

# การย้อมสีผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีไคเรกท์

## DYEING OF POLYESTER FABRIC WITH DIRECT DYES

ชัยยุทธ ช่างสาร\*

Chaiyoot Changsarn

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Graduate School, Chulalongkorn University

### บทคัดย่อ

การทดลองเตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์ก่อนย้อมด้วยสีไคเรกท์โดยวิธีใช้เปอร์คลอโรเอทิลีน วิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ และวิธีใช้โพลีเอไมด์เรซิน พบว่าการเตรียมผ้าทั้งสามวิธีนี้ทำให้ผ้าโพลีเอสเตอร์สามารถย้อมติดด้วยสีไคเรกท์ได้ และการใช้โพลีเอไมด์เรซินในการเตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไคเรกท์เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยความเข้มข้นของโพลีเอไมด์เรซินที่ละลายในน้ำ 5% มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ เมื่อศึกษาการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมด้วยโพลีเอไมด์เรซินกับสีไคเรกท์หมู่เอ บี และซีให้ได้ภาวะการย้อมที่เหมาะสม พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีย้อมโดยเฉลี่ย 56% และเมื่อนำผลการย้อมที่ได้ไปทดลองหาสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน เช่น ความคงทนต่อแสง ความคงทนต่อการซัก และความทนทานต่อแรงดึง สรุปได้ว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินดังกล่าวสามารถย้อมได้ดีด้วยสีไคเรกท์ และยังคงมีสมบัติในการใช้งานได้ดีดังเดิม

### ABSTRACT

*The pretreatment methods of polyester fabric with perchloroethylene, alkaline hydrolysis and epoxy modified polyamide cationic type resin prior to dyeing with direct dyes*

---

\*ที่อยู่ปัจจุบัน : ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งทอ คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

have been studied. It has been found that the most suitable method is the pretreatment with epoxy modified polyamide cationic type resin and the 5% of the resin in water is the most economical amount. In the dyeing of the pretreated fabric with direct dyes of class A, B and C by controlling dyeing condition, approximately 56% of average dye absorption has been found. Result of the analysis of the colour fastness to light and to washing and the tensile properties have been shown that these end-use properties of the pretreated fabric are maintained.

## คำนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอ ประกอบด้วยธุรกิจอุตสาหกรรมหลายสาขาเริ่มตั้งแต่การผลิตเส้นใย เส้นด้าย ผ้า กระบวนการตกแต่งผ้า กระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปและธุรกิจการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

ในปัจจุบันพื้นฐานการผลิตเส้นใยสังเคราะห์หลักที่ใช้ภายในประเทศได้แก่ เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และเรยอน สำหรับเส้นใยโพลีเอสเตอร์นั้นพบว่า ผลผลิตรวมทั่วโลกระหว่างปีพ.ศ. 2523- 2525 สูงขึ้นประมาณ 53% ของเส้นใยสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 17% ของผลผลิตรวมทั่วโลกของเส้นใยที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด<sup>7</sup> ทั้งนี้เนื่องจากขอบข่ายของการใช้เส้นใยชนิดนี้ในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ถูกนำไปตัดแปลงคุณภาพให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่น ทนต่อแสงแดดได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี แมลงและแบคทีเรียไม่สามารถจะทำลายเส้นใยได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ ได้ดี

เส้นใยโพลีเอสเตอร์<sup>7</sup> เป็นเส้นใยสังเคราะห์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดไดคาร์บอกซิลิกประเภท อะลิฟาติก (aliphatic dicarboxylic acid) และไดแอลกอฮอล์ (di-alcohol) ในทางอุตสาหกรรมได้นำ เอทิลีนไกลคอล (ethyleneglycol) กับกรดเทเรพทาติก (terephthalic acid) หรือไดเมทิลเทเรพทาเลต (dimethyl terephthalate) มาทำปฏิกิริยากันได้เป็นสารประกอบโพลีเอทิลีนเทเรพทาเลต [poly (ethylene terephthalate) ] และเป็นเส้นใยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic)

เนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีความหนาแน่นของโซโมเลกุลมาก ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยมีเพียงเล็กน้อย และเป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำจึงเป็นเส้นใยที่ดูดสีได้ช้ากว่าชนิดอื่นมาก การย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์<sup>2</sup> ทำได้โดยละลายให้สีกระจายอยู่ในน้ำ แล้วทำให้ติดสีโดยอบด้วยความร้อนหรือไอน้ำ สีที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ สีดิสเพอร์ส (disperse dyes) และสีอะโซอิก (azoic dyes) รวมกัน สำหรับสีวัต (vat dyes) ที่มีโมเลกุลเล็กมากใช้ย้อมในลักษณะของพิกเมนต์ (pigment) สีดิสเพอร์สเป็นสีย้อมที่สำคัญที่สุดสำหรับย้อมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ กระบวนการดูดซับสีดิสเพอร์สของโพลีเอสเตอร์เป็นกระบวนการเชิงกลระหว่างสารละลายสองชนิดที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวสีที่กระจายอยู่ในน้ำ จะดูดติดเส้นใยได้

ในลักษณะของ solid solution อัตราเร็วของการย้อมจึงขึ้นอยู่กับอัตราการแทรกซึมของสีบนเส้นใย โพลีเอสเตอร์ด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ความสม่ำเสมอของสีดิสเพอร์สบนเส้นใยโพลีเอสเตอร์จะมีมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาวะของการย้อมด้วย เช่น เครื่องจักรที่ใช้ย้อม สมบัติเฉพาะตัวของสีย้อมและสารช่วยย้อม เป็นต้น และในปัจจุบันต้นทุนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีดิสเพอร์สค่อนข้างสูง จึงพิจารณาเห็นว่า ถ้าได้มีการนำสีไดเรกต์ (direct dyes) ซึ่งเป็นสีที่มีต้นทุนต่ำกว่าและมีกระบวนการย้อมด้วยเครื่องจักรพื้นฐานซึ่งไม่ยุ่งยากมาทดองย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์แทน จะทำให้สามารถลดต้นทุนการย้อมของโรงงานย้อมสีได้มาก

สีไดเรกต์หรือสีย้อมโดยตรงเป็นสีที่สามารถใช้ย้อมผ้าได้ทันทีไม่ต้องย้อมด้วยสารช่วยติดสี (mordant) ก่อนเหมือนกับสีชนิดอื่น ๆ ส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลโฟเนต (sulphonate) ประเภทเอโซ (azo) ที่สามารถละลายน้ำได้ ในบรรดาสีที่ใช้ย้อมสิ่งทอ สีไดเรกต์เป็นสีกลุ่มใหญ่ที่สุด สีแต่ละตัวในกลุ่มนี้มีความคงทนต่อสภาพการใช้งานไม่เท่ากันและมีสมบัติเฉพาะในการซึมติดเส้นใยได้ในตัวเอง (substantivity) จึงเหมาะสมกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย เรยอน เป็นต้น สีไดเรกต์ที่ผลิตออกจำหน่ายเป็นครั้งแรกใน พ.ศ. 2427 โดย บอททิจเจอร์ (Bottiger)<sup>17</sup> มีสีแดงเรียกว่า คองโกเรด (congo red)

Kirby, R.D. และ Cates D.M.<sup>12</sup> ได้ให้ความเห็นโดยสรุปว่าการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์สามารถย้อมได้ด้วยสีประเภทแอนไอออน เช่น สีไดเรกต์ สีแอซิด (acid dyes)\* และสีรีแอคทีฟ (reactive dyes)\*\* แต่จะต้องเตรียมผ้าด้วยสารละลายที่ทำให้ผิวหน้าของเส้นใยมีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic surface) ก่อนแล้วนำไปย้อมสีได้ นอกจากนี้ยังมีการเตรียมผ้าด้วยวิธีการต่าง ๆ อีกหลายวิธีที่นำมาใช้ในการศึกษา เช่น วิธีของ Gawish, S.M.<sup>8</sup>, Ambroise, G. และ Bourgeois, M.<sup>9</sup> แต่ในการเตรียมผ้านั้น<sup>8,9</sup> จะกล่าวถึงเฉพาะประสิทธิภาพในการดูดซึมสีดิสเพอร์สและอิทธิพลของการกระจายตัวของสีดิสเพอร์สในเส้นใยโพลีเอสเตอร์เท่านั้น ไม่ได้กล่าวถึงการนำไปย้อมด้วยสีประเภทแอนไอออน เช่น สีไดเรกต์

การศึกษาการเตรียมก่อนย้อมโดยเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพนี้ เป็นแนวความคิดใหม่ที่จะทำให้โครงสร้างของโพลีเอสเตอร์มีสมบัติที่มีลักษณะเหมือนใยจากธรรมชาติ เช่น ฝ้าย และสามารถย้อมได้ด้วยสีไดเรกต์

\* สีแอซิด คือ สีชนิดที่มีกลุ่มกรด เช่น กลุ่มซัลโฟนิค หรือคาร์บอนิก

\*\* สีรีแอคทีฟ คือ สีที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใย

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

- ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดการทอลายขัด No. 5006 (150-30-BR) น้ำหนัก 180 ก./ตร.ม. ซึ่งผ่านกระบวนการเตรียมสิ่งทอขั้นต้นแล้ว<sup>1</sup> จากบริษัทอุตสาหกรรมสยามซินเทติกเท็กซ์ไทล์ จำกัด
- เปอร์คลอโรเอทิลีน (perchloroethylene) เกรดที่ใช้กับอุตสาหกรรม
- โซดาไฟ 100% (โซเดียมไฮดรอกไซด์) เกรดที่ใช้กับอุตสาหกรรม
- สารเรซินชนิด non-formaldehyde epoxy modified polyamide cationic type resin จากบริษัท สยามเรซินและเคมีภัณฑ์ จำกัด ซึ่งในการทดลองนี้เรียกว่า “โพลีเอไมด์เรซิน” เรซินที่ใช้ในการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์สำหรับย้อมด้วยสีไดเรกต์นั้นเป็นสารสังเคราะห์ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนชนิดโพลีเอไมด์อยู่ในรูปของพรีคอนเดนเสตเรซิน (precondensate resin)
- น้ำสบู่นอนไอออน (nonionic detergent) จากบริษัทวราเวทซ์แอนด์ออสส์ จำกัด
- สีย้อม สีไดเรกต์ หมูเอ ไซซี C.I. Direct Yellow 12 (Tavidirect Chrysophenic G) สีไดเรกต์ หมูบี ไซซี C.I. Direct Blue 6 (Tavidirect Blue 2B) สีไดเรกต์หมูซี ไซซี C.I. Direct Red 28 (Tavidirect Congo Red) จากบริษัทจิเรวัฒน์ดายสตัฟ จำกัด
- เครื่องย้อมและซักแบบโรตารีชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Penta Rapid-12)
- เครื่องอัดสีและอบแห้ง (“MATHIS” Pad-Steam Rang Type PSA HT 500 mm)
- เครื่องดึงหน้าผ้า (Pin Tenter Type Thermosoling Machine Model PT-1., Tsujii Dyeing Machine Manufacturing Co., Ltd.)
- ตู้ตรวจสอบความแตกต่างของสี และสเกลสีเทา สำหรับวัดค่าเปลี่ยนแปลงของสี
- เครื่องวัดค่าความแตกต่างของสี (The Reflectance Spectrophotometer : The ICS MM-9000 Computer Match Prediction System)
- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu UV-120-01)
- เครื่องหาความคงทนต่อแสง (Standard UV Long-life Fade Meter; Suga Test Instruments Co., Ltd.)
- เครื่องวัดความทนทานต่อแรงดึง (“LLOYD” Instruments, Single Lead Screw Model T5K)

### วิธีการ

การศึกษาทดลอง หาค่าความเป็นไปได้ที่ใช้สีไดเรกต์ย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ มีดังนี้

1. การเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์ เพื่อย้อมด้วยสีไดเรกต์ มีวิธีเตรียมผ้า

## ก่อนย้อมสีไคเรกท์ 3 วิธีคือ

### 1.1 การเตรียมผ้าโดยวิธีไฮเปอร์คลอโรเอทิลีน

นำผ้าดิบฟอกขาวที่ผ่านกระบวนการเตรียมสิ่งทอขั้นต้นแล้ว<sup>1</sup> น้ำหนักชิ้นละประมาณ 10 ก. มาแช่ในไฮเปอร์คลอโรเอทิลีนนาน 30 นาที นำชิ้นมารีดไฮเปอร์คลอโรเอทิลีนออกด้วยเครื่องอัดผ้า (padder) ความดันอัด 2 กก./ตร.ซม. และนำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ  $120 \pm 5$  °ซ. นาน 5 นาที และใช้เครื่องดิงผ้าดิงให้มีความดิงอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ให้ผ้าเย็นตัว นำไปแช่ในอะซิโตนแล้วล้างให้สะอาดด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ  $100 \pm 2$  °ซ. นาน 3 นาที

### 1.2 การเตรียมผ้าโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ (Alkaline hydrolysis)

เตรียมสารละลายโซดาไฟในน้ำให้มีความเข้มข้น 5, 15, 30 และ 45 ก./ล. ตามลำดับ แล้วจึงนำผ้าที่ผ่านกระบวนการเตรียมสิ่งทอขั้นต้นมาแล้ว<sup>1</sup> น้ำหนักชิ้นละ 5 ก. มาแช่ในสารละลายโซดาไฟที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ตามที่เตรียมไว้ข้างต้น ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 80 และ 100 °ซ. กำหนดความแตกต่างของเวลาที่ใช้เปรียบเทียบกันระหว่าง 30 และ 60 นาที ของแต่ละชุดการทดลองในอุณหภูมิที่แตกต่างกันตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อหาข้อมูลเปรียบเทียบจะได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กำหนดภาวะการย้อมที่ได้ผลดีต่อไป จากนั้นนำผ้าออกล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง และทำให้ผ้าเป็นกลางด้วยกรดน้ำส้ม (10%) 2 ก./ล. แล้วล้างให้สะอาดอีกครั้งด้วยน้ำและทำให้แห้ง

### 1.3 การเตรียมผ้าโดยวิธีไฮโพลีเอไมด์เรซิน

นำผ้าที่ผ่านกระบวนการเตรียมสิ่งทอขั้นต้นมาแล้ว<sup>1</sup> อัดด้วยโพลีเอไมด์เรซินที่มีความเข้มข้นในน้ำ 5% ด้วยกรรมวิธี pad-dry-cure (รูปที่ 1) ที่มีความดิงอย่างสม่ำเสมอด้วยความดันอัดของลูกกลิ้ง 2 กก./ตร.ซม. เพอร์เซ็นต์การดูดขึ้น (pick up) บนผ้าประมาณ 70% (ผ้าแห้ง 100 ก. อัดด้วยโพลีเอไมด์เรซินแล้วทำให้ผ้าที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 70% ของน้ำหนักเดิมแสดงว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดขึ้นบนผ้า 70%) แล้วนำไปอบแห้งและแปรสภาพเป็นโพลีเมอร์

## 2. การย้อมด้วยสีไคเรกท์ เพื่อเลือกวิธีการเตรียมที่เหมาะสม

เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์แล้ว นำมาย้อมด้วยสีไคเรกท์หมู่สี<sup>17</sup> ความเข้มข้น 1% ของน้ำหนักผ้า (on weight of fiber/fabric = owf.) โดยมีกรรมวิธีตามรูปที่ 4 ผลการติดสีได้มากน้อยเพียงใดของผ้าที่เตรียมทั้ง 3 วิธีเปรียบเทียบกันถือเป็นเกณฑ์ตัดสินในการเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการเตรียมผ้า

การวัดการติดสีบนผ้าอาศัยการวัดค่า L และค่า K/S โดยค่า L (lightness) คือค่าความสว่างของแสงบนผืนผ้าที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสีย้อมที่ติดบนผ้า ถ้าค่า L น้อย แสดงว่า ปริมาณแสงที่สะท้อนจากผืนผ้า น้อย สีที่ติดบนผ้ามีความเข้มสูง

$\Delta L$  คือผลต่างระหว่างค่า  $L$  ของ blank กับค่า  $L$  ของตัวอย่างผ้าทดลอง ซึ่งใช้เป็นตัวชี้ผลการติดสีเปรียบเทียบ ดังนั้น

$$\Delta L = L (\text{blank}) - L (\text{sample})$$

blank คือ ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการเตรียมสิ่งทอข้างต้นแล้วข้อมด้วยสีโคเรกต์เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ

sample คือ ผ้าที่ทำการทดลองด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามขั้นตอนการทดลองข้างต้นและข้อมด้วยสีโคเรกต์

สำหรับค่า  $K/S$  คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับการสะท้อนแสงของสีข้อมบนผืนผ้า ทำให้ทราบระดับความเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีข้อมบนผ้าจากจุดสูงสุดของ reflectance curve ว่าผลการติดสีข้อมบนผืนผ้านั้นดีหรือไม่ ตามสมการของ Kubelka-Munk<sup>13</sup>

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

เมื่อ  $K$  และ  $S$  = ค่าคงที่ของ Kubelka-Munk โดยที่

$K$  = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient)

$S$  = สัมประสิทธิ์การกระจายแสง (scattering coefficient)

$R$  = การสะท้อนแสงจากผิวที่มีความหนา ซึ่งการสะท้อนแสงจะไม่เปลี่ยนแปลงไปโดยการเพิ่มความหนาขึ้น

ถ้าค่า  $K/S$  ที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยสูงแสดงว่าสีข้อมติดบนพื้นผ้าดี ซึ่งค่านี้อาจใช้เป็นองค์ประกอบที่ยืนยันผลการติดสีของผ้าได้คืออย่างหนึ่ง

### 3. การเลือกปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมผ้า

จากการเลือกวิธีเตรียมผ้าที่เหมาะสมในข้อ 2 นำมาเตรียมโดยใช้สารเคมีความเข้มข้นต่าง ๆ กันแล้วข้อมด้วยสีโคเรกต์หมูปี้ (1% owf.) ตามกรรมวิธีในรูปที่ 3 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารที่ใช้และผลต่างของการติดสีข้อม ( $\Delta L$ )

### 4. การข้อมเพื่อหาจุดสมดุลของสีโคเรกต์กับผ้าที่ผ่านการเตรียมแล้ว

นำผ้าที่ผ่านการเตรียมสิ่งทอข้างต้นแล้วมาเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพโดยวิธีการเตรียมผ้าที่เหมาะสมจากการทดลองแต่ละขั้นตอนข้างต้น มาข้อมสีโคเรกต์ แต่เปลี่ยนแปลงเวลาการข้อมให้แตกต่างกันไป ตั้งแต่ 30, 60, 120, 180, 300 และ 420 นาที ตามลำดับ วัดค่าความแตกต่างของสี ( $L$ ) นำมาพิจารณาโดยวิธีไอโซเทอร์มของการดูดซึม<sup>18</sup>

## 5. การทดลองย้อมผ้าที่เลือกการเตรียมที่เหมาะสมกับสีไคเรกท์หมู่ต่าง ๆ

นำผ้าที่เปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพ โดยวิธีและสภาวะที่เหมาะสมมาย้อมสีไคเรกท์ หมู่เอ หมู่บี และหมู่ซี<sup>17</sup> โดยมีกรรมวิธีตามรูปที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งใช้ความเข้มข้นของสีย้อมแตกต่างกันตั้งแต่ 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0% ของน้ำหนักผ้าตามลำดับ แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติของผ้าที่ย้อม

## 6. การวัดและทดสอบสมบัติของผ้าที่ย้อม ดังนี้

6.1 วัดค่า K/S และ L โดยนำผ้าตัวอย่างขนาด 10×10 ตร.ซม. พับซ้อนกัน 4 ชั้น (ไม่ให้แสงผ่านได้) และยึดติดกับแขนจับของช่องใส่ตัวอย่างในเครื่องวัดความแตกต่างของสีโดยใช้ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการเตรียมสิ่งทอขั้นต้นแล้ว ย้อมด้วยสีไคเรกท์เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ (blank) กับผ้าที่ทำการทดลอง ค่าที่อ่านได้เป็นค่าของ K/S และ L

ค่า K/S ที่ได้จากเครื่องวัดความแตกต่างของสีทำให้ทราบระดับความเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้าจากจุดสูงสุดของ reflectance curve ว่าผลการติดสีย้อมบนผืนผ้าชนิดหรือไม่ ค่าที่อ่านได้มีค่าเฉลี่ยสูง แสดงว่าสีย้อมติดบนผืนผ้าดี

ค่า L เป็นค่าที่แสดงความสว่างของแสงบนผืนผ้า ค่าน้อยแสดงว่าปริมาณแสงที่สะท้อนจากผืนผ้าที่น้อย สีที่ติดบนผืนผ้ามีความเข้มสูง

6.2 การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีย้อม นำน้ำสีย้อมที่เหลือจากการย้อมตามวิธีการทดลองในข้อ 5 จำนวน 10 มล. เติมน้ำให้ครบ 100 มล. นำไปวัดโดยใช้วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (visible spectrophotometer) ใช้น้ำเป็นตัวอย่างในการวัดเปรียบเทียบ (blank) ด้วยควอร์ตเซลล์ (quartz cell) ขนาด 10 มม. หาค่าคงที่ (gradient of calibration curve) ในความถี่ของคลื่นแสงที่ 530 นาโนเมตร หาความสัมพันธ์การดูดกลืนแสง โดยอ่านค่าที่ได้จากสเกลของสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึม ดังนี้

$$\% \text{การดูดซึม} = \frac{\text{ค่าคงที่} \times \text{ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดในหน่วย A.}}{\text{ปริมาณสีย้อม \% owf.} \times \text{จำนวนตัวอย่าง (มล.)}}$$

$$\text{ค่าคงที่} = \frac{\text{ปริมาณสีย้อมในอัตราส่วน} * \% \text{ owf.}}{\text{ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดในหน่วย A.}}$$

$$\text{หน่วย A.} = \text{การดูดกลืนแสง}$$

$$\text{อัตราส่วน} * = \text{ความเข้มข้นของสีย้อมที่แตกต่างกันของการย้อม ตั้งแต่ 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 ตามลำดับ}$$

### 6.3 การหาค่าความทนทานต่อแรงดึง

นำผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมโดยวิธีการที่เหมาะสมและย้อมด้วยสีไคเรกท์แล้วตามวิธีการทดลองในข้อ 5 มาตรวจสอบหาค่าความทนทานต่อแรงดึง ตามมาตรฐานของ ASTM Method D 2101-79 โดยกำหนดเงื่อนไขในการวัดของเครื่องไว้ ดังนี้

- ความเร็วในการดึงตัวอย่าง	200	มม./นาที
- ความเร็วของกระดาษบันทึก	300	มม./นาที
- แรงดึงสูงสุด	1,500	ก.
- ความยาวของตัวอย่าง	10	ซม.

ในการวัดหาค่าความทนทานต่อแรงดึงนั้น ใช้เส้นด้ายฟิลาเมนต์จากผ้าดิบ ผ้าดิบฟอก ผ้าดิบฟอกเตรียมผ้าโดยวิธีไฮเปอร์คลอโรเอทิลีนและย้อมสีไคเรกท์หมู่ซี 1% owf. ผ้าดิบฟอกเตรียมผ้าโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟและย้อมสีไคเรกท์หมู่ซี 1% owf. ผ้าดิบฟอกเตรียมผ้าโดยวิธีโพลีเอไมด์เรซินปริมาณ 5% และย้อมสีไคเรกท์หมู่เอ บี และซี 1% owf. ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเส้นด้ายฟิลาเมนต์จากผ้าดิบฟอกและย้อมสีในอ่างน้ำย้อมที่มีภาวะในการย้อมเดียวกัน

### 6.4 การหาความคงทนต่อแสง

นำผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมโดยวิธีที่เหมาะสม และย้อมด้วยสีไคเรกท์ตามวิธีการทดลองในข้อ 5 มาตรวจสอบหาค่าความคงทนต่อแสงตามมาตรฐาน AATCC Method 16A-1982<sup>3</sup> ด้วย standard UV long life fade meter โดยใช้ตัวอย่างของผ้าให้มีขนาด 7×12 ตร.ซม. ยึดติดกับแขนจับภายในเครื่องตรวจสอบที่มี carbon-arc lamp เป็นอุปกรณ์ให้พลังงานแสง ปรับอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมภายในเครื่องทดสอบให้มีความชื้นสัมพัทธ์  $30 \pm 5\%$  และอุณหภูมิที่ black panel  $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . แล้วทำการทดลองในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 10, 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลที่ได้เทียบค่าระหว่างตัวอย่างและสีที่เปลี่ยนไปจากสเกลสีเทาสำหรับวัดค่าเปลี่ยนแปลงของสีที่มีต่อแสงตามระดับความแตกต่างของสีตามมาตรฐานของ AATCC

### 6.5 การหาความคงทนต่อการซัก

นำผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมโดยวิธีการที่เหมาะสม และย้อมด้วยสีไคเรกท์ ตามวิธีการทดลองในข้อ 5 มาตรวจสอบหาความคงทนต่อการซักตามมาตรฐาน ISO-105-1 ถึง ISO-105-5<sup>16</sup> ซึ่งมีภาวะการซักด้วยน้ำสบู่ชนิดอนไอออนในเครื่องซักแบบโรตารี ตามตารางที่ 1

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไครเรท

การเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์ก่อนย้อมสี โดยเตรียมผ้าด้วยวิธีไฮเปอร์คลอโรเอทีลีน ไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ และโพลีเอไมด์เรซิน แล้วย้อมด้วยสีไครเรท ผลการติดสีได้มากน้อยเพียงใดของผ้าที่เตรียมทั้ง 3 วิธีเปรียบเทียบกันถือเป็นเกณฑ์ตัดสินในการเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการเตรียมผ้า

#### การเตรียมผ้าโดยใช้เปอร์คลอโรเอทีลีนแล้วย้อมสีไครเรท

วิธีการนี้เป็นการทำให้ผิวหน้าของเส้นใย ขนาด หรือช่องว่างภายในของเส้นใยเปลี่ยนแปลงไป และสามารถที่จะให้น้ำย้อมของสีไครเรทแทรกซึมเข้าไปยึดติดด้วยการกระจายแรงยึดระหว่างโมเลกุลสีย้อมและเส้นใย แต่ในการยึดติดนั้น เนื่องจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นเส้นใยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ เมื่อถูกกระทำด้วยเปอร์คลอโรเอทีลีนซึ่งเป็นตัวทำละลายแบบไม่มีขั้ว (non-polar solvent) จะกำจัดสารจำพวกไขเคลือบผิว (surface waxes)<sup>16</sup> และทำให้เส้นใยพองตัว ดังนั้นจึงทำให้เส้นใยมีสัมพรรคภาพ (affinity) ในการยึดติดสีไครเรท

ผลที่ได้จากการวัดค่าหาความแตกต่างระหว่างผ้าดิบฟอกและย้อมสีไครเรทเป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลองค่าของ  $\Delta L$  ที่ D65 (แหล่งแสง D65 ให้แสงสีขาว (day light) มีอุณหภูมิสี 6500 K)<sup>11</sup> มีผลต่าง = 19.73 แสดงว่าการติดสีไครเรทบนผ้าโพลีเอสเตอร์ได้เพียงเล็กน้อยและระดับความเข้มของสีที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve ของค่า K/S ที่แตกต่างกันกับ blank เท่ากับ 0.41 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงระดับความแตกต่างของ reflectance curve ที่ได้จากค่า  $\Delta K/S$  เพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับผลที่แสดงด้วยค่า L

