RMUTP Research Journal, Vol. 3, No. 1, March 2009

การใช้สารพอลิแคทอิออนิกดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้าย

The Use of Polycationic Agent to Modify the Dyeing Behaviour of Direct Dyes on Cotton Fabric

พิชิตพล เจริญทรัพยานันท์[1]* และ อภิชาติ สนธิสมบัติ[2]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มทร.พระนคร กรุงเทพฯ 10300

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีไดเรกท์แบบจุ่มแช่ ต้องใช้อิเล็กโตรไลท์ (เกลือ) จำนวนมากเพื่อลดประจุบนผิวของเส้นใย นอกจากนี้อิเล็กโตรไลท์ปริมาณสูง (40-100 กรัม/ลิตร) ที่ใช้ในการย้อม อาจส่งผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมและต้นทุนในการบำบัดน้ำมากขึ้น จึงเกิดแนวคิดศึกษาการใช้สารพอลิแคทอิออนิกดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้าย เพื่อเพิ่มสมบัติการดูดซึมและความคงทนของสี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งและผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง พบว่ามีความเป็นไปได้ว่า สารพอลิแคทอิออนิกทำให้เกิดรูปแบบการย้อมที่แตกต่างออกไป กล่าวคือ สีย้อมจะผนึกติดบนเส้นใยด้วยแรงทางประจุ ทำให้ผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารพอลิแคทอิออนิกมีการดูดซึมและความเข้มสีดีกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง แม้ว่าจะทำการย้อมโดยปราศจากสารอิเล็กโตรไลท์และยังมีสมบัติความคงทนของสีดีขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยสารพอลิแคทอิออนิก ช่วยเพิ่มความสามารถในการย้อมสีไดเรกท์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เช่น การสร้างประจุบวกบนเส้นใย ซึ่งสามารถย้อมได้โดยไม่ต้องทิ้งน้ำจากการตกแต่งและไม่จำเป็นต้องใช้อิเล็กโตรไลท์ ทำให้เกิดความประหยัด

Abstract

In the current practice, cotton fabric is predominantly dyed with direct dyes in the presence of a considerable amount of electrolyte (Salt) to reduce negative charge on fiber surface. Thus, the high concentration (40-100 g/l) of electrolyte required in cotton fabric dyeing may pose additional effluent problem and waste water treatment costs. The use of polycationic agent to modify the dyeing behaviour of direct dyes on cotton fabric is investigated. Normally, polycationic agent had been treated on dyed fabric to improve fastness properties. The comparison of untreated and pretreated cotton fabric was found that the polycationic agent offers the potential for different dyeing patterning possibilities. The dyes was fixed on the fiber by ionic force. So, color strength and exhaustion of pretreated fabric was better than untreated fabric and increased in fastness properties, even when dyeing had been carried out in the absence of electrolyte. The purpose of the present work was to determine whether the pretreatment of cotton fabric with polycationic agent could enhance the dyeability of the fiber with direct dyes under appropriate condition such as assuming a positive charge on fiber which permitted “electrolyte-free” dyeing after modification without drain and helped reduce dyeing cost.

คำสำคัญ : สารพอลิแคทอิออนิก พฤติกรรมการย้อม

Keywords : Polycationic Agent, Dyeing Behaviour

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ phichitphol1970@hotmail.com โทร. 081-847-7185

1. บทนำ

การย้อมสีบนผ้าฝ้ายนอกจากใช้สีรีแอคทีฟแล้ว ยังนิยมย้อมด้วยสีไดเรกท์ เพราะมีช่วงสีให้เลือกกว้าง มีความสดใสดีกว่าสีรีแอคทีฟ ขั้นตอนการย้อมไม่ยุ่งยาก แต่มีสมบัติความคงทนของสีไม่ค่อยดี โดยเฉพาะความคงทนของสีต่อการซัก โครงสร้างทางเคมีของสีไดเรกท์ อยู่ในรูปเกลือโซเดียมของกรดซัลโฟนิก โครงสร้างที่พบมากที่สุด คือ อะโซ มีทั้ง โมโน ได ไตร และพอลิอะโซ

การย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้าย ต้องใช้อิเล็กโตรไลท์ เช่น โซเดียมคลอไรด์หรือโซเดียมซัลเฟต ไปลดประจุลบบนผิวของเส้นใย ทำให้สีขึ้นไปติดบนเส้นใยมากขึ้น (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, มปป.) ปริมาณอิเล็กโตรไลท์ที่ใช้ขึ้นกับความเข้มสีที่ต้องการ โดยสีย้อมจะผนึกติดกับเส้นใยด้วยพันธะไฮโดรเจน และแรงวันเดอร์วาลล์ ด้วยพันธะที่มีความแข็งแรงต่ำนี้ ทำให้มีความคงทนต่อการซักต่ำ สีไดเรกท์ที่มีการผนึกติดต่ำและใช้สารอิเล็กโตรไลท์ในปริมาณมาก อาจทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงมีแนวคิดในการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์ เพื่อให้มีการผนึกติดสูงขึ้น และใช้สารอิเล็กโตรไลท์น้อยลงหรือไม่ใช้เลย

มีการศึกษาการลดปริมาณอิเล็กโตรไลท์ในการย้อมหรือการพิมพ์สีไดเรกท์ไว้น้อยมาก เช่น การพิมพ์อิงค์เจ็ทบนผ้าฝ้าย ที่ผ่านการตกแต่งให้มีประจุบวก (Mehmet Kanik and Peter J. Hauser, 2004) เป็นต้น ส่วนใหญ่งานวิจัยเน้นการพัฒนาการการย้อม หรือการพิมพ์สีรีแอคทีฟ เช่น การใช้อิเล็กโตรไลท์อินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ เช่น ไตรโซเดียมซิเตรตหรือโซเดียมอีเดท แทนอิเล็กโตรไลท์อนินทรีย์ที่ใช้อยู่ทั่วไป (Nahed S.E. Ahmed, 2004) หรือการใช้สีรีแอคทีฟประจุบวก (กาวี ศรีกูลกิจ, 2543) ที่เริ่มมีการผลิตออกมาใช้งาน อีกวิธีหนึ่งเป็นการดัดแปรโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส ให้แสดงประจุบวก โดยทำการตกแต่งด้วยสารเดนไดรเมอร์ (กาวี ศรีกูลกิจ, 2543) หรือสารแคทไอออนิกรีแอคทีฟพอลิเมอร์ ที่มีหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (กาวี ศรีกูลกิจ, 2543) หรือดัดแปรโครง สร้างเส้นใยเซลลูโลส ด้วยอนุพันธ์ของคลอโรไตรอะซีนพวก2,4-dichloro-6-pyridino-s-triazinyl chloride (DCPT) (กาวี ศรีกูลกิจ, ปภาภิดา พรสุริยะศักดิ์, 2542) นอกจากนั้นอาจทำได้โดยการตกแต่งเส้นใยฝ้ายด้วยสารผนึกสีประจุบวก ซึ่งเป็นสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม หรือพอลิแคทไอออนิก (Subramanian Senthil Kannan et al., 2006) ที่ใช้ในการผนึกสีหลังการย้อมทั่วไป

สารผนึกสีประจุบวก จำพวกสารพอลิแคทไอออนิก เป็นสารที่มีสมบัติในการรับสารประจุลบได้ดี โดยทั่วไปใช้เป็นสารผนึกสีหลังการย้อมสำหรับสีไดเรกท์หรือสีรีแอคทีฟ มีการทำงานโดยการก่อรูปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสี ด้วยแรงทางประจุ (กาวี ศรีกูลกิจ, 2543) ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการย้อมสี อย่างไรก็ตาม การใช้สารผนึกสีประจุบวกกลุ่ม สารประกอบพอลิแคทไอออนิกในการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้ายนั้นยังไม่มีรายงานปรากฏ

2. วิธีการทดลอง

ดัดแปรประจุบนผ้าฝ้ายทอลายขัดเบอร์ 20/10 ด้วยสารพอลิแคทไอออนิก (T.C. FIX PC-

50) โดยวิธีการจุ่มแช่ ศึกษาถึงปริมาณสารพอลิแคทอิออนิก 2 3 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 10 15 และ 20 นาที เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปร จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรแล้วไปย้อมสีไดเรกท์ทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ สีไดเรกท์กลุ่ม เอ คือ T/S Direct Fast Rubine BL (C.I. Direct Red 83:1) T/S Direct Fast Turq. Blue FBL (C.I. Direct Blue 199) กลุ่ม บี คือ Ambidirect Brill. Scarlet F2GL (C.I. Direct Red 224) Direct Blue BRL (C.I. Direct Blue 71) และกลุ่ม ซี ใช้สี Direct Yellow XXF (C.I. Direct Yellow 29) Direct Dark Breen B (C.I. Direct Green 1) ซึ่งการดัดแปรและการย้อม ทำในเครื่องย้อมตัวอย่างอัตโนมัติ (AHIBA NUANCE) ประเมินผลโดยการวัดค่าการติดสี (K/S) และค่าความสว่าง-ทึบ (L*) ด้วยเครื่องวัดความแตกต่างของสี (Spectrophotometer) จากนั้น ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อม คือ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส โดยย้อมต่อเนื่องจากการดัดแปรแบบไม่ต้องทิ้งน้ำสุดท้ายทดสอบสมบัติความคงทนของสีต่อการซักตามมาตรฐาน ISO105-C02 (1989) โดยใช้เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Gyrowash) ความคงทนของสีต่อการขัดถูตามมาตรฐาน ISO 105-X12 (1987) ด้วยเครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Crock Meter type Rubbing Tester) และวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมก่อนและหลังย้อม ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/Vis-Spectrophotometer) เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสี (%E) บนผ้า ตามสมการที่ 1 (Subramanian Senthil Kannan et al., 2006) นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับการย้อมแบบปกติ

$$\% E = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} X\ 100 \qquad \text{.....1}$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมก่อนย้อม

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมหลังย้อม

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

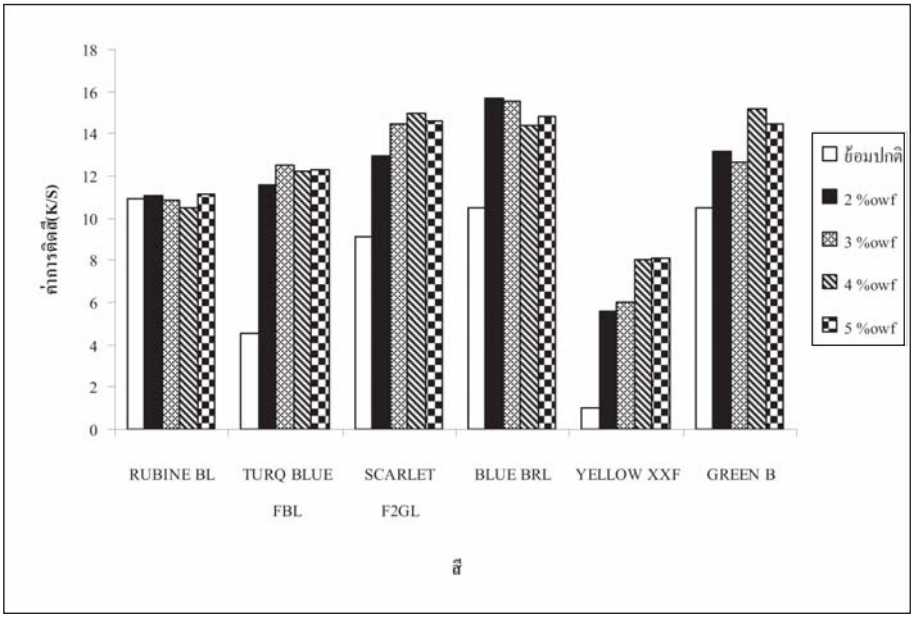
การศึกษาผลของการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้ายที่กล่าวมาในวิธีการทดลอง ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วยปริมาณสารพอลิแคทอิออนิก อุณหภูมิ และเวลาในการดัดแปร รวมทั้งการปรับปรุงกระบวนการย้อมที่เหมาะสม ผลที่ได้เป็นดังนี้

3.1 ค่าการติดสี (K/S) และความสว่างทึบ (L*) ของสี

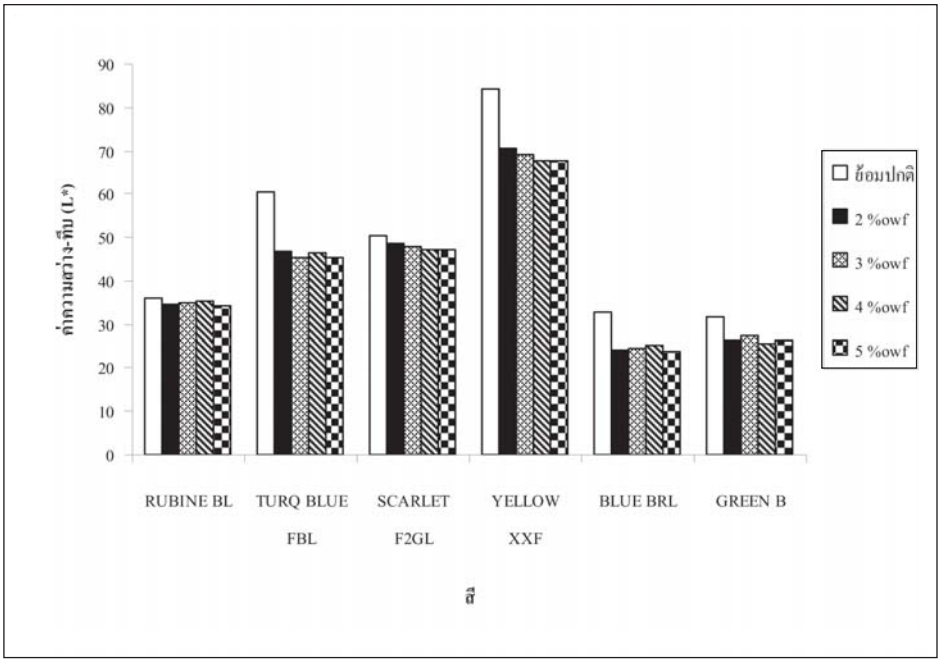
จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกท์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้สารพอลิแคทอิออนิกปริมาณต่างกัน ในการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้าย พบว่าให้ค่าการติดสี (K/S) ดีกว่าการย้อมแบบปกติ แต่ทำให้ค่าความสว่าง - ทึบ (L*) ของสีลดลงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร ตั้งแต่ 2-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า ทำให้ค่าการติดสี (K/S) และความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยดังรูปที่ 1 และ 2 ปริมาณสารพอลิแคทอิออนิกที่เหมาะสม คือ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า เนื่องจากให้ค่าการติดสี (K/S) สูงกว่าการย้อมแบบปกติ ขณะที่ใช้ปริมาณสารน้อยที่สุด

อุณหภูมิที่ต่างกัน ในการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้าย พบว่าให้ค่าการติดสี (K/S) ดีกว่าการย้อมแบบปกติ แต่ทำให้ค่าความสว่าง-

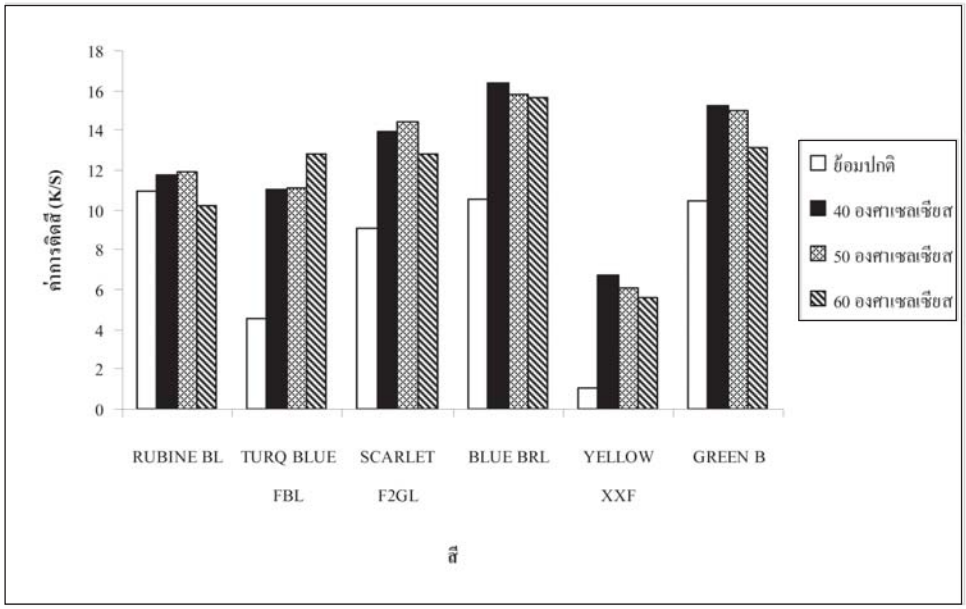
ทึบ (L*) ของสีลดลงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิตั้งแต่ 40-60 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าการติดสี (K/S) และความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยดังรูปที่ 3 และ 4 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด คือ 40 องศาเซลเซียส



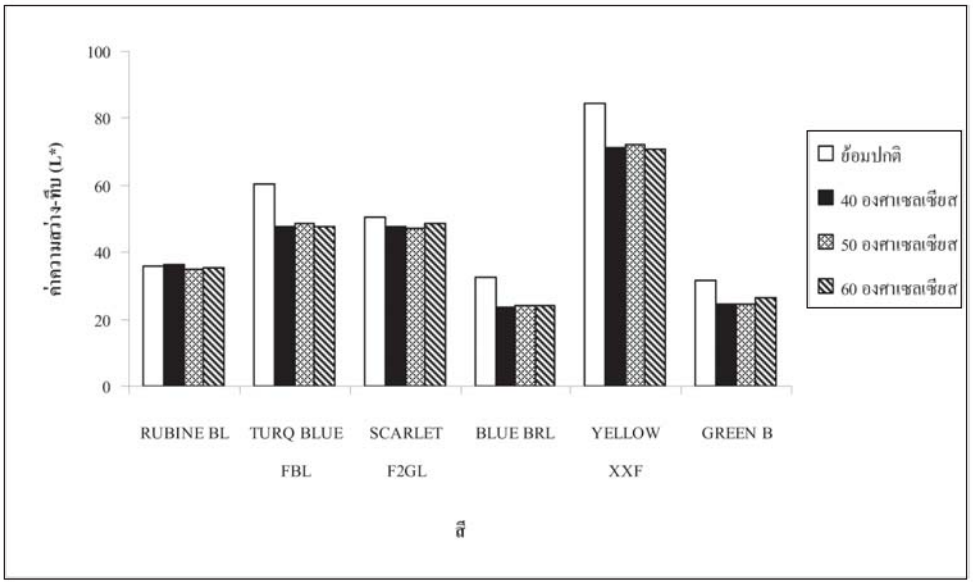
รูปที่ 1 ค่าการติดสี (K/S) ของการหาปริมาณสารพอลิแคทอิออนิกที่เหมาะสม



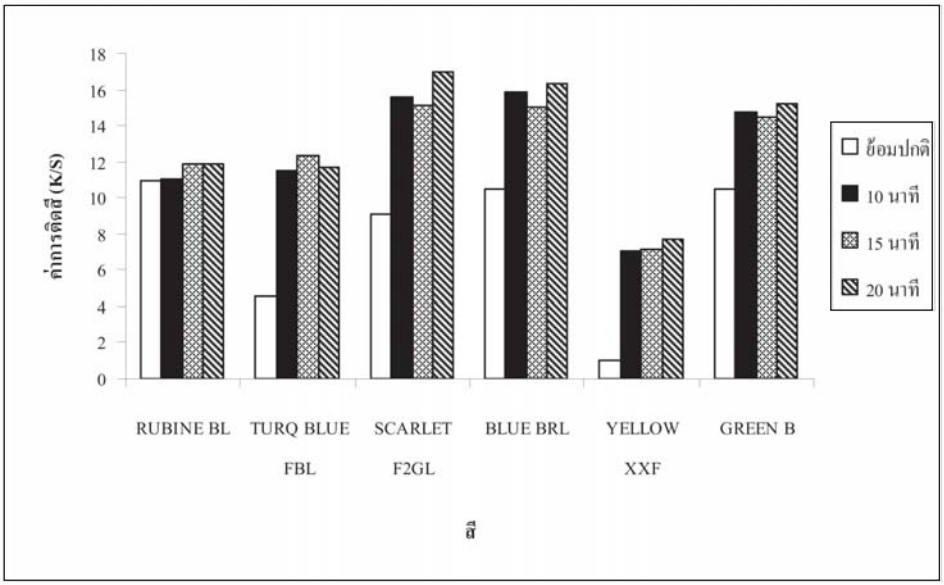
รูปที่ 2 ค่าความสว่าง-ทึบของสี (L*) ของการหาปริมาณสารพอลิแคทอิออนิกที่เหมาะสม



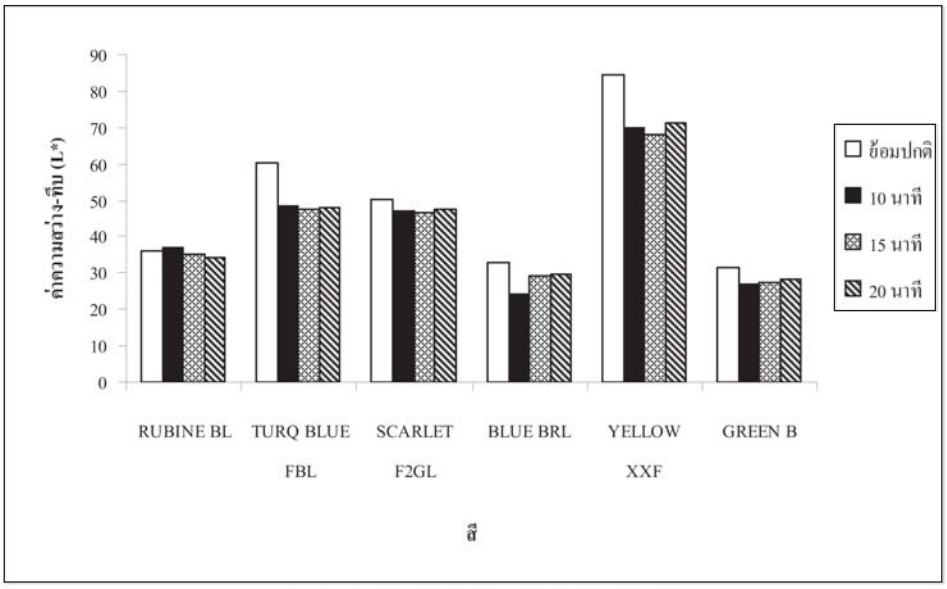
รูปที่ 3 ค่าการติดสี (K/S) ของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสม



รูปที่ 4 ค่าความสว่าง-ทึบของสี (L*) ของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสม



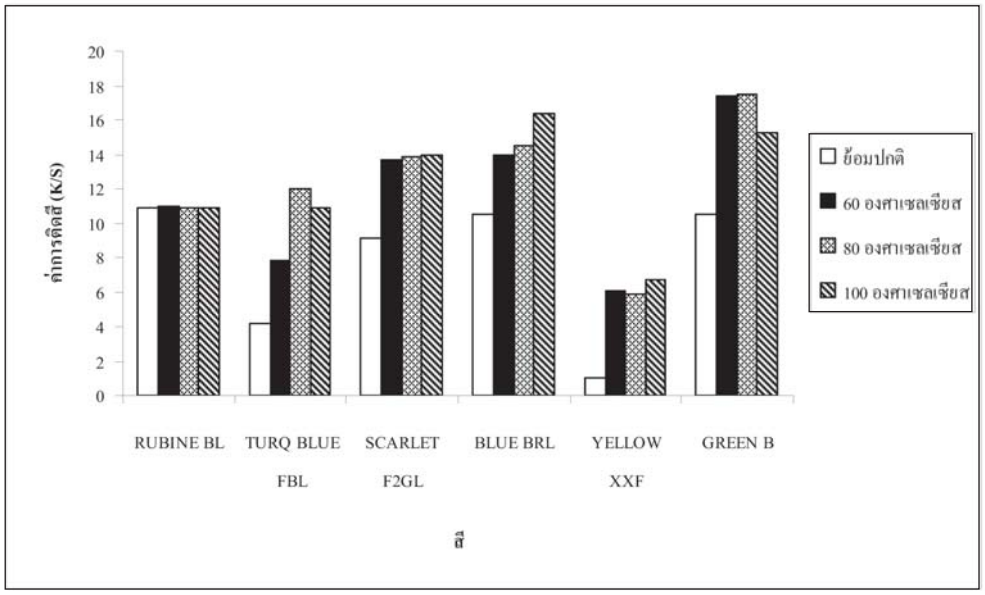
รูปที่ 5 ค่าการติดสี (K/S) ของการหาเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 6 ค่าความสว่าง-ทึบของสี (L*) ของการหาเวลาที่เหมาะสม

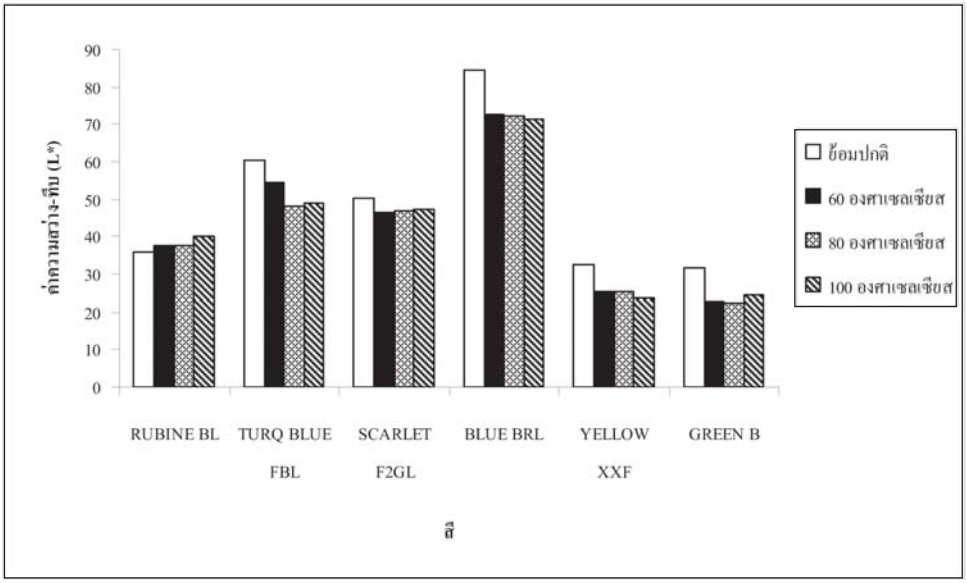
เวลาที่ต่างกัน ในการดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้าย พบว่าให้ค่าการติดสี (K/S) ดีกว่าการย้อมแบบปกติ แต่ทำให้ค่าความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีลดลงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มเวลาตั้งแต่ 10-20 นาที ทำให้ค่าการติดสี (K/S) และความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ดังรูปที่ 5 และ 6 เวลาที่เหมาะสม คือ 10 นาที เนื่องจากให้ค่าการติดสี (K/S) สูงกว่าการย้อมแบบปกติ ขณะที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

การปรับปรุงกระบวนการย้อม โดยศึกษาอุณหภูมิการย้อมต่างกัน และย้อมแบบไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปรพบว่า ให้ค่าการติดสี (K/S) ดีกว่าการย้อมแบบปกติ แต่ทำให้ค่าความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีลดลงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการย้อมตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าการติดสี (K/S) และความสว่าง-ทึบ (L*) ของสีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยดังรูปที่ 7 และ 8 อุณหภูมิการย้อมแบบไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปร



รูปที่ 7 ค่าการติดสี (K/S) ของการปรับปรุงกระบวนการย้อมที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่าปริมาณสารพอลิแคทอิออนิก อุณหภูมิ และเวลาในการดัดแปรมีผลต่อค่าการติดสี (K/S) และความสว่างทึบ (L*) ของสี การศึกษานี้เลือกใช้ปริมาณสารพอลิแคทอิออนิก 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที



รูปที่ 8 ค่าความสว่าง-ทึบของสี (L*) ของการปรับปรุงกระบวนการย้อมที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

สี	การย้อม	ค่าการเปลี่ยนสี	ค่าการเปื้อนสี	
			ผ้าฝ้าย	ผ้าขนสัตว์
T/S DIRECT FAST RUBINE BL	ปกติ	3-4	4-5	4-5
	สารพอลิแคทอิออนิก	3	4	4-5
T/S DIRECT FAST TURQ BLUE FBL	ปกติ	4	3-4	4
	สารพอลิแคทอิออนิก	3-4	3-4	4-5
AMBIDIRECT BRILL SCARLET F2GL	ปกติ	3-4	2-3	2-3
	สารพอลิแคทอิออนิก	3	2	3-4
DIRECT BLUE BRL	ปกติ	4-5	1-2	2-3
	สารพอลิแคทอิออนิก	3-4	1	3
DIRECT YELLOW XXF	ปกติ	3-4	4-5	2-3
	สารพอลิแคทอิออนิก	4	4	4
DIRECT DARK GREEN B	ปกติ	2-3	1	2-3
	สารพอลิแคทอิออนิก	2	1	3

3.2 ความคงทนของสีต่อการซัก

จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกท์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้สารพอลิแคทอิออนิกดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้าย ซึ่งย้อมต่อเนื่องโดยไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปรที่ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่า มีความคงทนต่อการซักเทียบเท่าหรือสูงกว่าการย้อมแบบปกติ ดังตารางที่ 1

3.3 ความคงทนของสีต่อการขัดถู

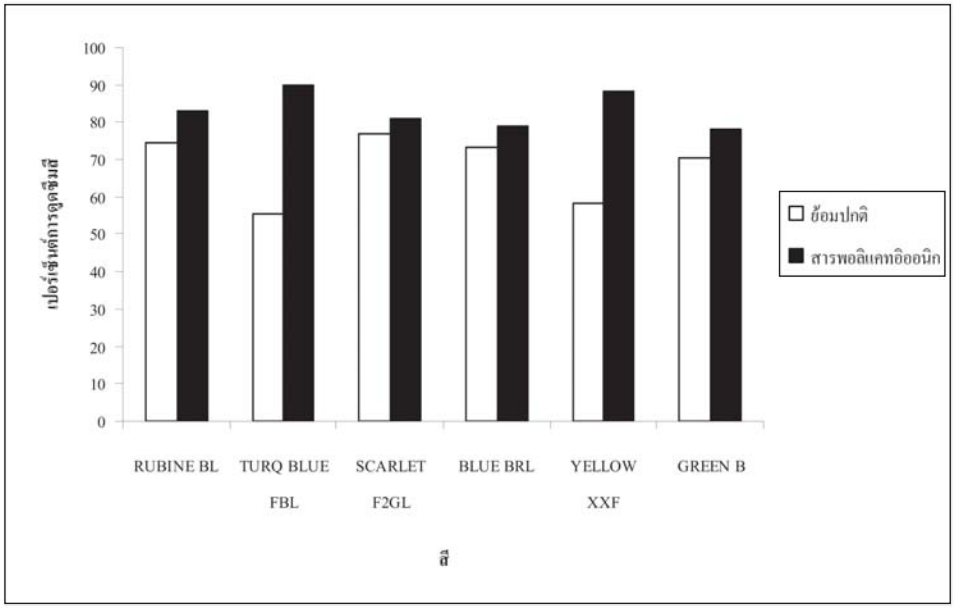
จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกท์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้สารพอลิแคทอิออนิกดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้าย ซึ่งย้อมต่อเนื่องโดยไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปรที่ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู พบว่า มีความคงทนต่อการขัดถูเทียบเท่าหรือสูงกว่าการย้อมแบบปกติ ดังตารางที่ 2

3.4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสี (%E)

จากผลการทดลองย้อมสีไดเรกท์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้สารพอลิแคทอิออนิก ดัดแปรพฤติกรรมการย้อมบนผ้าฝ้ายซึ่งย้อมต่อเนื่องโดยไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปรที่ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำย้อมก่อนและหลังย้อม มาวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสี (%E) พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรพฤติกรรมการย้อม ด้วยสารพอลิแคทอิออนิก มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเพิ่มขึ้น 4.12-34.42 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสีที่ย้อม ดังรูปที่ 9

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนต่อการขัดถู

สี	การย้อม	ค่าการตกเปื้อนสีแนวด้ายยืน		ค่าการตกเปื้อนสีแนวด้ายพุ่ง	
		เปียก	แห้ง	เปียก	แห้ง
T/S DIRECT FAST RUBINE BL	ปกติ	3	4-5	4	4-5
	สารพอลิแคทอิออนิก	3	4-5	3-4	4-5
T/S DIRECT FAST TURQ BLUE FBL	ปกติ	2-3	4-5	3-4	4-5
	สารพอลิแคทอิออนิก	3	4-5	3	4
AMBIDIRECT BRILL SCARLET F2GL	ปกติ	2	2	5	5
	สารพอลิแคทอิออนิก	4-5	2-3	4-5	4-5
DIRECT BLUE BRL	ปกติ	2	2	5	5
	สารพอลิแคทอิออนิก	4	2-3	4-5	4-5
DIRECT YELLOW XXF	ปกติ	4-5	4	5	4-5
	สารพอลิแคทอิออนิก	4-5	3-4	4-5	4
DIRECT DARK GREEN B	ปกติ	1-2	1-2	5	5
	สารพอลิแคทอิออนิก	4	3-4	4-5	4-5



รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสี (%E) บนผ้า

4. สรุป

จากผลการทดลองการใช้สารพอลิแคทอิออนิกดัดแปรพฤติกรรมการย้อมสีไดเรกท์บนผ้าฝ้าย พบว่าปริมาณสารพอลิแคทอิออนิก 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการดัดแปรมากที่สุด และสามารถย้อมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องจากกระบวนการดัดแปร โดยไม่ต้องทิ้งน้ำจากการดัดแปร เนื่องจากให้ค่าการติดสี (K/S) สูงกว่าการย้อมแบบปกติ มีความคงทนของสีต่อการซักและการขัดถูเทียบเท่าหรือสูงกว่าการย้อมแบบปกติ นอกจากนี้ยังทำให้ผ้าฝ้ายมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกท์สูงกว่าการย้อมแบบปกติ 4.12-34.42 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากประจุบวกบนผิวผ้าฝ้ายเพิ่มขึ้น และเป็นไปได้ว่า สีไดเรกท์ยึดจับกับเส้นใยด้วยแรงทางประจุร่วมกับพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้สรุปได้ว่า สามารถใช้สารพอลิแคทอิออนิก ในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีไดเร็กท์ทั้ง 6 สีบนผ้าฝ้ายได้ โดยไม่ต้องใช้สารอิเล็กโตรไลท์ ทำให้ต้นทุนในการย้อมลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนสีไดเรกท์จาก บริษัท แฮนสันเคมีเคิล จำกัด บริษัท สหวรกิจ จำกัด และบริษัท ไทยอัมบริก้า เคมีคัลล์ จำกัด สารพอลิแคทอิออนิก จาก บริษัท สยามโปร เทรดดิ้ง จำกัด และได้รับความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ รวมทั้งห้องปฏิบัติการย้อมและการทดสอบ จากสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

กาวี ศรีกูลกิจ, ดร. 2543. **การดัดแปรสมบัติการรับสีย้อมรีแอคทีฟในขั้นตอนการเตรียมผ้าฝ้าย.** Colourway. ปีที่ 6. ฉบับที่ 28: หน้า 32-36.

กาวี ศรีกูลกิจ และ ปภาภิดา พรสุริยะศักดิ์. 2542. **ทางเลือกใหม่ของการย้อมเซลลูโลสด้วยสีรีแอคทีฟในสภาวะไร้ด่าง.** Colourway. ปีที่ 4. ฉบับที่ 20: หน้า 26-29.

กาวี ศรีกูลกิจ, ดร. และ พรชัย สันติเฟื่องกุล. 2543. **การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีแคทอิออนิกรีแอคทีฟโดยไม่อาศัยเกลือ.** Colourway. ปีที่ 5. ฉบับที่ 27: หน้า 13-17.

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, **เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรวิทยาการฟอกย้อมสิ่งทอ สีไดเรกท์,** กลุ่มงานเทคโนโลยีสิ่งทอ (เคมีสิ่งทอ), ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ. มปป.

Mehmet Kanik and Peter J. Hauser. 2004. **Printing Cationized Cotton with Direct dye.** Textile Research Journal (Electronic): pp. 43-50. Available: SAGE Publication/Textile Research Journal (17 June 2007).

M. Subramanian Senthil Kannan et al. 2006. **Influence of Cationization of Cotton on Reactive Dyeing.** Journal of Textile and Apparel Technology and management (Electronic). Vol. 5, pp. 1-16. Available: NC STATE UNIVERSITY/JTATM (22 December 2006)

Nahed S.E. Ahmed. 2004. **The Use of sodium edate in the dyeing of cotton with reactivedyes.** Dyes and Pigments (Electronic): pp. 221-225. Available: Elsevier Science Ltd./ Sciencedirect (22 December 2006).

S.M. Burkinshaw et al. 2000. **The use of dendrimers to modify the dyeing behaviour of reactive dyes on Cotton.** Dyes and Pigment (Electronic): pp. 261-267. Available: Elsevier Science Ltd./sciencedirect (17 June 2007).