

การปรับผิวผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานด้วยโซเดียมไนไตรต์เพื่อเพิ่มความสามารถในการย้อมสีรีแอกทีฟ



นายเสรณี ศรีสุข

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

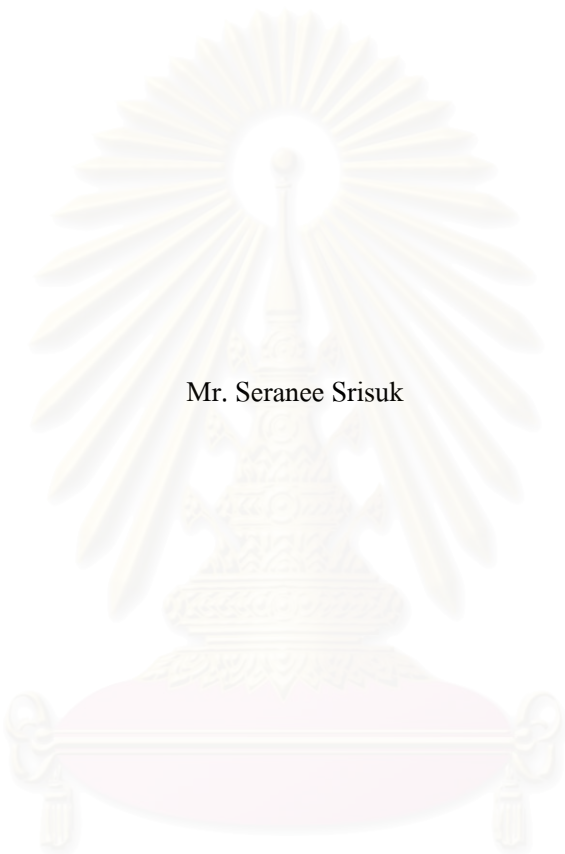
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**SURFACE TREATMENT OF CHITOSAN COATED COTTON FABRIC WITH SODIUM NITRITE
TO ENHANCE REACTIVE DYEABILITY**



Mr. Seranee Srisuk

สถาบันวิทยบริการ
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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับผิวผ้าฝ้ายเคลือบโคโตะซานด้วยโซเดียมไนไตรต์เพื่อเพิ่ม
ความสามารถในการย้อมสีรีแอกทีฟ

โดย

นายเสถณี ศรีสุข

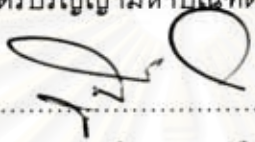
สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

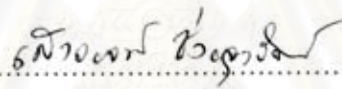
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

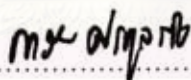
รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ

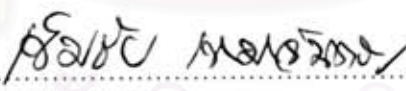
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

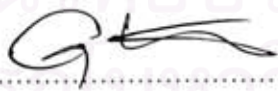

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจณี ช่วยจุลจิตร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อูชา แสงวัฒนาโรจน์)


..... กรรมการ
(ดร. มณฑนา โสภาประกาสิต)

เสรมณี ศรีสุข : การปรับผิวผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานด้วยโซเดียมไนไตรต์เพื่อเพิ่มความสามารถในการย้อมสีรีแอกทีฟ. (SURFACE TREATMENT OF CHITOSAN COATED COTTON FABRIC WITH SODIUM NITRITE TO ENHANCE REACTIVE DYEABILITY)
 อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. กาวิ ศรีภูถกิจ, 86 หน้า.

สาร โซเดียมไนไตรต์ได้ถูกนำมาใช้ในการทำอินซิทูพอลิเมอร์โรเซชันไคโตซานที่เคลือบอยู่บนผิวผ้าฝ้ายเพื่อขอยฟิล์มเคลือบไคโตซานออก โดยจุดประสงค์ในการแก้ไขปัญหการย้อมผิวผ้า และปัญหาความกระด้างของผ้าเนื่องจากฟิล์มเคลือบ การเคลือบไคโตซานบนผ้าฝ้ายได้อาศัยวิธีจุ่มบิบบัด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และทำการอบผืนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ทำการปรับผิวผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานด้วยวิธีแบบแช่ที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ แล้วทำการวัดหาความสามารถการดูดซึมสีย้อม ความเข้มของสี และทดสอบสมบัติความคงทนของสี

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผ้าเคลือบไคโตซานสามารถดูดสีย้อมได้มากที่สุด ส่วนผ้าที่ผ่านการปรับผิวด้วยสาร โซเดียมไนไตรต์ที่ความเข้มข้นและเวลาเพิ่มขึ้นนั้นสามารถดูดสีย้อมลดลงเมื่อเทียบกับผ้าเคลือบไคโตซานแต่ยังสามารถดูดสีย้อมได้สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ในขณะที่ความเข้มของสีของผ้าเคลือบและผ้าปรับผิวมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าผ้าที่ไม่ได้เคลือบ ทั้งนี้เนื่องจากหมู่อะมิโนของไคโตซานมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับสีรีแอกทีฟได้ด้วยจึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีรีแอกทีฟบนเซลลูโลส ผลการทดลองพบว่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิวมีค่าลดลง สมบัติความคงทนของสี (ความคงทนต่อการซัก และ ความคงทนต่อการซัก) อยู่ในระดับเดียวกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน ค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานต่ำที่สุด ในขณะที่ผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าความคงทนของแสงดีกว่า และเมื่อพิจารณาการย่อยสลายความชื้นของสี พบว่าการย่อยสลายความชื้นของผ้าเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีอัตราลดลงตามความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ทำให้สรุปได้ว่าข้อบกพร่องเช่นความคงทนของสีที่ลดลงและความแข็งกระด้างของผ้าอันเนื่องมาจากฟิล์มเคลือบไคโตซาน สามารถแก้ไขได้ด้วยการลอกเอาฟิล์มเคลือบไคโตซานบางส่วนออกจากผิวผ้าด้วยสารโซเดียมไนไตรต์ภายใต้ภาวะที่ไม่รุนแรง ไคโตซานที่เหลืออยู่บนผ้านั้นยังสามารถแสดงศักยภาพในการช่วยย้อมสีรีแอกทีฟได้ดี โดยไม่ได้ทำให้สมบัติความคงทนของสีของผ้าลดลง

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต..... ป.ส.ค. ป.ร.ศ.

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2551

4972554123 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
 KEY WORD: DEPOLYMERIZED / CHITOSAN / REACTIVE DYE / SODIUM NITRITE /
 SURFACE TREATMENT

SERANEE SRISUK : SURFACE TREATMENT OF CHITOSAN COATED COTTON
 FABRIC WITH SODIUM NITRITE TO ENHANCE REACTIVE DYEABILITY.
 THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC.PROF. KAWEE SRIKULKIT, Ph.D, 86 pp.

Sodium nitrite was employed for in-situ depolymerization of coated chitosan in order to remove chitosan film from the fabric surface, aiming at solving the problems of surface dyeing and fabric stiffness. Chitosan coated-cotton fabrics were prepared using pad-dry-cure method of which the curing temperature of 150 °C for 3 minutes was used. Following that, treatment of coated fabric with sodium nitrite was performed using an exhaustion method at room temperature. The resultant treated fabrics were dyed with a reactive dye and then subjected to testings including dyeability, color strength, stiffness and color fastness properties.

The results showed that chitosan coated fabrics exhibited the highest %E value due to the enhancing effect of chitosan amino groups. Whilst, sodium nitrite treated-chitosan fabrics exhibited a relatively lower %E value, albeit more than %E value of untreated fabric, indicating chitosan was partially removed. In comparison, the chitosan coated fabric's color strength(K/S value which was higher than K/S value of control fabric) was comparable to those of sodium nitrite treated fabric. The improvement in K/S value was due to the availability of chitosan amino groups which was capable of reacting with reactive dyes. Other fabric properties were evaluated. The results showed that properties of sodium nitrite treated chitosan-coated fabrics including color fastness properties (crocking fastness and wash fastness) and fabric stiffness were found comparable to those of dyed untreated fabric (commercial dyeing). The light fastness of chitosan coated fabrics was poorest. After treatment with sodium nitrite, this property was improved. When considering the percent reduction of fading, this value decreased with an increase in the concentration of sodium nitrite. These finding results led to conclusion that problems of poorer fastness properties and stiffness arising from chitosan coating onto cotton fabric were minimized by sodium nitrite treatment due to the removal of chitosan coated film present on the fabric surface. The remaining chitosan on the fabric surface showed its ability of enhancing reactive dyeability without causing interference to fabric's fastness properties.

Department: Materials Science

Student's signature.....*Seranee Srisuk*.....

Field of study: Applied Polymer Science and Textile Technology

Principal Advisor's signature.....*Kawee Srikulkit*.....

Academic year :2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านเครื่องมือ วัสดุคืบ และสถานที่สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งได้รับความช่วยเหลือและการแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายนามดังนี้

1. เอกองค์อัลเลาะห์ (ซบ) ผู้ทรงยิ่งใหญ่ ผู้ทรงเมตตาปราณี และพระประสงค์ของพระองค์ที่ให้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
5. อาจารย์ ดร. มณฑนา โอภาสประกาศิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
6. รองศาสตราจารย์ ดร. เข้มชัย เหมะจันทร์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกที่ให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
7. ขอขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ตลอดจนเพื่อนทุกคน อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นผลสำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทัศน์.....	4
2.1 โครงสร้างทางกายภาพ.....	4
2.1.1 สมบัติทางกายภาพ.....	5
2.1.2 โครงสร้างทางเคมี.....	5
2.2 การย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟ.....	6
2.2.1 เคมีของสีรีแอกทีฟ.....	6
2.2.2 วิธีการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอกทีฟ.....	11
2.3 ไคโตซาน.....	16
2.3.1 สมบัติทางกายและทางเคมีของไคโตซาน.....	16
2.3.2 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา.....	18
2.3.3 การประยุกต์ใช้งานไคโตซาน.....	19
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มความสามารถการดูดซับสีย้อมของเซลลูโลส.....	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไคโตซานในการตกแต่งบนวัสดุสิ่งทอ เพื่อปรับปรุงสมบัติการรับสีย้อม.....	24
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 วัสดุการทดลอง.....	25
3.2 การเคลือบผ้าฝ้ายด้วยไคโตซานโดยอาศัยวิธีการแบบ จุ่ม-บีบอัด.....	26

บทที่	หน้า
3.3 การปรับผิวผ้าที่ผ่านการเคลือบไคโตซานด้วยโซเดียมไนไตรต์.....	27
3.3.1 ผลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไนไตรต์ต่อความสามารถ ในการดูดซึมสีข้อม.....	27
3.3.2 ผลของเวลาการทำอินซิติฟิเคชันโพลีเมอร์ไรส์เซชันไคโตซานต่อความสามารถ ในการดูดซึมสีข้อมรีแอกทีฟและความเข้มของสีผ้า.....	28
3.4 การย้อมผ้าฝ้าย.....	28
3.5 การหาลักษณะการดูดซึมของสีข้อม.....	30
3.6 การหาค่าความเข้มสีบนผ้า.....	31
3.7 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า.....	32
3.8 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยใช้เทคนิค SEM.....	32
3.9 การทดสอบความกระด้างของผ้า.....	33
3.10 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	34
3.11 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	34
3.12 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู.....	36
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	38
4.1 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า.....	38
4.2 ทดสอบสัณฐานวิทยา.....	39
4.3 ผลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไนไตรต์ ต่อความสามารถ ในการดูดซึมสีข้อมรีแอกทีฟของผ้าฝ้ายและความเข้มของสีผ้า.....	40
4.4 ผลของเวลาการทำอินซิติฟิเคชันโพลีเมอร์ไรส์เซชันไคโตซาน ต่อความสามารถ ในการดูดซึมสีข้อมรีแอกทีฟและความเข้มของสีผ้า.....	47
4.5 ผลทดสอบความกระด้างของผ้า.....	54
4.6 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	57
4.7 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก.....	58
4.8 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู.....	60
5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	65

ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก.....	68
ภาคผนวก ข.....	74
ภาคผนวก ค.....	80
ภาคผนวก ง.....	83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	86



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 สารเคมีและสีย้อม.....	25
ตารางที่ 3.2 ตารางเกลือ และค่าของสี Drimarene Red HF-2B.....	29
ตารางที่ 3.3 ความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสี.....	31
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนในเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิค อินซูลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรต์ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 นาที.....	38
ตารางที่ 4.2 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E).....	40
ตารางที่ 4.3 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E).....	41
ตารางที่ 4.4 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E).....	42
ตารางที่ 4.5 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S).....	44
ตารางที่ 4.6 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S).....	45
ตารางที่ 4.7 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S).....	46
ตารางที่ 4.8 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรส์เซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร.....	47
ตารางที่ 4.9 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร.....	48
ตารางที่ 4.10 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิ ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร.....	49

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.11 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียม ไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร.....	51
ตารางที่ 4.12 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียม ไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร.....	52
ตารางที่ 4.13 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียม ไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร.....	53
ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ระดับกรดสี 2 %o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ และผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 119.95 ตามลำดับ.....	54
ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) ระดับกรดสี 2 %o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบและผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 161.9 ตามลำดับ.....	55
ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 2%(w/v) ระดับกรดสี 2 %o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ และผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 274.67 ตามลำดับ.....	56
ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง และร้อยละความชื้นที่เปลี่ยนไปที่ไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) ระดับกรดสี 2 %o.w.f.....	58
ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร.....	59
ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร.....	59
ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร.....	60
ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร.....	61

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูที่โคโตะซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร.....	61
ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถูที่โคโตะซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร.....	62



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1 โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน.....	2
รูปที่ 2.1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยฝ้ายแสดงภาพตัดขวาง.....	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	5
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการเกิดโพลาริเซชันในวงแหวน triazine ring.....	8
รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างนิวคลีโอไฟด์(เส้นใยเซลลูโลส หรือ ค่างไฮดรอกซิล) กับสีรีแอกทีฟ.....	8
รูปที่ 2.5 แสดงปฏิกิริยาการแตกตัวของเซลลูโลสเมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่มีภาวะ pH เป็นค่า.....	9
รูปที่ 2.6 แสดงหมู่ทำปฏิกิริยาแบบรวมตัว.....	9
รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาแบบรวมตัวระหว่างนิวคลีโอไฟด์และสีรีแอกทีฟชนิด vinylsulphone.....	9
รูปที่ 2.8 สีรีแอกทีฟ Sumifix Supra.....	10
รูปที่ 2.9 สีรีแอกทีฟ Procion Red HE-3B, C.I. Reactive Red 120.....	10
รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีควอเตอร์นารีแอมโมเนียมกับเซลลูโลส.....	11
รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของไคติน(a) และไคโตซาน(b).....	16
รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยา graft polymerization ระหว่างเซลลูโลสกับ MAPTAC.....	21
รูปที่ 2.13 glycidyltrimethylammonium chloride (Glytac A)(Protex).....	21
รูปที่ 2.14 ปฏิกิริยาสารแคตไอออนิกกับเซลลูโลส.....	22
รูปที่ 2.15 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium (3,4)-dichlorotriazine.....	22
รูปที่ 2.16 ปฏิกิริยา ของ3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium (3,4)-dichlorotriazine กับเซลลูโลส.....	22
รูปที่ 2.17 Hercosett 125.....	23
รูปที่ 3.1 เครื่องบีบอัด (Padder).....	26
รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้ง (Stenter).....	26
รูปที่ 3.3 เครื่องย้อมสีตัวอย่าง(a) และกระบอกเครื่องย้อมสีตัวอย่าง(b).....	27
รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำการย่อยไคโตซานด้วยเทคนิคอินซิมูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	27
รูปที่ 3.5 กระบวนการย้อมผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว.....	29
รูปที่ 3.6 เครื่อง UV/VIS spectrophotometer.....	30
รูปที่ 3.7 กราฟมาตรฐานของ Drimarene Red HF-2B.....	31
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดสี (reflectance spectrophotometer).....	32

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope).....	32
รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความกระด้าง.....	33
รูปที่ 3.11 แสดงการวัดระยะการโค้งตัวของผ้า.....	34
รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซัก(a) และกระบอกทดสอบ(b).....	35
รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter).....	37
รูปที่ 4.1 แสดงการถ่ายภาพ SEM (a) ผิวผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน (b) ผ้าฝ้ายเคลือบ ไคโตซานความเข้มข้น 2 % (w/v) (c) และ (d) ผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิค อินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 5 และ 15 กรัมต่อลิตร (เวลา 10 นาที).....	39
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	41
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1.5 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	42
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 2 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	43
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	44
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1.5 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	45
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 2 และความเข้มข้น ของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	46
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ใน การปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร.....	48
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอติธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ใน การปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซูลิติพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร.....	49

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร.....	50
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร.....	51
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร.....	52
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร.....	53
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง กับอิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	55
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง กับอิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	56
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง อิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	57
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าร้อยละความชื้นที่เปลี่ยนไป กับความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน.....	58

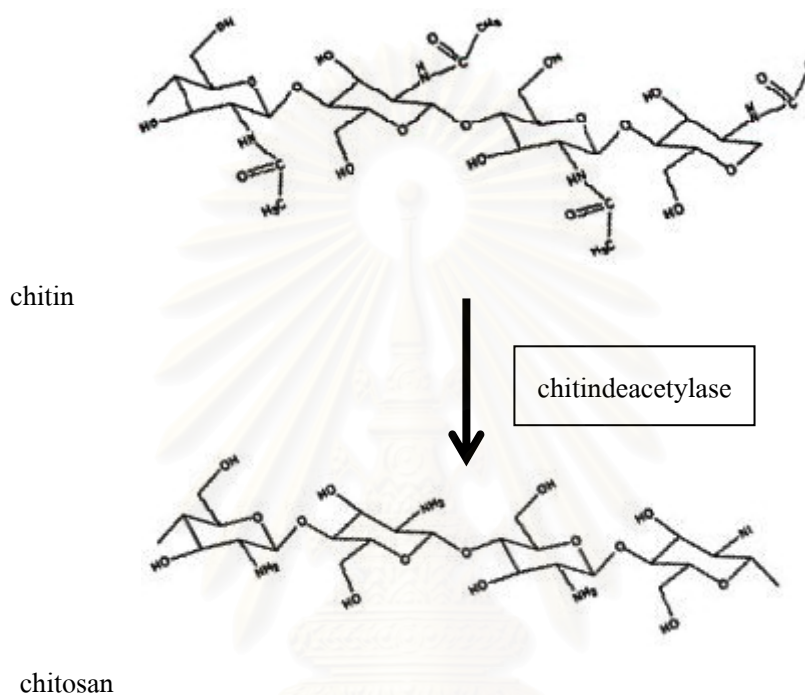
บทที่ 1

บทนำ

ปัญหาใหญ่อันหนึ่งที่พบในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อม คือสีย้อมตกค้างหลังกระบวนการย้อม โดยเฉพาะการย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟจะมีสีตกค้างในปริมาณที่สูง ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดเพื่อกำจัดเอาสีย้อมออกจากน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำออกจากโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามสีรีแอคทีฟยังคงเป็นสีย้อมที่ได้รับความนิยมสูงในการใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส [1] เนื่องจากเป็นสีย้อมที่ทนต่อการซักล้างได้ดี ปัญหาที่ทำให้สีรีแอคทีฟตกค้างในน้ำเสียเกิดเนื่องมาจากสีรีแอคทีฟบางส่วนเกิดหมดสภาพไม่สามารถยึดเกาะติดกับเส้นใยเซลลูโลสได้ เรียกว่าสีไฮโดรไลซ์ [2] ซึ่งมีอยู่ในอัตราส่วนประมาณร้อยละ 10-40 ขึ้นอยู่กับชนิดของสี สีไฮโดรไลซ์เหล่านี้จึงเป็นสาเหตุของสีย้อมตกค้างในน้ำเสียเพื่อเข้าสู่ระบบบำบัดต่อไป

การย้อมสีรีแอคทีฟได้มีการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันโดยมุ่งเน้นเรื่องประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของเส้นใยเป็นหลัก ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวมีการศึกษาใน 3 ด้าน [3] ได้แก่ (1) การพัฒนาเครื่องย้อมให้มีประสิทธิภาพสูงใช้น้ำในการย้อมปริมาณน้อย แต่พบปัญหาคือน้ำย้อมสัมผัสกับวัสดุย้อมได้ไม่ทั่วถึงทำให้เกิดปัญหาการย้อมค้างเกิดขึ้นได้ง่าย หรือปัญหาความเข้มข้นของสีในน้ำย้อมสูงเกินไปทำให้สีเกิดการตกตะกอน (2) การพัฒนาสีย้อมให้มีความสามารถในการดูดซึมเข้าไปในเส้นใยสูง และสามารถผนึกติดกับเส้นใยได้สูงจึงทำให้สามารถลดการใช้สีย้อมลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสีประเภทนี้อย่างต่อเนื่องและมีการผลิตออกขายเชิงพาณิชย์แล้ว เช่นสีรีแอคทีฟที่หมู่ทำปฏิกิริยากับเส้นใยได้ 2 หมู่ในโมเลกุลสีตัวเดียวกัน (bifunctional reactive dyes) อย่างไรก็ตามสีกลุ่มนี้ก็ยังคงมีปัญหาเรื่องสีไฮโดรไลซ์ในระดับหนึ่ง (3) การดัดแปรโครงสร้างเส้นใยเซลลูโลสเพื่อให้มีหมู่ที่เพิ่มการดูดซับสีย้อมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้สารช่วยย้อมสีรีแอคทีฟทั้งเกลือ(อิเล็กโทรไลต์) และด่าง(โซเดียมคาร์บอเนต) สารช่วยย้อมทั้งสองตัวนี้จำเป็นต้องเติมลงไปในการย้อมสีรีแอคทีฟ โดยเฉพาะเกลือพบว่ามีการเติมในปริมาณสูงทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง สารดัดแปรเพื่อเพิ่มความสามารถให้เส้นใยเซลลูโลสดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟได้สูงขึ้นที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้แก่ Sandrene, Glytac และ Solfix [4] เป็นต้น เอกลักษณะเฉพาะของสารในกลุ่มนี้จะมีหมู่ควอเตอร์นารีแอมโมเนียมอยู่ในโครงสร้าง อย่างไรก็ตามผลเสียที่ตามคือปัญหาการย้อมติดผิว (surface dyeing) ซึ่งเกิดจากสีย้อมจะเกาะสะสมกันอยู่ที่ผิวเส้นใยมากกว่าซึมผ่านเข้าไปภายในเส้นใย ทำให้สมบัติความคงทนของสีลดลง โดยเฉพาะสมบัติความทนต่อการซักถู และสมบัติความคงทนต่อแสง ซึ่งเป็นข้อเสียทำให้สารดัดแปรเหล่านี้ไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้จริง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำไคโตซานซึ่งได้จากเปลือกหอย เปลือกกุ้ง และเปลือกปู[5] มาเคลือบผ้าฝ้ายเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติด้านจุลินทรีย์ และรวมทั้งการนำไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีของเส้นใยเซลลูโลส โดยลักษณะโครงสร้างทางเคมีของไคโตซานมีโมเลกุลที่ว่องไวและพร้อมที่จะทำปฏิกิริยาอยู่หลายหมู่ (ดังรูปที่ 1.1) หมู่ที่เด่นคือ หมู่อะมิโน(-NH₂) ตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 หมู่แอลกอฮอล์ตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 เมื่อไคโตซานถูกละลายในสารละลาย



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน [6]

กรดอินทรีย์ เช่นกรดอะซิติก หมู่อะมิโนจะกลายเป็นอะมิโนที่แสดงประจุบวก (-NH₃⁺)หรือพร้อมที่จะเป็นหมู่เกลือควอเตอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium salt) จึงทำให้สารพวกประจุลบอย่างลีสซอมีรีแอกทีฟ ถูกดึงดูดหรือเข้ามาเกาะกับประจุบวกของไคโตซาน [7] จึงได้มีการนำไคโตซานมาช่วยในการย้อม เช่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมบนผ้าขนสัตว์ด้วยสีแอซิดหรือผ้าฝ้ายด้วยลีสรีแอกทีฟ จากผลการทดลองพบว่าผ้าขนสัตว์ที่เคลือบด้วยไคโตซานดูดซับสีย้อมได้ดีกว่าและได้สีที่สม่ำเสมอมากกว่าของผ้าที่ไม่ได้เคลือบไคโตซาน [8] ในการนำไคโตซานมาเคลือบบนผ้าฝ้าย จะทำให้ผ้าที่ผ่านการเคลือบสามารถดูดซึมลีสรีแอกทีฟได้ดีขึ้น ทำให้สามารถช่วยลดปริมาณสีและสารเคมีที่ใช้ในการย้อม ทำให้ลดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาได้ อย่างไรก็ตาม การนำไคโตซานมาเคลือบบนเซลลูโลส ทำให้ผ้าฝ้ายมีสัมผัสดูหยาบกระด้าง เนื่องจากไคโตซานเป็นพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลสูงจึงเกิดเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอยู่บนผิวของเส้นใย และเมื่อทำการย้อมจึงทำให้สีย้อมสะสมอยู่ที่ผิวเส้นใยทำให้สมบัติต่างๆของสีย้อมลดลงเช่น เหนือไม่สดใส ความคงทนต่อการซักและต่อแสงลดลง

งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอแนวคิดในการปรับสภาพไคโตซานที่เคลือบผิวผ้า โดยทำการย่อยไคโตซานออกจากผิวผ้าบางส่วนด้วยเทคนิคอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชัน (in-situ depolymerization) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ภายใต้ภาวะที่ไม่รุนแรง ซึ่งคาดว่า ผลจากการทำเทคนิคดังกล่าวจะทำให้สมบัติต่างๆ ของผ้าเช่น สมบัติของการดูดซึมสีดีขึ้น แก้ปัญหาการย้อมผิวผ้า (surface dyeing) นอกจากนี้ยังคาดว่า ผลของการปรับสภาพไคโตซานเคลือบผิวผ้าด้วยเทคนิคนี้จะสามารถแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากฟิล์มเคลือบไคโตซานเช่น ผิวสัมผัสหยาบกระด้าง และสมบัติความคงทนของสี โดยเฉพาะสมบัติความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักถูเป็นต้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

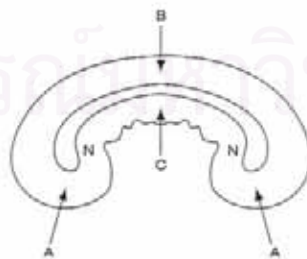
วารสารปริทรรศน์

เส้นใยฝ้าย [9]

เส้นใยฝ้ายได้มาจากสมอฝ้าย ภายในปุยฝ้ายมีเมล็ดอยู่ประมาณ 7 - 9 เมล็ด แต่ละเมล็ดจะให้เส้นใยได้ ประมาณ 10,000 - 20,000 เส้น โดยเส้นใยเหล่านี้จะเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนทางด้านความยาวและผิวหุ้มด้านนอก ส่วนภายในของเส้นใยนั่นจะเต็มไปด้วยน้ำ เมื่อเส้นใยที่หุ้มเมล็ดนี้เจริญยืดยาวเต็มที่แล้ว ผนังเซลล์จึงเริ่มถูกสร้างให้หนาขึ้นเข้าสู่ภายใน เรียกผนังเซลล์ที่หนาขึ้นนี้ว่า ผนังเซลล์ชั้นใน และช่องว่างส่วนกลางที่ยังคงเหลืออยู่นี้ว่า ลูเมน เมื่อสมอฝ้ายแตก การสร้างผนังเซลล์จะหยุดลง น้ำที่อยู่ภายในช่องกลางเซลล์จะค่อยๆ แห้งทำให้เซลล์ที่เป็นขนนี้แฟบลงและบิดเป็นเกลียวคล้ายการบิดตัวของริบบิ้น เมื่อนำเมล็ดฝ้ายนี้มาผ่านกระบวนการหีบฝ้ายด้วยเครื่องหีบ เครื่องจะตีให้ปุยฝ้ายที่ส่งเข้ามานั้นป้อนสู่ลูกกลิ้ง ที่มีผิวเป็นฟันเลื่อยหมุนในทิศทางสวนกับทิศที่ส่งเส้นใยเข้ามา ซึ่งเป็นตะแกรงที่คอยดักสกัดให้เปลือกเมล็ดฝ้ายที่ถูกลูกกลิ้งดึงเส้นใยออก แล้วตกลงไปตามสายพานที่เตรียมไว้ เส้นใยฝ้ายที่ถูกดึงติดมากับฟันเลื่อยบนลูกกลิ้งจะถูกกระแสลมดึงแรงลมจะพาเส้นใยไปสู่สายพาน เพื่อนำไปบรรจุต่อไป ซึ่งการบรรจุจะทำโดยอัดเส้นใยเป็นมัดสี่เหลี่ยมใหญ่เรียกว่า เบล แต่ละเบลจะมีน้ำหนัก 500 ปอนด์ ส่วนของเส้นใยที่ติดปลายเมล็ดเป็นเส้นใยสั้นมาก เรียกว่า cotton linter สามารถเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของการทำเส้นใยเรยอน และอะซีเตต

2.1 โครงสร้างทางกายภาพ

โดยธรรมชาติฝ้ายมีอัตราส่วนของความเป็นผลึกต่ออสัณฐานสูงถึงประมาณ 2 ต่อ 1 ทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงและยืดตัวดี ตามลักษณะภายนอก เส้นใยฝ้ายมีลักษณะแบนบิดเป็นเกลียว พื้นทีหน้าตัดคล้ายเม็ดถั่ว ตรงกลางเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อน้ำตามแกนกลางของเส้นใย ผิวเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง จากกล้องจุลทรรศน์ภาพตัดขวางมีลักษณะคล้ายเม็ดถั่ว มีช่องแกนกลางกลวงเป็นช่องส่งน้ำ(lumen) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยฝ้ายแสดงภาพตัดขวาง [2]

2.1.1 สมบัติทางกายภาพ

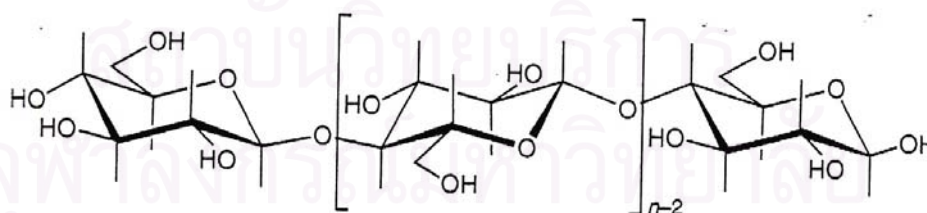
ขนาดเส้นใยฝ้ายแต่ละเส้นมีความยาวในช่วง 3-63 มิลลิเมตร ซึ่งเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยสั้น เส้นใยฝ้ายมีความมันเงาเล็กน้อย ขึ้นกับพันธุ์ฝ้ายและปริมาณของสารขี้ผึ้งที่หุ้มผิวดังนี้

ฝ้ายที่เป็นมันมาก	มีปริมาณขี้ผึ้งร้อยละ	0.500
ฝ้ายที่เป็นมัน	มีปริมาณขี้ผึ้งร้อยละ	0.425 - 0.500
ฝ้ายที่เป็นมันเล็กน้อย	มีปริมาณขี้ผึ้งร้อยละ	0.350 - 0.425
ฝ้ายที่ออกสีด้านเล็กน้อย	มีปริมาณขี้ผึ้งร้อยละ	0.300 - 0.354
ฝ้ายที่ออกสีด้าน	มีปริมาณขี้ผึ้งร้อยละ	ต่ำกว่า 0.300

ความแข็งแรงของเส้นใยฝ้ายขณะแห้งจะมีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าประมาณ 3-5 กรัมต่อดีเนียร์ และความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10-20 เมื่อวัดขณะเปียก ฝ้ายที่ผ่านกระบวนการซุบมัน (mercerization) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปความแข็งแรงฝ้ายแปรผันโดยตรงตามความยาวของเส้นใยเมื่อนำไปตีเกลียวเป็นเส้นด้าย ด้านการยืดตัวฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าขนสัตว์และไหม เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้ฝ้ายมีการยืดตัวที่ดีและสามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ง่ายสามารถยืดตัวได้ประมาณร้อยละ 3-7 การดูดซึมความชื้นที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ฝ้ายมีความสามารถดูดซึมความชื้นได้สูงถึงร้อยละ 7-10

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี [2]

โครงสร้างเคมีของฝ้ายจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณร้อยละ 95-99 เซลลูโลสจัดเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการเรียงต่อกันของหน่วยย่อยกลูโคสด้วยพันธะ 1,4-linked-β-D-glycosidic ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

2.1.2.1 สมบัติทางเคมี [9]

กรด กรดอินทรีย์ เช่นกรดอะซิติคไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่กรดอินทรีย์ทั่วไปเป็นอันตรายต่อเส้นใยเซลลูโลสเช่นกรดซัลฟูริก และที่อุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น กรดทำ

ปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ไฮโดรเซลลูโลสซึ่งมีลักษณะขุ่น กรดไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว และถ้าถูกรีดในตริกทำปฏิกิริยาได้เซลลูโลสในเตรทที่มีสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

ด่าง ฝ้ายสามารถทนต่อสารละลายด่างได้ดี นอกจากนั้นด่างเป็นสารเคมีหลักในการทำชุมชนทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

สารซักฟอก ฝ้ายทนต่อสารฟอกได้ดีมาก แต่สารฟอกที่มีตัวออกซิไดส์อย่างรุนแรง เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์จะค่อยๆ เปลี่ยนเส้นใยฝ้ายไปอยู่ในรูปของ ออกซิเซลลูโลส(oxycellulose) ซึ่งจะมีความเหนียวลดลง การฟอกขาวที่มากเกินไปจะทำให้ผ้าฝ้ายขาดง่าย เมื่อทำให้เปียก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ราและแมลง ฝ้ายขึ้นราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างจากการลงแป้งทำให้ราเจริญเติบโตได้ สำหรับแมลงก็เช่นเดียวกันเป็นปัญหาที่สืบเนื่องมาจากแป้งที่ตกค้างในผ้าฝ้ายมากกว่าเกิดจากเส้นใยฝ้ายเอง

แสง แสงอุตราไวโอเล็ต เส้นใยเซลลูโลสทุกชนิดจะมีปฏิกิริยาไวต่อแสงอุตราไวโอเล็ต กล่าวคือ เมื่อเส้นใยเซลลูโลสอยู่ภายใต้แสงอุตราไวโอเล็ตตลอด 24 ชั่วโมงจะทำให้เส้นใยมีความเหนียวลดลงประมาณร้อยละ 50 - 70 ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของเซลลูโลสถูกทำลาย

การติดสี ฝ้ายสามารถย้อมด้วยสีไคเร็กซ์ สิริแอคทีฟ และ สีวัต นอกจากนี้ฝ้ายย้อมติดสีเบสิก แต่ไม่นิยมในการนำมาย้อมเนื่องบนผ้าฝ้ายความคงทนต่อแสงของสีเบสิกอยู่ในระดับที่ต่ำมาก

2.2 การย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสิริแอคทีฟ [10]

โดยหลักการสิริแอคทีฟจะยึดติดกับเส้นใยเซลลูโลสได้โดยอาศัยพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีความคงทนต่อการซักล้าง ในปัจจุบันสิ่งทอที่ทำจากเซลลูโลสเกือบทั้งหมดจะย้อมด้วยสิริแอคทีฟเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นสีย้อมที่สามารถย้อมได้เกือบทุกเฉดสี และได้ความสดใส และมีความคงทนดีเยี่ยม

2.2.1 เคมีของสิริแอคทีฟ (Chemistry of Reactive Dyes)

สิริแอคทีฟมีโครงสร้างเคมีพื้นฐานเหมือนสีไคเร็กซ์ เพียงแต่พัฒนาให้มีส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสได้ การออกแบบโครงสร้างของสิริแอคทีฟจะไม่เน้นให้เหมือนกับสีไคเร็กซ์ในแง่ของโครงสร้างแบนราบและมีความเป็นเส้นตรง แต่จะเน้นความสามารถการเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใย

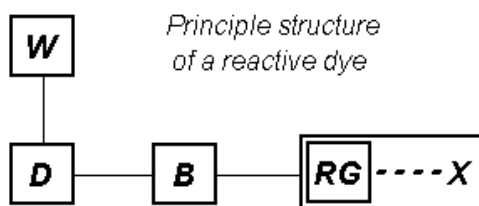
ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างของสิริแอคทีฟ จะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ

W = หมู่ช่วยให้สีละลายน้ำได้

D = ส่วนให้สี

B = ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนให้สีกับส่วนทำปฏิกิริยา

RG = หมู่ทำปฏิกิริยา มี X เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะเกิดปฏิกิริยา



ส่วนที่สำคัญที่สุดของสีรีแอกทีฟก็คือส่วนที่ทำปฏิกิริยาของสี หรือหมู่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา เพราะว่าสีจะเกาะติดอยู่บนเส้นใยได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำปฏิกิริยาของหมู่นี้ โดยทั่วไปแต่ละบริษัทผลิตสีใหญ่ ๆ จะมีลิขสิทธิ์หมู่ว่องไวในการทำปฏิกิริยาเป็นของตัวเองซึ่งทำให้สีรีแอกทีฟที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมีความหลากหลายในเรื่องของความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 30-95 องศาเซลเซียส การจำแนกกลุ่มสีรีแอกทีฟจึงแยกตามความสามารถในการทำปฏิกิริยาของสีที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งพอจะแบ่งออกได้เป็น 6 ระดับ

เคมีหมู่ทำปฏิกิริยา	ชื่อทางการค้า	อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา	ระดับความว่องไว
Dichlorotriazine	Procion MX	30	1
Difluorochloropyrimidine	Levefix EA	40	2
Dichloroquinoxaline	Levafix E	50	3
Monofluorotriazine	Cibacron F	50	3
Vinylsulphone	Ramazol	60	4
Monochlorotriazine	Procion H	80	5

สีรีแอกทีฟทำปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสภายใต้ภาวะต่าง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบแทนที่ (nucleophilic substitution)

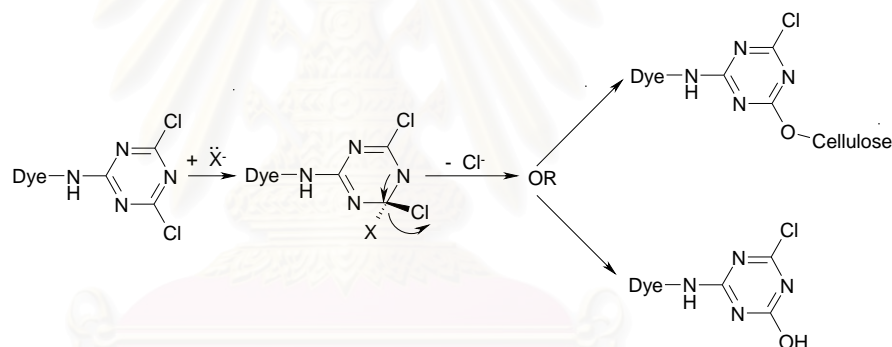
เคมีของหมู่ว่องไวในการทำปฏิกิริยาเป็นพวกเฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic) ที่มีอะตอมคาร์บอน กับอะตอมไนโตรเจนสลับกันอยู่ในวงแหวนอะโรเมตริก โดยมีหมู่ข้างเคียง (side group) เป็นพวกฮาโลเจน (halogen) เช่น คลอไรด์ หรือ ฟลูออไรด์ สมบัติของวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก คืออิเล็กตรอนที่อยู่ในวงแหวนจะเกิดโพลาไรเซชัน (polarisation) ทำให้อะตอมคาร์บอนจะขาดอิเล็กตรอนจึงแสดงศักย์เป็นขั้วบวก เนื่องจากอะตอมไนโตรเจนและฮาโลเจนที่เกาะอยู่รอบๆ อะตอมคาร์บอนมีสมบัติเป็นพวกขูดดึงคู่อิเล็กตรอนเข้าหาตัวเอง (electron withdrawing) จึงทำ

ให้อะตอมคาร์บอนขาดอิเล็กตรอนมากขึ้น (มีขั้วเป็นบวกมากขึ้น) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ที่แสดงการเกิดโพลาริเซชันในวงแหวน (ในที่นี้คือ triazine ring)



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการเกิดโพลาริเซชันในวงแหวน triazine ring

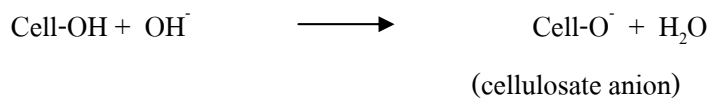
ด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นการง่ายที่นิวคลีโอไฟล์ (nucleophile-พวกที่ชอบขั้วบวก) จะเข้าไปทำปฏิกิริยาแบบแทนที่ที่ตำแหน่งอะตอมคาร์บอน เมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดลง อะตอมฮาโลเจนจะหลุดออกมา ดังสมการปฏิกิริยาเคมีดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างนิวคลีโอไฟล์ (เส้นใยเซลลูโลส หรือ ค่างไฮดรอกซิล) กับสีรีแอกทีฟ

โดย x^- เป็นตัวแทนของนิวคลีโอไฟล์ จากสมการเคมีจะเห็นได้ว่า เราสามารถย้อมเซลลูโลสด้วยสีรีแอกทีฟได้ถึงแม้ว่าเซลลูโลสจะยังไม่สามารถแสดงตัวเป็นนิวคลีโอไฟล์โดยตรงก็ตาม โดยในการย้อมจริงจะต้องทำการเติมด่างลงไปใต้น้ำย้อมเพื่อเปลี่ยนเซลลูโลสให้อยู่ในรูปประจุลบ หรือที่เรียกว่า cellulose anion (นิวคลีโอไฟล์) โดยด่างที่นิยมใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ โซเดียมคาร์บอเนต / โซเดียมไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับความว่องไวของปฏิกิริยาของสีที่ใช้ ด่างที่เติมลงไปจะทำให้ หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเกิดการแตกตัว (ดังปฏิกิริยาในรูปที่ 2.5) แล้วได้เซลลูโลสที่มีประจุเป็นลบขึ้นมา ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นนิวคลีโอไฟล์ที่

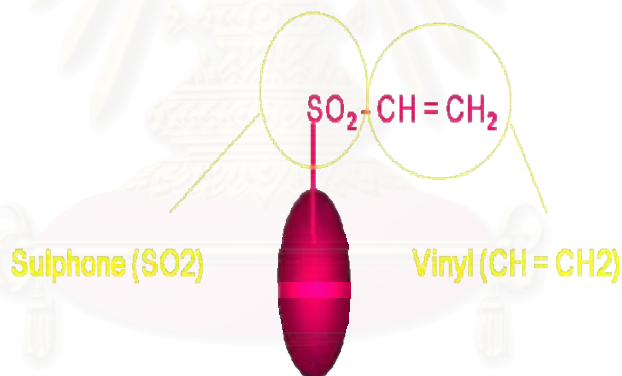
พร้อมจะทำปฏิกิริยากับสีรีแอกทีฟต่อไป พันธะที่เกิดหลังจากสีทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสคือ พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงทำให้สีมีความคงทนต่อการซักล้างสูง



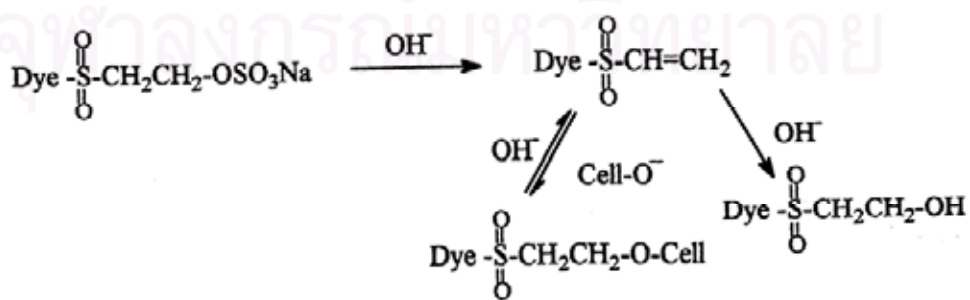
รูปที่ 2.5 แสดงปฏิกิริยาการแตกตัวของเซลลูโลสเมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่มีภาวะ pH เป็นด่าง

2. สีที่ทำปฏิกิริยาชนิดแบบรวมตัว

หมู่รีแอกทีฟของสีประเภทนี้จะเป็พวก β -sulphatoethyl sulphonyl precursor เมื่ออยู่ในสารละลายพิเศษเป็นด่างหมู่นี้จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ vinylsulphone ในระบบนี้ หมู่พันธะคู่ (carbon-carbon double bond) จะเกิดโพลาริเซชัน โดยการชักนำของหมู่ซัลโฟน (sulphone group) ผลจากการเกิดโพลาริเซชัน นี้จะทำให้อะตอมคาร์บอนของหมู่พันธะคู่ตัวที่อยู่นอกสุดมีประจุเป็นบวก ซึ่งหมายความว่าอะตอมคาร์บอนตัวนั้นขาดอิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อมีนิวคลีโอไฟล์อยู่ด้วยเช่น เซลลูโลสไฮดรอกไซด์ไอออน ก็จะไปทำปฏิกิริยาการรวมตัวกับสีได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงหมู่ทำปฏิกิริยาแบบรวมตัว



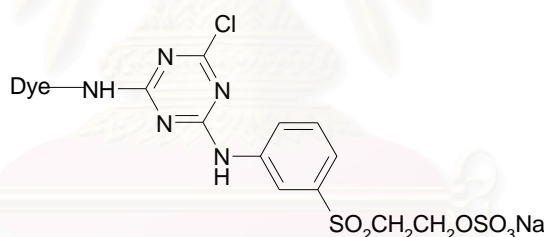
รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาแบบรวมตัวระหว่างนิวคลีโอไฟล์และสีรีแอกทีฟชนิด vinylsulphone

ข้อเสียของสีอันเนื่องจากต้องอาศัยค่าเป็นตัวช่วยให้เซลล์โลสทำปฏิกิริยากับสีย้อม ก็คือ ค่าจะทำให้ น้ำ (H_2O) เกิดการแตกตัวให้หมู่ไฮดรอกซิลได้ด้วย (OH^-) (นอกเหนือจากเซลล์โลเซสไอออน) หมู่ไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นจะไปทำปฏิกิริยาแบบแข่งขันกับเซลล์โลเซสไอออน จึงเป็นเหตุให้สีบางส่วนหมดสภาพที่จะทำปฏิกิริยากับเส้นใยอีกต่อไป เรียกสีที่หมดสภาพว่าสีไฮโดรไลซ์ (hydrolysed dye) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องกำจัดออกไปเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการย้อมเพื่อป้องกันไม่เกิดปัญหาสีเปื้อน (staining) แต่การกำจัดเอาสีไฮโดรไลซ์ออกจากเส้นใยเซลล์โลสจำเป็นต้องอาศัยน้ำปริมาณมากและใช้พลังงานสูงทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมถ้าปล่อยสีไฮโดรไลซ์ ลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดที่ดี จากปัญหาของสีไฮโดรไลซ์ทำให้มีการพัฒนาสีรีแอคทีฟที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูงขึ้น เช่น

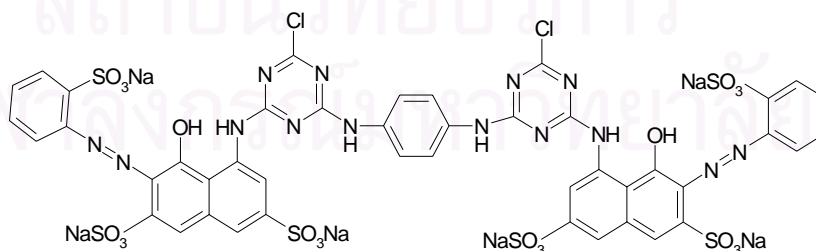
1. สีรีแอคทีฟที่มีหมู่รีแอคทีฟสองหมู่ (Bifunctional reactive dyes)

เนื่องจากความต้องการที่จะได้สีที่มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิมและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดจึงได้มีการพยายามพัฒนาสีตัวใหม่ขึ้นตลอดเวลา สีตัวที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือสีรีแอคทีฟที่มีหมู่รีแอคทีฟสองหมู่ ลักษณะพิเศษของสีประเภทนี้คือจะมีหมู่ทำปฏิกิริยาอยู่ 2 หมู่ในสีตัวเดียวกัน โดยอาจจะเป็นหมู่ที่เหมือนกันอย่างเช่น bis-sulphatoethylsulphone หรือ bis-triazinyl

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างอย่างง่ายของสี bifunctional ดังรูปที่ 2.8



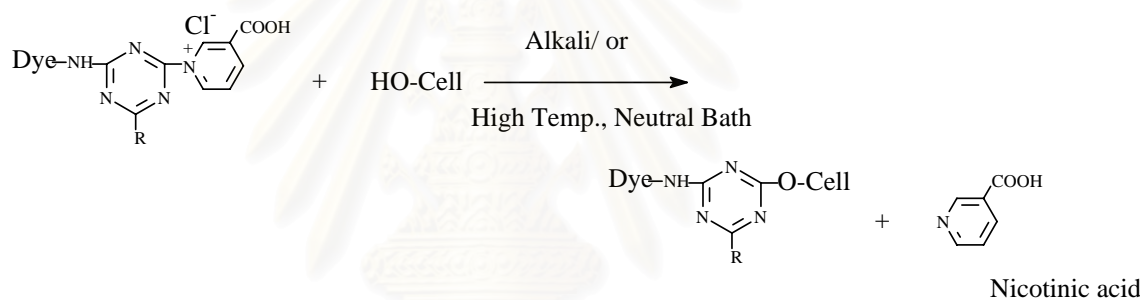
รูปที่ 2.8 สีรีแอคทีฟ Sumifix Supra



รูปที่ 2.9 สีรีแอคทีฟ Procion Red HE-3B, C.I. Reactive Red 120

2. สิริแอกทีฟที่มีหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary ammonium group)

สิริแอกทีฟตัวใหม่ที่มีหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมเป็นหมู่่องไวในการทำปฏิกิริยา ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขปัญหาการย้อมแบบอาศัยค่า เนื่องจากหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมที่ติดอยู่กับหมู่ triazine ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เป็นหมู่ที่มีความว่องไวสูงและสามารถทำปฏิกิริยากับ เซลลูโลสในภาวะพีเอชเป็นกลาง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเติมค่าเมื่อย้อมด้วยสีในกลุ่มนี้ ความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ของสีประเภทนี้คือสี Kayacilon reactive dye ของบริษัท Nippon Kayaku หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในสีตระกูลนี้ได้มาจาก nicotinic acid ซึ่งมีข้อดีคือละลายน้ำและไม่มีการกีดกัน สีประเภทนี้เหมาะสำหรับการย้อมแบบแช่ เทคนิคการย้อมสีประเภทนี้ก็คล้าย ๆ กับสิริแอกทีฟ ชนิดอื่น ๆ แต่จะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียสได้ในกรณีที่การย้อมไม่มีการเติมค่า ซึ่งข้อดีอันนี้จึงเหมาะที่จะนำไปย้อมรวมกับสีดิสเพอสในการย้อมเส้นใยผสมระหว่างใยฝ้ายกับพอลิเอสเตอร์



รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีควอเทอร์นารีแอมโมเนียมกับเซลลูโลส

2.2.2 วิธีการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสิริแอกทีฟ [4]

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสิริแอกทีฟ สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งที่เป็นวิธีแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ผู้ย้อมสามารถเลือกใช้วิธีการย้อมที่เหมาะสมกับสภาพโรงงานและความต้องการเฉพาะกรณีได้ ซึ่งข้อดีนี้เป็นสาเหตุผลหนึ่งที่ทำให้สิริแอกทีฟได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ในการเลือกใช้วิธีการย้อมที่เหมาะสมนั้น สิ่งที่ควรคำนึงถึงได้แก่ คุณลักษณะของวัสดุที่จะย้อม โดยทั่วไปกรรมวิธีการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสิริแอกทีฟสามารถแบ่งอย่างกว้างๆ ออกได้ เป็น 3 วิธี ดังนี้

2.2.2.1 การย้อมด้วยวิธีแช่ในอ่างย้อม (Exhaustion method)

ในการย้อมวิธีนี้ ผ้าหรือวัสดุที่ย้อมจะถูกแช่หรือหมุนเวียนอยู่ในอ่างย้อม จนกระทั่งการย้อมเสร็จสมบูรณ์ เครื่องย้อมที่ใช้กันมากก็มี เช่น เครื่องวินซ์ เครื่องจิกเกอร์ เครื่องบีบ และเครื่องเจ็ท เป็นต้น กรรมวิธีการย้อมแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ผ้าหรือวัสดุย้อมจะถูกนำลงแช่หรือหมนเวียนในน้ำย้อมที่ประกอบด้วยสีและเกลือ โดยยังไม่มีการเติมด่างลงไป ในขั้นตอนนี้สีย้อมจะเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปภายในเส้นใย โดยยังไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใย สิ่งที่สำคัญที่สุดในช่วงนี้คือ จะต้องพยายามให้สีย้อมมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปภายในเส้นใยให้ได้มากที่สุดก่อนที่จะมีการเติมด่าง เพราะเมื่อเติมด่างแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสีย้อมกับเส้นใย และสีย้อมกับน้ำไปพร้อมๆ กัน ถ้าสีย้อมส่วนใหญ่ได้แทรกซึมเข้าไปอยู่ภายในเส้นใยแล้ว โอกาสที่มันจะทำปฏิกิริยากับเส้นใยก็มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การติดของสีในเส้นใยก็จะเพิ่มมากขึ้น สำหรับสีย้อมที่ทำปฏิกิริยาไปกับน้ำนั้น ถือว่าเป็นสีส่วนที่ต้องสูญเสียไป เพราะมันไม่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยอีก และทั้งนี้ยังต้องถูกกำจัดออกไปในขั้นสุดท้ายของการย้อมด้วย

การที่สีย้อมจะมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยได้มากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ดังนี้ คือ

1. แรงดึงดูดระหว่างสีย้อมกับเส้นใย

แรงดึงดูดนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมแต่ละตัว เป็นสำคัญดังได้กล่าวแล้ว ถ้าแรงดึงดูดนี้มีมาก สีย้อมก็จะมี การเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยได้มาก แต่ถ้ามีน้อยก็จะเข้าไปได้น้อยตามส่วน สีรีแอคทีฟของแต่ละบริษัทสีมีระดับของแรงดึงดูดกับเส้นใยฝ้ายในระดับต่ำถึงปานกลางเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสีย้อมฝ้ายประเภทอื่นๆ ทั้งนี้ ก็เพื่อมิให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการกำจัดสีส่วนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับเส้นใยออกในภายหลัง และนี่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดของสีรีแอคทีฟในปัจจุบันยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจนัก กล่าวคือ อยู่ในช่วง 70 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นเป็นอย่างมาก ที่เหลืออีก 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นสีที่ต้องทิ้งไป ซึ่งนับว่าเป็นการสิ้นเปลืองมาก ดังนั้น งานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับสีรีแอคทีฟในปัจจุบัน ยังต้องมุ่งปรับปรุงสมบัติในด้านนี้ของสีรีแอคทีฟให้ดีขึ้น เพื่อให้การใช้สีย้อมประเภทนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. เกลือ

การเติมเกลือลงไป ในน้ำย้อม จะช่วยให้สีย้อมมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยได้รวดเร็วขึ้น การเติมเกลือเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะสำหรับการย้อมแบบแช่ในอ่างย้อม เนื่องจากอัตราส่วนของน้ำต่อผ้าที่ใช้ในกรณีนี้ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวิธีอื่น เกลือที่ใช้มักจะเป็น โซเดียมคลอไรด์ หรือ โซเดียมซัลเฟต ปริมาณที่ใช้มักอยู่ในช่วง 20-60 กรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสีและอัตราส่วนของน้ำต่อผ้าที่ใช้ การย้อมสีเข้มจะต้องใช้เกลือมากกว่าการย้อมสีอ่อน และการย้อมที่อุณหภูมิสูงต้องใช้เกลือเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณเกลือที่ต้องใช้จะลดลง ถ้าอัตราส่วนน้ำต่อผ้าลดลง

3. อัตราส่วนของน้ำต่อผ้า

ปริมาณการเคลื่อนตัวของสีย้อมจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อผ้าที่ใช้ลดลง ดังนั้น การใช้เครื่องย้อมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อผ้าต่ำ เช่น พวกเครื่องเจ็ท จะช่วยให้สามารถใส่สีรีแอคทีฟได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สำหรับในกรณีที่ย้อมในเครื่องที่

ต้องใช้อัตราส่วนน้ำต่อผ้าสูง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้สีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยในเกณฑ์สูง เพราะมิฉะนั้นเปอร์เซ็นต์การติดของสีจะต่ำมาก

4. อุณหภูมิ

การเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้ปริมาณการแทรกซึมของสียอมเข้าไปในเส้นใยลดลง เพราะฉะนั้นการย้อมที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้สียอมเข้าไปอยู่ในเส้นใยได้มากที่สุด แต่ในทางปฏิบัติจะใช้เวลาเกินไปสำหรับสีรีแอคทีฟบางประเภท ดังนั้น จำเป็นต้องย้อมที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเสร็จสิ้นในเวลาอันสมควร นอกจากนี้ในการย้อมผ้าที่มีโครงสร้างค่อนข้างแน่นก็ควรใช้อุณหภูมิในการย้อมให้สูงกว่าปกติ เพื่อช่วยให้สียอมมีการแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้อย่างทั่วถึงดียิ่งขึ้น โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งสีรีแอคทีฟออกเป็น 2 กลุ่ม ตามอุณหภูมิที่ใช้การย้อม ดังนี้คือ

กลุ่มที่หนึ่ง สียอมเย็น ได้แก่ สีที่ย้อมโดยใช้อุณหภูมิต่ำอยู่ในช่วง 20-40 องศาเซลเซียส สีประเภทนี้เนื่องจากย้อมที่อุณหภูมิต่ำ สียอมจะมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยได้มาก เพราะฉะนั้น จึงไม่ควรจำเป็นต้องใช้สีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยมากนัก และปริมาณเกลือที่ต้องใช้ก็น้อยกว่าสีกลุ่มที่ 2 สีรีแอคทีฟที่จัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ สี Procion M (ICI) Levafix EA (DyStar) และ Cibacron F (CIBA) เป็นต้น

กลุ่มที่สอง สียอมร้อน ได้แก่ สีที่ย้อมโดยใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 60-80°C สีประเภทนี้ เนื่องจากย้อมที่อุณหภูมิสูง สียอมจะมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยได้น้อย เพราะฉะนั้น จึงควรเลือกใช้สีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยในเกณฑ์สูง แต่การย้อมที่อุณหภูมิสูงนี้ มีข้อดี คือ ทำให้ย้อมได้อย่างสม่ำเสมอดี และสียอมมีการแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้อย่างทั่วถึงดีกว่าการย้อมที่อุณหภูมิต่ำ สีรีแอคทีฟที่จัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ สี Procion H (ICI) Cibacron E (CIBA) Remazol (DyStar) และ Drimarene X (Sandoz) เป็นต้น

การย้อมในขั้นตอนที่หนึ่ง นอกจากจะต้องให้สียอมมีการเคลื่อนตัวจากน้ำย้อมเข้าไปในเส้นใยให้มากที่สุดแล้ว ยังต้องทำให้การแทรกซึมของสีเข้าไปในเส้นใยขั้นตอนนี้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอด้วย เพราะมิฉะนั้นจะทำให้เกิดปัญหาการย้อมต่างๆ ได้ โดยปกติสีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยมาก จะมีโอกาสย้อมค้างได้ง่ายกว่าสีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยต่ำ ดังนั้นในการย้อมสีประเภทแรกจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เช่นใน การเติมเกลือก็ควรแบ่งเติมเป็นส่วนๆ เพื่อไม่ให้สีเข้าไปในเส้นใยเร็วเกินไป ถ้าเกิดปัญหาการย้อมต่างกันในขั้นตอนนี้ ยังอาจแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการย้อม เพื่อให้สีได้มีเวลากระจายตัวในเส้นใยใหม่ ให้มีความสม่ำเสมอดีขึ้น ปัญหาการย้อมค้างนี้ จะแก้ไขอีกไม่ได้ถ้าสียอมได้ทำปฏิกิริยากับเส้นใยแล้ว โดยปกติการย้อมขั้นตอน 1 นี้ จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเติมต่าง เพื่อให้สียอมมีการทำปฏิกิริยากับเส้นใยเกิดเป็นพันธะที่ถาวรต่อไป สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในขั้นตอนนี้ คือ จะต้องให้สียอมมีการทำปฏิกิริยากับเส้นใยให้มากที่สุด และต้องให้ปฏิกิริยานี้เสร็จสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่เหมาะสมด้วย สำหรับความต้องการใน

ประการแรกนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการแทรกซึมของสีซึมเข้าไปในเส้นใยดังได้กล่าวไว้ในข้างต้น ส่วนความต้องการในประการหลังนั้น ขึ้นอยู่กับความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีซึมเป็นสำคัญ ถ้าสีซึมมีกลุ่มทำปฏิกิริยาที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง ปฏิกิริยาระหว่างสีซึมกับเส้นใยก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเสร็จสิ้นในระยะเวลาอันสั้น ความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีซึม ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ โครงสร้างของกลุ่มทำปฏิกิริยาของสีซึมอุณหภูมิสูง และความแรงของค่าที่ใช้ดังได้กล่าวไปแล้ว สำหรับค่าที่ใช้เรียงลำดับตามความแรงจากน้อยไปหามาก ดังนี้

	พีเอช
โซเดียมไบคาร์บอเนต	8
โซเดียมไบคาร์บอเนต + โซดาแอช	10
โซดาแอช	10.5-11
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	11-12
โซดาไฟ	12

โดยทั่วไปแล้ว โซดาแอชเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่สำหรับสีซึมที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาค่า อาจจำเป็นต้องใช้ค่าที่มีความรุนแรงยิ่งขึ้น เพื่อให้ปฏิกิริยาเสร็จสิ้นในเวลาอันสมควร ขั้นตอนการผดสีนี้ ปกติจะใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการกำจัดสีซึมส่วนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับเส้นใยออก การข้อมผ้าฝ้ายด้วยสิริแอกทีฟไม่ว่าจะใช้กรรมวิธีใด ก็ต้องลงท้ายด้วยขั้นตอนนี้เสมอ ดังได้กล่าวแล้วว่า เมื่อเติมค่าลงไปใต้น้ำข้อม สีซึมไม่เพียงแต่จะทำปฏิกิริยากับเส้นใยเท่านั้น แต่ยังทำปฏิกิริยากับน้ำด้วย สีซึมที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้ว จะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับเส้นใยอีก และมันจะเกาะติดอยู่บนเส้นใยโดยอาศัยแรงดึงดูดทางกายภาพ ซึ่งไม่มีความคงทนเท่ากับการเกาะติดโดยพันธะทางเคมี ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการข้อม จึงจำเป็นต้องกำจัดสีประเภทนี้ออกเสียเพื่อให้ได้ผ้าข้อมที่มีความคงทนสูงสุด ขั้นตอนนี้มักจะกระทำด้วยการต้มผ้าที่ข้อมแล้วในน้ำสบู่เป็นเวลา 15 นาที น้ำสบู่ที่ใช้ อาจมีสถานะที่เป็นด่างหรือเป็นกลางตามแต่ประเภทของสิริแอกทีฟที่ใช้ดังได้กล่าวแล้ว ภายหลังจากการซัก ก็ให้ทำการล้างด้วยน้ำอุ่น ต่อด้วยน้ำเย็นและอบแห้งก็เป็นอันเสร็จสิ้นการข้อม

นอกจากการข้อมด้วยวิธีแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ยังสามารถข้อมด้วยวิธีใต้อีก และค่าลงไปพร้อมกันในคราวเดียว แต่ในกรณีนี้ การข้อมควรจะเริ่มที่อุณหภูมิต่ำก่อน แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไป โดยใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมินี้ เป็นตัวควบคุมการเกาะติดของสีซึมในเส้นใยให้ไปอย่างสม่ำเสมอและได้ผลดีที่สุด การข้อมด้วยวิธีนี้ มีข้อเสียตรงที่ว่า การควบคุมสถานะการข้อมมักจะทำได้ไม่รัดกุมเท่ากับวิธีการข้อมแบบที่มีการเติมค่าในภายหลัง

2.2.2.2 การข้อมด้วยวิธีกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous method)

การข้อมด้วยวิธีนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

การอัดน้ำสี และต่าง \longrightarrow การม้วนเก็บไว้ \longrightarrow การซัก

เครื่องย้อมที่ใช้ประกอบด้วย อ่างน้ำย้อมสำหรับจุ่มผ้า ลูกกลิ้งสำหรับอัดรีดเอาน้ำย้อมส่วนเกินออกจากผ้า ลูกกลิ้งสำหรับม้วนเก็บผ้า ตู้อบในกรณีที่ทำเป็นและอ่างซัก รายละเอียดของกรรมวิธีในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

การอัดน้ำสีและต่าง ในขั้นตอนนี้สีย้อมและต่างจะถูกผสมลงไปพร้อมกันในอ่างย้อม ผ้าจะถูกผ่านไปน้ำย้อม และต่อไปยังลูกกลิ้ง เพื่อเตรียมนำไปเก็บในขั้นตอนต่อไป ในขั้นตอนนี้ สิ่งสำคัญที่ต้องการควบคุมก็คือ ความเข้มข้นของน้ำสีในอ่างย้อม และแรงอัดของลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้ผ้าย้อมที่มีระดับความเข้มตามต้องการ นอกจากนี้การควบคุมความเข้มของน้ำสีในอ่างย้อม ให้คงที่ตลอดการผ่านของผ้าก็เป็นเรื่องสำคัญ เพื่อไม่ให้ผ้าส่วนต้นและส่วนปลายมีระดับความเข้มที่แตกต่างกัน การลดปัญหาในเรื่องนี้ อาจกระทำได้ 3 ทาง คือ

1. เลือกใช้สีที่มีแรงดึงคู่กับเส้นใยต่ำ
2. พยายามให้ผ้ามีเวลาที่จุ่มอยู่ในน้ำสีให้น้อยที่สุด
3. ทดแทนน้ำสีส่วนที่ถูกดูดซึมไป ด้วยการเติมน้ำสีใหม่ในปริมาณที่เหมาะสมลงไปอ่างย้อม

2.2.2.3 การย้อมด้วยวิธีต่อเนื่อง (Continuous method)

ในวิธีนี้ ผ้าจะเคลื่อนที่ได้ตามขั้นตอนการย้อมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุดแช่อยู่ที่จุดใดตั้งแต่เป็นผ้าขาวจนกระทั่งออกมาเป็นผ้าย้อมสำเร็จ วิธีนี้จึงเป็นวิธีการย้อมที่เร็วที่สุดและเหมาะสมกับการย้อมทีละมากๆ ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ ถ้าเกิดมีการผิดพลาดขึ้นในระหว่างการย้อมกว่าที่ข้อผิดพลาดนั้นจะถูกค้นพบและได้รับการแก้ไข ผ้าก็อาจเสียไปเป็นจำนวนมากแล้ว เพราะฉะนั้นก่อนที่จะดำเนินการย้อมด้วยวิธีนี้ จำเป็นต้องมีการเตรียมการอย่างระมัดระวังที่สุด

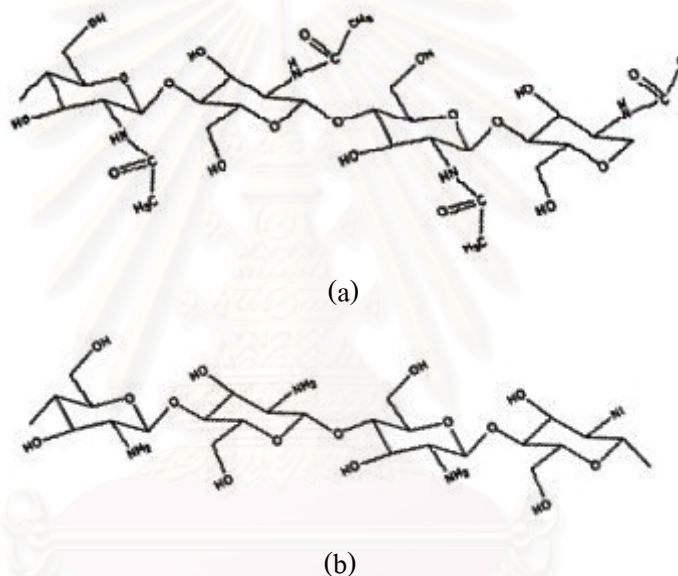
การย้อมผ้าด้วยสีรีแอกทีฟด้วยวิธีการแบบต่อเนื่องนี้ กรรมวิธีโดยทั่วไป ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

การอัดน้ำสี + ต่าง \longrightarrow การอบแห้ง \longrightarrow การฟอกสีด้วยไอน้ำหรือความร้อน \longrightarrow การซัก

สำหรับหลักการของการย้อมในขั้นตอนการอัดน้ำสีและต่างนั้น คล้ายกับที่กล่าวมาแล้วในการย้อมด้วยวิธีกึ่งต่อเนื่อง แต่ในขั้นตอนการฟอกสีในการย้อมด้วยวิธีต่อเนื่องนี้ ใช้ภาวะที่รุนแรงกว่ามากการฟอกสีนี้อาจทำได้โดยใช้ไอน้ำหรือความร้อนแห้ง อุณหภูมิและเวลาที่ขึ้นอยู่กับความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสี และความแรงของต่างที่ใช้ โดยปกติผู้ย้อมจะต้องเลือกภาวะที่ทำให้การฟอกสีเกิดขึ้นในระยะเวลาอันสั้นที่สุด เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด

2.3 ไคโตซาน

ไคโตซาน (chitosan) เป็นอนุพันธ์ชนิดหนึ่งของไคตินเกิดจากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติล(deacetylation) ของไคตินด้วยสารละลายต่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างทางเคมีของไคตินเปลี่ยนไป โดยหมู่อะซิติล (-NHCOCH₃) เปลี่ยนเป็นหมู่เอมิโน (-NH₂) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังนั้นไคโตซานประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีส่วนใหญ่คือ D-glucosamine (2-amino-2-deoxy-D-glucose) ชื่อทางเคมีของไคโตซานคือ Poly(β -(1-4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose) ไคตินและไคโตซานนั้นมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับเซลลูโลส โดยแตกต่างกันตรงที่หมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเซลลูโลสจะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ไคตินเป็นหมู่อะซิทามาई และไคโตซานเป็นหมู่เอมิโน โครงสร้างทางเคมีแสดงไว้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของไคติน(a) และไคโตซาน(b)

ไคโตซาน จัดเป็นโคพอลิเมอร์ (copolymer) ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 2 ชนิด คือ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine จึงทำให้มีการกำหนดค่าดัชนีที่จะใช้บอกระดับของการเกิดดีอะซิไทเลชัน โดยเรียกค่าดัชนีนี้ว่า ค่าระดับของการเกิดดีอะซิไทเลชัน (degree of deacetylation :DD) ซึ่งเป็นค่าที่จะบอกถึงสัดส่วนของจำนวน D-glucosamine ที่มีอยู่ในสายโซ่พอลิเมอร์ของไคติน-ไคโตซาน

2.3.1 สมบัติทางกายและทางเคมีของไคโตซาน [7]

2.3.1.1 ความแข็งแรง

พิจารณาจากโครงสร้างทางเคมีทำให้ทราบว่าไคโตซานสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ทั้งแบบภายในสายโซ่ (intramolecular hydrogen bonding) และระหว่างสายโซ่ (intermolecular hydrogen bonding) โดยพันธะไฮโดรเจนแบบภายในสายโซ่เดียวกันจะเกิดขึ้นที่

ระหว่างหมู่ไฮโดรเจนที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 กับ ออกซิเจนอะตอม และระหว่างหมู่อะมิโนกับ หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ส่วนพันธะไฮโดรเจนแบบระหว่างสายโซ่ เกิดที่หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ซึ่งกันและกัน จึงส่งผลให้ไคติน-ไคโตซานมีโครงสร้างที่แข็งแรง

2.3.1.2 สมบัติทางกายภาพ

- การละลาย

ไคโตซานนั้นไม่ละลายในน้ำ ค้างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มี pH ต่ำกว่า 6 เช่น กรดอะซิติกและกรดฟอร์มิก กรดทั้ง 2 ชนิดนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากไม่ทำลายโครงสร้างของไคโตซาน หาง่าย ราคาถูก เหมาะสำหรับการเตรียมไคโตซานเป็นชิ้นงานอื่นเช่นในรูปเจล บีคัส และ เมมเบรน สารละลายไคโตซานที่ได้จะมีความใส เหนียว กรดอินทรีย์บางชนิด เช่นกรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก สามารถละลายไคโตซานได้เช่นกันภายใต้การคนที่อุณหภูมิสูงปานกลาง แต่อาจเกิดตะกอนขาวคล้ายเจลเนื่องมาจากการละลายที่ไม่สมบูรณ์

- ความหนืด

ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ค่าระดับของการเกิดดีอะซีทิลเลชัน (degree of deacetylation) น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ โดยทั่วไปความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้ในการละลายและการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายพอลิเมอร์จะมีผลให้ความหนืดที่แตกต่างกัน เช่นความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายพอลิเมอร์มีค่า pH ลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายพอลิเมอร์มีค่า pH เพิ่มขึ้น

การเสื่อมสลาย (Degradation)

ไคโตซานก็เหมือนกับพอลิแซ็กคาไรด์อื่นทั่วไป คือเมื่อเกิดการเสื่อมสลายจะให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็น โอลิโกเมอร์ หรือ โอลิโกแซ็กคาไรด์ และเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดที่เรียกว่า มอนอเมอร์

- การเสื่อมสลายเกิดขึ้นได้โดยกรด (acid hydrolysis)

การเสื่อมสลายของสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานเนื่องจากกรด จะเกิดเป็นแบบสุ่ม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือ โอลิโกเมอร์ขนาดต่าง ๆ และมอนอเมอร์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของกรดที่ใช้ เวลา อุณหภูมิ ชนิดของพันธะของสายโซ่โมเลกุล ชนิดของพอลิเมอร์ ซึ่งไคตินจะมีความสามารถในการต้านทานต่อการเสื่อมสลายโดยกรดได้ดีกว่าไคโตซาน

- การเสื่อมสลายโดยด่าง (Alkaline degradation)

จะเริ่มที่ปลายสุดของสายโซ่โมเลกุล เป็นการเสื่อมที่เรียกว่า peeling reaction นอกจากนี้ไคโตซานยังเกิดการเสื่อมสลายได้ด้วยวิธีการอื่นๆ

- การเสื่อมสลายโดยการสั่นโดยคลื่นเสียง (Degradation by sonication)

การเสื่อมสลายโดยการสั่นโดยคลื่นเสียงที่มีการใช้กรดควบคู่กันจะมีผลให้ได้โพลิโกเมอร์ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากกว่าการเสื่อมสลายด้วยการใช้กรดเพียงอย่างเดียว และการเสื่อมสลายโดยการสั่นจะทำให้มวลโมเลกุลของไคโตซานลดลง ขณะที่ค่าระดับของการเกิดดิวอะซิทิเลชัน(%DD) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

- การเสื่อมสลายโดยเอนไซม์ (Enzymatic degradation)

การเสื่อมสลายโดยเอนไซม์มีข้อดีกว่าการใช้สารเคมีคือการใช้เอนไซม์มีความจำเพาะในตำแหน่งการสลาย และจะได้โพลิโกเมอร์ที่เป็นระเบียบ ประกอบสถานะที่ใช้ก็ไม่รุนแรง เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายไคติน-ไคโตซานได้แก่ เอนไซม์ไคตินเนส(chitinase) เป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคตินแบบสุ่ม ตรงตำแหน่งพันธะ 1,4-linkage ได้เป็น N-acetyl-chitooligosaccharide เป็นต้น

- การเสื่อมสลายโดยความร้อน (Thermal degradation)

ไคติน-ไคโตซานสามารถเสื่อมสลายได้ที่อุณหภูมิ โดยความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน เนื่องจากไคติน-ไคโตซานโดยทั่วไปจะสามารถดูดซับน้ำไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบสมบัติทางความร้อน จะพบว่าพิกที่แสดงการสูญเสียโมเลกุลน้ำเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการเสื่อมสลายโดยความร้อนจะทำให้โครงสร้างไคติน-ไคโตซานเสียโดยถาวร โดยปกติไคตินและไคโตซานจะเสื่อมสลายที่อุณหภูมิประมาณ 275-300 และ 280-330 องศาเซลเซียสตามลำดับ

2.3.2 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา

ไคโตซานมีส่วนของโมเลกุลที่ว่องไวและพร้อมที่จะทำปฏิกิริยาอยู่หลายหมู่ หมู่ที่เด่นคือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C-2) หมู่ไพรมารีแอลกอฮอล์ (primary alcohol: $-CH_2OH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และหมู่เซคันเดอรรีแอลกอฮอล์ (secondary alcohol: $-CHOH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 เมื่อไคโตซานถูกละลายในสารละลายกรดอินทรีย์เช่นกรดอะซิติก หมู่อะมิโนจะกลายเป็นอะมิโนที่แสดงประจุบวก ($-NH_3^+$) หรือพร้อมที่จะเป็นหมู่เกลือควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium salt)

2.3.3 การประยุกต์ใช้งานไคโตซาน

เนื่องจากไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ แต่มีความโดดเด่นและหลากหลายในทางเคมี โดยเฉพาะประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ และสามารถเกิดการดูดซับไอออนของโลหะหนัก การประยุกต์สารไคโตซานในผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาจแบ่งได้ดังนี้

1. ด้านการเกษตร

การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช

การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชมีประโยชน์หลายประการ เช่น ป้องกันการปลอมปนพันธุ์โดยใช้สีเคลือบเป็นเอกลักษณ์ ป้องกันเมล็ดพันธุ์จากโรค แมลงศัตรูพืช และยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ไคโตซานเป็นสารที่ปลอดภัย ไม่ทำให้เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟ และ non-phytotoxic ต่อพืช ไคโตซานยังสามารถใช้เป็นสารเคลือบเพื่อป้องกันการชุกขีด หลุดร่อนของสารเคมีที่ติด ไคติน-ไคโตซานยังมีสมบัติที่เหมาะสมในการเป็นตัวกระตุ้นให้พืชสร้างสารป้องกันตัวเองขึ้น (elicitor) และยังมีผลในการต้านทานเชื้อราบางชนิดที่ทำให้เกิดรากโคนเน่าในพืชได้ นอกจากนี้ใช้งานกับพืชแล้วยังมีการนำไคติน-ไคโตซานไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อช่วยให้สัตว์เจริญเติบโตแข็งแรงมีสุขภาพดี มีภูมิคุ้มกันโรคที่มีสาเหตุจากจุลินทรีย์หลายชนิดได้

2. ด้านอาหารและเครื่องสำอาง

ไคติน-ไคโตซานมีการใช้เป็นอาหารเสริม (nutritional additives) ที่ไม่ให้พลังงานและไม่มีการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากในร่างกายคนไม่มีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยไคติน-ไคโตซาน ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้ในอาหารสำหรับการควบคุมน้ำหนัก อีกทั้งไคติน-ไคโตซานยังมีสมบัติเป็น barrier จึงได้มีการนำมาใช้งานในเรื่องบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร จากสมบัติที่ไคติน-ไคโตซานสามารถต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด จึงได้มีการใช้ไคติน-ไคโตซานเป็นสารกันบูด สารเคลือบอาหารและผักผลไม้

3. ด้านการแพทย์

ไคติน-ไคโตซานในรูปโพลิเมอร์แซคคาไรด์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อบีฟีโดแบคทีเรีย แบคทีเรียในลำไส้ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ ต่อต้านมะเร็ง ช่วยลดสารพิษและยับยั้งการเจริญเติบโตที่เป็นอันตรายอย่างเชื้อซัลโมเนลลา (เชื้อไขรากลาค) นอกจากนี้ยังช่วยสร้างวิตามินบี และกรดโฟลิกที่จำเป็นประโยชน์ สามารถเร่งให้แผลหายเป็นปกติเร็วขึ้น ไม่มีการต่อต้านจากร่างกายมนุษย์ เนื่องจากไคติน-ไคโตซานเป็นสารธรรมชาติ นอกจากนี้ไคติน-ไคโตซานยังสามารถป้องกันการติดเชื้อ ซึ่งจากข้อดีต่างๆ เหล่านี้เองจึงได้มีการนำ ไคติน-ไคโตซานมาใช้งานในด้านวัสดุทางการแพทย์ได้อย่างมากมายเช่น วัสดุตกแต่งแผล ไหมเย็บแผล ตัวควบคุมการปลดปล่อยยา และจากการศึกษายังพบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ได้ในกระต่ายและสุนัข

4. ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและกระดาษ

บริษัทในประเทศญี่ปุ่นได้ทำการผลิตเส้นใยสังเคราะห์เช่น เส้นใยอะคริลิก เส้นใยพอลิยูรีเทน ที่เคลือบด้วยไคติน-ไคโตซาน และผ้าทอใยสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยชั้นของไคโตซาน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีสมบัติในการควบคุมความชื้น ชับเหงื่อได้ดี ทำให้สวมใส่สบาย ทนต่อการซัก สามารถย้อมติดสีได้ทนนาน ไม่หดตัวหรือมีสมบัติที่สามารถป้องกันเชื้อรา และ แบคทีเรียเพื่อลดกลิ่นต่างๆ เช่นกลิ่นเหงื่อ กลิ่นอับชื้น นอกจากนี้เส้นใยสังเคราะห์แล้วไคโตซานยังถูกนำมาใช้กับเส้นใยธรรมชาติ(ฝ้าย) เพื่อปรับปรุงสมบัติต่างๆ เช่น ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และย้อมติดสีได้เข้มข้น ไคโตซานยังถูกใช้เป็นสารช่วยยึดให้กับหมึกพิมพ์ และสีย้อม เพื่อให้สียึดติดดี แข็งเร็ว ทนต่อน้ำ และตัวทำละลาย ใช้เป็นสารข้น (thickening agent) และ สารช่วยกระจายตัว (dispersant) ที่สามารถใช้ร่วมกับสารอื่นได้ดี ในกระบวนการผลิตกระดาษที่ต้องการสมบัติทางกายภาพสูง เช่น เหนียวขึ้นหรือกระดาษที่ซับหมึกได้ดี เพื่อการพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง นอกจากนี้ยังใช้เป็นฟิล์มเคลือบกระดาษเพื่อยืดอายุการเก็บเอกสารสำคัญได้ ไคโตซานสามารถใช้ทำภาชนะบรรจุที่ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ

5. ด้านการบำบัดน้ำเสีย

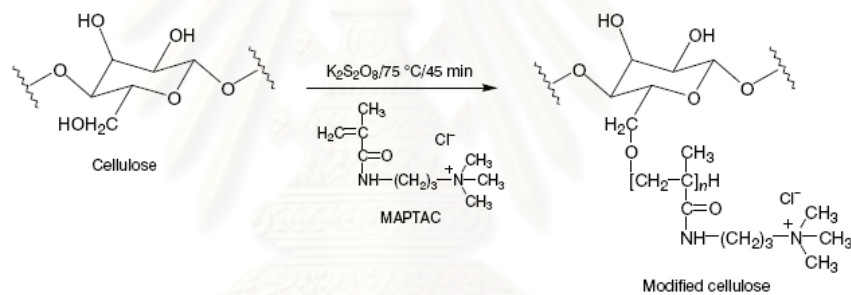
เนื่องจากไคโตซานสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง เงิน โปรท แคดเมียม ตะกั่ว นิกเกิล และโครเมียม เป็นต้น ความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะของไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น เวลาในการดูดซับ ขนาดหรือพื้นที่ผิวของไคโตซาน ความเข้มข้นของไอออนเริ่มต้น และคุณภาพของไคโตซาน เป็นต้น

นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถเป็นตัวตกตะกอนและตัวสร้างหรือรวมตะกอนที่ดี เนื่องจากไคโตซานประกอบด้วยหมู่อะมิโนที่อยู่ในรูปประจุบวกจำนวนมากบนสายโซ่พอลิเมอร์ที่สามารถจับกับสารที่มีประจุลบ เช่น โปรรตีน พอลิเมอร์ประจุลบ และสีย้อม ทำให้เกิดการตกตะกอนซึ่งสามารถเป็นใช้เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียให้ใสขึ้น สีย้อมที่ละลายอยู่ในน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมนั้นก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม หากปล่อยออกมาโดยไม่ได้ทำการบำบัด โดยเฉพาะสีรีแอกทีฟที่ถูกไฮโดรไลส์ นั้นยากต่อการย่อยสลาย และ สีแอสิดซึ่งไม่สามารถถูกดูดซับด้วย activated sludge ได้หมด กระบวนการดูดซับสีย้อมของไคโตซานขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อันตักิริยา ระหว่างสีย้อมและตัวดูดซับ พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ขนาด อุณหภูมิ เวลา และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ไคโตซานมีสามารถในการดูดซับสีย้อมได้หลายประเภท รวมทั้ง ไคเร็กซ์ รีแอกทีฟ แอสิด ยกเว้น สีเบสิก ซึ่งเป็นสีประเภทเดียวที่ไคโตซานมีความสามารถในการดูดซับต่ำ เว้นแต่จะได้รับการปรับปรุงโครงสร้างให้มีอนุพันธ์อื่นที่เหมาะสม

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มความสามารถดูดซับสีของเซลลูโลส

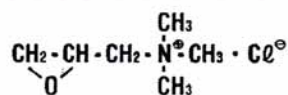
การพัฒนาเทคนิคการเพิ่มความสามารถในการดูดซับสีของเซลลูโลสส่วนใหญ่อาศัยการตัดแปรรเส้นใยเซลลูโลสด้วยสารประเภทที่มีประจุบวกเป็นองค์ประกอบ [2] ซึ่งหมู่ประจุบวกที่ใช้คือ หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium) เมื่อทำการพ่นกสารดังกล่าวลงบนเส้นใยเซลลูโลส ทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีประจุบวกอยู่ใน โครงสร้าง ซึ่งหมู่ประจุบวกทำหน้าที่ในการดูดซับสีที่มีประจุเป็นลบเช่น สีรีแอคทีฟได้ดีกว่าเส้นใยเซลลูโลสที่ไม่ผ่านการตัดแปรร ผลจากการดูดซับสีที่เพิ่มขึ้นทำให้ช่วยลดปริมาณเกลือในการย้อมลงได้ โดยทั่วไปสารตัดแปรรที่มีประจุบวกแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มไวนิลมอนอเมอร์ (vinyl monomers) สารตัดแปรรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ (cationic reactive compounds) และสารแคตไอออนิกพอลิเมอร์ (cationic polymers)

พัชรี ลากสุริยกุล และ กาวี ศรีกุลกิจ [11] ศึกษาการพ่นไวนิลมอนอเมอร์ลงบนเซลลูโลสด้วยเทคนิค graft polymerization ไวนิลมอนอเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ methacryloylamino propyl trimethylammonium chloride (MAPTAC) โดยใช้ potassium persulphate เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยเซลลูโลสกับ MAPTAC แสดงไว้ดังรูปที่ 2.12



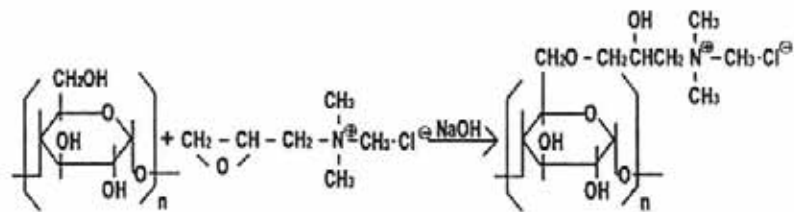
รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยา graft polymerization ระหว่างเซลลูโลสกับ MAPTAC

สารตัดแปรรแคตไอออนิกรีแอคทีฟ เป็นสารที่มีการศึกษาอย่างกว้างขวางที่สุด เนื่องจากเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่สุดและสารตัดแปรรที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาใช้เชิงพาณิชย์คือ สาร glycidyltrimethylammonium chloride ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Glytac A(Protex) [12] ดังแสดงโครงสร้างทางเคมีไว้ดังรูปที่ 2.13



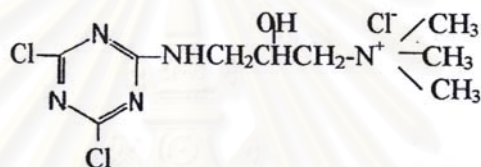
รูปที่ 2.13 glycidyltrimethylammonium chloride (Glytac A)(Protex)

สารดังกล่าวยังมีชื่อทางการค้าอื่นอีกว่า SY-GTA80 การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง Glytac A กับเส้นใยเซลลูโลสแสดงไว้ในรูปที่ 2.14



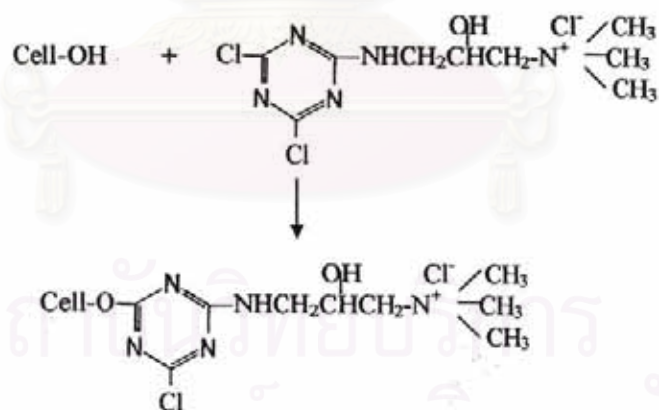
รูปที่ 2.14 ปฏิกิริยาสารแคตไอออนิกกับเซลลูโลส

พูลลิสรี รัตนนิยม [13] ได้สังเคราะห์สารคัดแปร 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium (3,4)-dichlorotriazine มีโครงสร้าง ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งสามารถคัดแปรเส้นใยเซลลูโลสในขั้นตอนฟอกขาว แล้วทำการเชื่อมผ้าฝ้ายคัดแปรด้วยสิริแอกทีฟในภาวะไร้ออกซิเจน ทำให้ผ้าฝ้ายมีการติดสีสูงขึ้นตามปริมาณของสารคัดแปรที่ใช้และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการคัดแปร



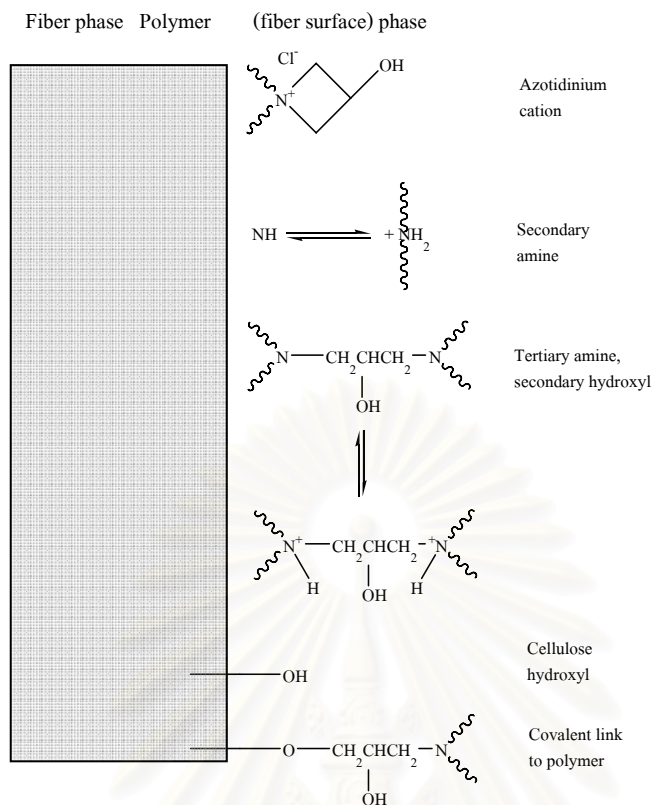
รูปที่ 2.15 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium (3,4)-dichlorotriazine

สารคัดแปรจะเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลส ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ปฏิกิริยา ของ 3-amino-2-hydroxyl-propyltrimethylammonium (3,4)-dichlorotriazine กับเซลลูโลส

Burkinshaw *et al* [14] ได้ศึกษาการใช้สารจากทางการค้า Hercosett 125(Herculer) มีโครงสร้างแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นสาร cationic reactive polymer สังเคราะห์จากปฏิกิริยารวมตัวของกรดอะดิปิก (adipic acid) และ diethylenetriamine โดยอาศัยเทคนิค pad-dry-cure



รูปที่ 2.17 Hercosett 125

หากตัดแปรรเส้นใยเซลลูโลสด้วย Polyamide-epichlorohydrin ส่งผลให้มีอัตราการดูดซึ่มสูงขึ้น เมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นกลางและปราศจากเกลือ

จากตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าข้อดีของการตัดแปรรเส้นใยเซลลูโลส ก็เป็นเทคนิคที่สามารถทำได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ใหม่เพิ่มเติม แม้ว่าสารตัดแปรรเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพในการตัดแปรรเส้นใยเซลลูโลสดีเยี่ยม แต่ยังมีปัญหา คือการตัดแปรรเส้นใยเซลลูโลสนั้นเป็นการเพิ่มขึ้นตอนการผลิตเข้าไปในกระบวนการผลิต ซึ่งต้องการน้ำและพลังงานเพิ่มขึ้น และทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น และการตัดแปรรส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ผิวของเส้นใยเซลลูโลสเวลานำไปย้อม สีย้อมจะเกาะที่ผิวเส้นใยมากกว่าแทรกซึมเข้าไปภายในเส้นใย ทำให้สมบัติความคงทนของสีลดลง ซึ่งเป็นข้อเสียทำให้สารตัดแปรรไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตจริง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไคโตซานในการตกแต่งบนวัสดุสิ่งทอ เพื่อปรับปรุงสมบัติการรับสีย้อม

Houshyar และ Amirshahi [15] ได้ศึกษาพฤติกรรมการย้อมสี หรือ ผลของการย้อมสีรีแอกทีฟบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไคโตซานด้วยเทคนิคต่างๆ คือ exhaustion, pad-dry, pad-batch, pad-steam and pad-dry steam พบว่า วิธี pad-dry จะให้ผลการดูดซึมสีมากที่สุด สมบัติความคงทนของสีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการย้อมปกติ พบว่าค่าความคงทนของสีต่อแสงและการซักล้างนั้นมีค่าลดลงเล็กน้อยและลดลงตามลำดับ และได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโตซานเป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนนำไปย้อม เปรียบเทียบกับผ้าที่ย้อมหลังการตกแต่งทันที พบว่าผ้าที่ย้อมหลังการตกแต่งทันทีจะมีสมบัติการรับสีที่สูงกว่า

Walawaska และคณะ [16] ได้ทดลองใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการเตรียมพื้นผิวของผ้าฝ้าย/พอลิเอสเตอร์ และผ้าพอลิเอสเตอร์ ก่อนทำการปรับสภาพด้วยไคโตซานเพื่อเพิ่มการยึดเกาะของไคโตซานบนพื้นผิวผ้า จากการศึกษาสมบัติความคงทนของสีไดเร็กต์ ต่อการซักล้างและการขัดถู พบว่ามีความคงทนต่อการขัดถู และการซักล้างที่ดีขึ้น การเปลี่ยนสีลดลงตามการเพิ่มขึ้นของไคโตซานที่พื้นผิว

ไพศาล ปู่สุข และคณะ [5] ได้ทำการปรับปรุงสมบัติการย้อมสีของผ้าฝ้ายด้วยไคโตซาน พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตร ประยุกต์ลงบนผ้าที่กำหนดค่าบีบอัดที่ 90 เปอร์เซ็นต์ wet pick up จะให้ค่าความเข้มของสี (K/S) ประมาณ 11.55 ค่าความนุ่มตามแนวเส้นด้ายพุ่ง 79.63 เปอร์เซ็นต์ ตามแนวเส้นด้ายยืน 57.88 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งแรง 265.23 นิวตันและสามารถลดปริมาณเกลือที่ใช้ย้อมสีรีแอกทีฟลงได้

ยุพาพร กิจกุลนำชัย [17] ได้ปรับปรุงพื้นผิวผ้าฝ้ายด้วยไคโตซาน โดยออกซิไดซ์ผ้าฝ้ายด้วยโพแทสเซียมเปอร์ไอโอเดต ตามด้วยการเคลือบด้วยการทำปฏิกิริยารีดักทีฟแอมมินชันด้วยไคโตซาน จากผลเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสี และค่าความเข้มของสีบนผ้า ในการย้อมด้วยสีรีแอกทีฟกลุ่มโมโนโคลโรไตรอะซีนและกลุ่มไวนิลซัลโฟน พบว่าการดัดแปรพื้นผิวของผ้าด้วยวิธีนี้สามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้ายได้อย่างมาก โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความคงทนของสี และสามารถลดสีและเกลือในการย้อมลงได้ครึ่งหนึ่งและร้อยละ 14 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การนำไคโตซานมาตกแต่งบนเส้นใยเซลลูโลสเพื่อการปรับปรุงสมบัติของเส้นใยให้มีความสามารถในการรับสีย้อมมากขึ้นและยังสามารถช่วยลดปริมาณสีและสารเคมีที่ใช้ในการย้อม ทำให้ลดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาได้ แต่ส่งผลให้ผ้าฝ้ายมีสัมผัสด้านกระด้าง เนื่องจากไคโตซานเป็นพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลสูงจึงเกิดเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอยู่บนผิวของเส้นใย และเมื่อทำการย้อมจึงทำให้สีย้อมสะสมอยู่ที่ผิวเส้นใยทำให้สมบัติต่างๆของสีย้อมเปลี่ยนแปลงเช่น เจดสีไม่สดใส ความคงทนต่อการขัดถูและต่อแสงลดลง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุทดลอง

- ผ้าฝ้ายทอที่ผ่านการการทำความสะอาดและฟอกขาว (12.027 g/m^2)
- สารเคมีและสีย้อมที่ใช้ในงานวิจัยดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีและสีย้อม

เคมี	บริษัท
ไคโตซาน(%DD = 85, MW = 10^6)	บริษัท ซีเบส จำกัด
โซเดียมไนไตรต์ (NaNO_2)	Fluka, Switzerland
กรดอะซิติก (CH_3COOH)	Fluka, Switzerland
สีย้อมทีฟ Drimarene Red HF-2B	Clariant Chemical
โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)	Fluka, Switzerland
โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	Fluka, Switzerland

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer, Macbeth color-EYE[®] 7000)
2. เครื่องย้อมสีตัวอย่าง
(Dyeing machine, Labtec, NEWAVE LAB EQUIPMENTS.CO., LTD)
3. เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Gyrowash, James H. Heal&Co.Ltd)
4. เครื่อง UV-VIS spectrophotometer (SPECORD S 100, Standard lighting cabinet)
5. เครื่องอบแห้ง (Stenter, Rapid, Labortex Co., Ltd)
6. เครื่องวัดความกระด้างของผ้า (Stiffness tester, Shirley)
7. เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter, CM-1 , ATLAS ELECTRIC DEVICES CO)
8. เครื่องบีบอัด (Padder, Labtec, NEWAVE LAB EQUIPMENTS.CO., LTD)
9. ตาชั่งละเอียด
10. เครื่องแก้ว
 - บีกเกอร์ ขนาด 1000, 600 และ 250 มิลลิลิตร
 - ปิเปต 25, 10, 5 และ 1 มิลลิลิตร

- ขวดชมพูควบคุมปริมาณ(Volumetric Flask) ขนาด 1000 และ 500 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วคนสาร

3.2 การเคลือบผ้าฝ้ายด้วยไลโคซานโดยอาศัยวิธีการแบบ จุ่ม-บีบอัด

ตัดผ้าฝ้ายขนาด 21 x 29.5 เซนติเมตร หนัก 7.5 กรัม และเตรียมสารละลายไลโคซานที่ความเข้มข้นต่างๆคือ ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 (ในสารละลายกรดอะซิติก 1 % v/v) นำผ้าที่ตัดไว้ไปจุ่ม-บีบอัดโดยใช้เครื่อง pader ดังรูปที่ 3.1 กำหนดแรงอัดในการบีบเพื่อให้ได้ร้อยละน้ำหนักเปียกที่ 80 (% wet pick-up) หลังจากนั้นนำผ้าเข้าเครื่อง stenter ดังรูปที่ 3.2 เพื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 5 นาที หลังจากนั้นทำการอบผนึกอีกครั้งโดยใช้เครื่อง stenter ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และใช้เวลาอบผนึก 3 นาที



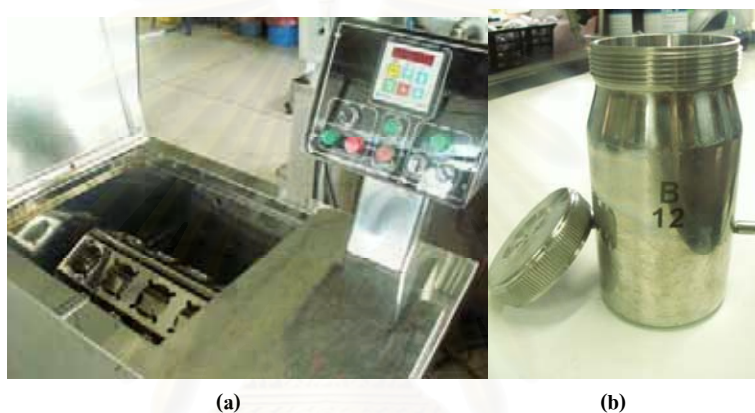
รูปที่ 3.1 เครื่องบีบอัด (Padder)



รูปที่ 3.2 เครื่องอบแห้ง (Stenter)

3.3 การปรับผิวผ้าที่ผ่านการเคลือบไคโตซานด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

การปรับผิวผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำโดยวิธีการแบบแชน (exhaust) นำผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบด้วยไคโตซาน ใส่งในกระบอกช้อมที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5-15 กรัมต่อลิตร นำกระบอกช้อมเข้าเครื่องช้อมตัวอย่าง Labtec ดังรูปที่ 3.3 เพื่อทำการย่อยฟิล์มไคโตซานเคลือบผิวออกจากผิวผ้า อุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยไคโตซานกำหนดไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:25 และใช้เวลาในการทำการย่อยหรือทำอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่าง 10-30 นาที ดังรายละเอียดในรูปที่ 3.4 หลังจากนั้นนำผ้าออกจากกระบอกช้อม ล้างผ้าด้วยน้ำกลั่นแล้วนำผ้าไปทำให้แห้งก่อนนำผ้าไปย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ



รูปที่ 3.3 เครื่องช้อมตัวอย่าง(a) และกระบอกเครื่องช้อมตัวอย่าง(b)



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำการย่อยไคโตซานด้วยเทคนิคอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชัน

3.3.1 ผลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อม

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตรในกระบอกช้อม จากนั้นนำผ้าเคลือบไคโตซานใส่งไปในกระบอกช้อม โดยควบคุมอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:25 นำกระบอกช้อมเข้าเครื่องช้อมและทำการอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 10 นาที (รูปที่ 3.4) เพื่อย่อยฟิล์มเคลือบไคโตซาน เมื่อครบกำหนดเวลา นำผ้าออกจากกระบอกล้างล้างน้ำให้สะอาดเพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆต่อไป

3.3.2 ผลของเวลาการทำด้วยเทคนิคอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชันต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อมรีแอกทีฟและความเข้มของสีผ้า

เตรียมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ในกระบอกล้างล้างผ้าเคลือบไคโตซานใส่ลงไปลงในกระบอกล้าง โดยควบคุมอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:25 นำกระบอกล้างเข้าเครื่องย้อมทำการอินซิทูพอลิเมอร์ไรเซชันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที (รูปที่ 3.4) เพื่อย่อยฟิล์มเคลือบไคโตซาน เมื่อครบกำหนดเวลา นำผ้าออกจากกระบอกล้างล้างน้ำให้สะอาดเพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆต่อไป

3.4 การย้อมผ้าฝ้าย

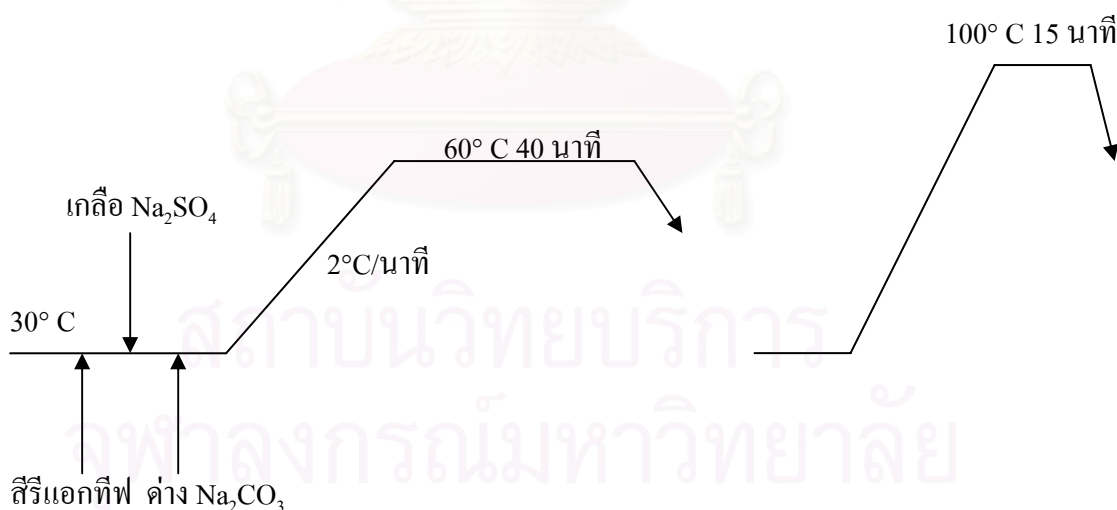
ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบไคโตซานและผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว โดยจะทำการย้อมในระดับเจดสีอ่อนถึงกลางถึงเข้ม กำหนดอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:25 ย้อมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที โดยมีรายละเอียดของวิธีการย้อมดังนี้

เตรียมสารละลายรีแอกทีฟ Drimarene Red HF-2B ที่ความเข้มข้นต่างกันคือร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ของน้ำหนักผ้าตามลำดับในกระบอกล้าง หลังจากนั้นเติมเกลือโซเดียมซัลเฟต ตามตารางเกลือของสี Drimarene Red HF-2B ดังตารางที่ 3.2 ใส่ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานและผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิวลงในกระบอกล้างที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต ตามตารางค่าของสี Drimarene Red HF-2B ดังตารางที่ 3.2 นำกระบอกล้างเข้าเครื่องย้อม ตั้งอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการย้อม 40 นาที นำผ้าออกจากกระบอกล้างแล้วล้างผ้าด้วยน้ำสะอาด ทำการต้มซักล้างผ้าที่ผ่านการย้อมในสารละลายซักล้าง กำหนดอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำซักล้าง 1:25 สารซักล้างชนิดไม่มีประจุ 1 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ล้างผ้าที่ผ่านการซักล้างด้วยน้ำสะอาดทำให้แห้งก่อนนำผ้าไปทดสอบต่อไป กรรมวิธีของการย้อมแสดงไว้ในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.2 ตารางเกลือ และค่าของสี Drimarene Red HF-2B

ระดับเจดสี (o.w.f.)	เกลือ โซเดียมซัลเฟตหรือ โซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อลิตร)	โซเดียมคาร์บอเนต (กรัมต่อลิตร)
น้อยกว่า 0.5	20-50	6
0.5-1	60	7
1-1.5	65	8
1.5-2	70	9
2-3	80	10
มากกว่า 3	80	12

ในการทดลองจะเลือกใช้ปริมาณเกลือ และ ค่าตามระดับเจดสีข้อมดังนี้
 ข้อมสีรีแอกทีฟ ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักผ้า เกลือ 50 กรัมต่อลิตร ค่า 6 กรัมต่อลิตร
 ร้อยละ 1 ของน้ำหนักผ้า เกลือ 60 กรัมต่อลิตร ค่า 7 กรัมต่อลิตร
 ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักผ้า เกลือ 65 กรัมต่อลิตร ค่า 8 กรัมต่อลิตร
 ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผ้า เกลือ 70 กรัมต่อลิตร ค่า 9 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 3.5 กระบวนการข้อมผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการคลือบไคโตซาน ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว

3.5 การหาค่าร้อยละการดูดซึมของสีข้อม

การทดสอบนี้เพื่อวัดค่าร้อยละการดูดซึมของสี (Exhaustion, %E) ของน้ำสี โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำสีทั้งก่อนและหลังการข้อม ทำการเจือจางน้ำสีด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่เท่ากันทุกตัวอย่างน้ำสี แล้วนำตัวอย่างน้ำสีเจือจางไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง UV/VIS spectrophotometer ดังรูปที่ 3.6 ร้อยละการดูดซึมของสี (%E) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการที่ 3.1

$$\%E = 100 \times [1 - (A_1/A_0)] \quad \dots\dots\dots 3.1$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีข้อมที่เก็บก่อนการข้อม
 A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีข้อมที่เก็บหลังการข้อม



รูปที่ 3.6 เครื่อง UV/VIS spectrophotometer

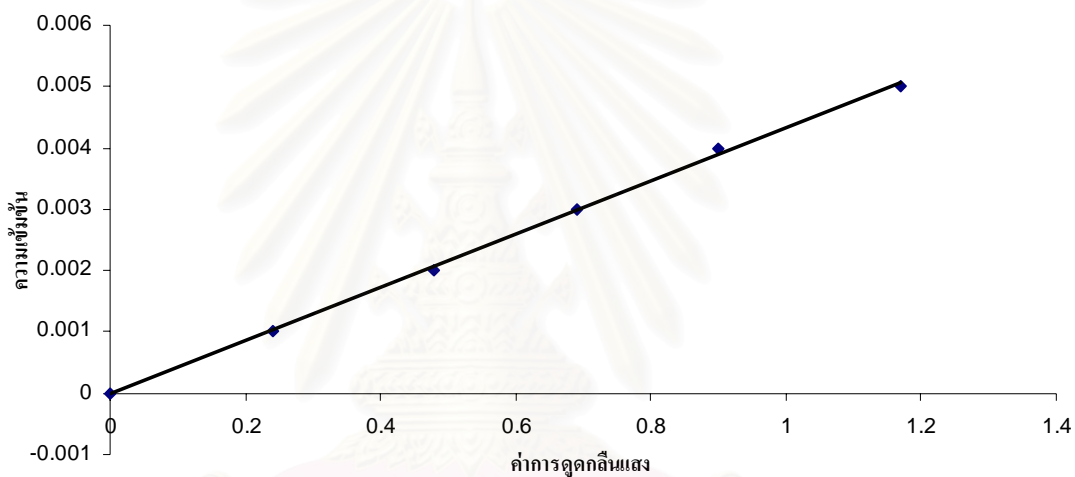
เนื่องจากการคำนวณ %E ตามสมการ 3.1 เป็นวิธีการคำนวณทางอ้อม ดังนั้นเพื่อให้มีความมั่นใจได้ว่าค่าการดูดกลืนแสง(absorbance)ที่จะนำมาใช้คำนวณจะต้องเป็นค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสีเจือจางและมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นเส้นตรงจากกราฟมาตรฐานดังมีวิธีการดังนี้

การสร้างกราฟมาตรฐาน(Calibration curve)

เตรียมสารละลายสีข้อมที่ความเข้มข้นต่างๆแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (A) นำค่า A ที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนแสง โดยจะได้กราฟเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 3.7 ในการทดลองนี้จะทำการเจือจางน้ำสีข้อม(ก่อนและหลังการข้อม) แล้วจึงนำไปวัดค่า A และค่า A ที่นำมาใช้คำนวณหาค่า %E จะเลือกให้ได้ค่าต่ำกว่า 1 การเตรียมกราฟทำได้โดยการเตรียมสารละลายเช่นเดียวกับน้ำข้อมแต่ไม่เติมสีเป็นสารละลายเบสลงค์ และเตรียมน้ำสีที่ความเข้มข้น 0.001, 0.002, 0.003, 0.004 และ 0.005% วัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ

ตารางที่ 3.3 ความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนแสงของน้ำสี

ความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสง
0.000	0.000
0.001	0.24
0.002	0.48
0.003	0.69
0.004	0.9
0.005	1.17



รูปที่ 3.7 กราฟมาตรฐานของ Drimarene Red HF-2B

3.6 การหาค่าความเข้มข้นสีบนผ้า

การทดสอบนี้เพื่อวัดค่าความเข้มสี (K/S) ของผ้าภายหลังการย้อม การวัดค่าสีของผ้าได้ อาศัยเครื่องวัดสี Reflectance spectrophotometer, Macbeth color-EYE® 7000 ดังรูปที่ 3.8 แต่ละ ตัวอย่างจะวัดซ้ำ 4 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยเครื่องวัดสีในการหาค่าความเข้มของสีผ้าฝ้าย (วัดสีที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร) ความเข้มสีของผ้าจะแสดงเป็นค่า K/S คือค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าการสะท้อนแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ซึ่งกราฟจะแปรผกผันกับค่าการสะท้อนแสง ถ้าค่า K/S สูงแสดงว่าผ้ามีสีเข้ม ค่า K/S ต่ำแสดงว่าผ้าพิมพ์มีสี ซึ่งคำนวณหาค่าความเข้มของสี (K/S) ตามสมการที่ 3.2

$$K/S = (1-R^2)/2R \quad \dots\dots\dots 3.2$$

เมื่อ K คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

S คือ สัมประสิทธิ์การกระเจิงแสง

R คือ ค่าสะท้อนแสงของผ้าตัวอย่าง

โดยนำผ้าที่การข้อมมาวัด เพื่อเปรียบเทียบค่า K/S ของผ้าแต่ละชนิด



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer)

3.7 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า

การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิวผ้าด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ด้วยเทคนิค Kjeldahl' s method [18] เทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน เพื่อตรวจสอบหาธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุที่พบในหมู่อะมิโนบนสายโซ่ไคโตซาน เพื่อยืนยันว่ามีไคโตซานผนึกติดอยู่กับผ้าฝ้ายได้ เมื่อผ่านการทำการปรับผิวด้วยสารโซเดียมไนไตรต์

3.8 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยใช้เทคนิค SEM

ทำการตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) ดังรูปที่ 3.9 เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเกิดฟิล์มไคโตซานบนผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิวผ้าด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน เทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน



รูปที่ 3.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope)

3.9 การทดสอบความกระด้างของผ้า

การทดสอบนี้เพื่อเปรียบเทียบความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน กับผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว ความกระด้างของผ้าสามารถทดสอบตามมาตรฐาน BS 3356:1990 โดยใช้เครื่อง Shirley Stiffness Tester ดังรูปที่ 3.10

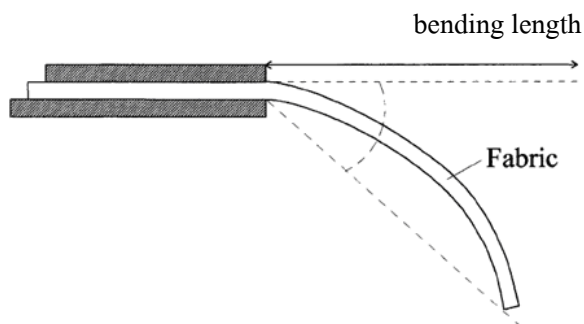
วิธีการหาความแข็งกระด้างของผ้ากระทำโดยการตัดผ้าเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้างและความยาวเท่ากับไม้บรรทัดของเครื่องทดสอบ จากนั้นจึงวางผ้าที่ขอบเครื่องแล้ววางไม้ทับบนผ้าให้เลขศูนย์ตรงกับที่ขอบเครื่อง แล้วจึงเลื่อนไม้บรรทัดให้ปลายโค้งของผ้าตกลงมาที่เส้น 41.5° โดยมองภาพในกระจก อ่านค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอลงมา (bending length) ตามรูปที่ 3.11 แล้วทำซ้ำโดยกลับผ้าครบ 4 ด้านในแต่ละชั้นทดสอบ นำค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอที่ได้ในแต่ละชั้นมาหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่าความแข็งกระด้างของผ้าตามสมการ 3.3

$$G = 0.10MC^3 \quad \dots\dots\dots 3.3$$

เมื่อ	G	คือ ความแข็งกระด้างของผ้า มิลลิกรัม.เซนติเมตร
	M	คือ น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่ของผ้า มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร
	C	คือ ค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอ (bending length) เซนติเมตร



รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความกระด้าง



รูปที่ 3.11 แสดงการวัดระยะการโค้งตัวของผ้า [19]

3.10 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

การทดสอบนี้เพื่อหาค่าความคงทนของสีบนของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว อันเนื่องมาจากการกระทำของแสงเทียม ซึ่งแสงเทียมนี้ใช้แทนแสงแดดจากรธรรมชาติ (Natural Daylight, D_{65}) ความคงทนต่อแสงสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ISO 105-B02:1994(E) “Colour Fastness to Artificial Light: Xenon Arc Fading Lamp Test” ความคงทนของสีจะถูกประเมินโดยการเปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนไปของชิ้นทดสอบกับผ้า Blue wool reference 1 ถึง 8 ซึ่งอัตราความคงทนของสีต่อแสงจะมีค่าจากระดับ 1 (มีความคงทนต่ำที่สุด) ถึงระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด) และแต่ละระดับจะมีความคงทนเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (โดยประมาณ) ตามลำดับ สีที่ใช้ย้อมผ้า Blue wool reference 1 ถึง 8 มีดังนี้

Reference	Dye (Colour Index designation)
1	CI Acid Blue 104
2	CI Acid Blue 109
3	CI Acid Blue 83
4	CI Acid Blue 121
5	CI Acid Blue 47
6	CI Acid Blue 23
7	CI Solubilized Vat Blue 5
8	CI Solubilized Vat Blue 8

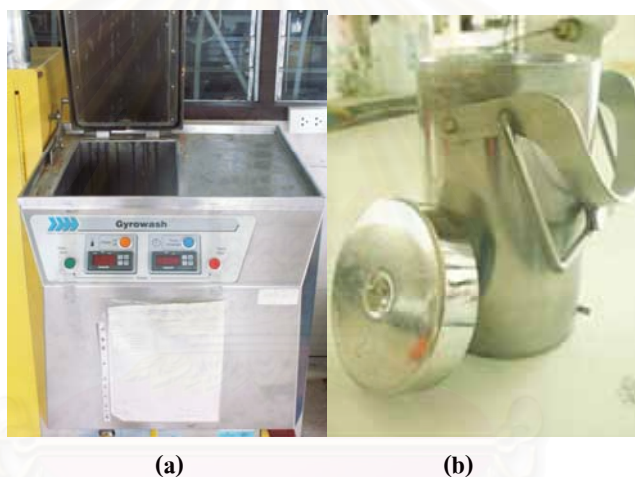
3.11 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

การทดสอบนี้เพื่อประเมินค่าความคงทนของสีของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับสภาพผิวที่ผ่านการย้อม ที่ผ่านการซักซ้ำหลายๆ ครั้ง การทดสอบนี้สามารถใช้ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พื้นผิว เช่น การเปลี่ยนแปลงของสี (Colour change) หรือการติดเปื้อนสี (Colour staining) โดยเทียบกับผ้าฝ้ายย้อมสีรีแอคทีฟที่ไม่ผ่านการเคลือบ

โคไตซาน สามารถทดสอบได้โดยมาตรฐานการทดสอบ ISO 105-C01:1989(E) การทดสอบได้อาศัยด้วยเครื่องทดสอบความคงทนของการซัก Gyrowash ตามรูปที่ 3.12

วิธีการทดสอบกระทำโดยประกบด้านหน้าผ้าที่จะทดสอบด้วยผ้าฝ้ายขาวโดยตัดชิ้นทดสอบเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 40 x 100 มิลลิเมตรและนำมาซักในน้ำสบูมาตรฐาน ลูกเหล็กกลม 10 ลูก อุณหภูมิที่ใช้ในการซัก 40 ± 2 องศาเซลเซียส เวลาในการซัก 45 นาที เมื่อซักเสร็จนำชิ้นทดสอบมาล้างในน้ำกลั่นหรือน้ำกรองที่อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส 3 ครั้ง แล้วจึงผึ่งให้แห้ง ซึ่งการทดสอบจะกระทำ 1 ชิ้นทดสอบต่อตัวอย่างผ้าข้อม 1 ผืนและทดสอบเพียงครั้งเดียว และวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบและการเปื้อนติดสีบนผ้าฝ้ายขาวหลังโดยนำชิ้นตัวทดสอบมาทำการชั่งหนักเพื่อใช้คำนวณหาปริมาณสารละลายน้ำสบู่ที่ต้องใช้ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารละลายน้ำสบู่ที่ต้องการใช้ (มล.)} = \text{น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)} \times 50$$



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซัก(a) และกระบอกทดสอบ(b)

โดยระดับการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน ISO 105-C01:1989(E) “Gray Scale for Color Change” แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

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

ระดับ 1

เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

3.12 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

การทดสอบนี้เพื่อหาปริมาณของสีที่เคลื่อนตัวจากผิวหน้าของผ้าที่มีสีไปยังผิวหน้าของวัสดุสิ่งทออื่น ๆ (ผ้าฝ้ายฟอกขาว) ทั้งภาวะแห้งและภาวะเปียกด้วยน้ำ โดยวิธีการขัดถู วิธีการทดสอบนี้นำมาใช้ทดสอบกับ ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานที่ผ่านการปรับผิว เทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน สามารถทดสอบได้ตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC Test Method 8-2004 “Color fastness to crocking” ด้วยเครื่อง AATCC Crockmeter แสดงในรูปที่ 3.13 ทดสอบโดยตัดชิ้นผ้าขาว (crocking cloth) ขนาด 5 x 5 ซม. และผ้าข้อมสีที่ต้องการทดสอบขนาดอย่างน้อย 5 x 13 ซม. โดยตัดแนวเอียง 45 องศา กับด้านด้ายยืนและด้ายพุ่ง นำผ้าฝ้ายฟอกขาวแห้งหรือเปียกน้ำหุ้มปุ่มขัดถูบนเครื่อง แล้วเคลื่อนปุ่มขัดถูไปบนผ้ากระทำการขัดถูผ้าสีแต่ละตัวอย่างทั้งหมด 10 ครั้ง แล้วจึงนำผ้าฝ้ายฟอกขาวที่ขัดถูไปประเมินค่าการเปื้อนติดสีเทียบกับผ้าฝ้ายฟอกขาวที่ไม่ได้ขัดถูว่าอยู่ระดับใดของ AATCC Gray Scale for Color Staining โดยเกรดของการเปื้อนติดสีบนผ้าฝ้ายฟอกขาวทั้งภาวะแห้งและภาวะเปียกมีคำอธิบายดังนี้

ระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่วัดด้วยเกรย์สเกลตามมาตรฐาน AATCC Evaluation Procedure 1 “Gray Scale for Color Staining” แบ่งระดับออกเป็นดังนี้

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



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนบนผ้า

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่พบในหมู่อะมิโนบนสายโซ่โคโคซานในขณะที่เซลล์โลสไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (แต่ในการทดลองนี้พบปริมาณธาตุไนโตรเจนในผ้าฝ้ายร้อยละ 0.04) ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนด้วยเทคนิค Kjeldahl's method บนผ้าฝ้ายภายหลังการเคลือบด้วยโคโคซานและผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโคโคซาน ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่พบในผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบด้วยโคโคซาน แสดงไว้ดังในตารางที่ 4.1 จากตารางพบว่าปริมาณของธาตุไนโตรเจนพบในผ้าฝ้ายเคลือบมีค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายธรรมดาอย่างชัดเจน โดยพบร้อยละเฉลี่ยของธาตุไนโตรเจน 0.13 และ 0.14 เมื่อใช้ความเข้มข้นของโคโคซานจาก 1 และ 2 % (w/v) ตามลำดับ ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรด์ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 นาที พบธาตุไนโตรเจนที่ร้อยละ 0.07 และ 0.13 สำหรับโคโคซานเคลือบที่ 1 และ 2 % (w/v) ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าการปรับผิวเป็นผลให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนบนผ้ามีแนวโน้มลดลง โดยคิดเป็นการลดลงร้อยละ 46 และ 7 สำหรับผ้าเคลือบโคโคซานที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % (w/v) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าโซเดียมไนไตรด์ที่ความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตรสามารถย่อยโคโคซานออกจากผิวผ้าได้ที่อุณหภูมิห้องได้อย่างชัดเจนในกรณีของผ้าเคลือบโคโคซาน 1% (w/v) แต่ในกรณีของโคโคซาน 2 % (w/v) ปริมาณของธาตุไนโตรเจนภายหลังการย่อยพบว่าไม่แตกต่างจากผ้าเคลือบ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาความเข้มข้นของโคโคซานไม่เกิน 2 % (w/v)

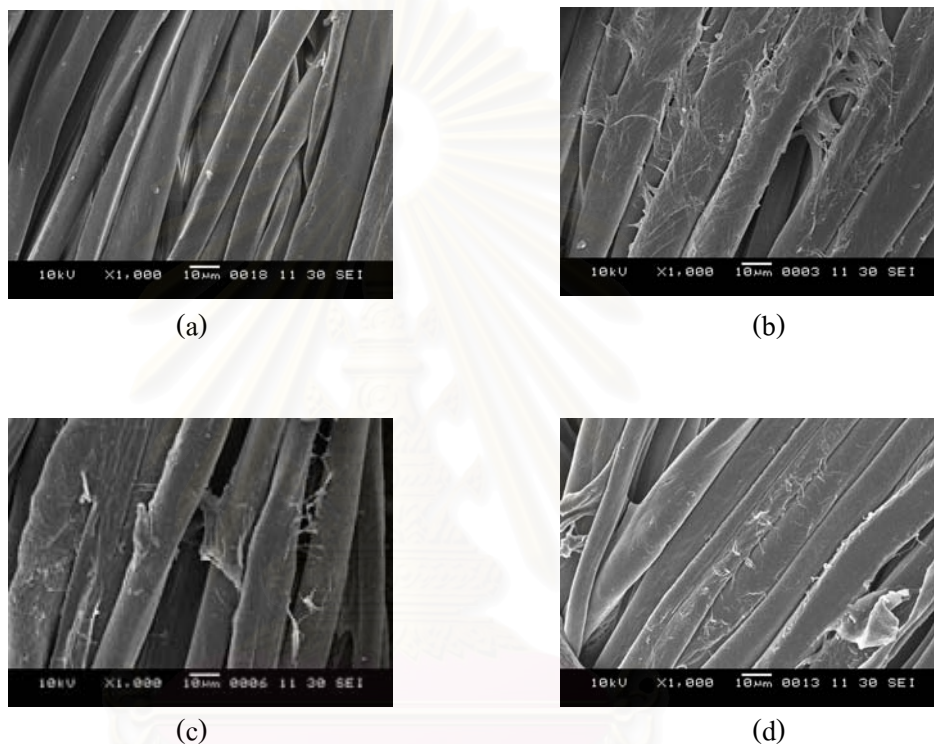
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าร้อยละของธาตุไนโตรเจนในเส้นใยผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรด์ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 นาที

ความเข้มข้นของโคโคซาน (กรัมต่อลิตร)	ร้อยละของธาตุไนโตรเจนที่พบในผ้า	
	ก่อนการปรับผิว	หลังการปรับผิว
ผ้าที่ไม่ผ่านการเคลือบโคโคซาน	0.04	-
1	0.13	0.07
2	0.14	0.13

4.2 ทดสอบสัณฐานวิทยา

ผลการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรต์ พิสูจน์ด้วยภาพถ่าย SEM

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบสัณฐานวิทยาที่กำลังขยาย 1,000 เท่าของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน (2 % (w/v)) และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน



รูปที่ 4.1 แสดงการถ่ายภาพ SEM (a) ฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน (b) ฝ้ายเคลือบไคโตซานความเข้มข้น 2 % (w/v) (c) และ (d) ฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 5 และ 15 กรัมต่อลิตร (เวลา 10 นาที)

ภาพ (a) แสดงผิวที่เรียบไม่ปรากฏฟิล์มไคโตซาน เมื่อเคลือบไคโตซานความเข้มข้น 2 % (w/v) ดังแสดงในภาพ (b) พบว่าเกิดฟิล์มไคโตซานเกาะที่ผิวผ้าฝ้ายซึ่งเป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดปัญหาการข้อมผิวผ้า และปัญหาความกระด้างของผ้า และเมื่อทำการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยสารโซเดียมไนไตรต์ ฟิล์มไคโตซานที่เคลือบผิวผ้าลดลงตามปริมาณความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโซเดียมไนไตรต์ได้ทำการย่อยไคโตซานออกจากผิวผ้าได้ จากรูป (d) เห็นได้ว่าปริมาณของไคโตซานหลุดออกจากผิวผ้าได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับรูป (b) และ (c) แต่ก็ยังปรากฏหลักฐานของไคโตซานอยู่ ผลการทดลองนี้จึงสอดคล้องกับค่า

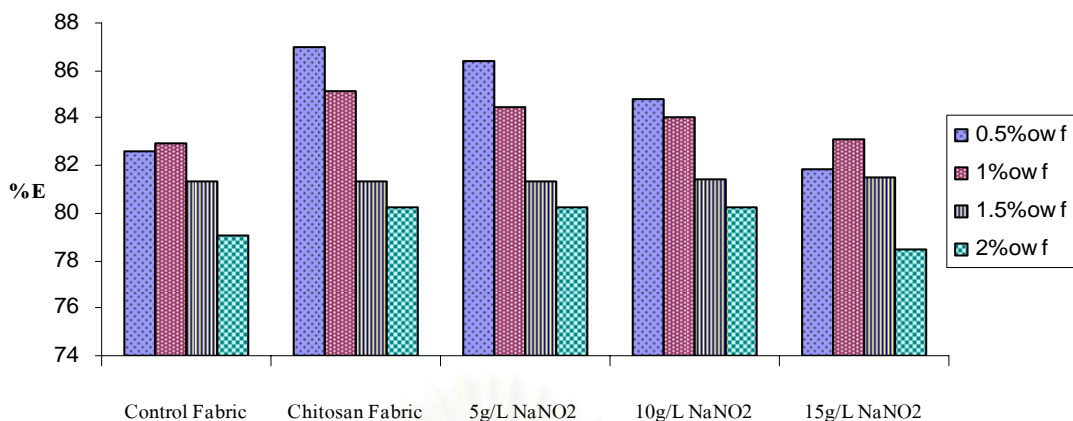
ร้อยละไนโตรเจนที่พบภายหลังการทำอินซิทูตีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่มีการลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผ้าเคลือบก่อนปรับผิว ดังนั้นที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 2 %(w/v) จึงใช้เป็นความเข้มข้นสูงสุดในการทดลองนี้ ทั้งนี้คาดว่า การเพิ่มไคโตซานมากไปกว่านี้ การปรับผิวด้วยโซเดียมไนไตรต์ จะแทบที่จะไม่ส่งผลให้เห็นความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการปรับผิว

4.3 ผลของความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ ต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อมรีแอกทีฟของผ้าฝ้าย และความเข้มของสีผ้า

เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูตีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อม โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผ้าที่ผ่านการปรับผิวได้ถูกนำมาย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ Drimarene Red HF-2B โดยย้อมที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:25 ทำการย้อมที่ระดับกรดสี 0.5, 1, 1.5 และ 2 ของน้ำหนักผ้า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ค่าความสามารถในการดูดซึมสีย้อม และค่าความเข้มของสีบนผ้าย้อม ได้แสดงในรูปของค่าร้อยละความสามารถในการดูดซึมสีย้อม(% E) และค่า K/S ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบผิว และผ้าที่ผ่านการปรับผิว ให้ค่า %E สูงกว่าเมื่อเทียบกับผ้าธรรมดาที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้เนื่องจากสีย้อมรีแอกทีฟมีความสามารถในการถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นใยได้ดี เนื่องจากผลของไคโตซานที่ช่วยในเพิ่มความสามารถในการดูดซึมของสีย้อม อย่างไรก็ตามค่า %E ของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวก็แนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานบางส่วนถูกย่อยออกไปจากผิวผ้ามันเอง ค่า %E แสดงในตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูตีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E)

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	85.11	81.34	80.23
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	86.36	84.44	81.34	80.23
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	84.78	84.04	81.40	80.23
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	81.82	83.15	81.54	78.48

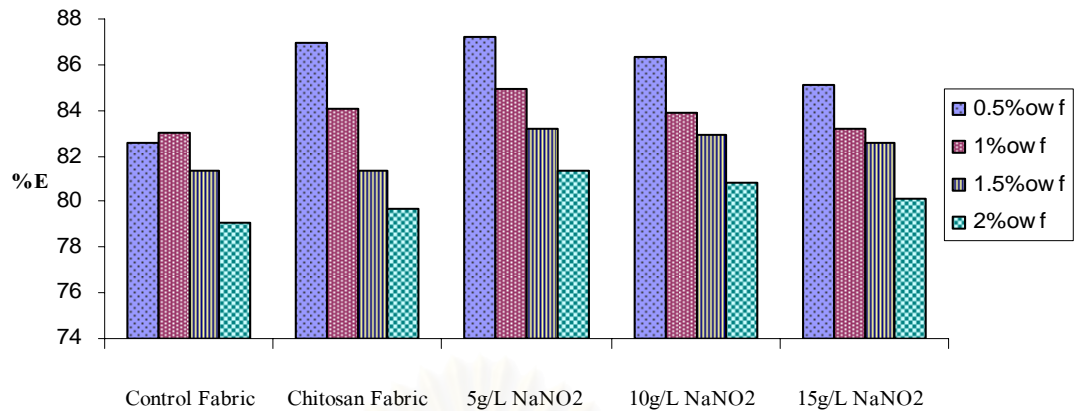


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิพอลิเมอร์ไรเซชัน

ตารางที่ 4.3 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 % (w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E)

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	84.04	81.34	79.66
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	87.23	84.95	83.21	81.36
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	86.36	83.87	82.96	80.84
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	85.11	83.15	82.54	80.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

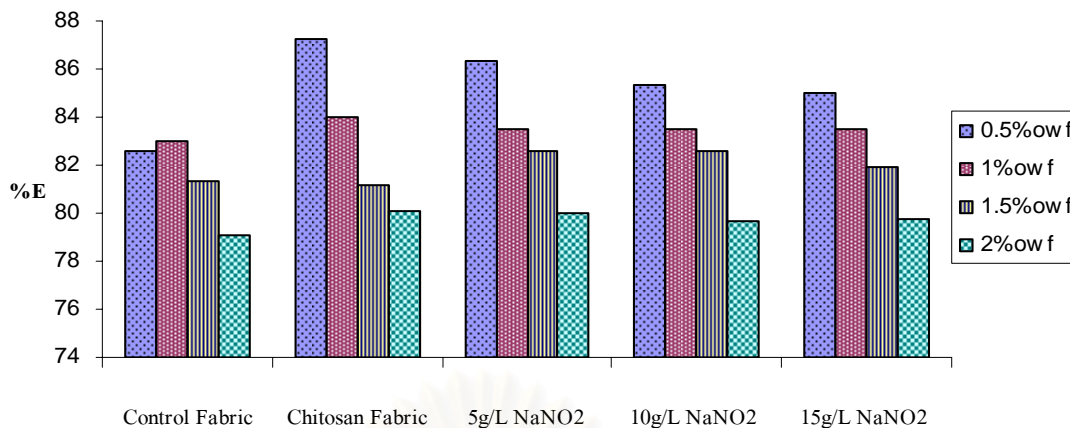


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิของไคโตซานร้อยละ 1.5 และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลินซูดิพอลิเมอร์ไรเซชัน

ตารางที่ 4.4 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลินซูดิพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E)

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	87.23	84.04	81.20	80.11
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	86.36	83.53	82.58	80.00
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	85.37	83.53	82.58	79.64
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	85.00	83.53	81.89	79.76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



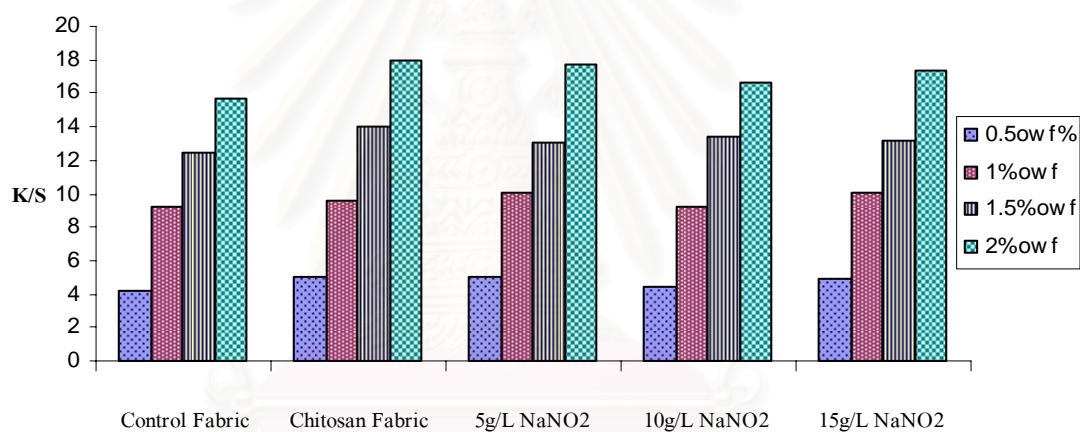
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 2 และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิพอลิเมอร์ไรเซชัน

รูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 แสดงการความสัมพันธ์ระหว่าง %E กับความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร จากกราฟพบว่า %E ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานจะมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซานในทุกความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v), 1.5 %(w/v) และ 2 %(w/v) พบค่า %E ของผ้าที่ย้อมที่ระดับเจดสี 0.5 % o.w.f. ที่ 86.96, 86.96 และ 87.23 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า %E เท่ากับ 82.61 ของผ้าไม่เคลือบไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบ ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน กับผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิว ค่า %E มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้น ในทุกความเข้มข้นไคโตซานที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v) ความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร พบค่า %E ของผ้าที่ย้อมที่ระดับเจดสี 0.5 % o.w.f., ที่ 86.36, 84.78 และ 81.82 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า %E เท่ากับ 86.96 ซึ่งเป็นของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน

เมื่อศึกษาผลของปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิพอลิเมอร์ไรเซชันต่อค่า K/S โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลการทดลองพบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบผิว และผ้าที่การปรับผิว ให้ค่า K/S สูงกว่า เมื่อเทียบกับผ้าธรรมดาที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้เนื่องจากสีรีแอกทีฟสามารถเกิดแรงยึดเกาะติดกับเส้นใยได้มากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากไคโตซานที่เคลือบผิว เป็นได้ว่าสีย้อมบางส่วนสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนของไคโตซาน ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมสีย้อมจึงทำให้ได้ความเข้มของสีสูงกว่า และค่า K/S ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานกับผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าใกล้เคียงกัน เป็นไปได้ว่าการหลุดออกของไคโตซานบางส่วนที่ผ่านการปรับผิว มีผลกระทบต่อความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของสีย้อมกับหมู่เอมีนของไคโตซานเพียงเล็กน้อยจึงทำให้ได้ความเข้มของสีใกล้เคียงกัน ค่า K/S แสดงในตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.5 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S)

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.59	13.99	17.95
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	4.99	10.04	13.1	17.67
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	4.46	9.27	13.47	16.68
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	4.97	10.11	13.14	17.4

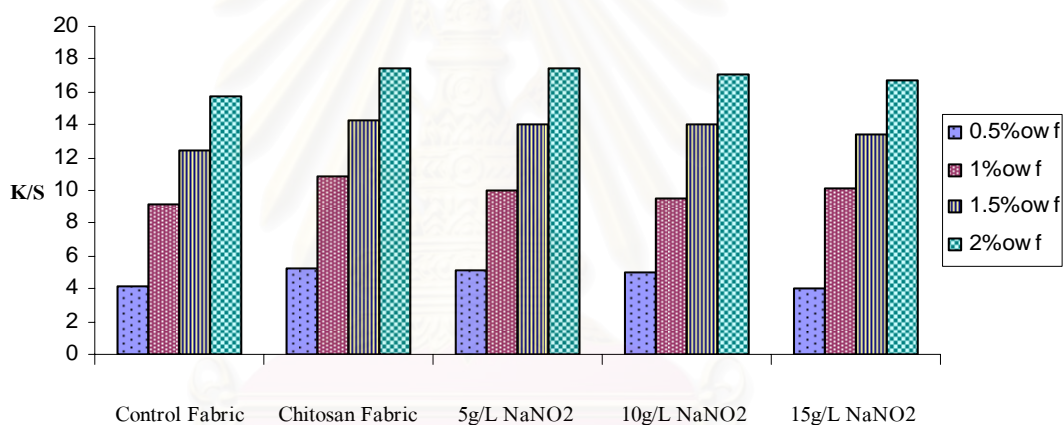


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S)

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.2	10.9	14.21	17.4
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	5.09	9.99	14.08	17.4
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	4.99	9.46	14.03	17.13
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	3.97	10.08	13.43	16.74

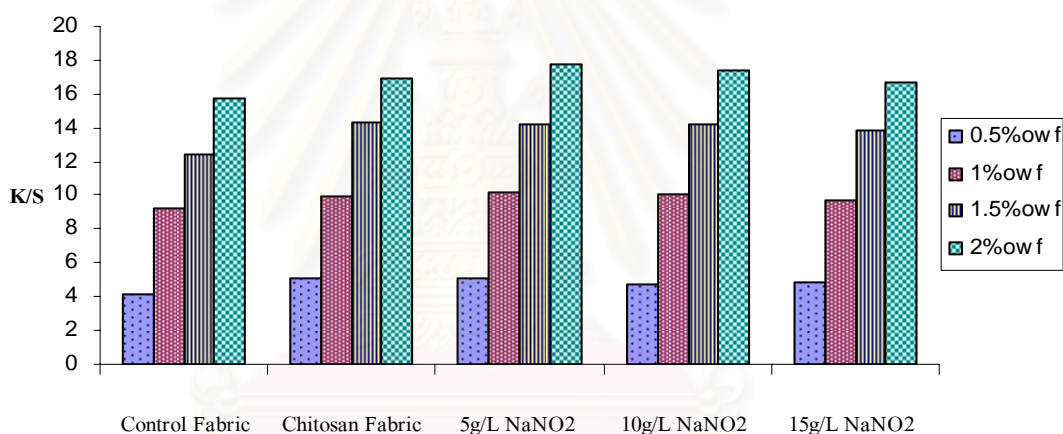


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1.5 และความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มข้นของสี (K/S)

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.99	14.31	16.87
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	5.03	10.18	14.26	17.81
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	4.76	10.06	14.17	17.40
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	4.87	9.73	13.81	16.74



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 2 และความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

จากรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 แสดงการความสัมพันธ์ระหว่าง K/S กับความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร จากกราฟพบว่า K/S ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานจะมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซานในทุกความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v), 1.5 %(w/v) และ 2 %(w/v) พบค่า K/S ของผ้าที่ ย้อมที่ระดับเกณฑ์ 0.5 % o.w.f., ที่ 5.03, 5.2 และ 5.03 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า K/S เท่ากับ 4.17 ของ ผ้าไม่เคลือบไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน กับผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิว ค่า K/S มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ก็มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้นในทุก ความเข้มข้นไคโตซานที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1.5 %(w/v) ความเข้มข้น

โซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร พบค่า K/S ของผ้าที่ย้อมที่ระดับเจดสี 0.5 % o.w.f., ที่ 5.09, 4.99 และ 3.97 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า K/S 5.2 ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน

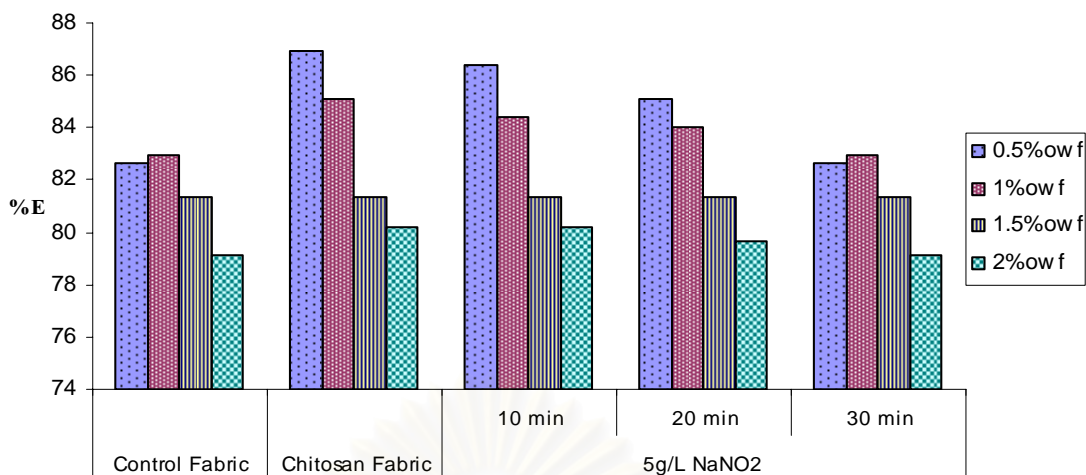
4.4 ผลของเวลาการทำด้วยเทคนิคอินซูลินซุติพอลิเมอร์ไรเซชันต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อมรีแอกทีฟและความเข้มของสีผ้า

เพื่อศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลินซุติพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถในการดูดซึมสีย้อม โดยใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผ้าที่ผ่านการปรับผิวได้ถูกนำมาย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ Drimarene HF-2B โดยย้อมที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:25 ทำการย้อมที่ระดับเจดสีร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ของน้ำหนักผ้า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ค่าความสามารถในการดูดซึมสีย้อมและค่าความเข้มของสีบนผ้าย้อม (K/S) ได้แสดงในรูปแบบของค่า %E และค่า K/S ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ผ้าที่ผ่านการเคลือบผิวให้ค่า %E สูงกว่าเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบและผ้าที่ผ่านการปรับผิวผ้า และค่า %E กรณีไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์จะมีแนวโน้มลดลงอย่างมากตามเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานบางส่วนถูกย่อยออกไปจากผิวผ้ามากขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่กรณีไคโตซานเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ทั้งนี้ค่า %E ยังคงมีแนวโน้มที่สูงกว่า ค่า %E ของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากไคโตซานบางส่วนถูกย่อยออกไปแต่ที่ยังคงเหลืออยู่บนผิวผ้าที่มากพอจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับสีย้อม ค่า %E ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ ภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.8 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 % (w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลิน

ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

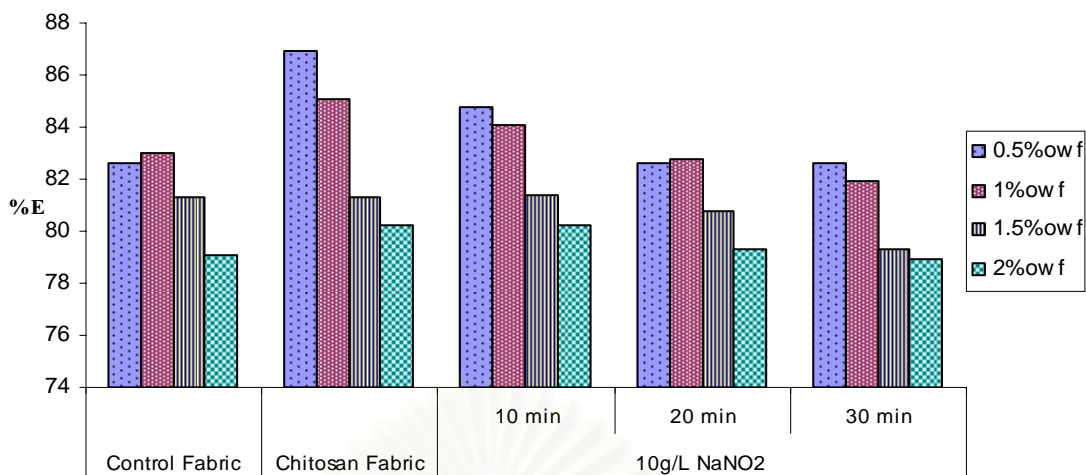
ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	85.11	81.34	80.23
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	86.36	84.44	81.34	80.23
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	85.11	84.04	81.34	79.66
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	82.61	82.98	81.34	79.10



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิมูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.9 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิมูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

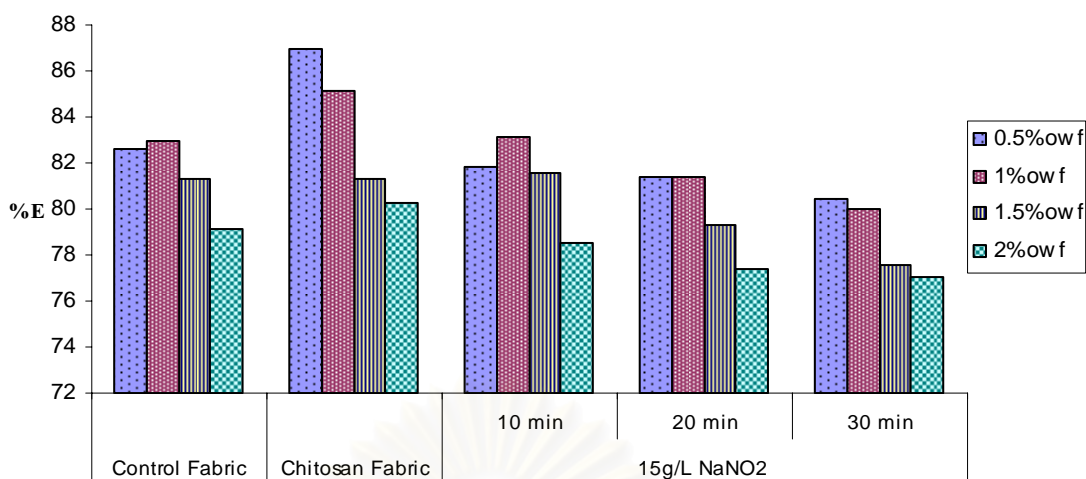
ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	85.11	81.34	80.23
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	84.78	84.04	81.40	80.23
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	82.61	82.76	80.80	79.29
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	82.61	81.93	79.34	78.95



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซูลินซิติฟิเคชันที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.10 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลินซิติฟิเคชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย	ระดับเฉลี่ย
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	85.11	81.34	80.23
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	81.82	83.15	81.54	78.48
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	81.40	81.40	79.34	77.36
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	80.43	80.00	77.59	77.07



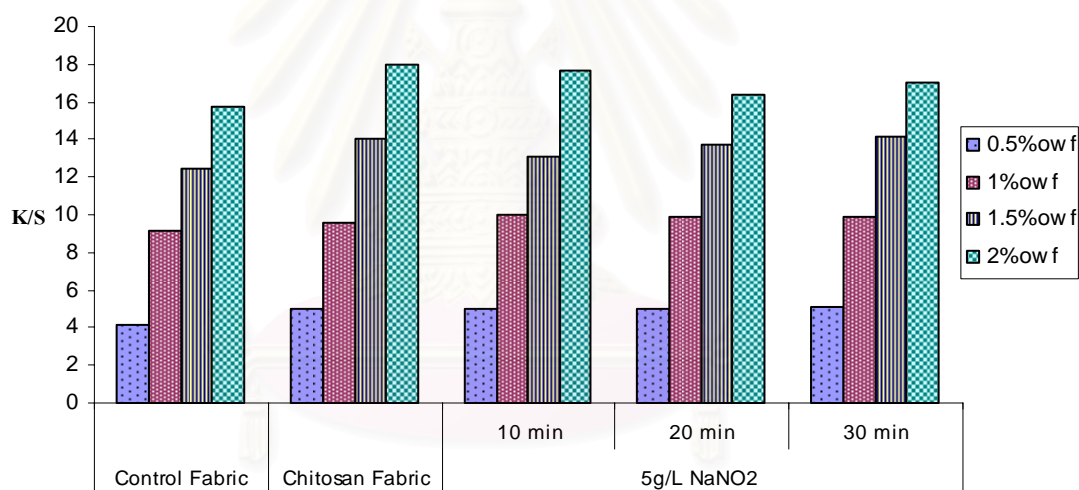
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %E กับอัตรของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 แสดงการความสัมพันธ์ระหว่าง %E กับเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v) โดยใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร จากกราฟพบว่า %E ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานจะมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบ ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน กับผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวที่ใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ค่า %E มีแนวโน้มลดลงตามเวลาในการปรับผิวที่เพิ่มขึ้น ในทุกความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v) ความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่ 5 กรัมต่อลิตร เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที พบค่า %E ของผ้าที่ย้อมที่ระดับเจดสี 0.5% o.w.f., ที่ 86.36, 85.11 และ 82.61 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า %E เท่ากับ 86.96 ซึ่งเป็นของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน

เมื่อศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่า K/S ปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อ K/S โดยใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผ้าที่ผ่านการเคลือบผิวให้ค่า K/S สูงกว่าเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับและผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิว ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไคโตซานที่เหลืออยู่ในผ้าภายหลังการปรับผิวยังมีประสิทธิภาพในการย้อมสีได้ จึงทำให้ค่าความเข้มของสีต่างกันเพียงเล็กน้อย ค่า K/S ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.11, 4.12, 4.13 และ ภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.11 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรส์เซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

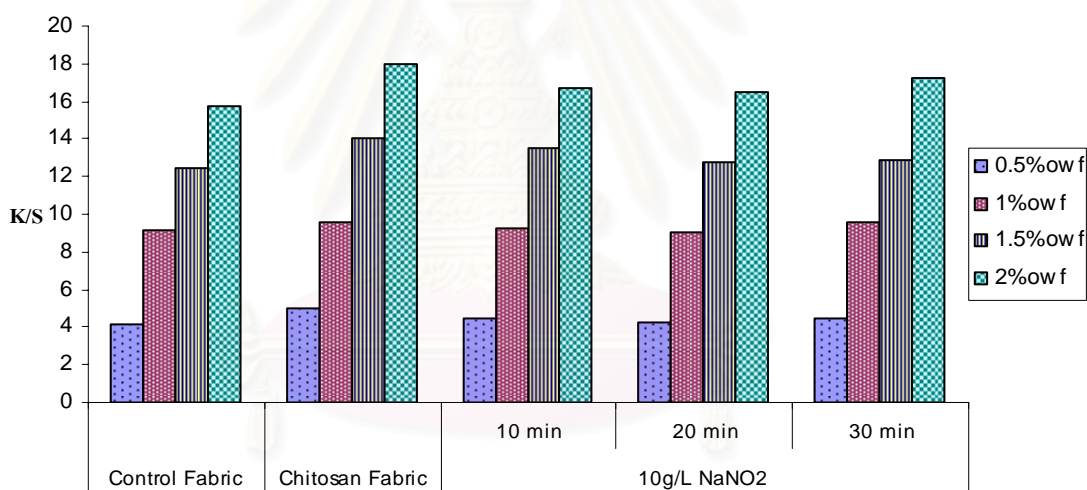
ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.59	13.99	17.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.99	10.04	13.1	17.67
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4.97	9.89	13.77	16.38
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	5.08	9.87	14.17	17



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรส์เซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.12 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

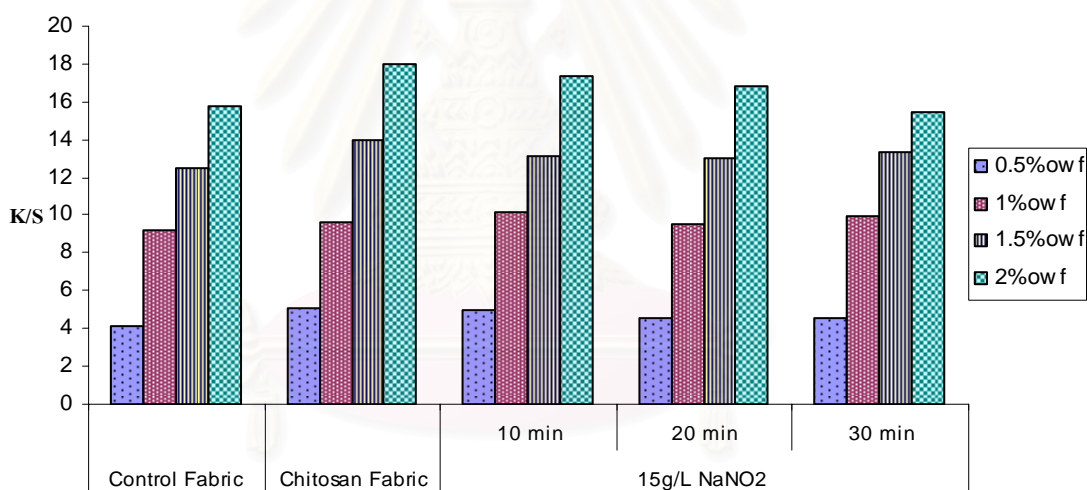
ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเนคตี	ระดับเนคตี	ระดับเนคตี	ระดับเนคตี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.59	13.99	17.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.46	9.27	13.47	16.68
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4.23	9.04	12.76	16.44
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4.48	9.59	12.83	17.2



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.13 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรส์เซชัน ต่อค่าความเข้มของสี (K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.59	13.99	17.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.97	10.11	13.14	17.4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4.59	9.51	13.06	16.81
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4.6	9.94	13.34	15.41



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ K/S กับอิทธิพลของไคโตซานร้อยละ 1 และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว ด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรส์เซชันที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 15 กรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 แสดงการความสัมพันธ์ระหว่าง K/S กับเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรส์เซชันที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1 %(w/v) โดยใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร จากกราฟพบว่า K/S ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานจะมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบ ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน กับผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวที่ใช้เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที ค่า K/S มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณความเข้มข้น

โซเดียมไนไตรต์และเวลาในการปรับผิว ยกตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 1%(w/v) ความเข้มข้นโซเดียมไนไตรต์ที่ 15 กรัมต่อลิตร เวลาในการปรับผิวที่ 10, 20 และ 30 นาที พบค่า K/S ของผ้าที่ย้อมที่ระดับเจดสี 2 % o.w.f., ที่ 17.4, 16.81 และ 15.41 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า K/S เท่ากับ 17.95 ซึ่งเป็นของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน

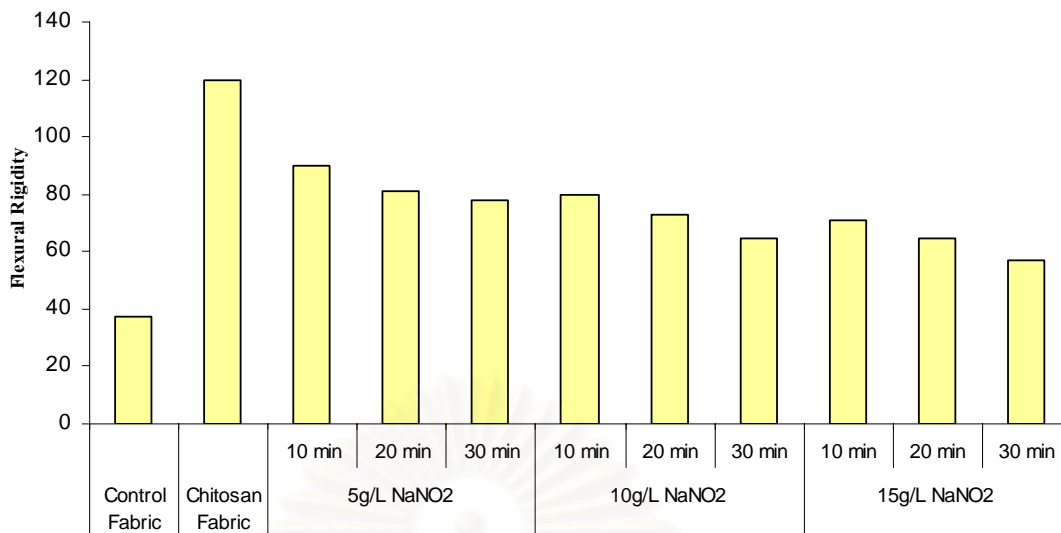
4.5 ผลทดสอบความกระด้างของผ้า

เพื่อศึกษาผลของการปรับผิวผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคอินซูลินพอลิเมอร์ไรเซชันต่อความกระด้างของผ้า โดยนำผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว ไปทดสอบความกระด้างของผ้า ตามมาตรฐาน BS 3356:1990 ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซาน

ผลการทดสอบความกระด้างพบว่า ค่าความกระด้างของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน มีค่าความกระด้างสูงกว่าเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบ โดยมีค่าร้อยละความกระด้างที่เพิ่มของไคโตซานเข้มข้น 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เจดสีเท่ากับ 311.09, 434.69 และ 744.22 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าไคโตซานสามารถเกิดฟิล์มเคลือบผิวผ้า ส่งผลให้ความกระด้างของผ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความกระด้างของผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว ค่าความกระด้างของผ้าก็มีค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบ แต่ก็มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว เนื่องจากฟิล์มไคโตซานบางส่วนถูกย่อยออกไปจากผิวผ้า ค่าความกระด้างของผ้าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.14, 4.15, 4.16 และ ภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v)ระดับเจดสี 2 %o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ และผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 119.95 ตามลำดับ

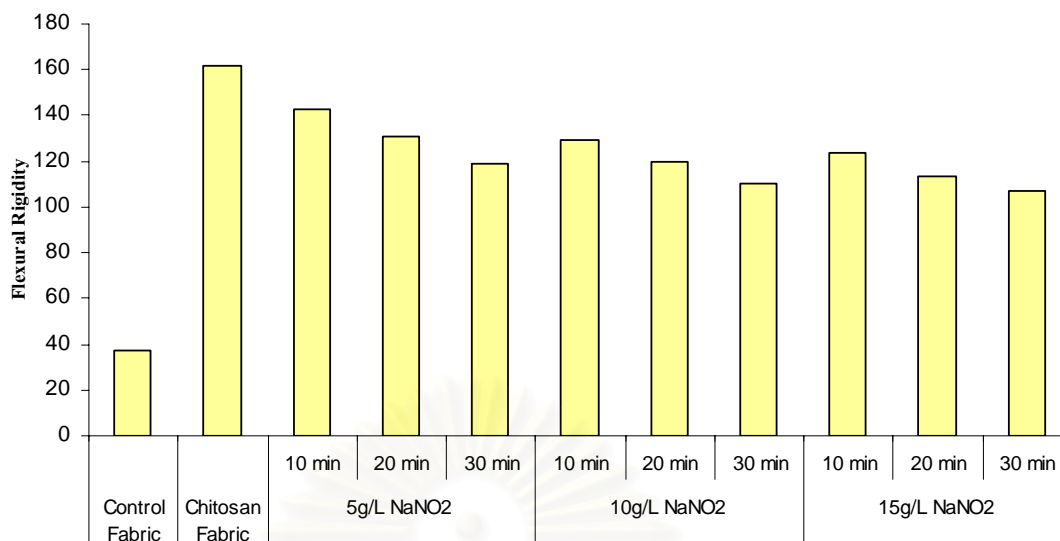
ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า		
	ระยะเวลาการ	ระยะเวลาการ	ระยะเวลาการ
	ปรับผิว 10 นาที	ปรับผิว 20 นาที	ปรับผิว 30 นาที
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	89.9	81.38	77.7
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	79.9	72.72	64.7
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	70.66	64.7	56.7



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง กับอิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิติพอลิเมอร์ไรเซชัน

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 % (w/v) ระดับเจดสี 2 % o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบและผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 161.9 ตามลำดับ

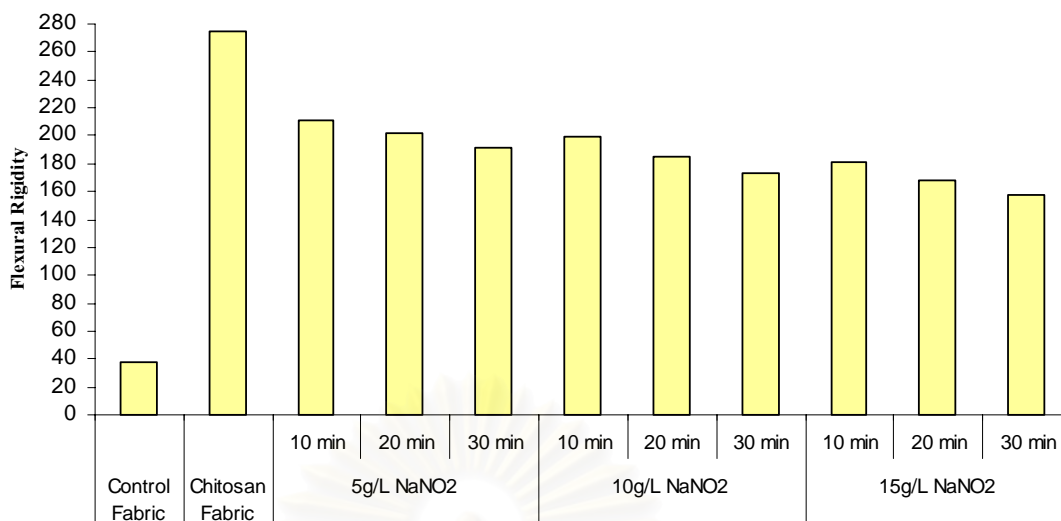
ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า		
	ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	142.58	130.94	118.99
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	128.9	119.95	110.51
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	123.87	113.29	106.88



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง กับอิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 2%(w/v) ระดับเจดสี 2 %o.w.f. โดยความกระด้างของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ และผ้าฝ้ายเคลือบที่ไม่ผ่านการปรับผิว คือ 37.15 และ 274.67 ตามลำดับ

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า		
	ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	211.21	201.47	192.02
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	198.74	185.46	172.79
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	181.6	167.89	157.2



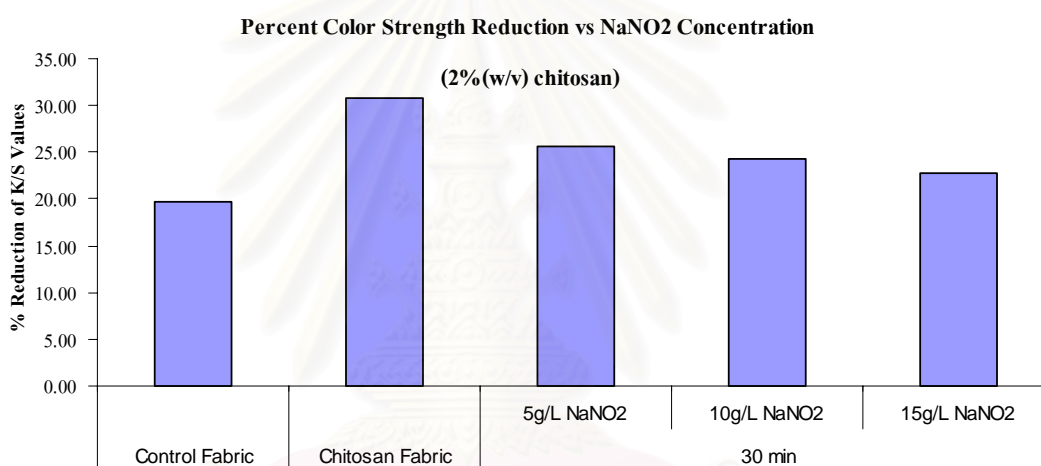
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความกระด้าง อิทธิของไคโตซาน และความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

4.6 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

เพื่อศึกษาผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันต่อความคงทนของสีต่อแสง โดยนำผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว ไปทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐาน ISO 105-B02:1994(E) ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซาน ผลการทดสอบพบว่า ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน ผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว และผ้าฝ้ายที่ไม่เคลือบไคโตซาน มีค่าความคงทนต่อแสงเท่ากันแต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละความซีด (fading) ไปด้วยสมการ $\frac{(K/S)_{after}}{(K/S)_{before}} \times 100$ พบว่าร้อยละความซีดที่เปลี่ยนแปลงของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานมีค่าเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานสามารถเกิดฟิล์มเคลือบผิวผ้า เกิดการสะสมของสีย้อมที่ผิว ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์การย้อมผิวผ้า (surface dyeing) ทำให้ความคงทนของสีต่อแสงลดลง และร้อยละความซีดก็มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ และเวลาที่ใช้ในการปรับผิว อย่างไรก็ตามค่าร้อยละความซีดที่เปลี่ยนแปลงไปของผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่แนวโน้มลดลงตามปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มไคโตซานบางส่วนถูกกำจัดออกไปจากผิวผ้าตัวเอง ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง และร้อยละความชื้นที่เปลี่ยนไปที่ไคโตซานเข้มข้น 2 % (w/v) ระดับเจดสี 2 % o.w.f.

ภาวะที่ใช้	ความคงทนของสีต่อแสง	ร้อยละความชื้นที่เปลี่ยนไป
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	5	19.68
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	5	30.70
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 5 g/l	5	25.69
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 10 g/l	5	24.20
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO ₂ 15 g/l	5	22.74



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์การร้อยละความชื้นที่เปลี่ยนไป กับความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ใช้ในการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชัน

4.7 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

เพื่อศึกษาผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทูดีพอลิเมอร์ไรเซชันต่อความคงทนของสีต่อการซัก โดยนำผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว ไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-C01:1989(E) ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ ผลการทดสอบพบว่า ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานมีค่าความคงทนของสีต่อการซักต่ำที่สุด ทั้งกรณีการเปลี่ยนสีและการตกเปื้อน ทั้งนี้เนื่องการสะสมของสีย้อมที่ผิว ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์การย้อมผิวผ้าอันเนื่องมาจากฟิล์มไคโตซาน ทำให้ความคงทนของสีต่อการซักลดลง อย่างไรก็ตามค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว มีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามปริมาณสารโซเดียมไนไตรต์ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับผิวที่เพิ่มขึ้น

เนื่องจากฟิล์มไคโตซานถูกกำจัดออกจากผิวผ้าไปบางส่วนนั่นเอง ค่าความคงทนของสีต่อการซักที่ได้จากการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.18, 4.19, 4.20 และ ภาคผนวก ก ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1%(w/v)

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี0.5		ระดับเจดสี1		ระดับเจดสี1.5		ระดับเจดสี2	
	%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f	
	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4	4	4-5	4	4	4-5	4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1%(w/v)

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี0.5		ระดับเจดสี1		ระดับเจดสี1.5		ระดับเจดสี2	
	%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f	
	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4	4	4-5	4	4-5	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่โคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี0.5		ระดับเจดสี1		ระดับเจดสี1.5		ระดับเจดสี2	
	%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f	
	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4	4-5	4	4	4-5	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4	4

โดยให้ระดับ 5 คือ ดีมาก
4 คือ ดี
3 คือ ปานกลาง
2 คือ แย่
1 คือ แย่มาก

4.8 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

เพื่อศึกษาผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซูลินซิติฟิเคชันโพลีเมอร์ไรเซชันต่อความคงทนของสีต่อการซัก โดยนำผ้าฝ้ายเคลือบโคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว ไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ ผลการทดสอบพบว่าผ้าฝ้ายเคลือบโคโตซานมีค่าความคงทนของสีต่อการซักต่ำที่สุด ทั้งกรณีการผ้าเปียกและผ้าแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากการสะสมของสีข้อมที่ผิว ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์การข้อมผิวผ้าอันเนื่องมาจากฟิล์มโคโตซาน ทำให้ความคงทนของสีต่อการซักลดลง อย่างไรก็ตามค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว มีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามปริมาณสารโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับผิวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากฟิล์มโคโตซานถูกกำจัดออกจากผิวผ้าไปบางส่วนนั่นเอง ค่าความคงทนของสีต่อการซักที่ได้จากการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.21, 4.22, 4.23 และภาคผนวก

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักผ้าที่โคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักผ้า							
	ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี	
	0.5 %o.w.f		1 %o.w.f		1.5 %o.w.f		2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	4	4	3-4	4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4	3-4	3	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4-5	3-4	3-4	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	3-4

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักผ้าที่โคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักผ้า							
	ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี		ระดับเกรดสี	
	0.5 %o.w.f		1 %o.w.f		1.5 %o.w.f		2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4	4	4-5	4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4	4-5	4

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี	
	0.5 %o.w.f		1 %o.w.f		1.5 %o.w.f		2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4	3-4	3	3-4	4-5	3
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4	4	3-4	4	3-4	4-5	3
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4-5	4	4	4	4-5	4

โดยให้ระดับ 5 คือ ดีมาก
4 คือ ดี
3 คือ ปานกลาง
2 คือ แย่
1 คือ แย่มาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ได้ศึกษาผลการปรับผิวผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยเทคนิคอินซูลินพอลิเมอร์ไรเซชันโดยกระบวนการจุ่มบิบบัด เพื่อเพิ่มความสามารถในการย้อมสีรีแอกทีฟ ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจนเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณของไคโตซานภายหลังการปรับผิว พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถย่อยไคโตซานออกจากผิวผ้าได้ทีละอณูในห้องได้อย่างชัดเจนในกรณีของผ้าเคลือบไคโตซาน 1%(w/v) แต่ในกรณีของไคโตซาน 2%(w/v) ปริมาณของธาตุไนโตรเจนภายหลังการย่อยพบว่าไม่แตกต่างจากผ้าเคลือบ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาความเข้มข้นของไคโตซานไม่เกิน 2%(w/v) ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่าย SEM ที่ปริมาณของไคโตซานหลุดออกจากผิวผ้าได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่ปรากฏหลักฐานของไคโตซานอยู่ผิวผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิว

พบว่าความสามารถในการดูดซับสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานมีค่า %E สูงสุด ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวด้วยสาร โซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่า %E ลดลงตามความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาการปรับผิวที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานแต่ยังมีค่า %E ที่สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากผลของไคโตซานซึ่งโดยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซับสีรีแอกทีฟได้ดีโดยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกของหมู่เอมีนบนไคโตซานและประจุลบของสีรีแอกทีฟจึงแสดงบทบาทในการช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับของสีรีแอกทีฟ

ค่า K/S ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิวสูงกว่า ค่า K/S ของผ้าฝ้ายธรรมดา แสดงให้เห็นว่าการผนึกของสีรีแอกทีฟบนผ้าฝ้ายเคลือบและผ้าฝ้ายปรับผิวเกิดขึ้นได้ดีกว่าผ้าฝ้ายธรรมดา ซึ่งเป็นผลมาจากหมู่เอมีนของไคโตซานมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับสีรีแอกทีฟได้ดี จึงทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผนึกสีรีแอกทีฟบนผ้าฝ้ายให้สูงขึ้น และเป็นที่สังเกตว่าค่า K/S ของผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซานกับผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการหลุดออกของไคโตซานบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับผิว มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผนึกของสีรีแอกทีฟเพียงเล็กน้อย

ผลการทดลองพบว่าความแข็งแรงกระด้างของผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าลดลง สมบัติความคงทนของสี (ความคงทนต่อการซัก และความคงทนต่อการซัก) อยู่ในระดับใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบไคโตซาน ความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการเคลือบ ผ้าฝ้ายเคลือบไคโตซาน และผ้าฝ้ายเคลือบที่ผ่านการปรับผิว มีค่าเท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละความซีด (fading) พบว่าค่าร้อยละความซีดที่เปลี่ยนไปของผ้าเคลือบที่ผ่านการปรับผิวมีค่าลดลงตามความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของฟิล์มไคโตซานที่สะสมบนผิวผ้า

ซึ่งผลการทดลองที่ได้ทำให้สรุปได้ว่า ข้อบกพร่องเช่นความคงทนของสีที่แย่งและความแข็งกระด้างของผ้าอันเนื่องมาจากฟิล์มเคลือบไคโตซาน สามารถแก้ไขได้ด้วยการย่อยเอาฟิล์มเคลือบไคโตซานบางส่วนออกจากผิวผ้าด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ภายใต้ภาวะที่ไม่รุนแรง ไคโตซานที่เหลืออยู่บนผ้านั้นยังสามารถแสดงศักยภาพในการย้อมสีรีแอกทีฟได้ดี โดยไม่ได้ทำให้สมบัติความคงทนของสีของผ้าลดลง

ข้อเสนอแนะ

สารโซเดียมไฮดรอกไซด์มีสมบัติในการดีพอลิเมอร์ไรเซชันไคโตซาน โดยไปทำการตัดสายโซ่ไคโตซานที่ตำแหน่ง β -glycosidic linkage ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับของเซลลูโลส ดังนั้นจึงคาดว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์จะไปทำลายเซลลูโลสได้ด้วย ซึ่งอาจมีผลต่อสมบัติของแข็งแรงของผ้า ดังนั้นจึงเสนอแนะว่าควรทำการทดสอบความแข็งแรงของผ้าภายหลังที่ทำเทคนิคการปรับผิวแล้ว



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Dolphen, R., Thiravetyan, P., and Nakbanpote, W. Adsorption of Reactive Dye by Modified Chitin, Proceedings of the 31st Congress on Science and Technology of Thailand, Suranaree University of Technology, 2005.
2. Shore, J. Cellulosics Dyeing. Society of Dyers and Colourists, 1995
3. Srikulkit, K., and Larpsuriyakul, P. Process of Dyeability Modification and Bleaching of Cotton in a Single Bath. Coloration Technology 118 (2002): 79-84
4. ณัฐพงศ์ ไชยเดช, ชาญณรงค์ บัวแดง และวสกร คำคง. การใช้สารประจุบวกเป็นสารช่วยในการย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ. โครงการในงานเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2547.
5. ไพศาล ปู่สุข และคณะ. การปรับปรุงสมบัติการย้อมสีของผ้าฝ้ายด้วยไคโตซาน. โครงการในงานเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2544.
6. Hakeim, O.A., Abou-Okeil, A., Abdou, L.A.W., and Waly, A. The Influence of Chitosan and Some of its Depolymerized Grades on Natural Color Printing. Journal of Applied Polymer Science 97 (2005):559-563.
7. สุวบุญ จิรชาญชัย, รังรอง ยกसान และโกสุม สมักรัตน์. สมบัติทางเคมีและกายภาพของไคติน-ไคโตซาน. การประชุมเชิงปฏิบัติการไคตินและไคโตซานจากวัตถุดิบธรรมชาติสู่การประยุกต์ใช้, หน้า 11-40. 30-31 สิงหาคม 2544 ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
8. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. แนวโน้มการใช้ไคติน-ไคโตซานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. Colourway 51 (2004): 48-49.
9. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
10. กาวิ ศรีกุลกิจ. หลักการย้อมสีสิ่งทอ ตอนที่ 8. นิตยสารคัลเลอร์เวย์ Vol 8, 2002
11. พัชรี ลากสุริยกุล. การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยแคตไอออนิกรีแอคทีฟพอลิเมอร์ในการฟอกเพื่อเพิ่มการรับสีย้อมรีแอคทีฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต , ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
12. Glytac. [Online] . Available from: <http://www.google.com>. [04.04.2008].

13. พูลศิริ รัตนนิยม. การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารประกอบแคตไอออนิกในการฟอกเพื่อเพิ่มการรับสี
ย้อมสีรีแอคทีฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรม
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
14. Lewis, D.M., and McIlroy, K.A. The Chemical Modification of Cellulosic Fiber
to Enhance Dyeability. Rev. Prog. Coloration 27 (1997)
15. Houshyar, S., and Amirshahi, S.H. Treatment of Cotton with Chitosan and Its Effect on
Dyeability with Reactive Dyes. Iranian Polymer Journal 11 (2002):295-301.
16. Walawska, A., Filipowska, B., and Rybicki, E. Dyeing Polyester and Cotton-Polyester
Fabrics by Means of Direct Dyestuffs after Chitosan treatment. Fibres & Textiles in
Eastern Europe 11 (2003):71-74.
17. ยุพาพร กิจกุลนำชัย. การเพิ่มการติดสีรีแอคทีฟบนผ้าเซลลูโลสด้วยไคโตซาน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ วิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
18. Liua, X.D., Nishia, N., Tokurab, S., and Sakairi, N. Chitosan Coated Cotton fiber:
Preparation and Physical Properties. Carbohydrate Polymers. 44 (2001):233-238
19. Saville, B P. Physical Testing of Textiles. Cornwall : Woodhead Publishing and CRC Press,
1999.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลความสามารถของการดูดซึมสี และความเข้มของสี

ตารางที่ ก.1 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	84.04	81.34	79.66
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	87.23	84.95	83.21	81.36
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	85.42	84.62	82.35	80.34
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	84.44	83.15	81.95	79.55

ตารางที่ ก.2 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์	ระดับเกณฑ์
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	84.04	81.34	79.66
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	86.36	83.87	82.96	80.84
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	85.11	82.95	82.22	80.49
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	84.78	80.22	82.22	79.66

ตารางที่ ก.3 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	86.96	84.04	81.34	79.66
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	85.11	83.15	82.54	80.12
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	84.09	80.90	82.17	79.41
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	83.72	80.49	81.06	78.95

ตารางที่ ก.4 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	87.23	84.04	81.20	80.11
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	86.36	83.53	82.58	80.00
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	86.05	83.52	82.44	79.39
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	84.09	83.33	81.25	78.31

ตารางที่ ก.5 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับพืด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โขเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบพืไคโตซาน	87.23	84.04	81.20	80.11
ระยะเวลาการปรับพื 10 นาที	85.37	83.53	82.58	79.64
ระยะเวลาการปรับพื 20 นาที	84.09	83.33	81.75	78.95
ระยะเวลาการปรับพื 30 นาที	84.09	83.13	80.47	78.70

ตารางที่ ก.6 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับพืด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อความสามารถของการดูดซึมสี (%E) ที่ความเข้มข้นของ โขเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	%E			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	82.61	82.98	81.34	79.10
ผ้าเคลือบพืไคโตซาน	87.23	84.04	81.20	80.11
ระยะเวลาการปรับพื 10 นาที	85.00	83.53	81.89	79.76
ระยะเวลาการปรับพื 20 นาที	83.33	82.76	81.30	78.79
ระยะเวลาการปรับพื 30 นาที	82.93	82.14	80.49	77.25

ตารางที่ ก.7 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.2	10.9	14.21	17.4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	5.09	9.99	14.08	17.4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	5.31	9.8	14.45	18.1
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	5.08	10.21	14.35	17.88

ตารางที่ ก.8 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.2	10.9	14.21	17.4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.99	9.46	14.03	17.13
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	5.03	9.99	13.90	16.87
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4.76	9.99	13.90	16.87

ตารางที่ ก.9 ผลของไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) และผลของการปรับพืด้วยเทคนิคอินซิทู ดิพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบพืไคโตซาน	5.2	10.9	14.21	17.4
ระยะเวลาการปรับพื 10 นาที	3.97	10.08	13.43	16.74
ระยะเวลาการปรับพื 20 นาที	4.84	9.59	13.94	17.46
ระยะเวลาการปรับพื 30 นาที	4.54	9.64	14.17	16.62

ตารางที่ ก.10 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับพืด้วยเทคนิคอินซิทู ดิพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบพืไคโตซาน	5.03	9.99	14.31	16.87
ระยะเวลาการปรับพื 10 นาที	5.03	10.18	14.26	17.81
ระยะเวลาการปรับพื 20 นาที	5.02	9.71	14.12	17.53
ระยะเวลาการปรับพื 30 นาที	5.08	10.06	14.79	17.95

ตารางที่ ก.11 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.99	14.31	16.87
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.76	10.06	14.17	17.40
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	5.09	10.16	14.40	17.95
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4.77	10.13	14.69	17.60

ตารางที่ ก.12 ผลของไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) และผลของการปรับผิวด้วยเทคนิคอินซิทู ดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ต่อค่าความเข้มของสี(K/S) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	K/S			
	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี	ระดับเฉดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4.17	9.19	12.46	15.74
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	5.03	9.99	14.31	16.87
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4.87	9.73	13.81	16.74
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4.82	10.06	13.81	17.46
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4.6	9.87	13.85	17.4

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดสอบความกระด้าง และความคงทนของสีต่อแสง

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่โค โทซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบโค โทซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวโค โทซาน	107.78	117.07	116.11	119.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	90.71	87.52	87.52	89.9
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	82.89	83.65	82.14	81.38
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	79.9	79.9	79.9	77.7

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่โค โทซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี	ระดับเจดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบโค โทซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวโค โทซาน	107.78	117.07	116.11	119.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	79.9	81.83	78.43	79.9
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	70.66	67.31	71.34	72.72
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	62.79	64.7	66.65	64.7

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	107.78	117.07	116.11	119.95
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	72.03	74.12	72.72	70.66
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	66.65	66.65	64.7	64.7
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	55.53	54.38	56.7	56.7

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	159.54	163.08	159.54	161.9
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	143.67	144.77	141.28	142.58
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	131.97	130.94	133.01	130.94
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	118.99	121.9	119.95	118.99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	159.54	163.08	159.54	161.9
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	127.88	128.9	126.87	128.9
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	118.02	118.02	118.99	119.95
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	107.78	108.69	111.43	110.51

ตารางที่ ข.6 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	159.54	163.08	159.54	161.9
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	122.89	122.89	121.9	123.87
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	112.36	111.43	112.36	113.29
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	105.09	106.88	105.98	106.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	275.23	276.36	276.36	274.67
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	209.8	211.21	209.8	211.21
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	201.47	204.22	202.84	201.47
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	192.02	192.02	193.35	192.02

ตารางที่ ข.8 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี	ระดับกรดสี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	275.23	276.36	276.36	274.67
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	197.38	201.47	197.38	198.74
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	184.17	181.6	184.17	185.46
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	172.79	174.03	175.28	172.79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.9 ผลการทดสอบความกระด้างของผ้าที่ไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความกระด้างของผ้า			
	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี	ระดับเบดลี
	0.5 %o.w.f	1 %o.w.f	1.5 %o.w.f	2 %o.w.f
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	37.15	37.15	36.7	37.15
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	275.23	276.36	276.36	274.67
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	180.32	181.6	180.32	181.6
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	167.89	170.33	169.11	167.89
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	158.37	160.72	159.54	157.2

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง และร้อยละความเข้มสีที่เปลี่ยนไปที่ไคโตซานเข้มข้น 1 %(w/v) ระดับเบดลี 2 %owf

ภาวะที่ใช้	ร้อยละความเข้มสีที่เปลี่ยนไป	
	ระยะเวลาการปรับ	ระยะเวลาการปรับ
	ผิว 10 นาที	ผิว 30 นาที
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	19.68	19.68
ผ้าเคลือบผิวไคโตซาน	27.21	27.21
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO_2 5 g/l	26.97	23.41
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO_2 10 g/l	26.22	23.12
ผ้าปรับผิวด้วย NaNO_2 15 g/l	23.95	21.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.11 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง และร้อยละความเข้มสีที่เปลี่ยนไป
ที่โคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v) ระดับกรดสี 2 %owf

ภาวะที่ใช้	ร้อยละความเข้มสีที่เปลี่ยนไป	
	ระยะเวลาการปรับ	
	สี 10 นาที	สี 30 นาที
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	19.68	19.68
ผ้าเคลือบสีโคโตซาน	30.70	30.70
ผ้าปรับสีด้วย NaNO_2 5 g/l	27.13	25.69
ผ้าปรับสีด้วย NaNO_2 10 g/l	24.74	24.20
ผ้าปรับสีด้วย NaNO_2 15 g/l	24.30	22.74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี0.5		ระดับเจดสี1		ระดับเจดสี1.5		ระดับเจดสี2	
	%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f	
	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4	4-5	4	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5

ตารางที่ ค.4 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ที่ไคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี0.5		ระดับเจดสี1		ระดับเจดสี1.5		ระดับเจดสี2	
	%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f		%o.w.f	
	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน	เปลี่ยน สี	ตก เปื้อน
ผ้าที่ไม่เคลือบไคโตซาน	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	4	4	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดู

ตารางที่ ง.1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดูที่โคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v)

ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักดู							
	ระดับเกรดสี 0.5 %o.w.f		ระดับเกรดสี 1 %o.w.f		ระดับเกรดสี 1.5 %o.w.f		ระดับเกรดสี 2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	3
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	3
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	3

ตารางที่ ง.2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดูที่โคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v)

ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักดู							
	ระดับเกรดสี 0.5 %o.w.f		ระดับเกรดสี 1 %o.w.f		ระดับเกรดสี 1.5 %o.w.f		ระดับเกรดสี 2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	3
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4	4	3-4	3-4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4	3-4	4	4	4-5	4

ตารางที่ ๓.3 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดู่ที่โคโตซานเข้มข้น 1.5 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักดู่							
	ระดับเจดสี 0.5 %o.w.f		ระดับเจดสี 1 %o.w.f		ระดับเจดสี 1.5 %o.w.f		ระดับเจดสี 2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4	4	4	4	3-4	4	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4	3-4	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4	4-5	4	4	3-4	4	3-4

ตารางที่ ๓.4 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักดู่ที่โคโตซานเข้มข้น 2 %(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใช้	ความคงทนต่อการซักดู่							
	ระดับเจดสี 0.5 %o.w.f		ระดับเจดสี 1 %o.w.f		ระดับเจดสี 1.5 %o.w.f		ระดับเจดสี 2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4	4	3-4	3-4	4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4	4	4-5	4	4-5	3-4

ตารางที่ ๖.5 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักผ้าที่โคโตซานเข้มข้น 2%(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 10 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใส่	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี	
	0.5 %o.w.f		1 %o.w.f		1.5 %o.w.f		2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4	4-5	3-4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4	4-5	4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4-5	4	4	4	4-5	4

ตารางที่ ๖.6 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักผ้าที่โคโตซานเข้มข้น 2%(w/v)
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 15 กรัมต่อลิตร

ภาวะที่ใส่	ความคงทนต่อการซัก							
	ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี		ระดับเจดสี	
	0.5 %o.w.f		1 %o.w.f		1.5 %o.w.f		2 %o.w.f	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ผ้าที่ไม่เคลือบโคโตซาน	5	4-5	5	4-5	4-5	4	4-5	4
ผ้าที่ไม่ผ่านการปรับผิว	4-5	4	4-5	3-4	4	3-4	3-4	3
ระยะเวลาการปรับผิว 10 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4
ระยะเวลาการปรับผิว 20 นาที	4-5	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5	4
ระยะเวลาการปรับผิว 30 นาที	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4	4

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเสรณี ศรีสุข เกิดเมื่อวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ ภาควิชาอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ปีการศึกษา 2547 หลังจากนั้นเข้าทำงานเป็นผู้ช่วยหัวหน้าหน่วยย้อมฝ้ายผลิต ณ บริษัททวาย อาร์ ซี เท็กซ์ไทล์จำกัด จนกระทั่งปี พ.ศ. 2549 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นของปีการศึกษา 2551 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี 6 เดือน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย