พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลิเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไดเรกท์

การเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลิเอสเตอร์ โดยวิธีเตรียมผ้าโดยใช้ เปอร์คลอโรเอทิลีน, ไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ และเรซิน ก. แล้วย้อมด้วยสีไดเรกท์ ผลการติดสีได้มากน้อยเพียงใดของผ้าที่เตรียมทั้ง 3 วิธี เปรียบเทียบกันถือเป็นเกณฑ์ตัดสิน ในการเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการเตรียมผ้า

การวัดการติดสีบนผ้าอาศัยการวัดค่า L และค่า K/S ตามการทดลองในข้อ 2.4.1 โดยค่า L (lightness) คือ ค่าความสว่างของแสงบนผืนผ้าที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสีย้อมที่ติดบนผ้า

ΔL คือ ผลต่างระหว่างค่า L ของ blank กับค่า L ของตัวอย่างผ้าทดลอง ซึ่งใช้เป็นตัวชี้ผลการติดสีเปรียบเทียบ ดังนั้น :

$$\Delta L = L\ (blank) - L\ (sample)$$

สำหรับค่า K/S คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับการสะท้อนแสงของสีย้อมบนผืนผ้า ทำให้รู้ระดับความเข้มของสี ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้า จาก reflectance curve ตามสมการของ Kubelka-Munk [11]

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

เมื่อ K และ S = ค่าคงที่ของ Kubelka-Munk โดยที่ K = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient), S = สัมประสิทธิ์การกระจายแสง (scattering coefficient).

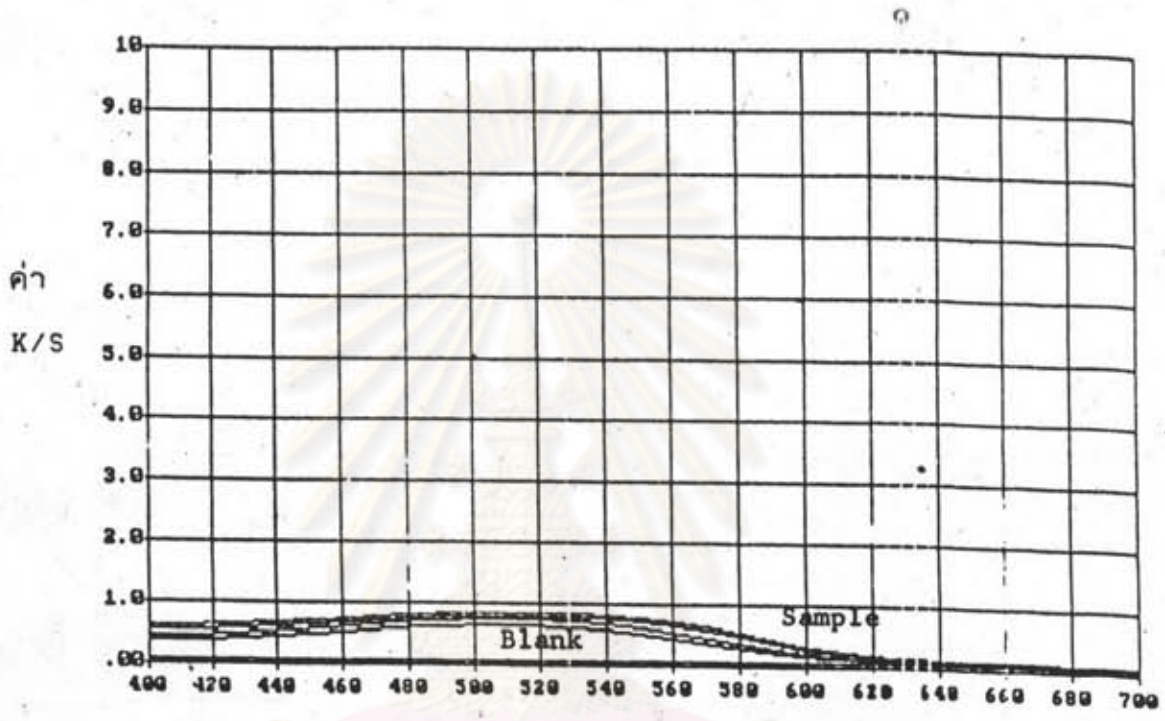
R = การสะท้อนแสงจากผิวที่มีความหนา ซึ่งการสะท้อนแสงจะไม่เปลี่ยนแปลงไปโดยการเพิ่มความหนาขึ้น

ค่านี้อาจใช้เป็นองค์ประกอบที่จะยืนยันผลการติดสีของผ้าได้อีกอย่างหนึ่ง

3.1.1 <u>การเตรียมผ้าโดยใช้เปอร์คลอโรเอทิลีนและย้อมสีไดเรกท์</u>

วิธีการนี้เป็นการทำให้ผิวหน้าของเส้นใย ขนาด หรือช่องว่างภายในของเส้นใยเปลี่ยนแปลงไป และสามารถที่จะให้น้ำย้อมของสีไดเรกท์แทรกซึมเข้าไปยึดติดด้วยการกระจายแรงยึดระหว่างโมเลกุลสีย้อมและเส้นใย แต่ในการยึดติดนั้น เนื่องมาจากเส้นใยโพลิเอสเตอร์เป็นเส้นใยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ เมื่อถูกกระทำด้วยเปอร์คลอโรเอทิลีน ซึ่งเป็นตัวทำละลายแบบไม่มีขั้ว (non-polar solvent) จะกำจัดสารจำพวกไขเคลือบผิว (surface waxes) [16] และทำให้เส้นใยพองตัว (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ก.) ดังนั้นทำให้เส้นใยมีสัมพรรคภาพ (affinity) ในการยึดติดสีไดเรกท์

ผลที่ได้จากการวัดค่าหาความแตกต่างระหว่างผ้าดิบฟอกและย้อมสีไดเรกท์เป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลองค่าของ ΔL ที่ D65 [12] มีผลต่างกันเท่ากับ 19.73 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค.1) แสดงว่า การติดสีไดเรกท์บนผ้าโพลิเอสเตอร์ได้เพียงเล็กน้อย และระดับความเข้มของสีที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve ของค่า K/S ที่แตกต่างกันกับ blank เท่ากับ 0.41 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงระดับความแตกต่างของ reflectance curve ที่ได้จากค่า ΔK/S เพียงเล็กน้อยสอดคล้องกับผลที่แสดงด้วยค่า L ดังรูปที่ 3.1

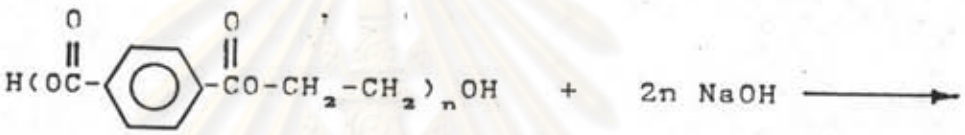


รูปที่ 3.1 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้เปอร์คลอโรเอทิลีน และย้อมสี 1% owf. C.I. Direct Red 28

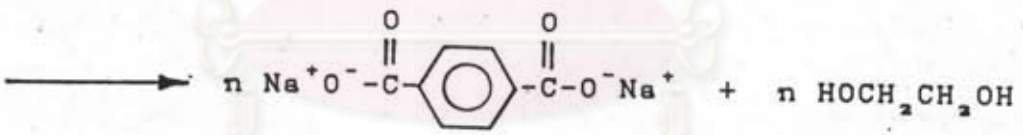
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 การเตรียมผ้าโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟและย้อมสีไดเรกท์

ในการศึกษาด้วยวิธีการนี้ [6] น้ำหนักของผ้าหายไปเนื่องจากปฏิกิริยาของโซดาไฟกับโพลิเอสเตอร์ พบว่า ปฏิกริยาเริ่มจากไอออนของไฮดรอกซิลทำลายประจุบวกของคาร์บอนอะตอมในโครงสร้างโพลิเอสเตอร์ โปรตอนของน้ำจะแยกหมู่ OR^- ออกมาในขณะที่ประจุลบของคาร์บอกซิลกับโซเดียมไอออนก่อให้เกิดเกลือขึ้น ดังสมการ :



โพลิเอสเตอร์ (นน.โมเลกุล = 192) + โซดาไฟ (นน.โมเลกุล = 40)



ไดโซเดียม เทเรฟทาเลต (นน.โมเลกุล = 210) + เอทิลีนไกลคอล (นน.โมเลกุล = 62)

จากแนวทางดังกล่าวข้างต้น จึงนำผ้าที่ผ่านการไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้าที่หายไป และทดสอบสมบัติของเส้นใยทางด้านความคงทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัว เพื่อหาค่าที่เหมาะสมนำไปทดลองหาความเป็นไปได้ต่อการย้อมสี ตามตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้าที่หายไป

% น้ำหนักผ้าที่หายไป / ภาวะของไฮโดรลิซิส	ปริมาณโซดาไฟ (กรัมต่อลิตร)			
	5	15	30	45
ก) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส				
- เวลา 30 นาที	1.61	2.82	6.89	11.21
- เวลา 60 นาที	1.85	6.26	14.31	23.24
ข) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส				
- เวลา 30 นาที	1.56	***	8.62	***
- เวลา 60 นาที	1.74	4.57	9.52	17.18

ตารางที่ 3.2 ค่าความทนทานต่อแรงดึง และอัตราการยืดตัวที่ไฮโดรลิซิสผ้าด้วยโซดาไฟ

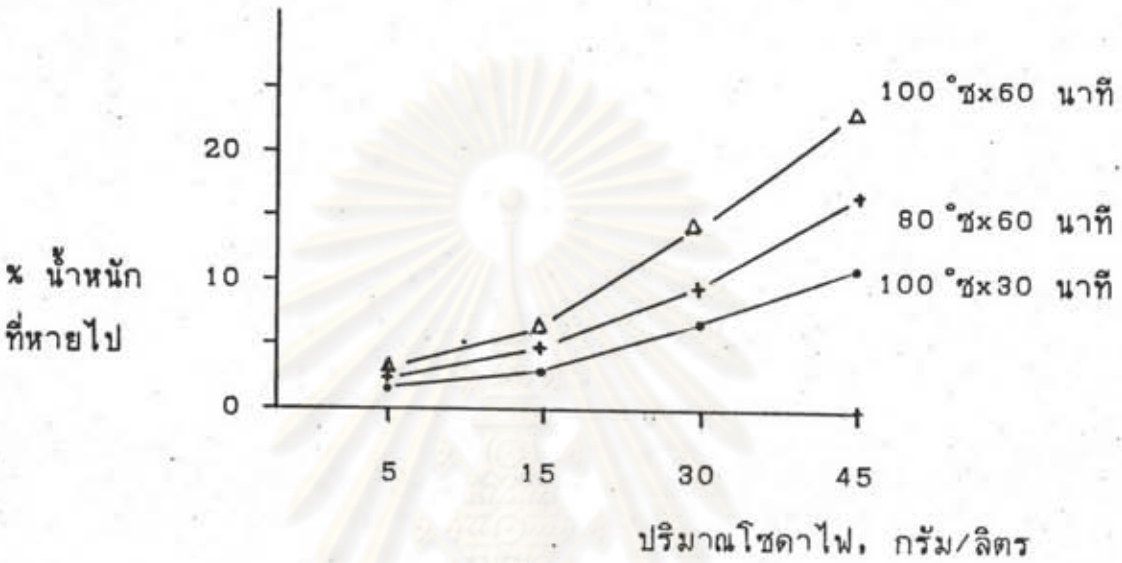
ภาวะของไฮโดรลิซิส / หน่วย / ปริมาณโซดาไฟ	อุณหภูมิ 100 °ซ				อุณหภูมิ 80 °ซ	
	เวลา 30 นาที		เวลา 60 นาที		เวลา 60 นาที	
	กรัม[1]	(%)[2]	กรัม[1]	(%)[2]	กรัม[1]	(%)[2]
5 กรัมต่อลิตร	1,200	24.0	1,200	25.0	1,270	22.5
15 กรัมต่อลิตร	***	***	1,200	23.5	1,150	22.5
30 กรัมต่อลิตร	1,175	23.5	1,175	23.5	1,150	22.5
45 กรัมต่อลิตร	***	***	750	22.5	900	22.5

[1] = ค่าความทนทานแรงดึง มีหน่วยเป็นกรัม

[2] = ค่าอัตราการยืดตัว มีหน่วยเป็นร้อยละ (%)

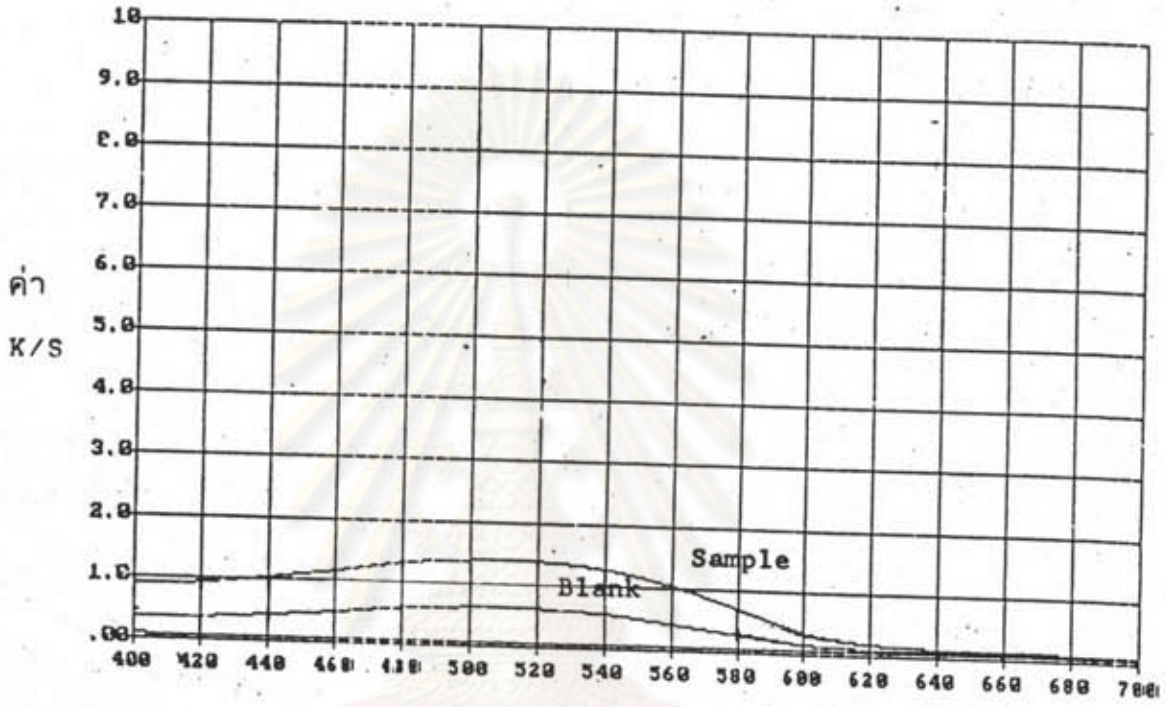
*** = ไม่ได้ทำการทดลอง

จากการทดลองวิธีการหาเปอร์เซนต์การหายไปของน้ำหนักผ้าปรากฏว่า ความเข้มข้นของโซดาไฟ อุณหภูมิ และเวลา มีผลต่อสมบัติของผ้าและปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟ 30 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 60 นาที มีภาวะที่เหมาะสมนำไปทดลองย้อมสีต่อไป ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผ้าที่หายไปและปริมาณของโซดาไฟ

เพราะวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ นอกจากที่ให้สมบัติของผ้าโพลิเอสเตอร์มีผิวสัมผัสดีขึ้นแล้ว [17] ทำให้การดูดซับของสีย้อมดีขึ้นด้วย ดังนั้นในการทดลองนำผ้าที่เตรียมโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟมาย้อมด้วยสีไดเรกท์แล้วทดสอบวัดค่าความแตกต่างของสีระหว่างผ้าดิบฟอกและย้อมสีไดเรกท์เป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลองได้ค่าของ ΔL ที่ D65 [12] มีผลต่างกันเท่ากับ 22.83 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค.2) แสดงว่า การติดสีไดเรกท์บนผ้าโพลิเอสเตอร์ได้เล็กน้อย และระดับความเข้มของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve ให้เห็นชัดเจนด้วยค่า $\Delta K/S$ ที่ต่างกันเท่ากับ 0.581 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ และย้อมสี 1% owf. C.I. Direct Red 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 การเตรียมผ้าก่อนย้อมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสีไดเรกท์

การย้อมผ้าโพลิเอสเตอร์ที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก.ด้วยสีไดเรกท์นั้น มีข้อพิจารณาทั่วไป 2 แนวทาง คือ

1. เรซิน ก.
2. โครงสร้างของสีย้อมและการยึดติดเส้นใย

1. เรซิน ก.

จากสูตรโครงสร้างทางเคมีของเรซิน ก. กลุ่มเคมีที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงอณูของสีย้อม คือ

1. $>N^{+}R_2$: หมู่ควอเทอนารีแอมโมเนียม (quarternary ammonium group)

2. -OH : หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group)

ดังนั้น การที่เตรียมผ้าด้วยเรซิน [18] หมายถึง กระบวนการที่ทำให้โมโนเมอร์ของเรซินสามารถผ่านเข้าไปอยู่ในช่องว่างของเส้นใย หรือช่องว่างระหว่างโครงสร้างของผ้าทอและเปลี่ยนเป็นโพลิเมอร์ได้ภายหลัง เนื่องจากโมเลกุลบางส่วนของเรซินที่ซึมเข้าไปในเส้นใยนั้น จะคงรูปเป็นสารเหนียวในตอนแรก ที่อยู่ในรูปของพรีคอนเดนเสต (precondensate) ในสภาวะนี้ เรซินจะผ่านแทรกซึมเข้าไปในเส้นใย ไม่ใช่ติดอยู่ที่ผิว เมื่อทำให้เกิดปฏิกริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน แล้วเป็นโพลิเมอร์เกาะติด หรือแทรกเข้าไปในผิวของเส้นใยโดยเกิดกลไกการเชื่อมโยงขึ้นภายในโมเลกุล ทำให้เส้นใยแข็งแรง ยืดหยุ่นดีขึ้น และมีสมบัติเฉพาะกาลตามเรซินชนิดนั้น ๆ

2. โครงสร้างของสีย้อม และการเกาะติดเส้นใย

เป็นที่ยอมรับกันว่าสีไดเรกท์ย้อมติดเส้นใยได้นั้น เกิดจากแอนไอออนในส่วนประกอบที่ให้สี ในหลักการนี้อาจจะใช้ทฤษฎีเดียวกับการย้อมสีแอซิดได้ ในบางกรณี สำหรับการทดลองย้อมผ้าโพลิเอสเตอร์ด้วยสีไดเรกท์นี้ ได้มีการเปลี่ยนแปลงผิวหน้าของใยโพลิเอสเตอร์ ให้มีกลุ่มเคมีของหมู่ควอเทอนารีแอมโมเนียม คล้ายๆ กับโครงสร้างภายในของขนสัตว์หรือไนลอน ทั้งนี้เกิดขึ้นได้จากการที่ใช้เรซินเป็นตัวกลางเกาะยึดติดภายในช่องว่างของเส้นใย และช่องว่างระหว่างโครงสร้างของลายทอ ซึ่งหมู่ควอเทอนารี แอมโมเนียมที่เกิดจากเรซินนี้จะเรียงรายอยู่ และสามารถรวมกับแอนไอออนของสีได้

ดังนั้นการยึดติดระหว่างสีย้อม และเส้นใย ในกรณีนี้สามารถเขียนความสัมพันธ์การทำหน้าที่ของหมู่ควอเทอนารีแอมโมเนียมที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงให้สียึดติดได้ดังนี้

ผ้าทอโพลิเอสเตอร์ — [หมู่ควอเทอนารี แอมโมเนียม] — โมเลกุลของสีย้อม

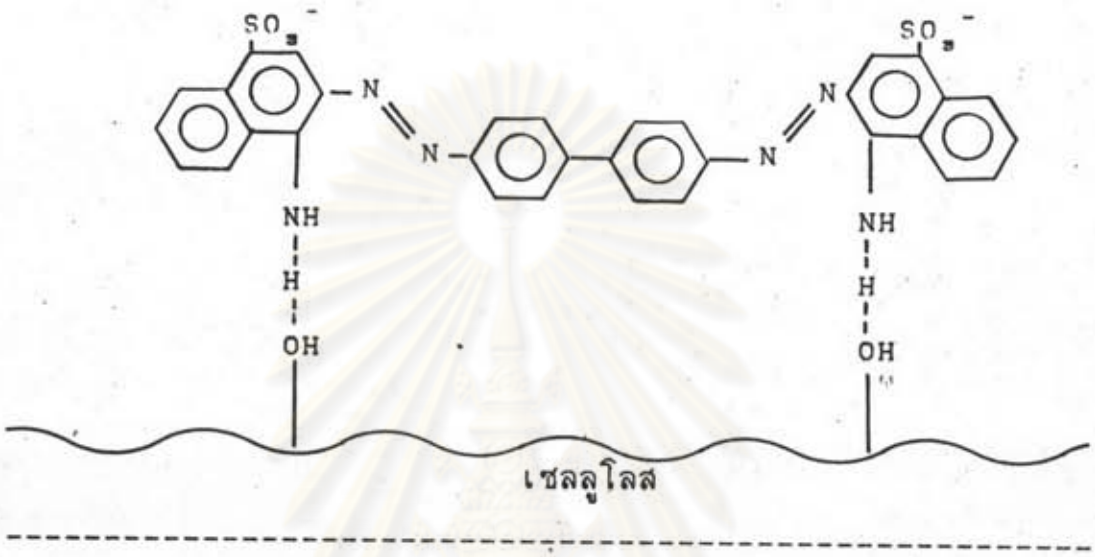
จากหลักการนี้ ข้อควรพิจารณาของทฤษฎีการย้อมสีแอซิด เปรียบเทียบพบว่า จะสอดคล้องกับข้อสมมุติฐานในการย้อมนี้ กล่าวคือ สีแอซิดย้อมติดเส้นใยได้โดยก่อรูปกับหมู่เคมีกลุ่มอะมิโนของโปรตีน โดยที่เส้นใยโปรตีนหรือไนลอนจะมีหมู่ $-N^+H_3$ เรียงรายอยู่ และสามารถรวมตัวกับแอนไอออนของสีได้ตามสมการ [19] :

$$^-OOC\text{-}W\text{-}NH_2 \xrightarrow{H^+X^-} HOOC\text{-}W\text{-}NH_3^+ \}\ X^-$$

HX = แทนสีย้อมชนิดแอนไอออน

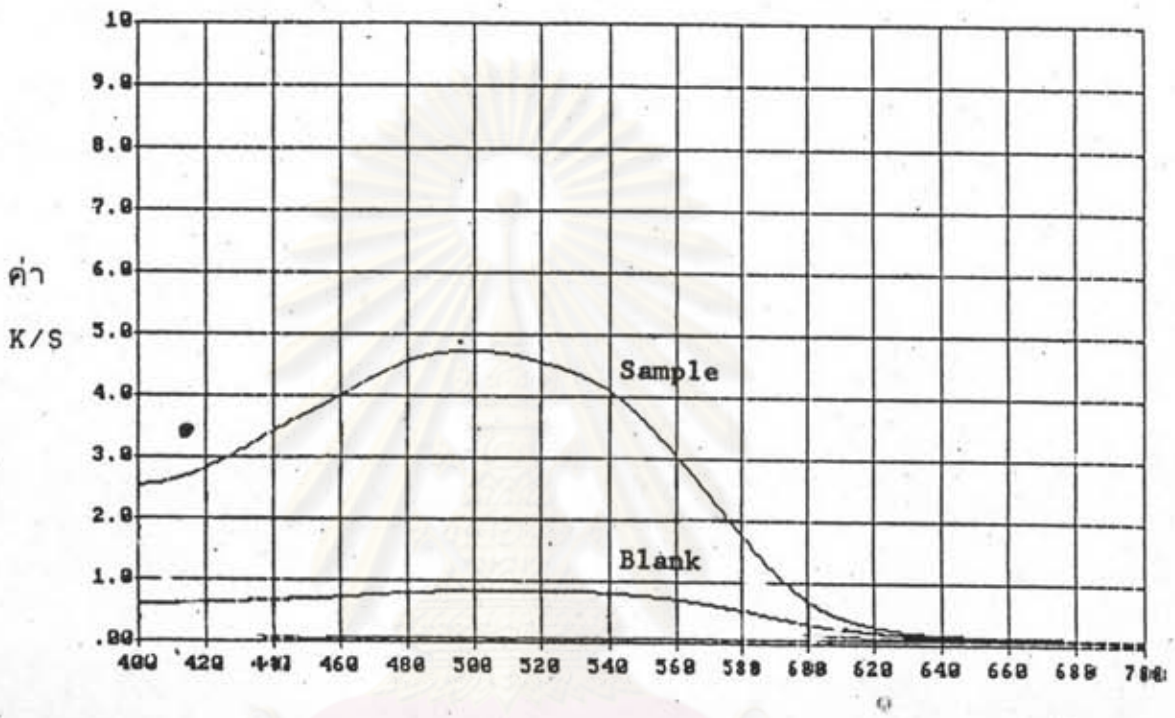
W = เส้นใยโปรตีนหรือไนลอน

จากสมการนี้ที่เป็นหลักการที่อธิบายได้ตามทฤษฎีของสีย้อมชนิดแอนไอออนทั่วไปดังตัวอย่างทฤษฎีการติดสีของคองโกเรดที่มีต่อเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ดีของทฤษฎีนี้ ดังรูปที่ 3.4 [9]



รูปที่ 3.4 การดูดซึมของสีคองโกเรดบนใยเซลลูโลส

จากการเตรียมผ้าโพลิเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไดเรกท์ โดยใช้เรซิน ก. และวัดหาค่าความแตกต่างของสีระหว่างผ้าดิบฟอกและย้อมสีไดเรกท์เป็น blank เปรียบเทียบกับผ้าที่ใช้ในการทดลอง ได้ค่าของ ΔL ที่ D65 [12] มีผลต่างกันเท่ากับ 37.35 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค.3) แสดงว่า การติดสีไดเรกท์บนผ้าโพลิเอสเตอร์ได้ดี และสอดคล้องกับระดับความเข้มข้นของสีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสีย้อมบนผ้าจาก reflectance curve ที่เห็นได้ชัดเจนด้วยค่า $\Delta K/S$ ที่ต่างกันเท่ากับ 2.104 ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสี 1% owf. C.I. Direct Red 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบการเตรียมผ้า

จากการทดสอบหาค่าความแตกต่างของสี ในข้อ 3.1.1, 3.1.2 และ 3.1.3 ปรากฏว่า ค่าของ ΔL ที่ D65 ของการเตรียมผ้าโดยใช้เรซิน ก. ทำให้ดูดซับสีไดเรกท์ได้ดีที่สุด (ΔL ที่ D65 โดยวิธีใช้เรซิน ก. เปรียบเทียบกับ blank เท่ากับ 37.35) วิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟดูดซับสีไดเรกท์ได้ปานกลาง (ΔL ที่ D65 โดยวิธีไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟเปรียบเทียบกับ blank เท่ากับ 22.83) และใช้เปอร์คลอโรเอทิลีนดูดซับสีไดเรกท์ได้น้อยที่สุด (ΔL ที่ D65 โดยวิธีใช้เปอร์คลอโรเอทิลีนเปรียบเทียบกับ blank เท่ากับ 19.73) และการติดสีของการใช้เรซิน ก. ดีกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะว่าเรซิน ก. มีกลุ่มเคมีหมู่ควอเทอนารี แอมโมเนียม ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางยึดติดสีย้อมเหมือนกับสีแอซิด ที่ย้อมติดขนสัตว์ [8] แสดงให้เห็นได้ชัดเจนจากค่าความแตกต่างของ $\Delta K/S$ ที่สอดคล้องกับค่าของ ΔL ดังนี้

- ใช้เปอร์คลอโรเอทิลีน, $\Delta K/S = 0.479$
- ใช้ไฮโดรลิซิสด้วยโซดาไฟ, $\Delta K/S = 0.658$
- ใช้เรซิน ก., $\Delta K/S = 2.296$

ดังนั้นจึงเลือกใช้เรซิน ก. เป็นสารเคมีที่ใช้ในการเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของผ้าโพลิเอสเตอร์ก่อนย้อมด้วยสีไดเรกท์

3.2 การย้อมผ้าโพลิเอสเตอร์ที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก.

3.2.1 การเลือกปริมาณเรซิน ก. ที่เหมาะสม

การทดสอบหาค่าความแตกต่างของสีจากการเตรียมผ้าโพลิเอสเตอร์เพื่อย้อมสีไดเรกท์ ปรากฏว่า การเตรียมผ้าโดยใช้เรซิน ก. เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการย้อม จึงได้ทดลองย้อมเลือกปริมาณความเข้มข้นของเรซิน

ก. ที่เหมาะสมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Blue 6 โดยกำหนดปริมาณเรซิน ก. ที่ร้อยละ 0.25, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 และ 9.0 ตามลำดับ นำผ้าที่ย้อมได้มาวัดหาค่าความแตกต่างของสี ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของ L ที่มีต่อปริมาณการใช้เรซิน ก. (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค. 4) ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าความแตกต่างของสีที่มีต่อปริมาณเรซิน ก.

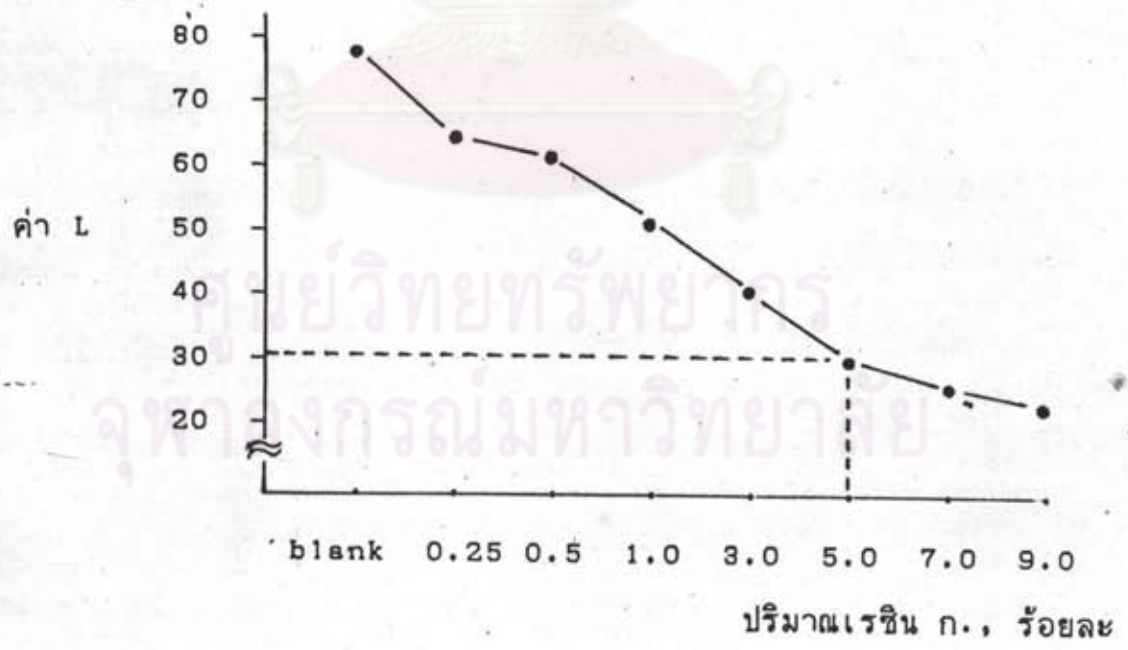
ปริมาณเรซิน ก. (%)	ค่าเฉลี่ยของ L
blank	78.98
0.25	64.54
0.5	62.40
1.0	51.53
3.0	40.53
5.0	30.01
7.0	27.38
9.0	24.62

จากตารางที่ 3.4 ใช้หลักการทางสถิติ เพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมของค่า L มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันที่ t value = 95% ปรากฏว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดปริมาณเรซิน ก. เท่ากับร้อยละ 5 และพิจารณาค่า L สามารถเปรียบเทียบให้เห็นได้ดังนี้

ปริมาณการใช้เรซิน ก. ที่ร้อยละ 3 มีค่า L เท่ากับ 40.53 และปริมาณการใช้เรซิน ก. ที่ร้อยละ 5 มีค่า L เท่ากับ 30.01 แสดงว่า มีค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้เรซิน ก. เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 แต่มีความแตกต่างค่าของ L ของปริมาณการใช้เรซิน ก. ลดลงเท่ากับ 10.52

ปริมาณการใช้เรซิน ก. ที่ร้อยละ 7 มีค่า L เท่ากับ 27.38 (จากปริมาณการใช้เรซิน ก. ร้อยละ 5 ค่า L เท่ากับ 30.01) พบว่า ค่าของ L ลดลงจากปริมาณการใช้เรซิน ก. ที่เพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เท่ากับ 2.63

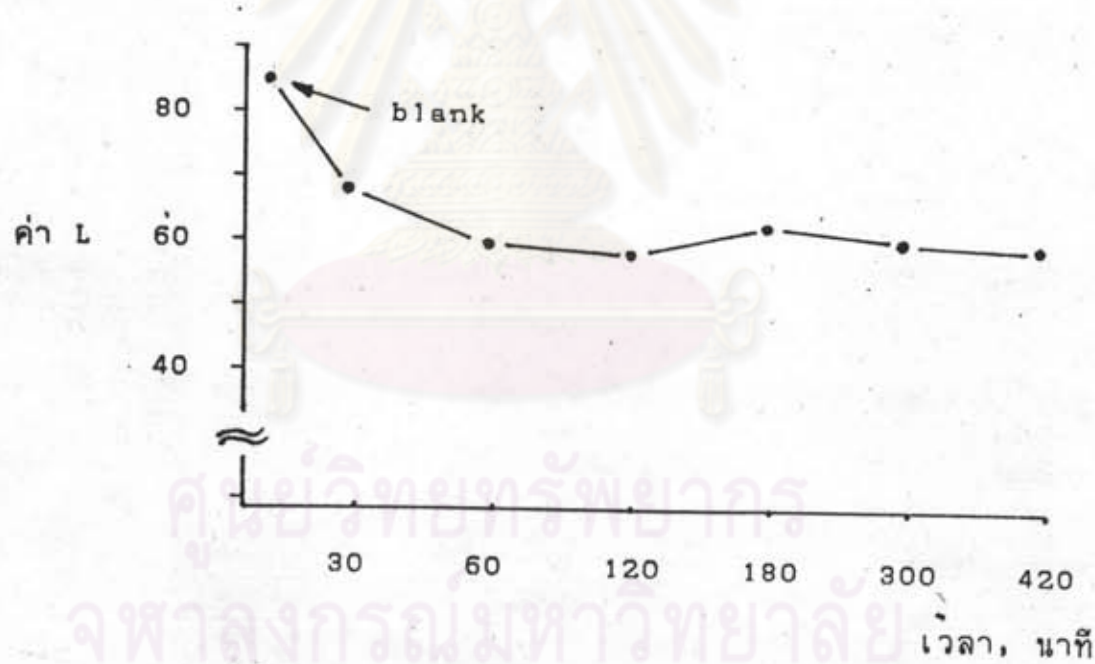
ดังนั้นปริมาณการใช้เรซิน ก. ที่เหมาะสม คือ ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5 เพราะว่า อัตราที่เพิ่มขึ้นของการใช้เรซิน ก. จากร้อยละ 3 ถึง ร้อยละ 7 สรุปได้ว่า ค่า ΔL ระหว่างที่ปริมาณการใช้เรซิน ก. ร้อยละ 3 กับ 5 มีค่าความแตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด (ΔL เท่ากับ 10.552) แต่การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของการใช้เรซิน ก. จากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 7 ค่า ΔL แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (ΔL เท่ากับ 2.63) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณการใช้เรซิน ก. สูงขึ้นอีกร้อยละ 2 (จากปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5) เป็นการเพิ่มปริมาณที่ไม่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ เมื่อเทียบกับปริมาณการติดสีที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของค่า L กับปริมาณเรซิน ก. ได้ตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ของค่า L ที่มีต่อปริมาณเรซิน ก. และย้อมสี 1% owf. C.I. Direct Blue 6

3.2.2 การย้อมผ้าโพลิเอสเตอร์ด้วยสีไดเรกท์ให้ได้จุดสมดุล

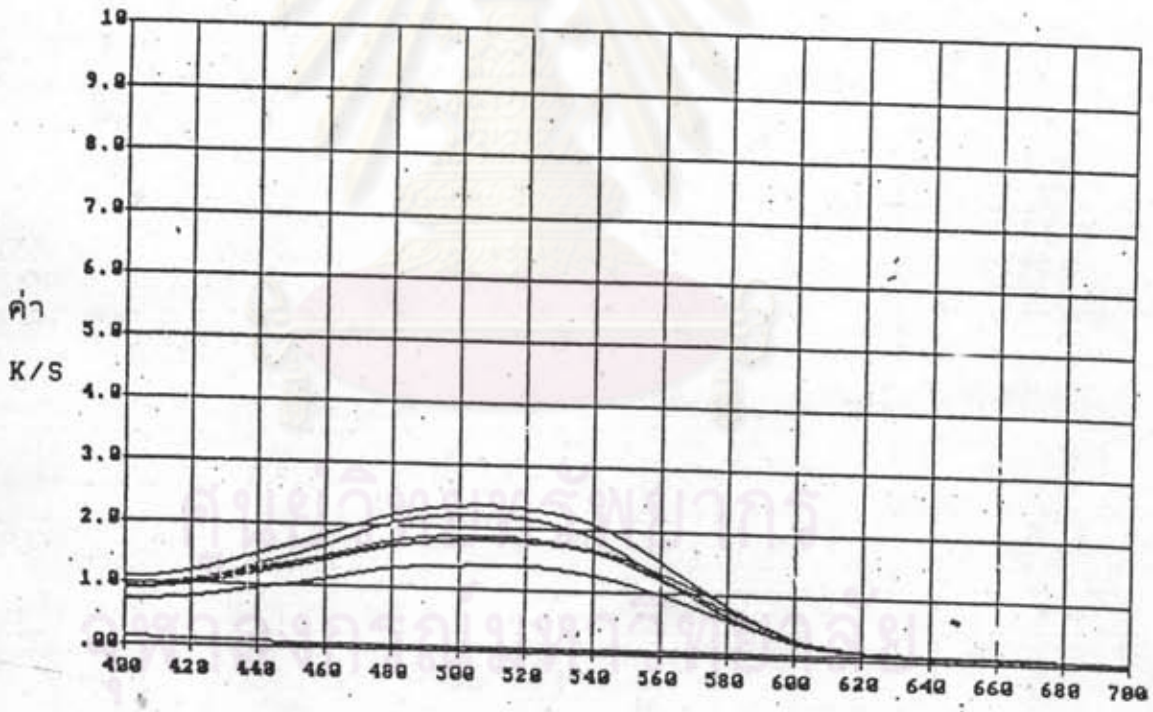
การตัดสินค่าของจุดสมดุลแห่งการย้อม โดยวิธีไอโซเทอร์มของการดูดซึม ในกรณีของผ้าโพลิเอสเตอร์ที่ทดลองย้อมด้วยสีไดเรกท์นี้ พิจารณาจากสมการเส้นตรงของแลงเมียร์ไอโซเทอร์ม [9] ตามรูปที่ 1.3 นั้น โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ ในการย้อมสีให้คงที่ สำหรับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปจาก 30, 60, 120, 180, 300, และ 420 นาที วัดค่าความแตกต่างของสี ได้ค่า L ที่ D65 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค.5) เปรียบเทียบกับผ้าดิบฟอกย้อมสีไดเรกท์เป็น blank (85.10) เท่ากับ 68.49, 59.58, 58.04, 62.80, 60.00 และ 59.94 ตามลำดับ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ค่า L กับเวลาที่จุดสมดุลของการย้อมสี

จากรูปแสดงว่า ไม่เป็นไปตามสมการเส้นตรงที่ได้จากแลงเมียร์ไอโซเทอร์ม เพราะว่า ความสัมพันธ์ที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับสมบัติระหว่างสีย้อมกับเส้นใย แต่ในที่นี้พบว่า จะขึ้นอยู่กับสีย้อมและปริมาณการใช้เรชิน ก. เท่านั้น

ส่วนค่า K/S ที่แสดงผลการติดของสีย้อมบนผืนผ้า จะสอดคล้องกับค่าของ L ที่เปรียบเทียบกับ blank ที่เป็นผ้าดิบฟอกและย้อมสีไดเรกท์ ปรากฏว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98, 0.935, 1.123, 0.721, 1.005 และ 0.905 ของเวลาปลี่ยนแปลงที่ 30, 60, 120, 180, 300 และ 420 นาที เปรียบเทียบกับผ้าดิบฟอกย้อมสีไดเรกท์ (0.093) ซึ่งค่า K/S ของผ้าที่ย้อมได้เหล่านี้มีค่าไม่แตกต่างกันมาก แม้ว่าเวลาที่ใช้ย้อมเปลี่ยนแปลงจากเดิมแตกต่างกันถึง 390 นาที (จาก 30 นาที ถึง 420 นาที) ซึ่งความสัมพันธ์ของค่า K/S นี้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ค่า K/S หาความสัมพันธ์ของการย้อมสีไดเรกท์ให้ได้จุดสมดุลด้วยสี 1 % owf. C.I.Direct Red 28

3.2.3 การย้อมสีไดเรกท์หมู่เอ, บี และซี

1. การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึม

น้ำย้อมที่ได้จากทำการทดลองของการย้อมผ้าโพลิเอสเตอร์ที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมด้วยสีหมู่เอ หมู่บี และหมู่ซี ปริมาณความเข้มข้นเรซิน ก. ที่ร้อยละ 5 ปรากฏว่า การดูดซึมของสีหมู่เอโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 64.23 (ค่าคงที่ = 0.9855) สีหมู่บีเท่ากับร้อยละ 47.57 (ค่าคงที่ = 1.0169) และสีหมู่ซีเท่ากับร้อยละ 54.89 (ค่าคงที่ = 0.9757) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีย้อมตามปริมาณสีย้อมของสีไดเรกท์ทั้งสามหมู่เท่ากับ 55.56 ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีย้อม

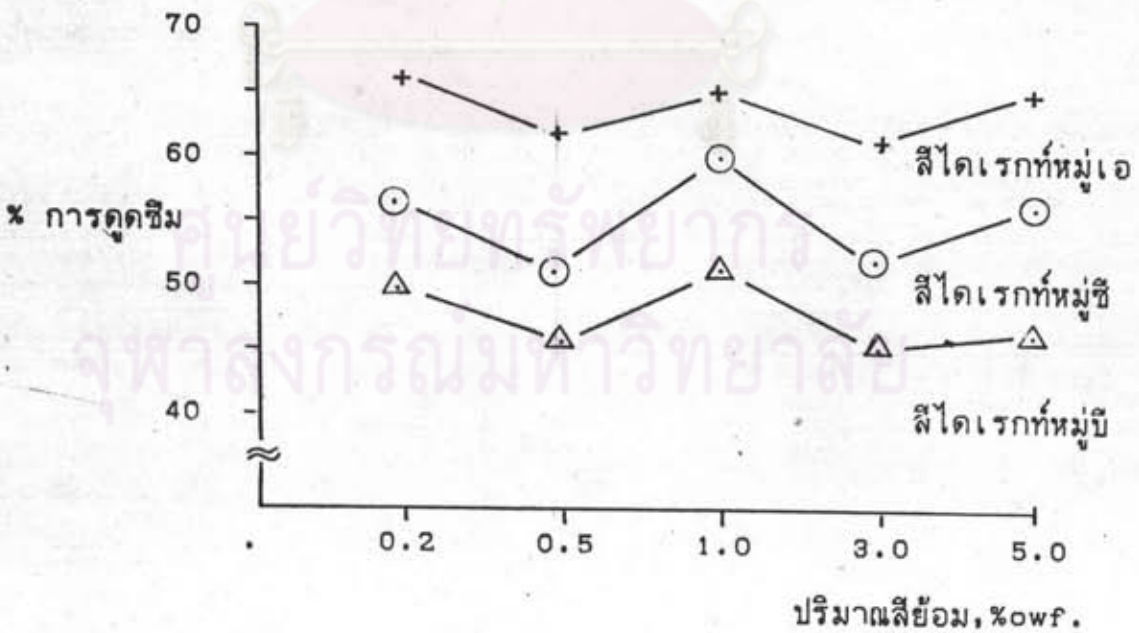
สีย้อม	ปริมาณสีย้อม (% owf.)	% การดูดซึม
C.I.Direct Yellow 12	0.2	66.42
	0.5	62.48
	1	65.88
	3	61.95
	5	64.41
C.I.Direct Blue 6	0.2	49.77
	0.5	45.31
	1	51.96
	3	44.71
	5	46.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีย้อม

สีย้อม	ปริมาณสีย้อม (% owf.)	% การดูดซึม
C.I.Direct Red 28	0.2	56.93
	0.5	50.11
	1	59.27
	3	51.55
	5	56.59
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของ-สีไดเรกท์ทั้งสามหมู่ ($\bar{X}$)		55.56

จากตารางที่ 3.4 แสดงว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมของสีไดเรกท์ที่มีต่อผ้าที่เตรียมโดยวิธีใช้เรซิน ก. สีหมู่เอมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมดีที่สุด สีหมู่ซีมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมปานกลาง และสีหมู่บีมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมต่ำกว่าหมู่เอและหมู่ซีตามลำดับ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมกับปริมาณสีย้อมของหมู่สีต่างๆ

2. การหาความแตกต่างของสีบนผ้าที่ย้อมสีไดเรกท์หมู่เอ, หมู่บี และหมู่ซี

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5และย้อมสีไดเรกท์หมู่เอ, บี และซี ที่มีปริมาณสีย้อมตั้งแต่ 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 % owf. ตามลำดับ วัดค่าความแตกต่างของสี ซึ่งค่าของ L ที่ D65 เปรียบเทียบระหว่างผ้าดิบฟอกย้อมสีไดเรกท์เป็น blank (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค., ตารางที่ ค.6 ถึง ค.8) ตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่า L ที่ D65 ของความแตกต่างของสีบนผ้าโพลิเอสเตอร์ที่ย้อมด้วยสีไดเรกท์หมู่เอ, บี และซี

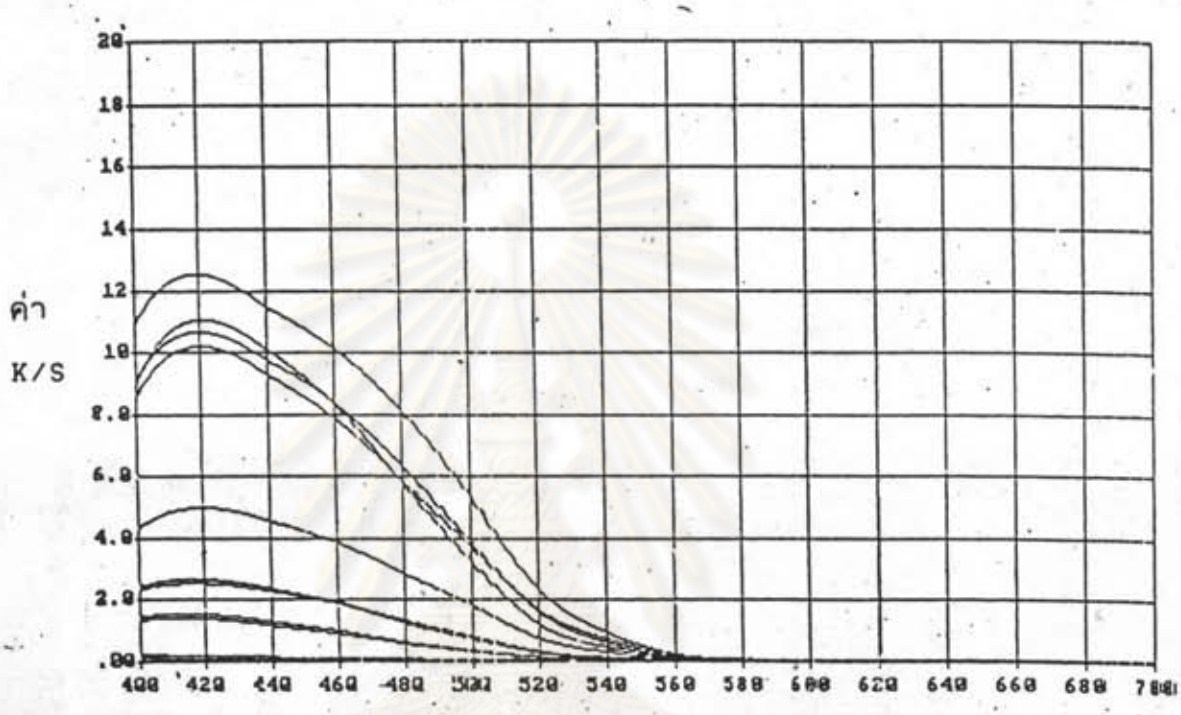
สีย้อม	ปริมาณสีย้อม (% owf.)	ค่า L
หมู่เอ	Blank	85.53
	0.2	81.06
	0.5	78.50
	1.0	74.53
	3.0	70.66
	5.0	67.79
หมู่บี	Blank	76.39
	0.2	58.99
	0.5	60.41
	1.0	52.21
	3.0	42.84
	5.0	36.22

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่า L ที่ D65 ของความแตกต่างของสีบนผ้าโพลิเอสเตอร์ที่ย้อมด้วยสีไดเรกท์หมู่เอ, บี และซี

สีย้อม	ปริมาณสีย้อม (% owf.)	ค่า L
หมู่ซี	Blank	76.64
	0.2	63.54
	0.5	65.87
	1.0	52.03
	3.0	41.86
	5.0	45.99

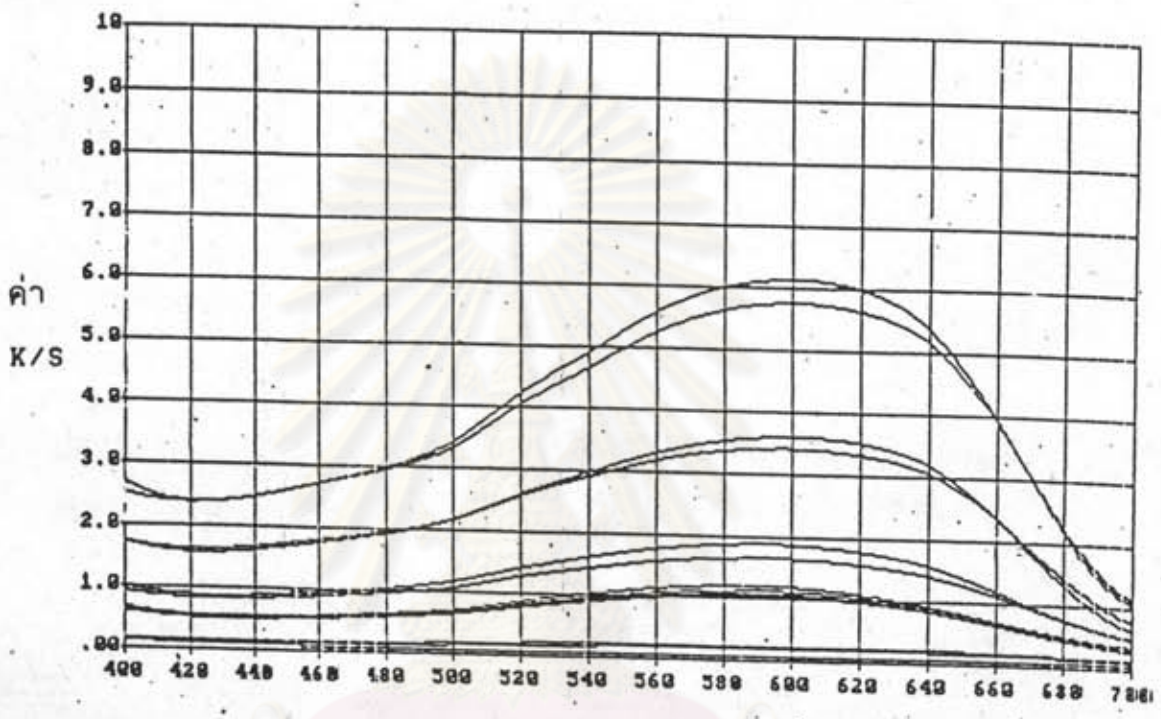
ส่วนค่า K/S ที่แสดงผลการติดสีย้อมบนผืนผ้า มีค่าเฉลี่ยโดยสรุปของสีหมู่เอเท่ากับ 0.431, 0.8, 1.526, 3.211 และ 3.942 สีหมู่บีเท่ากับ 0.807, 0.837, 1.287, 2.383 และ 3.959 สีหมู่ซีเท่ากับ 0.617, 0.784, 1.988, 3.317 และ 4.807 ซึ่งหาความสัมพันธ์ของค่า K/S เปรียบเทียบกับ blank เมื่อค่า L ของสีไดเรกท์หมู่เอเท่ากับ 0.219, หมู่บีเท่ากับ 0.114, หมู่ซีเท่ากับ 0.213 ในขณะที่ค่า K/S ของผ้าดิบเท่ากับ 0.9 ซึ่งสอดคล้องกับค่าของ L และแสดงให้เห็นได้ตามรูปที่ 3.10 ถึง 3.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



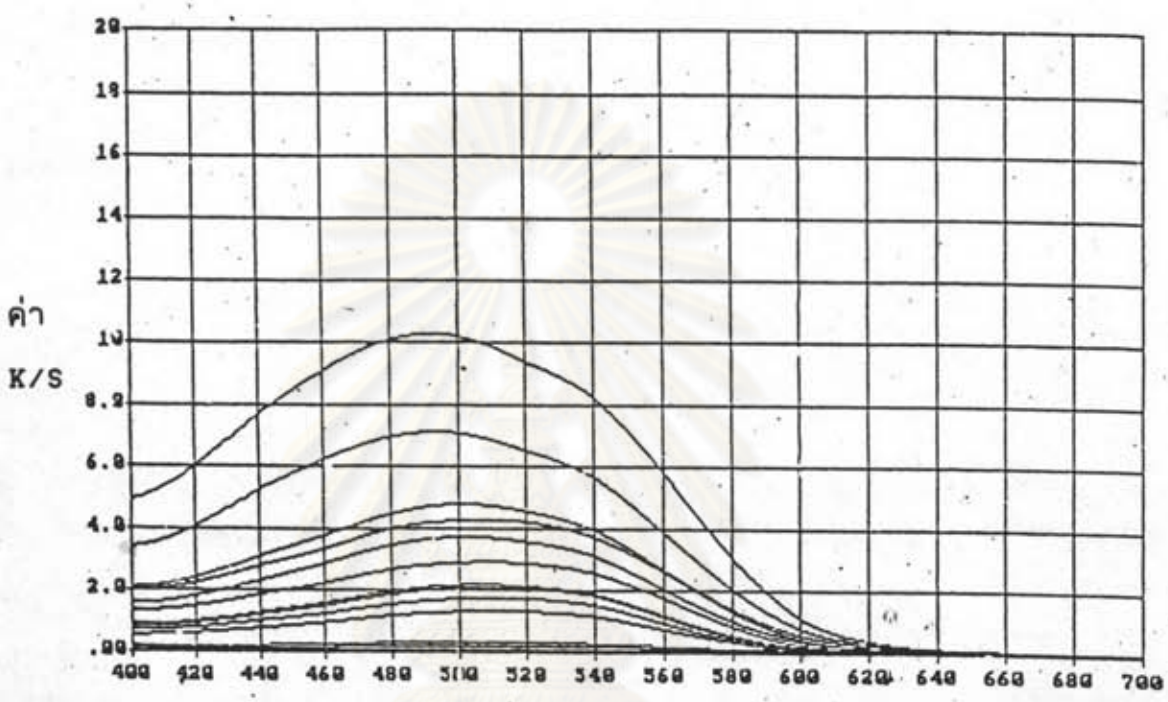
รูปที่ 3.10 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสีไดเรกท์หมู่เอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสีไดเรกท์หมู่บี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 ค่า K/S ของผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสีไดเรกท์หมู่ซี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

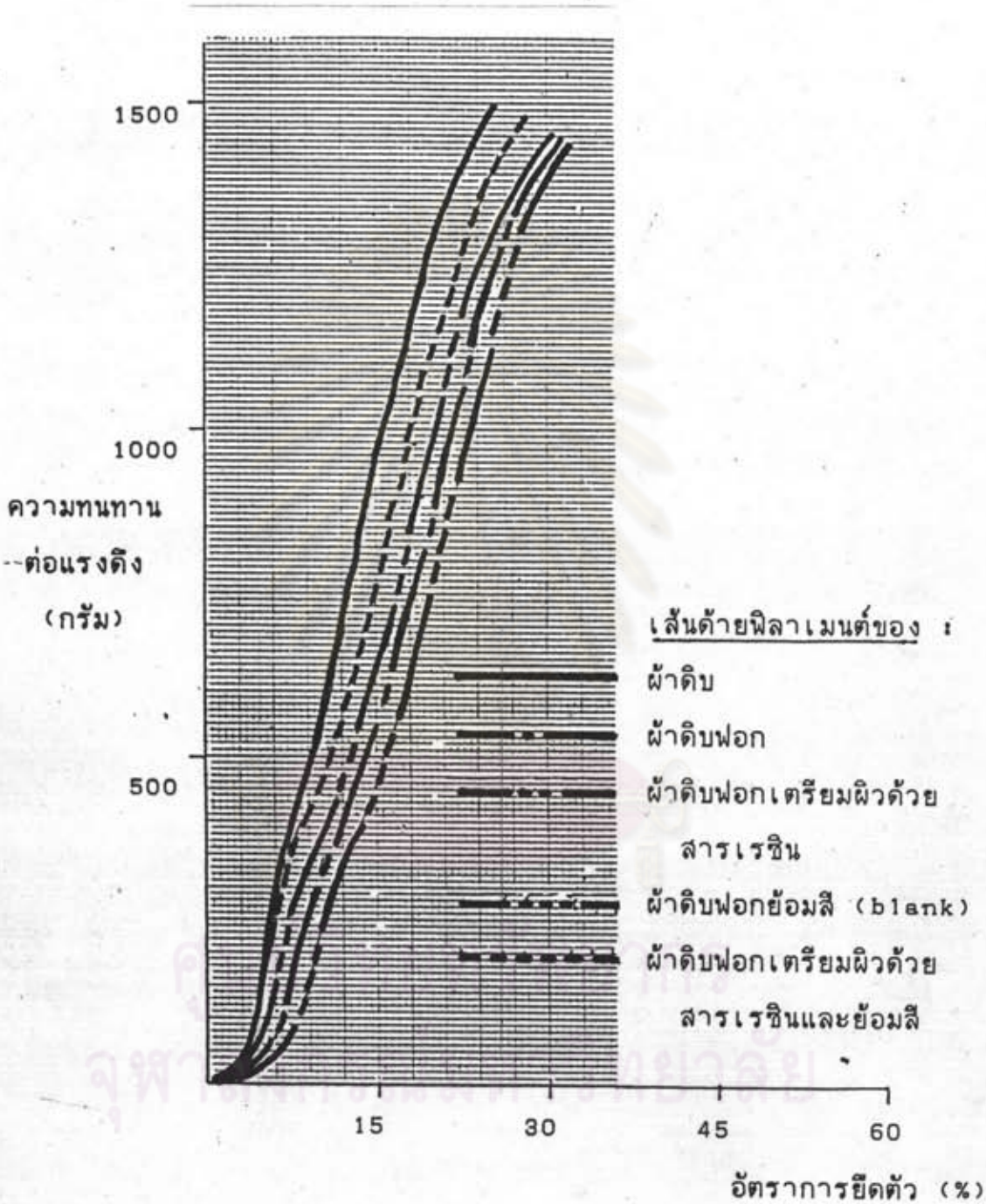
3.3 การหาสมบัติความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัว

นำผ้าตัวอย่างที่ทำการทดลองมาหาค่าความทนทานต่อแรงดึง และอัตราการยืดตัวของเส้นด้ายฟิลาเมนต์จากผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดลองปรากฏว่า สมบัติของเส้นใยโพลิเอสเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากสมบัติเดิม ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยสรุปตามตารางที่ 3.6 และความสัมพันธ์ของกราฟดังรูปที่ 3.13 ถึง 3.16

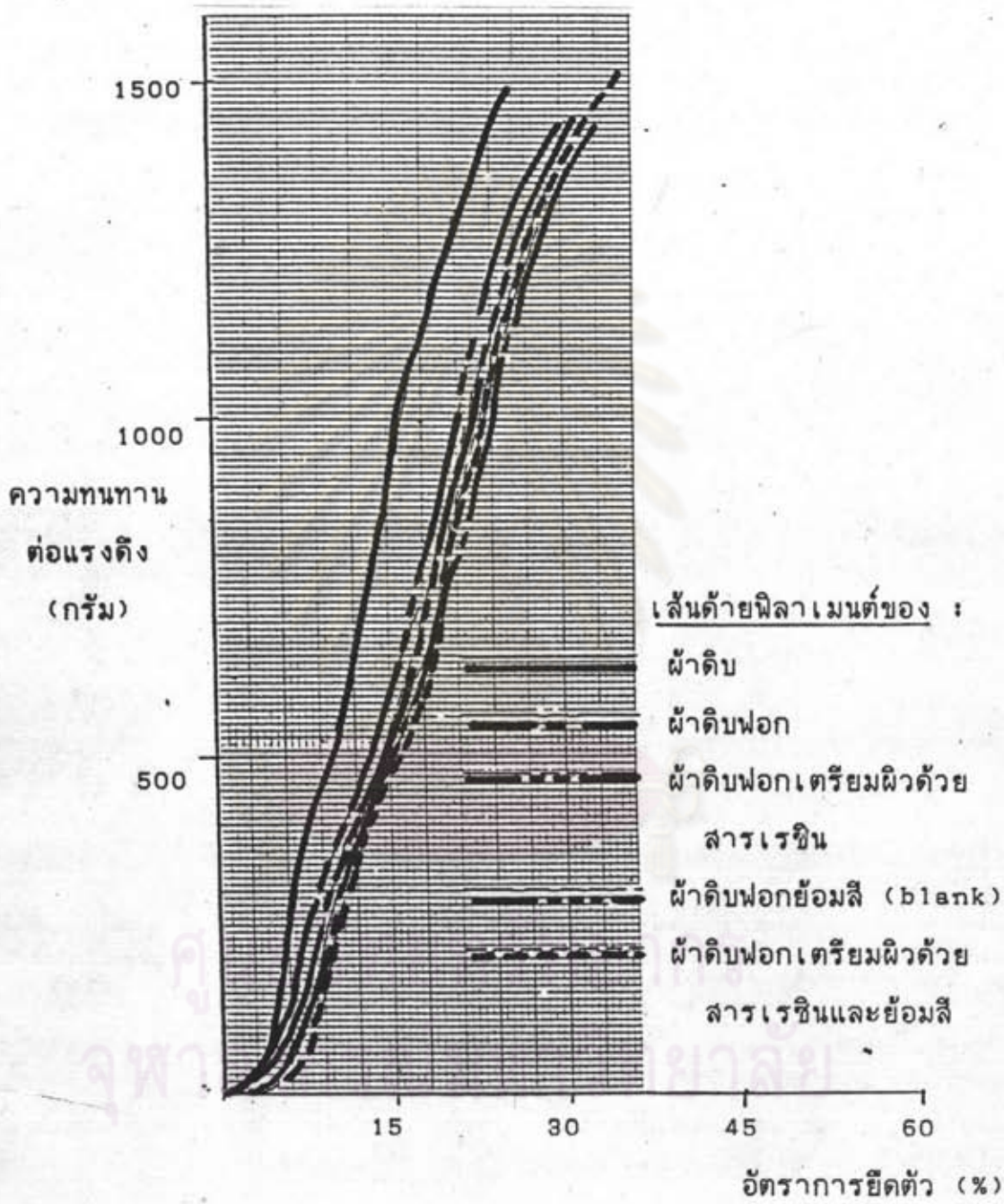
ตารางที่ 3.6 ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่ย้อมสีไดเรกท์

เส้นด้ายฟิลาเมนต์ของตัวอย่าง	ความทนทานต่อแรงดึง		อัตราการยืดตัว	
	กรัม	CV%*	%	CV%*
1) ผ้าดิบ	1,499	2.43	28.1	5.15
2) ผ้าดิบฟอก	1,450	3.56	34.4	3.49
3) ผ้าดิบฟอก เตรียมโดยเปอร์-คลอโรเอทิลีน และย้อมสี	1,513	1.55	34.3	3.55
4) ผ้าดิบฟอก เตรียมโดยไฮโดร-ลิซิสด้วยโซดาไฟ และย้อมสี	1,463	2.63	37.0	8.82
5) ผ้าดิบฟอก เตรียมโดยใช้เรซิน ก. และย้อมสี				
5.1 ไดเรกท์หมู่เอ	1,549	2.76	38.3	6.19
5.2 ไดเรกท์หมู่บี	1,487	1.12	38.0	4.29
5.3 ไดเรกท์หมู่ซี	1,506	3.32	32.7	8.96
6) ผ้าดิบฟอก และย้อมสี (blank)	1,483	1.27	33.8	6.38

