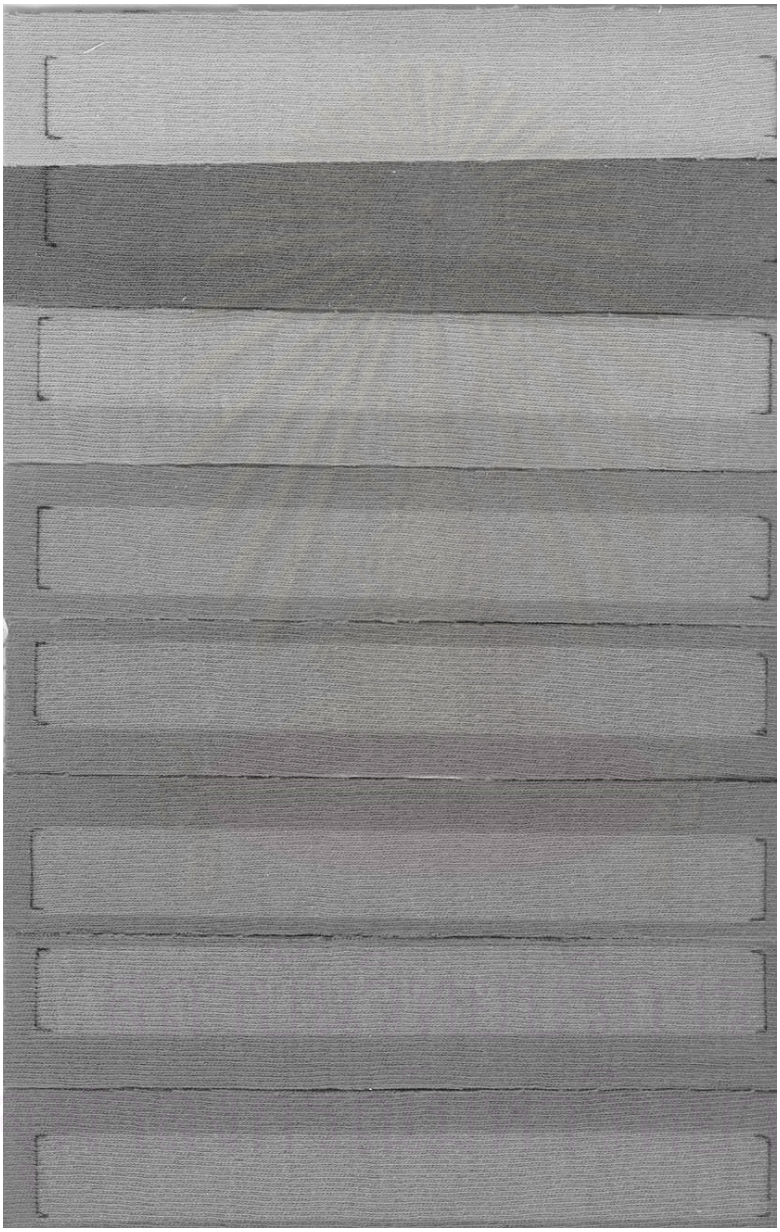
2 กรัมต่อลิตร

3 กรัมต่อลิตร

4 กรัมต่อลิตร

5 กรัมต่อลิตร

-ผลความคงทนต่อแสงของสี Kayacelon React Red CN3B เมื่อย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร



blank

original

0.5 กรัมต่อลิตร

1 กรัมต่อลิตร

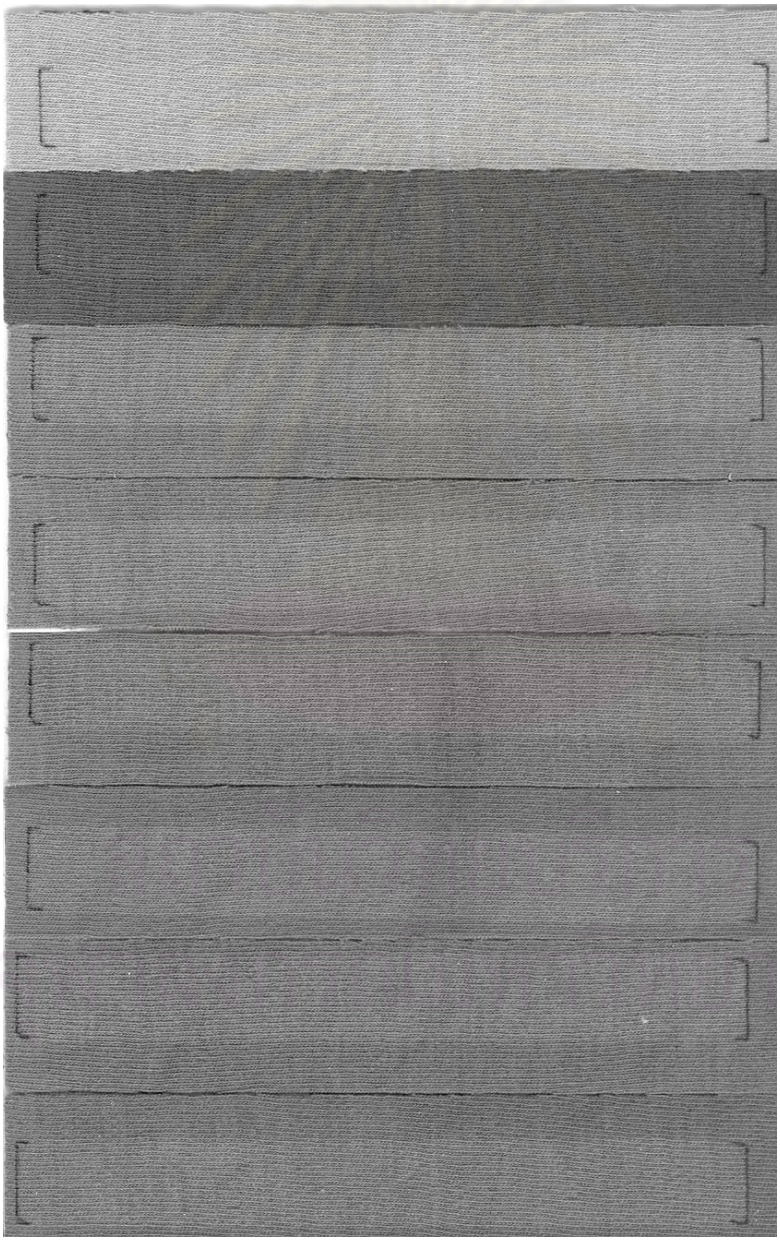
2 กรัมต่อลิตร

3 กรัมต่อลิตร

4 กรัมต่อลิตร

5 กรัมต่อลิตร

-ผลความคงทนต่อแสงของสี Kayacelon React Blue CNMG เมื่อย้อมผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์และฝ้ายดัดแปร



blank

original

0.5 กรัมต่อลิตร

1 กรัมต่อลิตร

2 กรัมต่อลิตร

3 กรัมต่อลิตร

4 กรัมต่อลิตร

5 กรัมต่อลิตร

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพวงแก้ว ชาวโพงพาง เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งทอ จากภาควิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลอง 6 ปีการศึกษา 2544 หลังจากนั้นเข้าทำงานเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต ณ บริษัทยูไนเต็ดเท็กไทล์มิลล์ จำกัด จนกระทั่งปีพ.ศ. 2547 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายของปีการศึกษา 2548 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย