Journal of Metals , Materials and Minerals. Vol. 7, No. 1, pp. 31 - 38, 1997.

Crease Resistant Finishing of Cotton Fabric with Citric Acid

Pranee RATTANAWALEEDIROJN

Metallurgy and Materials Science Research Institute Chulalongkorn University

Abstract

The finished cotton fabrics with crease resistant property can be obtained by using citric acid as a nonformaldehyde cross-linking agent with proper catalyst selection by pad-dry-cure method. Among a number of catalysts based on alkali metal salts of phosphorus-containing inorganic acids, sodium hypophosphite has produced the satisfactory appearance properties of treated fabrics.

The fabrics finished with 7% citric acid by using the mole ratio of citric acid to hypophosphite at 1:2 and curing at 160° C for 90 seconds have produced 46% improvement of dry crease recovery angle with no reduction in whiteness and 69.4% of strength retention. The presence of ester groups in the treated fabric can be analysed by infrared spectroscopy technique.

การตกแต่งกันยับผ้าฝ้ายด้วยกรดซิทริก

ปราณี รัตนวลีดิโรจน์

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การตกแต่งผ้าฝ้ายให้มีสมบัติกันยับนั้นสามารถทำได้โดยการใช้กรดซิทริกทำหน้าที่เป็นสารตกแต่งสำเร็จแบบปราศจากฟอร์แมลดีไฮด์ ร่วมกับการเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมโดยวิธีอัดน้ำยา-ทำให้แห้ง-อบผนึก ซึ่งในจำนวนของตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเกลือโลหะอัลคาไลของกรดอนินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยนั้น โซเดียมไฮโพฟอสไฟต์ได้ให้สมบัติของผ้าภายหลังการตกแต่งที่น่าพอใจ

ผ้าที่ผ่านการตกแต่งโดยใช้กรดซิทริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 ด้วยอัตราส่วนโมลระหว่างกรดซิทริกและไฮโพฟอสไฟต์เท่ากับ 1 : 2 และอบผนึกที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 90 วินาที จะให้ผลขององศาการคืนตัวรอยยับดีขึ้นถึงร้อยละ 46 โดยความขาวของผืนผ้ายังไม่ลดลงแต่อย่างใด และผ้ายังคงมีความแข็งแรงอยู่ร้อยละ 69.4 ส่วนการเกิดหมู่เอสเทอร์ในผืนผ้าที่ผ่านการตกแต่งนั้นสามารถวิเคราะห์ได้โดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

คำนำ

การแก้ปัญหาเรื่องการเกิดรอยยับได้ง่ายของผ้าฝ้ายนั้น ทำได้โดยอาศัยกระบวนการตกแต่งซึ่งเป็นการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับผืนผ้า เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงทางเคมีด้วยพันธะโคเวเลนต์ระหว่างสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลสเมื่อมีแรงที่ทำให้เกิดรอยยับมากระทำต่อผืนผ้าอันเป็นสาเหตุให้โมเลกุลมีการเคลื่อนตัวไปจากเดิม พันธะโคเวเลนต์นี้ก็จะสามารถช่วยดึงให้โมเลกุลเซลลูโลสเคลื่อนกลับมา ณ ตำแหน่งเดิมได้

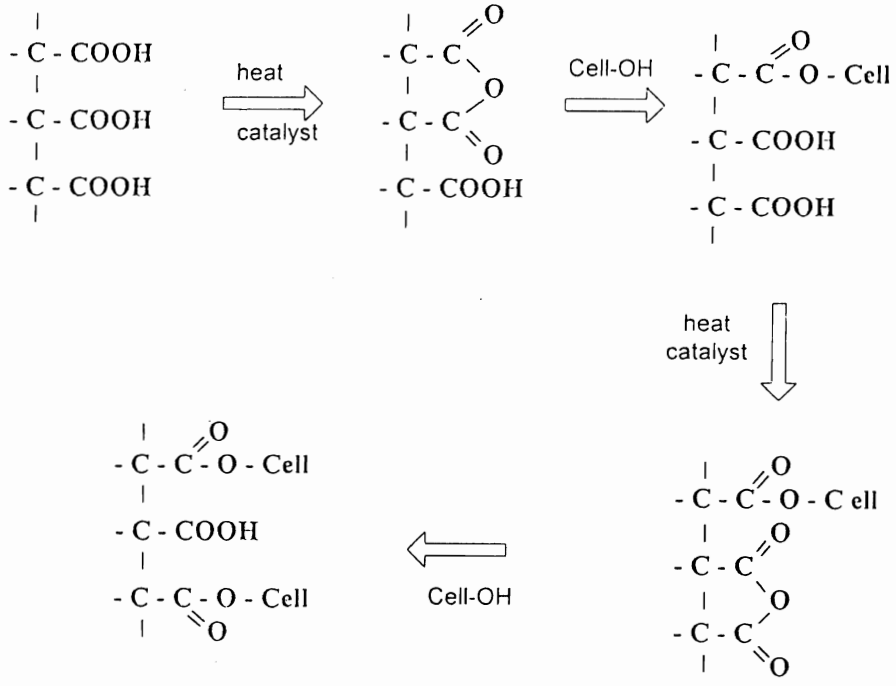
การพัฒนาสารตกแต่งเพื่อกันยับได้เกิดขึ้นเป็นเวลาช้านานแล้วนับตั้งแต่ urea - formaldehyde, Melamine-formaldehyde จนกระทั่งถึงสารที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ Dimethyloldihydroxyethy-leneurea (DMDHEU),Dimethoxymethyldimeth-xyethyleneurea (DMDMEU) ซึ่งพบว่าสามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติการคืนตัวต่อรอยยับของผ้าได้ดีอย่างไรก็ตามจากวิวัฒนาการของสารตกแต่ง ดังกล่าวจะเห็นว่าสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักนั้น คือ

ฟอร์แมลดีไฮด์ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ ขณะเดียวกันก็กำลังถูกเพ่งเล็งในปัจจุบันว่าอาจเป็นสารที่ก่อมะเร็งได้ดังนั้นกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจึงมีมาตรการกวดขันในเรื่องของปริมาณฟอร์แมลดีไฮด์อิสระที่ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างเคร่งครัด และได้กลายเป็นข้อกำหนดที่กีดกันการค้าไปโดยปริยาย การวิจัยในปัจจุบันจึงได้หันความสนใจไปสู่การใช้สารที่ไม่มีฟอร์แมลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะสารที่จัดอยู่ในประเภทกรดพอลิคาร์บอกซิลิกแทน

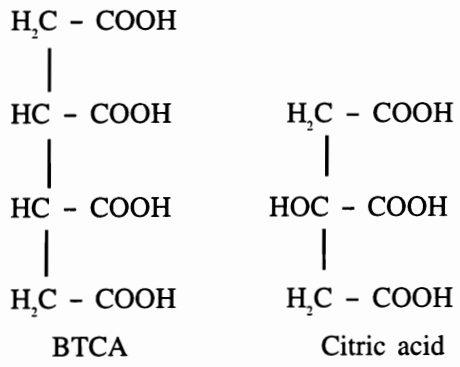
จากงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งใช้กรดพอลิคาร์บอกซิลิกเป็น cross-linking agent นั้น กระบวนการที่ใช้ในการตกแต่งมักนิยมใช้วิธีการอัดน้ำยา-ทำให้แห้ง-อบผนึก (pad-dry-cure) โดยต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในกระบวนการด้วย ทั้งนี้ได้มีการค้นพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ให้ประสิทธิภาพดีสำหรับการตกแต่งกันยับด้วยกรดพอลิคาร์บอกซิลิกคือ กลุ่มเกลือโลหะอัลคาไลของกรดอนินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบซึ่งกลไกของปฏิกิริยาระหว่างกรดพอลิคาร์บอกซิลิกกับเส้นใยเซลลูโลสสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1

จากกลไกจะเห็นได้ว่าจะเกิดปฏิกิริยา esterification ขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสและหมู่คาร์บอกซิลของกรด โดยผ่านขั้นตอนของการเกิด anhydride ring และที่สำคัญคือ กรดที่ใช้จะต้องประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล อย่างน้อย 3 หมู่ จึงจะเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสได้

สารประเภทกรดพอลิคาร์บอกซิลที่สามารถนำมาใช้เป็น cross-linking agent ในกระบวนการตกแต่งกันยับผ้าฝ้ายรวมทั้งตัวเร่งปฏิกิริยานั้นมีอยู่ด้วยกันมากมาย ตัวที่ได้รับความนิยมก็คือ 1,2,3,4 butanetetracarboxylic acid (BTCA) ซึ่งมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ถึง 4 หมู่ จึงสามารถเกิดการเชื่อมโยงกันได้ดีและให้ผลของการตกแต่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่การใช้ BTCA ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของราคาที่ค่อนข้างแพง อีกทั้งยังเป็นสารที่หาซื้อได้ยาก และพบว่ามีอันตราย จากการใช้อยู่บ้าง



รูปที่ 1 แสดงกลไกของปฏิกิริยาการเชื่อมโยงโมเลกุลด้วยพันธะเอสเทอร์ในเส้นใยเซลลูโลส



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของสารประเภทกรดพอลิคาร์บอกซิลิกที่ใช้ในการตกแต่งกันยับ

การวิจัยนี้เลือกใช้กรดซิทริก(2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างโมเลกุลแล้ว จะเห็นว่าแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลอยู่ 3 หมู่ จึงคาดว่าน่าจะให้ผลของการตกแต่งใกล้เคียงกับ BTCA โดยที่มีข้อดี คือกรดซิทริกเป็นสารที่สามารถหาซื้อได้ง่ายราคาถูกและไม่มีพิษ สิ่งที่จะศึกษาก็คือหาปริมาณกรดซิทริกที่เหมาะสมชนิดและปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยารวมทั้งภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการดังกล่าว โดยศึกษาจากสมบัติของผืนผ้าภายหลังการตกแต่งอันได้แก่ องศาการคืนตัวต่อรอยยับ ความขาวและความแข็งแรง เป็นต้น และพิสูจน์การเกิดพันธะเอสเทอร์ที่เชื่อมโยงโมเลกุลเซลลูโลสด้วยเทคนิค FT-IR

การทดลอง

วัตถุดิบ

- ผ้าฝ้าย 100% ซึ่งผ่านขั้นตอนการลอกแป้งและฟอกขาวแล้ว

Lot A ทอด้วยเส้นด้ายเบอร์ 20 โครงสร้าง 68x57

Lot B ทอด้วยเส้นด้ายเบอร์ 50 โครงสร้าง 150x80

- สารเคมี ได้แก่ กรดซิทริก, Fixapret COC ซึ่งจัดอยู่ในประเภทอนุพันธ์ของDMDHEU, เททรา-โซเดียมไพโรฟอสเฟตเดคาไฮเดรต($Na_4P_2O_7.10H_2O$), ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($Na_2HPO_4.2H_2O$), โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($NaH_2PO_4.2H_2O$), โซเดียมไฮโพฟอสไฟต์โมโนไฮเดรต($NaH_2PO_2.H_2O$), Condensol FB

อุปกรณ์

- เครื่องอัดรีดน้ำยา (Padding Mangle)
- เครื่องอบแห้ง (Minidryer)
- เครื่องวัดองศาการคืนตัวต่อรอยยับ (Shirley Crease Recovery Tester)
- Reflectance Spectrophotometer
- Instron Universal Tester
- UV-VIS Spectrophotometer
- Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)
- Pick Counter
- Precision Balance
- Glasswares

วิธีการทดลอง

ตัดผ้าให้มีขนาด 30x30 ซม. จุ่มลงในน้ำยาเคมีแล้วนำไปผ่านลูกกลิ้งบีบของเครื่องอัดรีดน้ำยา ซึ่งตั้งแรงบีบอัดของลูกกลิ้งที่ค่า ๆหนึ่งซึ่งทำให้เปอร์เซนต์ผ้าเปียกเท่ากับ 90% นำผ้าจุ่มลงในน้ำยาแล้วผ่านลูกกลิ้งบีบอีกครั้งจากนั้นนำไปขึงบนหนามยึดผ้าในเครื่องอบแห้งผ้าแล้วอบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 3 นาที นำผ้าออกจากนั้นตั้งอุณหภูมิสำหรับการอบผนึกตามที่กำหนดแล้วนำผ้าเข้าตู้อบอีกครั้ง ขั้นสุดท้ายนำผ้ามาทำการซักล้าง โดยต้มกับน้ำสบู่ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้ Liquor ratio เท่ากับ 25 : 1 และใช้เกล็ดสบู่ 2 กรัมต่อลิตร จากนั้นล้างด้วยน้ำเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 นาที

การทดสอบ

-องศาของการคืนตัวต่อรอยยับ ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Shirley Crease Recovery Tester ตามมาตรฐาน BS 3086

-ความขาวทดสอบด้วยเครื่อง Reflectance Spectrophotometer ชนิด Xenon flash lamp

-ความแข็งแรง ทดสอบด้วยเครื่อง Instron Universal Tester Model 5583 ตามมาตรฐาน AS L6-1970

-ทดสอบการเกิดพันธะเอสเทอร์ด้วยเครื่อง FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrophometer)

-วิเคราะห์ปริมาณฟอร์แมลดีไฮด์อิสระตาม Japanese Test Method Law 112-1973

ผลการทดลอง

จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบผนึกผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยกรดซิทริก โดยใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำการศึกษากับผ้า Lot B และคงค่าเวลาของการอบผนึกไว้ที่ 60 วินาที (ตารางที่ 1) พบว่าที่ อุณหภูมิ 150 และ 160 °C นั้นค่าความขาวของผ้ายังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเมื่อเลือกใช้ อุณหภูมิทั้งสองในการศึกษาเรื่องระยะเวลาในการอบผนึก โดยใช้ค่าองศาการคืนตัวต่อรอยยับขณะแห้ง (Dry Crease Recovery Angle : DCRA)ในการพิจารณาด้วย (ตารางที่ 2) พบว่าภาวะที่ให้ค่าการคืนตัวต่อรอยยับดีที่สุดคือ การอบผนึกที่อุณหภูมิ 160 °C 180 วินาที แต่อย่างไรก็ตามภาวะดังกล่าวได้ทำให้ค่าความขาวลดลงจากเดิมทั้งก่อนซักและหลังซักแล้ว ซึ่งความเหลืองของผ้าที่เกิดขึ้นนี้เป็นที่คาดว่าอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการ dehydration ไปเป็นกรด aconitic และ/หรือจากสิ่งเจือปนอื่นๆ ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมต่อการอบผนึกที่จะใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือที่ อุณหภูมิ 160 °C 90 วินาที ซึ่งให้ผลที่ใกล้เคียงกับที่ภาวะ 150 °C 180 วินาที แต่สามารถช่วยประหยัดเวลาในการอบผนึกลงได้ถึงเท่าตัว

ตารางที่ 1 แสดงค่าความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยกรดซิทริก 5% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตในอัตราส่วนโมลเท่ากับ 1: 1 ณ อุณหภูมิในการอบผนึกที่ระดับต่างๆ

Curing Conditions		CIE Whiteness Index
150°C	60 sec	79.6
160	60	79.2
170	60	73.7
180	60	65.8
Untreated		78.7

ตารางที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบผนึกต่อสมบัติของผ้า ที่ผ่านการตกแต่งด้วยกรดซิทริก 5% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตในอัตราส่วนโมลเท่ากับ 1:1

Curing Conditions		CIE Whiteness Index		DCRA (w+f)
		Unwashed	Washed	
150°C	30 sec	81.6	81.8	128.3
	90	78.6	81.7	144.3
	180	77.9	80.6	159.5
160°C	30	81.4	82.0	150.3
	90	78.6	80.8	157.0
	180	74.3	76.8	173.5
Untreated		78.7		133.0

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยกรดซิทริก 5% และตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ

Catalyst	CIE Whiteness Index	DCRA (w+f)
5% $Na_4P_2O_7$	60.4	155.7
5% Na_2HPO_4	62.9	161.0
5% NaH_2PO_2	62.6	190.3
5% NaH_2PO_4	56.8	172.8
Untreated	50.7	142.1

จากตารางที่ 3 (ใช้ผ้า Lot A) จะเห็นว่านอกจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีส่วนช่วยในเรื่องสมบัติการคืนตัวต่อรอยยับแล้วก็ยังส่งผลในการเพิ่มความขาวของผ้าฝ้ายอีกด้วย ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือโซเดียมไฮโพฟอสไฟต์ และจากการศึกษาโดยใช้กรดซิทริกความเข้มข้น10% (ตารางที่ 4) พบว่าอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกับกรดซิทริก คือ 1 : 2.0 (กรดซิทริก : ไฮโพฟอสไฟต์) และเมื่อเลือกใช้อัตราส่วนนี้ในการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดซิทริก (ตารางที่ 5) พบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยกรดซิทริกที่ทุกความเข้มข้นที่ทำการศึกษา (5-11%) นั้น จะมีความแข็งแรงลดลงจากเดิมประมาณ 30% โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิทริกให้มากขึ้นจะทำให้ความขาวของผ้าลดลงในขณะที่ให้ค่าการคืนตัวต่อรอยยับเพิ่มขึ้น ซึ่ง ณ ระดับความเข้มข้นที่ 7% นั้นองศาการคืนตัวต่อรอยยับได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างเห็นได้ชัดถึง 46% ในขณะที่ความขาวของผืนผ้ายังไม่ลดลงและผ้ายังคงมีความแข็งแรงอยู่ประมาณ 69% แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นให้สูงขึ้นกว่านี้ ค่าการคืนตัวก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นต่อไปอีกเท่าใดนัก

ตารางที่ 4 แสดงสมบัติของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยกรดซิทริก 10% และโซเดียมไฮโพฟอสไฟต์ที่อัตราส่วนโมลต่างๆ

CA/NaHPO Ratio	CIE Whiteness Index	DCRA(w+f)
1:1.0	48.8	208.7
1:1.5	53.7	210.5
1:2.0	55.1	215.1
1:2.5	58.2	195.9
Untreated	50.7	142.1

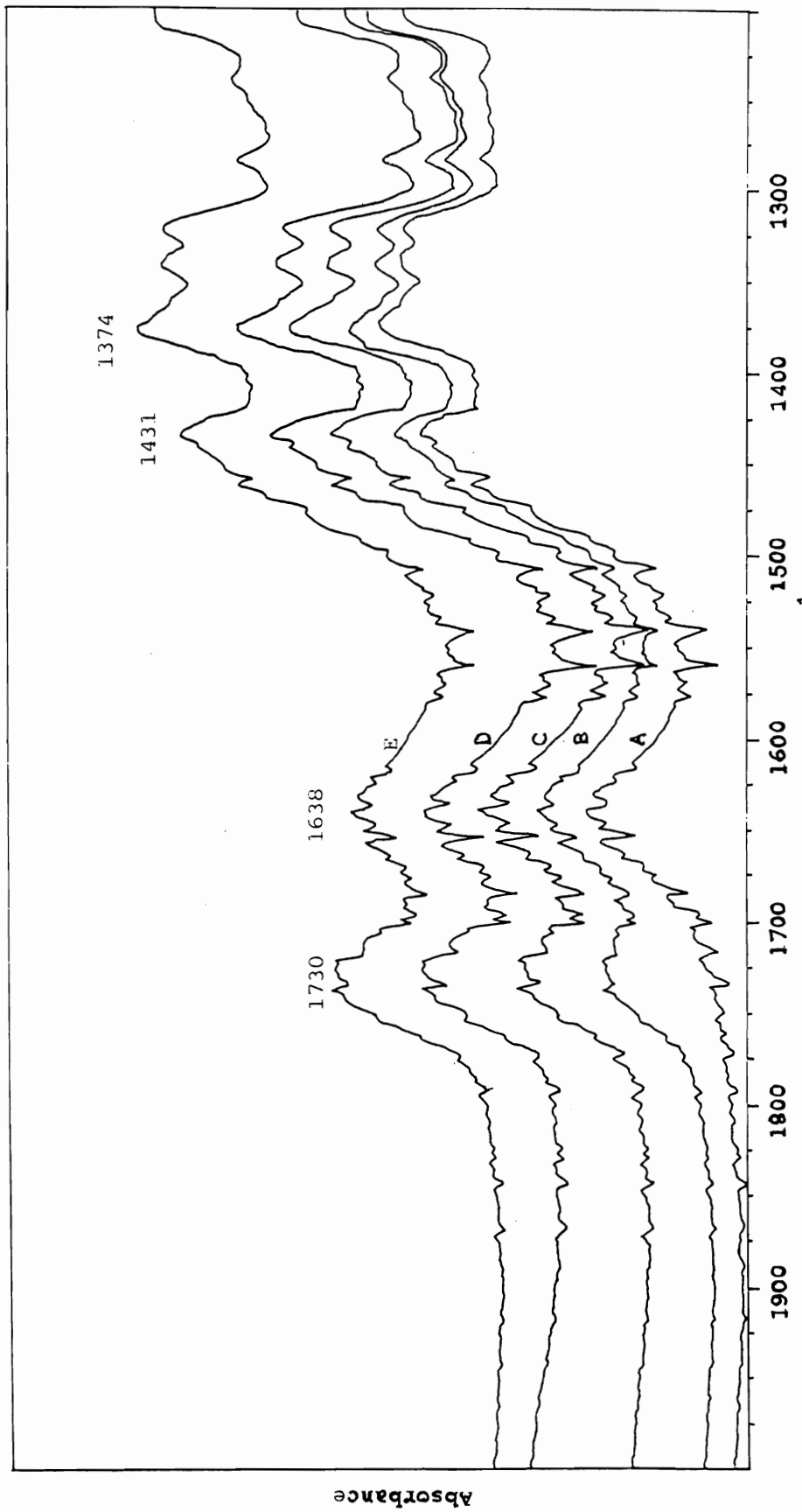
ตารางที่ 5 แสดงอิทธิพลของความเข้มข้นของกรดซิทริกต่อสมบัติของผ้าฝ้าย เมื่อใช้โซเดียมไฮโพฟอสไฟต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วนโมลเท่ากับ 1:2

% CA (w/v)	CIE Whiteness Index	CRA(w+f)		Breaking Strength (N)		% Strength loss (w+f)
		Dry	Wet	filling	warp	
5	59.1	186.7	185.1	258.0	332.3	30.09
7	59.1	208.1	204.8	258.7	327.3	30.60
9	57.2	209.4	208.6	255.0	333.0	30.36
11	56.5	212.1	211.3	249.6	337.5	30.47
Untreated	50.7	142.1	135.8	389.9	454.5	-

ตารางที่ 6 แสดงสมบัติของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารตกแต่งผสมระหว่าง กรดซิทริกและ Fixapret COC ในอัตราส่วนเชิงปริมาณที่แตกต่างกัน

Resin ratio Fixapret COC:CA	CIE Whiteness Index	DCRA (w+f)	Breaking Strength (N)		Formaldehyde Content (ppm)	
			filling	warp	Unwashed	Washed
0:100	59.1	208.1	258.7	327.3	0	0
20:80	62.4	189.7	269.0	337.4	30.6	8.4
40:60	64.0	199.7	259.9	325.7	57.7	9.0
50:50	63.7	201.1	257.8	314.6	66.8	10.4
60:40	61.8	201.4	243.3	303.6	75.8	11.8
80:20	64.9	215.8	135.0	248.0	81.4	13.9
100:0	65.7	217.7	133.1	239.7	88.4	15.3
Untreated	50.7	142.1	389.9	454.5	-	-

* ใช้กรดซิทริกความเข้มข้น 7% ร่วมกับโซเดียมไฮโพฟอสไฟต์ในอัตราส่วนโมลเท่ากับ 1:2 ส่วน Fixapret COC นั้น ใช้ความเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ Condensol FB ด้วยอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 3:1



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัม FT-IR ระหว่างผ้าที่ยังไม่ผ่านการตกแต่งและผ้าที่ตกแต่งด้วยกรดซิทริกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการใช้กรดซิทริกร่วมกับสารตกแต่งที่ใช้อยู่ตามท้องตลาดคือ Fixapret COC เพื่อช่วยลดปริมาณฟอร์แมลดีไฮด์อิสระที่เกิดขึ้น ได้ผลดังตารางที่ 6 โดยจะเห็นได้ว่าการตกแต่งด้วย Fixapret COC จะให้ประสิทธิภาพในการคืนตัวต่อรอยยับของผ้าดีกว่าการใช้กรดซิทริกแต่อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนที่มี Fixapret COC ผสมอยู่ในปริมาณมากๆ นั้นก็มีผลทำให้ความแข็งแรงของผืนผ้าลดลงอย่างเห็นได้ชัดด้วยเช่นกัน โดยการใช้อัตราส่วนระหว่าง Fixapret COC ต่อกรดซิทริกที่ 40 : 60 นั้น ผ้ามีความแข็งแรงคงเหลืออยู่ประมาณ 67% ซึ่งใกล้เคียงกับภาวะของการตกแต่งด้วยกรดซิทริก 7% เพียงลำพัง แต่ค่าการคืนตัวต่อรอยยับยังด้อยกว่าแม้ว่าปริมาณฟอร์แมลดีไฮด์หลังการซักจะอยู่ในระดับที่น่าพอใจก็ตาม

การพิสูจน์พันธะเอสเทอร์ที่เชื่อมโยงโมเลกุลเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายด้วยเทคนิค FT-IR ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังสเปกตรัมในรูปที่ 3 โดยจะเห็นหมู่คาร์บอนิลของเอสเทอร์ปรากฏที่เลขคลื่น 1730 cm^{-1} ซึ่งถ้าเป็นผ้าที่ยังไม่ผ่านการตกแต่งจะไม่ปรากฏหมู่ดังกล่าว และเป็นที่น่าสังเกตว่าความเข้มของแถบสเปกตรัมจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดซิทริกที่ใช้ส่วนบริเวณเลขคลื่นที่ 1374 cm^{-1} และ 1431 cm^{-1} นั้นแสดงถึง mode การสั่นของโครงสร้างไฮโดคาร์บอนในโมเลกุลเซลลูโลส

สรุปผลการทดลอง

1. กรดซิทริก เป็นสารตกแต่งกันยับสำหรับผ้าฝ้ายที่มีประสิทธิภาพอีกตัวหนึ่งในกลุ่มของสารตกแต่งประเภทปราศจากฟอร์แมลดีไฮด์ซึ่งพบว่ายังมีปัญหาทำให้เกิดผ้าเหลืองอยู่บ้าง แต่การเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้เหมาะสมก็จะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

2. จากการทดลองพบว่าภาวะของสารเคมีที่เหมาะสมในการตกแต่งคือ ใช้กรดซิทริกที่ระดับความเข้มข้น 7% ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาคือ โซเดียมไฮโพ-ฟอสไฟต์ ด้วยอัตราส่วนโมล 1:2

3. อุณหภูมิและเวลาในการอบผนึกเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้เพื่อให้ผ้าที่ผ่านการตกแต่งมีสมบัติที่สมดุลกันระหว่างการคืนตัวต่อรอยยับ ความแข็งแรง และความคงสภาพของสี ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ภาวะในการอบผนึกซึ่งให้ผลที่น่าพอใจที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 160°C 90 วินาที

4. เทคนิค FT-IR สามารถนำมาใช้ในการพิสูจน์ถึงการเกิดพันธะเอสเทอร์เชื่อมโยงโมเลกุลของผ้าหลังการตกแต่งกันยับได้

เอกสารอ้างอิง

The American Association of Textile Chemists and Colorists. 1992. AATCC Techical Manual.

Andrews, B. A. K. and TraskMorrell, B. J. 1991. Esterification crosslinking finishing of cotton fabric with tricarboxylic acids. American Dyestuff Reporter. 80 (July) : 26-30.

The British Standards Institution. 1972. British Standard.

Morris, N. M., Andrews, B. A. K. and Catalano, E. A. 1994. Determination of polycarboxylic acids on cotton fabric by FT - IR spectroscopy. Textile Chemist and Colorist. 26 (February) : 19-21.

O' Connor, R. T. 1972. Instrumental analysis of cotton cellulose and modified cotton cellulose. New York : Marcel Dekker : 60.

Petersen, H. A. 1985. Handbook of fibre science and technology : Cross - linking with formaldehyde - containing reactants, In: Lewin, M. and Pearce E.M. (eds),Vol. ll Part A, New York : Marcel Dekker : 47-266.

The Standards Association of Australia. 1970. Australian Standard.

(Revised version accepted October 1, 1997.)