#### การเตรียมผ้าโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟและย้อมสีไครเรท

วิธีการนี้<sup>8</sup> น้ำหนักของผ้าหายไปเนื่องจากปฏิกิริยาของโซดาไฟกับโพลีเอสเตอร์ ดังนั้นจึงนำผ้าที่ผ่านการไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟไปหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้าที่หายไป และทดสอบสมบัติของเส้นใยเพื่อหาค่าที่เหมาะสมนำไปทดลองหาความเป็นไปได้ต่อการย้อมสี

จากการทดลองวิธีการหาเปอร์เซ็นต์การหายไปของน้ำหนักผ้าพบว่าความเข้มข้นของโซดาไฟ อุณหภูมิ และเวลา มีผลต่อสมบัติของผ้า และปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟ 30 ก./ล. ที่อุณหภูมิ 100°C. นาน 60 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่จะนำไปทดลองย้อมสีต่อไป วิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ นอกจากทำให้สมบัติของผ้าโพลีเอสเตอร์มีผิวสัมผัสดีขึ้นแล้วยังทำให้การดูดซับของสีย้อมดีขึ้นด้วย<sup>10</sup> ดังนั้นในการทดลองนำผ้าที่เตรียมโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟมาย้อมด้วยสีไครเรทแล้วทดสอบโดยวัดค่าความแตกต่างของสี

ระหว่างผ้าดิบฟอกและย้อมสีไครเรทที่เป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลองได้ค่าของ  $\Delta L$  ที่ D65 มีผลต่างกันเท่ากับ 22.83 แสดงว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ติดสีไครเรทที่ได้เพียงเล็กน้อย และระดับความเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve แสดงให้เห็นชัดเจนด้วยค่า  $\Delta K/S$  ที่ต่างกันเท่ากับ 0.581

### การเตรียมผ้าโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินแล้วย้อมสีไครเรท

การย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินด้วยสีไครเรทนั้น มีข้อพิจารณาการติดสีโดยทั่วไป 2 แนวทาง คือ

1. โพลีเอไมด์เรซิน จากสูตรโครงสร้างทางเคมีของโพลีเอไมด์เรซิน กลุ่มเคมีที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงอณูของสีย้อมคือ หมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quarternary ammonium group) และหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ดังนั้นการเตรียมผ้าด้วยเรซิน<sup>14</sup> จึงหมายถึง กระบวนการที่ทำให้โมโนเมอร์ของเรซินสามารถผ่านเข้าไปอยู่ในช่องว่างของเส้นใยหรือช่องว่างระหว่างโครงสร้างของผ้าทอและเปลี่ยนเป็นโพลีเมอร์ได้ภายหลัง เนื่องจากโมเลกุลบางส่วนของเรซินที่ซึมเข้าไปในเส้นใยนั้น จะคงรูปเป็นสารเหนียวใสในคอนแรกที่อยู่ในรูปของพรีคอนเดนเสด ในสภาวะนี้ เรซินจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยไม่ติดอยู่ที่ผิว เมื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันแล้วกลายเป็นโพลีเมอร์เกาะติดหรือแทรกเข้าไปในผิวของเส้นใยโดยเกิดกลไกการเชื่อมโยงขึ้นภายในโมเลกุล ทำให้เส้นใยแข็งแรง ยืดหยุ่นดีขึ้นและมีสมบัติเฉพาะกาลตามคุณสมบัติของเรซินชนิดนั้น ๆ

2. โครงสร้างของสีย้อมและการเกาะติดเส้นใย เป็นที่ยอมรับกันว่า การที่สีไครเรทที่ย้อมติดเส้นใยได้นั้นเกิดจากแอนไอออนในส่วนประกอบที่ให้สี สำหรับการทดลองย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีไครเรทนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงผิวหน้าของใยโพลีเอสเตอร์ให้มีกลุ่มเคมีของหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมคล้าย ๆ กับโครงสร้างภายในของขนสัตว์หรือไนลอน ทั้งนี้เกิดขึ้นได้จากการที่ใช้เรซินเป็นตัวกลางเกาะยึดติดภายในช่องว่างของเส้นใยและช่องว่างระหว่างโครงสร้างของลายทอ ซึ่งหมู่ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมที่เกิดจากเรซินนี้จะเรียงรายอยู่และสามารถรวมกับแอนไอออนของสีได้<sup>19</sup>

จากการเตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์โดยใช้โพลีเอไมด์เรซินเพื่อย้อมสีไครเรทและวัดหาค่าความแตกต่างของสีระหว่างผ้าดิบฟอกย้อมสีไครเรทที่เป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลองได้ค่าของ  $\Delta L$  ที่ D65 มีผลต่างเท่ากับ 37.35 แสดงว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ติดสีไครเรทได้ดี และสอดคล้องกับระดับความเข้มเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve ที่เห็นได้ชัดเจนด้วยค่า  $\Delta K/S$  ที่ต่างกันเท่ากับ 2.104

จากการทดสอบหาค่าความแตกต่างของสี พิจารณาค่าของ  $\Delta L$  ที่ D65 ปรากฏว่าการเตรียมผ้าโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินติดสีไครเรทได้ดีที่สุด ( $\Delta L$  ที่ D65 โดยวิธีใช้โพลีเอไมด์เรซิน เปรียบเทียบ

กับ blank เท่ากับ 37.35) วิธีไฮโครลิซิสด้วยโซดาไฟดูดซับสีไคเรกที่ได้ปานกลาง ( $\Delta L$  ที่ D65 โดยวิธีไฮโครลิซิสด้วยโซดาไฟเปรียบเทียบกับ blank เท่ากับ 22.83) และวิธีเปอร์คลอโรเอทิลีนดูดซับสีไคเรกที่ได้น้อยที่สุด ( $\Delta L$  ที่ D65 โดยวิธีไฮเปอร์คลอโรเอทิลีนเปรียบเทียบกับ blank เท่ากับ 19.73) และการติดสีของการใช้โพลีเอไมด์เรซินดีกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะมีกลุ่มเคมีหมู่ควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางยึดติดสีย้อมเหมือนกับสีแอซิดที่ย้อมคัตชันสัตว์<sup>17</sup> แสดงให้เห็นได้ชัดเจนจากค่าความแตกต่างของ  $\Delta K/S$  ที่สอดคล้องกับค่าของ L ดังนี้

- ใช้เปอร์คลอโรเอทิลีน	$\Delta K/S$	=	0.479
- ใช้ไฮโครลิซิสด้วยโซดาไฟ	$\Delta K/S$	=	0.685
- ใช้โพลีเอไมด์เรซิน	$\Delta K/S$	=	2.296

ดังนั้นจึงเลือกใช้โพลีเอไมด์เรซินเป็นสารเคมีที่ใช้ในการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลีเอสเตอร์ก่อนย้อมด้วยสีไคเรก

## 2. การย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการเตรียมผ้าโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน

### 2.1 การเลือกปริมาณโพลีเอไมด์เรซินที่เหมาะสม

การทดสอบหาค่าความแตกต่างของสีจากการเตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไคเรกที่ ปรากฏว่าการเตรียมผ้าโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการย้อม จึงได้ทดลองย้อมเพื่อเลือกปริมาณความเข้มข้นของโพลีเอไมด์เรซินที่เหมาะสมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Blue 6 โดยกำหนดปริมาณโพลีเอไมด์เรซินเป็น 0.25, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 และ 9.0% ตามลำดับ นำผ้าที่ย้อมได้มาวัดหาค่าความแตกต่างของสี พบว่าค่าเฉลี่ยของ L ลดลง (การติดสีย้อมเพิ่มขึ้น) ตามปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซินที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) จากการใช้หลักการทางสถิติเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมของค่า L มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันที่ t value 95% ปรากฏว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือปริมาณโพลีเอไมด์เรซินเท่ากับ 5% และเมื่อพิจารณาค่า L สามารถเปรียบเทียบให้เห็นได้ดังนี้

- ปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซิน 3% มีค่า  $L = 40.53$  และปริมาณการใช้เรซินที่ 5% มีค่า  $L = 30.01$  แสดงว่ามีค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้เรซินเพิ่มขึ้น 2% แต่ความแตกต่างของค่า L ของปริมาณการใช้เรซินลดลง = 10.52

- ปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซินที่ 7% มีค่า  $L = 27.38$  (จากปริมาณการใช้เรซิน 5% ค่า  $L = 30.01$ ) พบว่าค่าของ L ลดลงจากปริมาณการใช้เรซินที่เพิ่มขึ้นอีก 2% เท่ากับ 2.63

ดังนั้นปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซินที่เหมาะสมคือปริมาณความเข้มข้น 5% โดยพิจารณาจากอัตราที่เพิ่มขึ้นของการใช้โพลีเอไมด์เรซิน 3% ถึง 7% ซึ่งสรุปได้ว่าค่า  $\Delta L$  ระหว่างที่ปริมาณการใช้เรซิน

3% กับ 5% มีค่าความแตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด ( $\Delta L = 10.552$ ) แต่การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของการใช้โพลีเอไมด์เรซินจาก 5% เป็น 7% ค่า  $\Delta L$  แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ( $\Delta L = 2.63$ ) ดังนั้น การเพิ่มปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซินสูงขึ้นอีก 2% (จากปริมาณความเข้มข้น 5%) เป็นการเพิ่มปริมาณที่ไม่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อเทียบกับปริมาณการติดสีที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของค่า  $L$  กับปริมาณโพลีเอไมด์เรซินได้ดังรูปที่ 5

## 2.2 การย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีไครเทกที่ให้ได้จุดสมดุล

การตัดสินใจของจุดสมดุลแห่งการย้อม โดยวิธีไอโซเทอร์มของการดูดซึมในกรณีของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ทดลองย้อมด้วยสีไครเทกนี้ พิจารณาจากสมการเส้นตรงของแลงเมียร์ไอโซเทอร์ม (Langmuir isotherm equation)<sup>18</sup> โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในการย้อมสีได้คงที่ สำหรับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปจาก 30, 60, 120, 180, 300 และ 420 นาที วัดค่าความแตกต่างของสี ได้ค่า  $L$  ที่ D65 เปรียบเทียบกับผ้าดิบฟอกย้อมสีไครเทกที่เป็น blank (85.10) เท่ากับ 68.49, 59.58, 58.04, 62.80, 60.00 และ 59.94 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $L$  กับเวลาที่จุดสมดุลของการย้อมสีไม่เป็นไปตามสมการเส้นตรงที่ได้จากแลงเมียร์ไอโซเทอร์ม เพราะว่าความสัมพันธ์ที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับสมบัติระหว่างสีย้อมกับเส้นใยแต่ในที่นี่พบว่า จะขึ้นอยู่กับสีย้อมและปริมาณการใช้โพลีเอไมด์เรซินเท่านั้น

ส่วนค่า  $K/S$  ที่แสดงผลการติดของสีย้อมบนผืนผ้า จะสอดคล้องกับค่าของ  $L$  ที่เปรียบเทียบกับ blank ที่เป็นผ้าดิบฟอกและย้อมสีไครเทก ปรากฏว่าค่า  $K/S$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98, 0.935, 1.123, 0.721, 1.005 และ 0.905 ของเวลาเปลี่ยนแปลงที่ 30, 60, 120, 180, 300 และ 420 นาที เปรียบเทียบกับผ้าดิบฟอกย้อมสีไครเทก (0.093) ซึ่งค่า  $K/S$  ของผ้าที่ย้อมได้เหล่านี้ไม่แตกต่างกันมาก แม้ว่าเวลาที่ย้อมจะเปลี่ยนแปลงจากเดิมคือแตกต่างกันถึง 390 นาที (จาก 30 นาทีถึง 420 นาที)

## 2.3 การย้อมสีไครเทกหมู่เอ บี และซี

- การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีย้อม

น้ำย้อมที่ได้จากการทดลองย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการเตรียมผ้าโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินและย้อมด้วยสีหมู่เอ หมู่บี และหมู่ซี ปริมาณความเข้มข้นเรซิน 5% นำมาหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมพบว่า การดูดซึมของสีหมู่เอโดยเฉลี่ยเท่ากับ 64.23% (ค่าคงที่ = 0.9855) สีหมู่บีเท่ากับ 47.57% (ค่าคงที่ = 1.0169) และสีหมู่ซีเท่ากับ 54.89% (ค่าคงที่ = 0.9757) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีย้อมตามปริมาณสีย้อมของสีไครเทกทั้งสามหมู่เท่ากับ 55.56%

จากเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีไครเทกที่มีต่อผ้าที่เตรียมโดยวิธีใช้โพลีเอไมด์เรซิน สีหมู่เอมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมดีที่สุด สีหมู่ซีมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมปานกลาง และสีหมู่บีมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมต่ำที่สุด ดังรูปที่ 7

- การหาความแตกต่างของสีบนผ้าที่ย้อมสีไคเรกท์หมู่เอ หมู่บี และ หมู่ซี

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน ปริมาณความเข้มข้น 5% และย้อมสีไคเรกท์หมู่เอ บี และ ซี ที่มีปริมาณสีย้อมตั้งแต่ 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0% owf. ตามลำดับ วัดค่าความแตกต่างของสี ค่าของ L ที่ D65 เปรียบเทียบระหว่างผ้าดิบฟอกย้อมสีไคเรกท์เป็น blank จากตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าค่า L ขึ้นอยู่กับปริมาณสีย้อม

ส่วนค่า K/S ที่แสดงผลการติดสีย้อมบนพื้นผ้าซึ่งมีปริมาณสีย้อมตั้งแต่ 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0% owf. ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยโดยสรุปของสีหมู่เอเท่ากับ 0.431, 0.8, 1.526, 3.211 และ 3.942 สีหมู่บีเท่ากับ 0.807, 0.837, 1.287, 2.383 และ 3.959 สีหมู่ซีเท่ากับ 0.617, 0.784, 1.988, 3.317 และ 4.807 ซึ่งหาความสัมพันธ์ของค่า K/S เปรียบเทียบกับ blank เมื่อค่า K/S ของสีไคเรกท์หมู่เอเท่ากับ 0.219 หมู่บีเท่ากับ 0.114 หมู่ซีเท่ากับ 0.213 ในขณะที่ค่า K/S ของผ้าดิบเท่ากับ 0.9 ซึ่งสอดคล้องกับค่าของ L

### 3. การทดสอบคุณสมบัติของผ้าที่ย้อมสีไคเรกท์

#### 3.1 การหาสมบัติความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัว

การทดลองหาค่าความทนทานต่อแรงดึง และอัตราการยืดตัวของเส้นด้ายฟิลาเมนต์จากผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดลองปรากฏว่า สมบัติของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากสมบัติเดิม (ตารางที่ 4)

#### 3.2 การหาสมบัติความคงทนต่อแสง

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินความเข้มข้น 5% และย้อมด้วยสีไคเรกท์มาทดสอบหาความคงทนต่อแสงในระยะเวลาตามมาตรฐานของ AATCC<sup>3</sup> ตั้งแต่ 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ชม. ตามลำดับ เทียบค่ากับสเกลสีเทามาตรฐานสำหรับค่าความเปลี่ยนแปลงของสีปรากฏว่า ค่าความแตกต่างของสีโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ถึง 3 ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวแสดงว่า สภาพการใช้งานดีพอใช้ (ตารางที่ 5)

#### 3.3 การหาสมบัติความคงทนต่อการซัก

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซินความเข้มข้น 5% และย้อมสีไคเรกท์ที่มีความเข้มข้น 5% owf. มาทดสอบหาค่าความคงทนต่อการซักตามมาตรฐานของ ISO<sup>16</sup> ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิมก่อนทำการทดลอง และเทียบกับสเกลสีเทามาตรฐาน สำหรับวัดค่าเปลี่ยนแปลงของสีผลการทดลองโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถึง 3 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ดีถึงปานกลาง (ตารางที่ 6)

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การเตรียมผ้าก่อนย้อมด้วยวิธีใช้เปอร์คลอโรเอทีลิน ไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟและใช้โพลีเอไมด์เรซิน ทั้งสามวิธีนี้ทำให้ผ้าโพลีเอสเตอร์สามารถย้อมติดด้วยสีไคเรกท์ได้

การใช้โพลีเอไมด์เรซินเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการเตรียมผ้าโพลีเอสเตอร์เพื่อย้อมด้วยสีไคเรกท์ ปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพลีเอไมด์เรซิน เท่ากับ 5% และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน และย้อมด้วยสีไคเรกท์ทั้งสามหมู่โดยเฉลี่ย 55.56%

จุดสมมูลแห่งการย้อมของผ้าที่เตรียมโดยวิธีใช้โพลีเอไมด์เรซินแล้วย้อมด้วยสีไคเรกท์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสมบัติระหว่างสีย้อมและเส้นใยตามทฤษฎีของจุดสมมูลแห่งการย้อมสี แต่ปริมาณการติดสีย้อมจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของการใช้โพลีเอไมด์เรซิน

ผ้าที่เตรียมก่อนย้อมด้วยการใช้โพลีเอไมด์เรซินความเข้มข้น 5% สามารถย้อมสีไคเรกท์ได้ทั้งสามหมู่ โดยมีระดับความเข้มข้นของสีที่ใช้อย่างน้อยตั้งแต่ 0.25 ถึง 5.0% ของน้ำหนักผ้า และการติดสีนั้นมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมในหมู่ต่าง ๆ ที่ใช้

การทดสอบสมบัติของผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน และย้อมด้วยสีไคเรกท์ของสีหมู่ต่าง ๆ ที่มีต่อความทนทานต่อแรงดึง ความคงทนต่อแสง และต่อการซักไม่เปลี่ยนแปลงมาก กล่าวคือ ความทนทานต่อแรงดึงของเส้นใยจากตัวอย่างผ้าดิบฟอกเตรียมโดยเปอร์คลอโรเอทีลิน โดยไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ และใช้โพลีเอไมด์เรซิน แล้วนำมาย้อมสีเปรียบเทียบกับผ้าดิบฟอกและย้อมสี ความทนทานต่อแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 1,513, 1,463, 1,506 และ 1,483 ก. ตามลำดับ และอัตราการยืดตัว เท่ากับ 34.3, 37.0, 32.7 และ 33.8 ตามลำดับ ซึ่งความทนทานต่อแรงดึง และอัตราการยืดตัวไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ความคงทนต่อแสงของผ้าที่ทำการทดลอง มีความเปลี่ยนแปลงของสี เทียบกับสเกลสีเทามาตรฐานอยู่ในระดับ 5 ถึง 3 ซึ่งมีเกณฑ์สภาพการใช้งานดีพอใช้

ความคงทนต่อการซักของผ้าที่ทำการทดลอง มีค่าเปลี่ยนแปลงของสีเทียบกับสเกลสีเทามาตรฐานอยู่ในระดับ 4 ถึง 3 ซึ่งมีเกณฑ์สภาพการใช้งานดีถึงปานกลาง

### ข้อเสนอแนะ

1. การย้อมสีผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วยสีไคเรกท์นั้น จะมีสีส่วนที่สูญเสียไปบ้างในเรื่องอัตราการดูดซึม จึงควรจะมีการทบทวนก่อนนำไปใช้ในการผลิตจริง เพราะสามารถใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมต่อการควบคุมภาวะการย้อมและสามารถปรับเครื่องย้อมให้เหมาะสมกับสภาพของโครงสร้างผ้าได้
2. ควรทำการค้นคว้าวิธีการย้อมแบบต่อเนื่อง (continuous method) เพราะวิธีนี้จะสามารถ

ช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตได้มาก

3. ในสภาพการย้อมจริง จำเป็นจะต้องให้ผ้าโพลีเอสเตอร์คงรูปและมีความตึงสม่ำเสมอในขณะที่ย้อม จะทำให้การกระจายสีมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

4. การปรับปรุงคุณภาพของสีให้สดใส มีความคงทนต่อการซัก ต่อการขจัดอูที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ผ้าที่ย้อมแล้วควรมีการตกแต่งด้วยสารเรซินในกระบวนการตกแต่งสิ่งทอ (textile finishing) และควรเลือกเรซินที่เหมาะสมที่สามารถทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงโดยตรงกับเส้นใยและสีใดเรทท์ได้ จะเป็นการช่วยเพิ่มคุณภาพการใช้งาน

## คำขอบคุณ

รายงานวิจัยนี้ ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก นายสุชาติ อินทรโชติ กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์เข็มชัย เหมะจันทร์ ศาสตราจารย์พิเศษ อัจฉราพร ไสละสุตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวราชน ดันตยานนท์ ดร.สุพล โชติวรรณ ดร.นันทยา ยานูเมศ และดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนทางด้านวัสดุพิมพ์ เครื่องวัดสีด้วยคอมพิวเตอร์ จากคุณสิทธิพงษ์ สีตะประดิษฐ์ คุณทวีศักดิ์ ปกรณ์ผดุงสิทธิ์ คุณวิฑูรย์ เฝาคิมปราชญ์ คุณชนะ รัตนชัยสิทธิ์ และคุณสงคราม ชีวประวัติดำรงค์

## เอกสารอ้างอิง

1. ยานูเมศ, นันทยา. เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมสิ่งทอ 1. คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา), กรุงเทพมหานคร, 2527.
2. ไสละสุตร, อัจฉราพร. คู่มือการย้อมสี. พิมพ์ครั้งที่ 2, เทคนิค 19 การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 2527.
3. American Association of Textile Chemists and Colorists. AATCC Technical Manual-1985. American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, North Carolina, 1985.
4. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standard Vol. 07.01. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, 1985.
5. Bird, C.L. and Boston, W.S. The Theory of Coloration of Textiles. The Dyers Company Publication Trust, Bradford, 1975.
6. Caldo, C. Synthetic Fibers : An Uncertain Future? *Am. Dyestuff Repr.*, 1985, 74 (3), 23-27.
7. Corbman, B.P. TEXTILES Fiber to Fabric. 6<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Company,

Singapore, 1985.

8. Gawish, S.M. and Ambroise, G. Alkaline Hydrolysis of Polyester Fabrics. *Am. Dyestuff Repr.*, 1986, **75**(2), 30 – 32.
9. Gawish, S.M., Bourgeois, M. and Ambroise, G. Cationic Surfactants for the Alkaline Hydrolysis of Polyester Fabrics. *Am. Dyestuff Repr.*, 1986, **75**, 19-24.
10. Gawish, S.M., Bourgeois, M. and Ambroise, G. Cationic Polymers for the Alkaline Saponification of Polyester Fabrics. *Am. Dyestuff Repr.*, 1985, **74** (11), 35-39.
11. Judd, D.B. and Wyszecski, G. Color in Business, Science and Industry. 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., Ottawa, Ontario, 1979.
12. Kirby, R.D. and Cates, D.M. Application of Water Soluble Anionic Dyes to Solvent-Treated Polyester. *Textile Res. J.*, 1986, **56**(5), 304-309.
13. Kissa, E. Tinctorial Efficacy of Dyes in Polyester Fibers. *Textile Res. J.*, 1984, **54**(8), 497-504.
14. Marsh, J.T. An Introduction to Textile Finishing. 6<sup>th</sup> ed., Chapman & Hall, London, 1957.
15. Rippon, J.A. and Leeder, J.D. The Effect of Treatment with Perchloroethylene on the Abrasion Resistance of Wool Fabric. *J. Soc. Dyers. Colourists*, 1986, **102**(5), 171-175.
16. Thompson, T.M. Dyehouse Laboratory Practice. The Eastern Press Ltd., London, 1983.
17. Trotman, E.R. Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres. 5<sup>th</sup> ed., Charles Griffin & Company, London, 1975.
18. Vickerstaff, T. The Physical Chemistry of Dyeing. 2<sup>nd</sup> ed., Oliver and Boyde, London, 1954.

ตารางที่ 1. ภาวะการทดลองหาความคงทนต่อการซัก

มาตรฐาน ISO	สภาวะการซัก	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ.)	หมายเหตุ
105- 1	น้ำสบู่ 5 ก./ล.	30	40	ใส่ Stainless steel balls 10 เม็ด
105- 2	น้ำสบู่ 5 ก./ล.	45	50	
105- 3	น้ำสบู่ 5 ก./ล.	30	60	
105- 4	โซดาแอส 2 ก./ล. น้ำสบู่ 5 ก./ล.	30	95	
105- 5	โซดาแอส 2 ก./ล. น้ำสบู่ 5 ก./ล.	240	95	

อัตราส่วนน้ำซัก 50 : 1

ตารางที่ 2. ค่าความแตกต่างของสีที่มีต่อปริมาณโพลีเอไมด์เรซิน

ปริมาณเรซิน (%)	ค่าเฉลี่ยของ L
blank	78.98
0.25	64.54
0.5	62.40
1.0	51.53
3.0	40.53
5.0	30.01
7.0	27.38
9.0	24.62

ตารางที่ 3. ค่า L ที่ D65 ของความแตกต่างของสีบนผ้าโพลีเอสเตอร์ที่  
ย้อมสีไคเรกท์ หมู่เอ บี และซี

ปริมาณสีย้อม (% owf.)	ค่า L		
	สีย้อมหมู่เอ	สีย้อมหมู่บี	สีย้อมหมู่ซี
blank	85.53	76.39	76.64
0.2	81.06	58.99	63.54
0.5	78.50	60.41	65.87
1.0	74.53	52.21	52.03
3.0	70.66	42.84	41.86
5.0	67.79	36.22	45.99

ตารางที่ 4. ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่ย้อมด้วยสีไคเรกท์

เส้นด้ายฟิลาเมนต์ของตัวอย่าง	ความทนทานต่อแรงดึง		อัตราการยืดตัว	
	ก.	CV%	%	CV%
ผ้าดิบ	1,499	2.43	28.1	5.15
ผ้าดิบฟอก	1,450	3.56	34.4	3.49
ผ้าดิบฟอกเตรียมโดยเปอร์คลอโรเททิสีน และย้อมสี	1,513	1.55	34.3	3.55
ผ้าดิบฟอก เตรียมโดยไฮโดรลิซิส ด้วยโซดาไฟและย้อมสี	1,463	2.63	37.0	8.82
ผ้าดิบฟอกเตรียมโดยโพลีเอไมด์เรซิน และย้อมสีไคเรกท์				
- หมู่เอ	1,549	2.76	38.3	6.19
- หมู่บี	1,487	1.12	38.0	4.29
- หมู่ซี	1,506	3.32	32.7	8.96
ผ้าดิบฟอกและย้อมสี (blank)	1,483	1.27	33.8	6.38

CV% = เปอร์เซ็นต์ของค่าสัมประสิทธิ์แห่งการแปรผัน (coefficient of variation)

ตารางที่ 5. ค่าความคงทนต่อแสง เทียบกับสเกลสีเทามาตรฐานของ AATCC

ระยะเวลา ที่ทดลอง (ชม.)	C.I. Direct Yellow 12	C.I. Direct Blue 6	C.I. Direct Red 28
5	5	5	5
10	5	5	5
20	4- 5	4- 5	4- 5
40	4- 5	4- 5	4- 5
80	4- 5	4- 5	4- 5
160	4	4	4
320	3	3	3
640	3	3	3

เกณฑ์การแบ่งระดับความแตกต่างของสีมาตรฐานของ AATCC แยกออกเป็นระดับชั้น ดังนี้

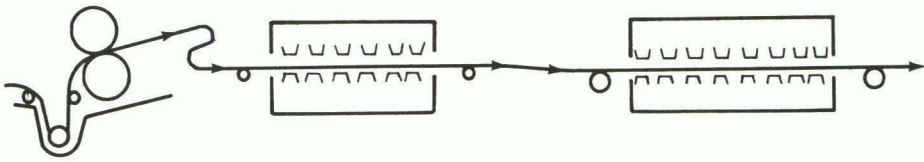
- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. เลวมาก (very poor)    | 6. ดีมาก (very good)     |
| 2. เลว (poor)            | 7. ดีเยี่ยม (excellent)  |
| 3. พอใช้ (fair)          | 8. ดีเด่น (outstanding)  |
| 4. ดีพอใช้ (fairly good) | 9. ดีสุดยอด (superative) |
| 5. ดี (good)             |                          |

ตารางที่ 6. ผลของความคงทนต่อการซัก เทียบกับสเกลสีเทามาตรฐาน

มาตรฐานการทดสอบ	C.I. Direct Yellow 12	C.I. Direct Blue 6	C.I. Direct Red 28
ISO-105- 1	4	4	4
ISO-105- 2	4	4	4
ISO-105- 3	4	4	4
ISO-105- 4	3- 4	3- 4	3- 4
ISO-105- 5	3- 4	3- 4	3- 4

เกณฑ์แบ่งระดับความแตกต่างของสเกลสีเทามาตรฐาน

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. เลวมาก (very poor) | 4. ดี (good)         |
| 2. เลว (poor)         | 5. ดีมาก (excellent) |
| 3. ปานกลาง (fair)     |                      |



อัดโพลีเอไมด์เรซิน  
บนผ้าด้วยความดัน  
2 กก./ตร.ซม.

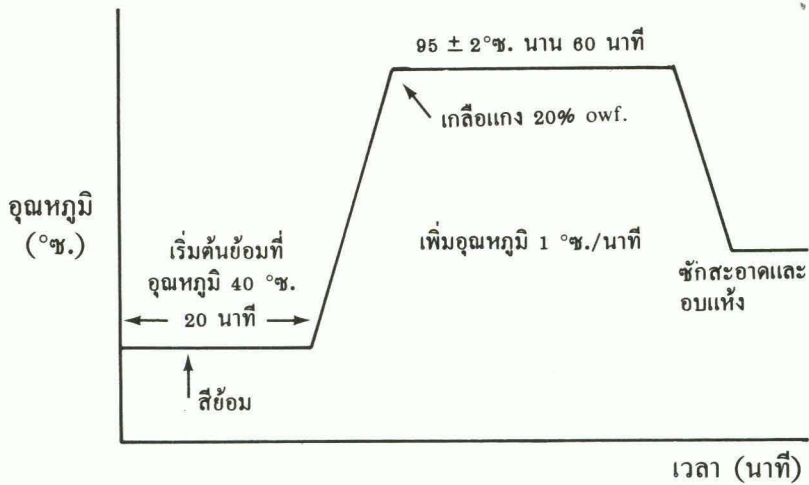


อบแห้งที่อุณหภูมิ  
 $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .  
นาน 2 นาที

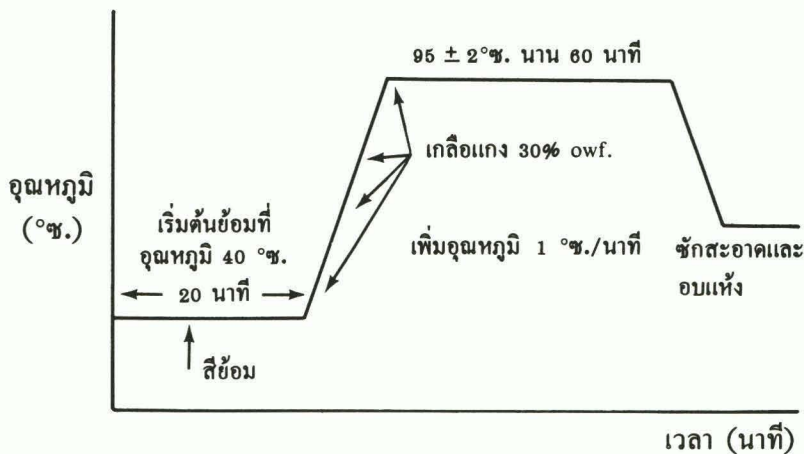


แปรสภาพโพลีเอไมด์เรซิน เป็น  
โพลีเมอร์ ที่อุณหภูมิ  
 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . นาน 3 นาที

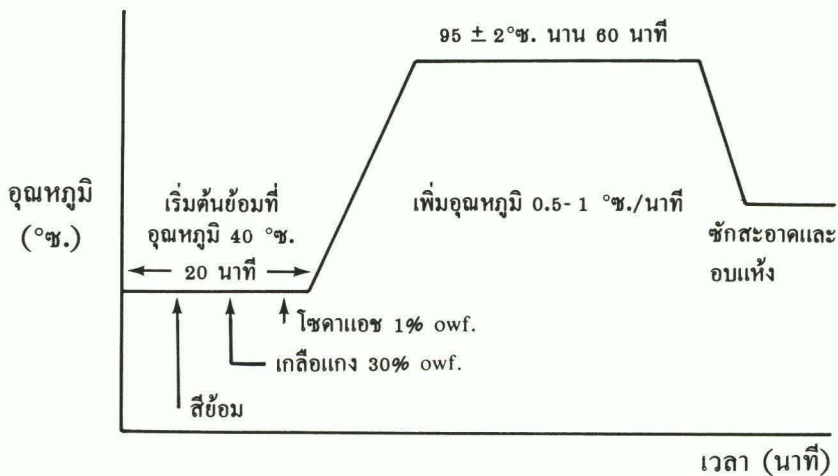
รูปที่ 1. กรรมวิธี pad-dry-cure ของโพลีเอไมด์เรซินบนผ้าโพลีเอสเตอร์



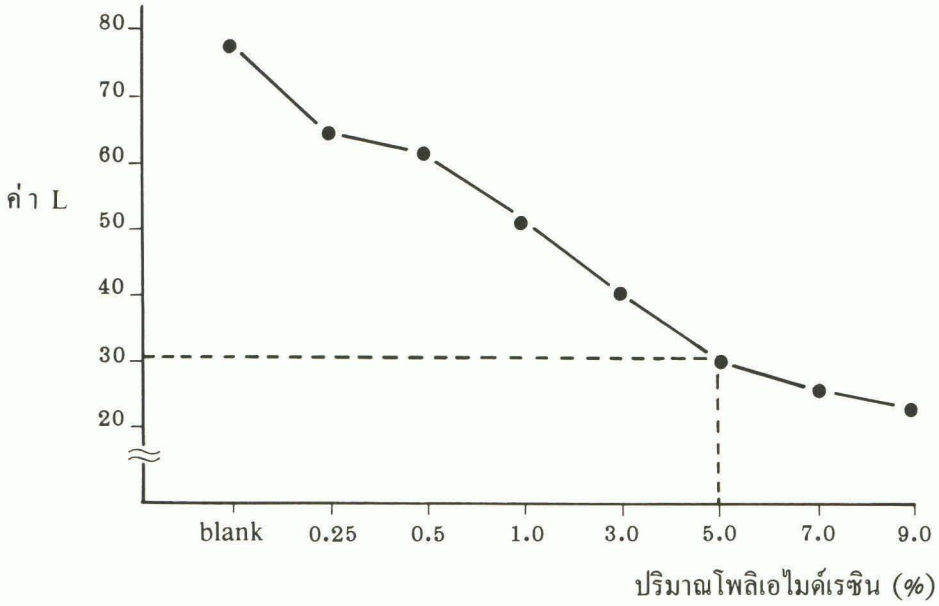
รูปที่ 2. กรรมวิธีการย้อมด้วยสีไคเรกท์หมู่เอ



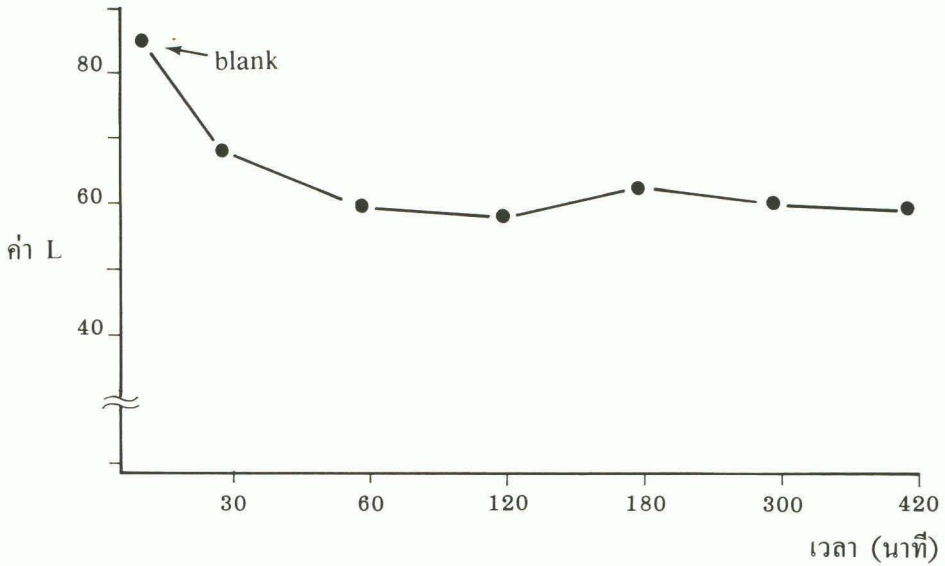
รูปที่ 3. กรรมวิธีการย้อมด้วยสีโคเรกท์หมู่บี



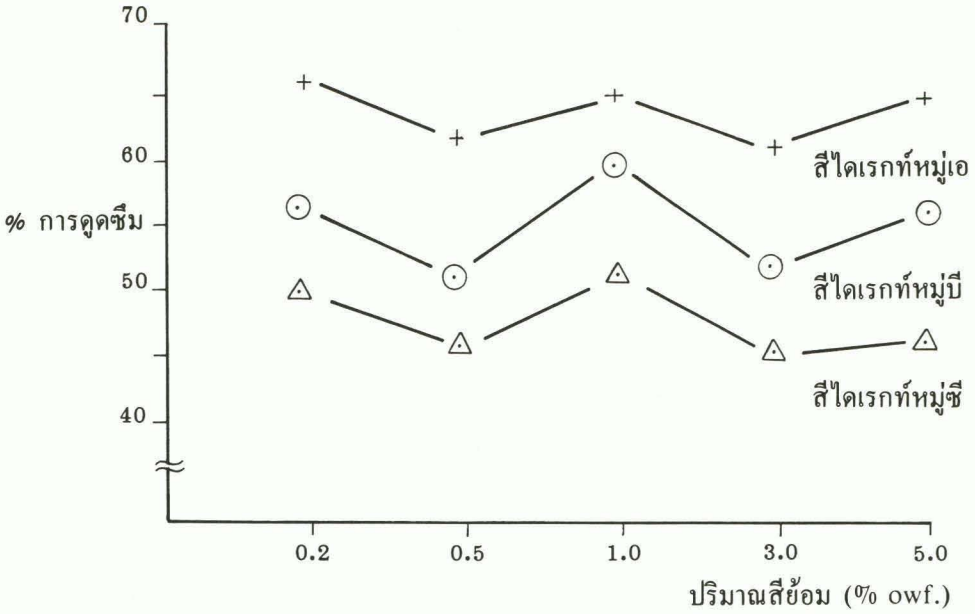
รูปที่ 4. กรรมวิธีการย้อมด้วยสีโคเรกท์หมู่ซี



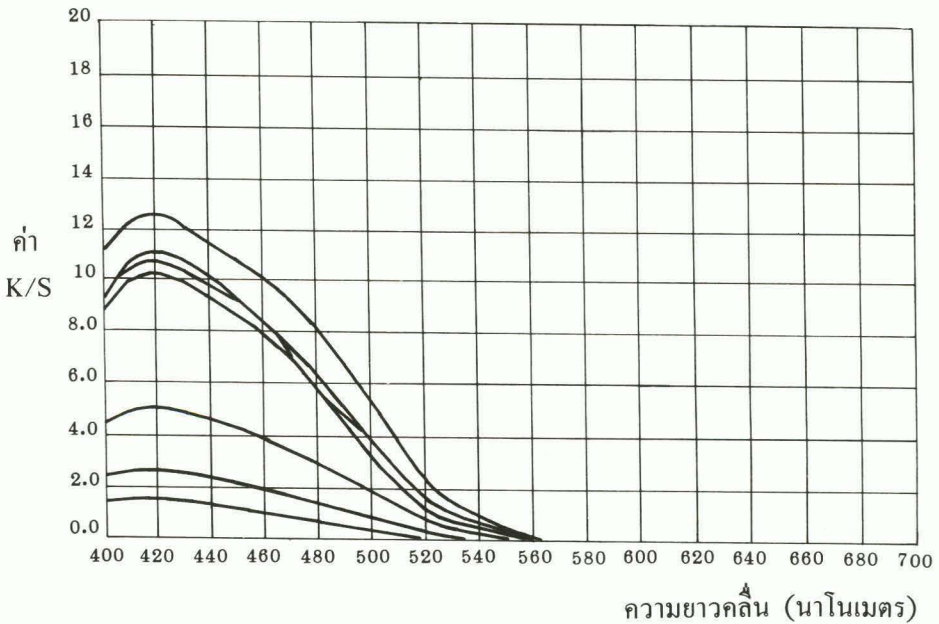
รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ของค่า L ที่มีต่อปริมาณโพลีเอไมด์เรซิน และย้อมสีหมู่ปี 1% owf.



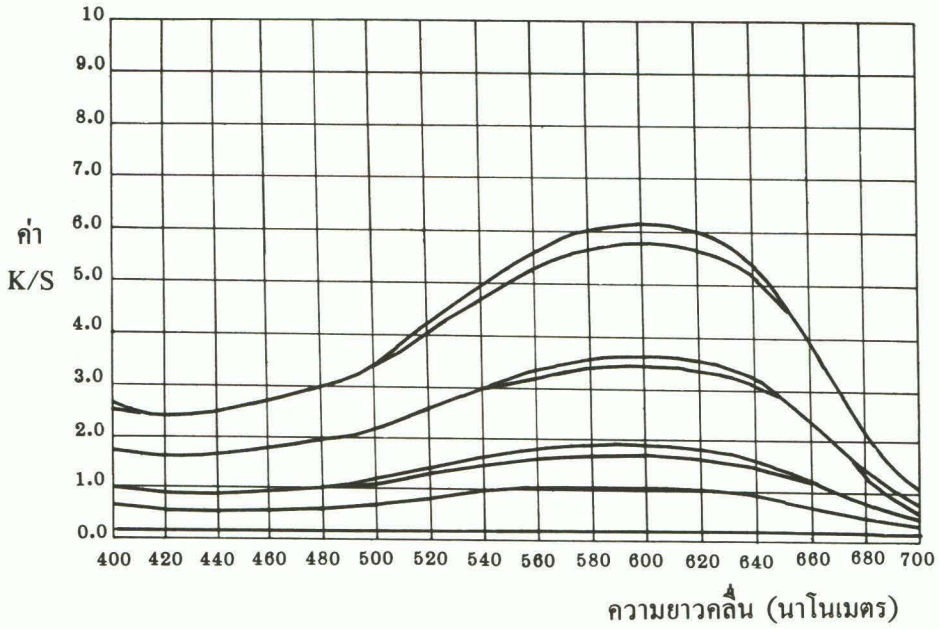
รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L กับเวลาที่จุดสมดุลของการย้อมสี



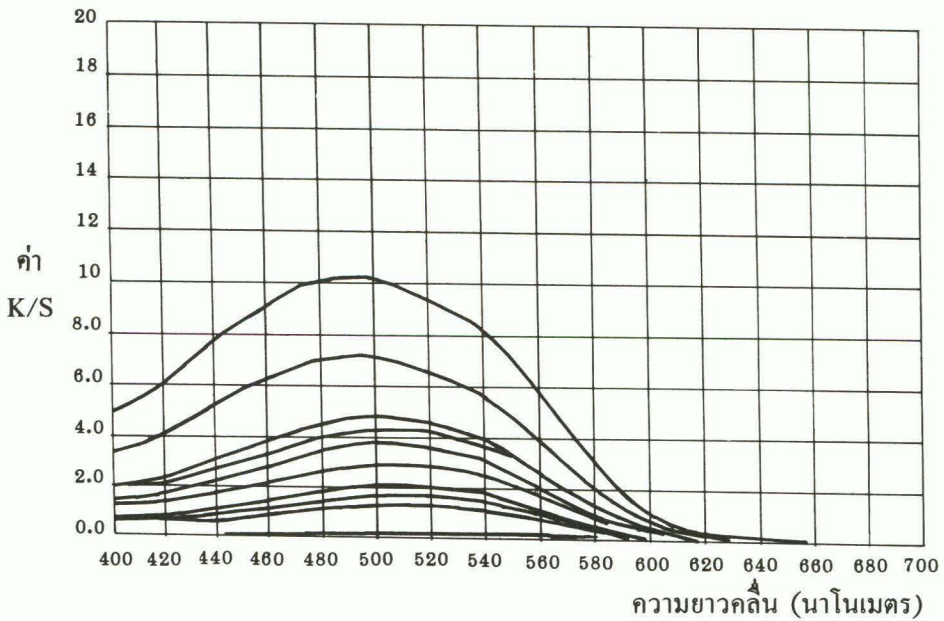
รูปที่ 7. ความสำคัญของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมกับปริมาณสีย้อมของหมู่สีต่างๆ



รูปที่ 8. ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน และย้อมสีย้อมเรทท์หมู่ เอ



รูปที่ 9. ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน และย้อมสีโคเรกท์หมู่บี



รูปที่ 10. ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้โพลีเอไมด์เรซิน และย้อมสีโคเรกท์หมู่ซี