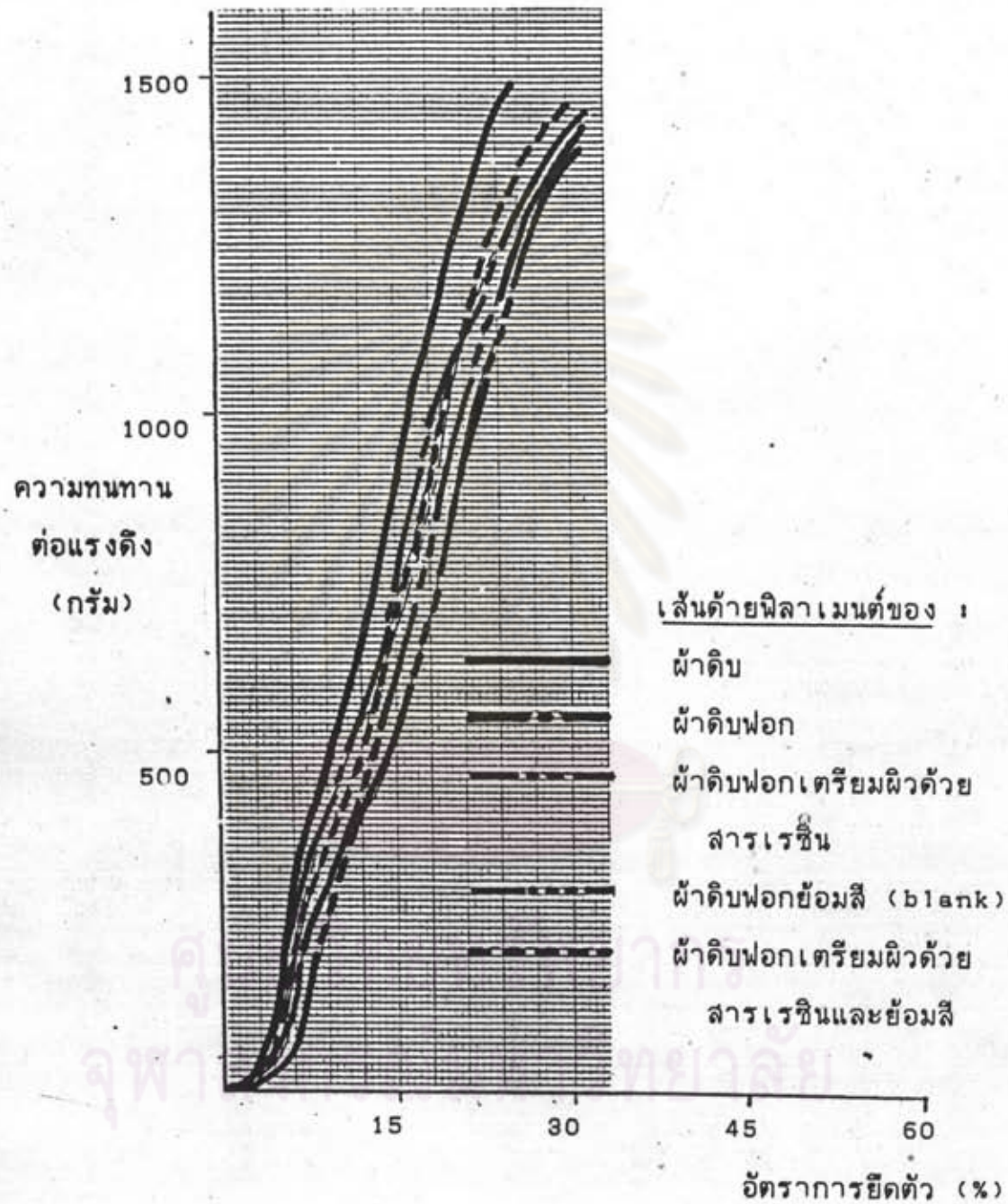
หมายเหตุ : CV%* = เปอร์เซ็นต์ของค่าสัมประสิทธิ์แห่งการแปรผัน (coefficient of variation)



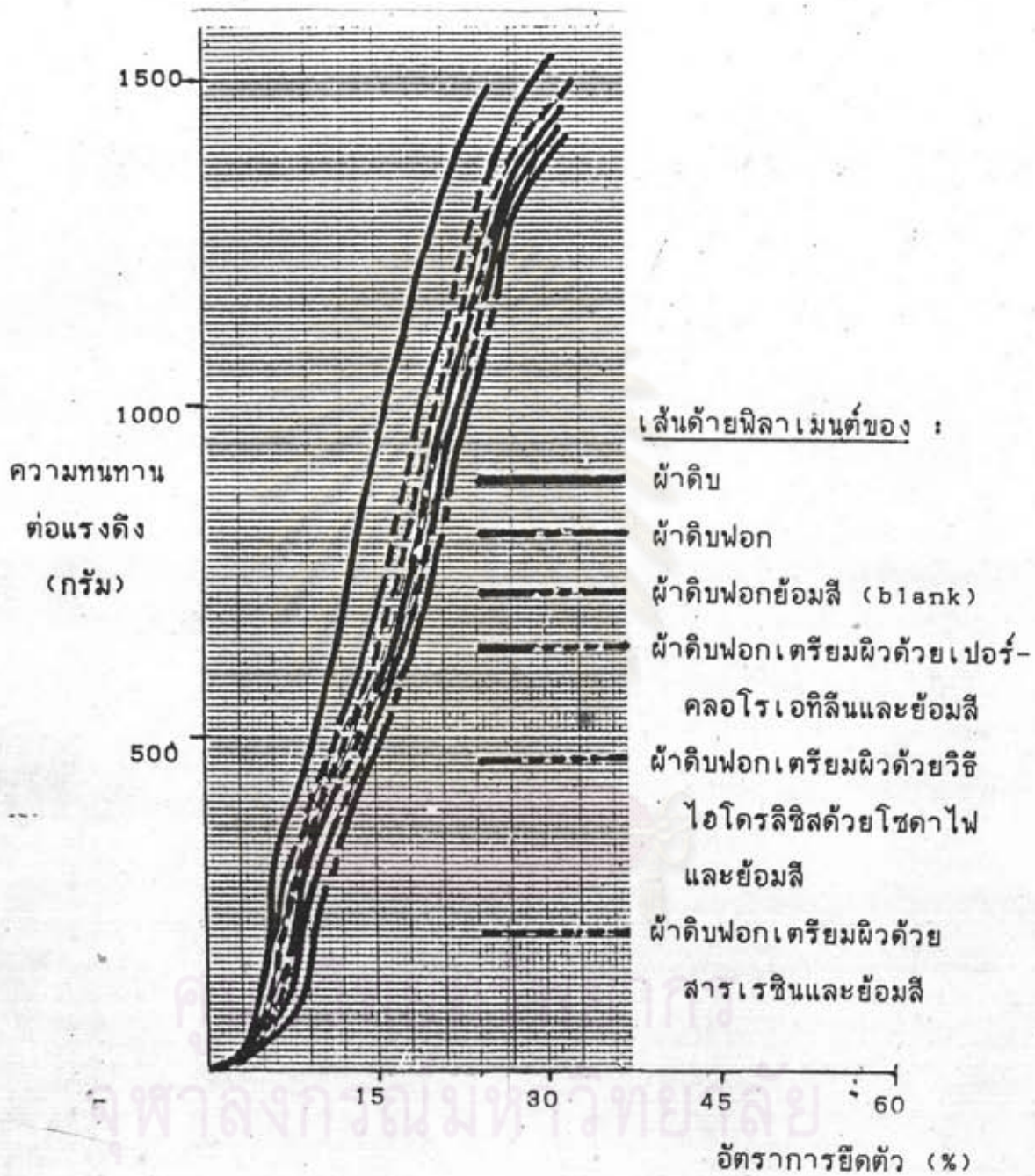
รูปที่ 3.13 ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่ย้อมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Yellow 12



รูปที่ 3.14 ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่ย้อมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Blue 6



รูปที่ 3.15 ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่ย้อมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Red 28



รูปที่ 3.16 ความทนทานต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของผ้าที่เตรียมผิวแต่ละชนิด และย้อมด้วยสี 1% owf. C.I. Direct Red 28

3.4 การหาสมบัติความคงทนต่อแสง

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5 และย้อมด้วยสีไดเรกท์ที่มีความเข้มข้นของสีย้อม 5% owf. มาทดสอบหาความคงทนต่อแสงในระยะเวลาตามมาตรฐานของ AATCC ตั้งแต่ 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ชั่วโมงตามลำดับ เทียบค่ากับสเกลสีเทาสำหรับค่าความเปลี่ยนแปลงของสี ปรากฏว่า ค่าความแตกต่างของสีโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ถึง 3 ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวพบว่า สภาพการใช้งานดีพอใช้ ตามตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าความคงทนต่อแสง เทียบกับสเกลสีเทามาตรฐาน

ระยะเวลาที่ทดลอง	C.I.Direct Yellow 12	C.I.Direct Blue 6	C.I.Direct Red 28
5 ชั่วโมง	5	5	5
10 ชั่วโมง	5	5	5
20 ชั่วโมง	4-5	4-5	4-5
40 ชั่วโมง	4-5	4-5	4-5
80 ชั่วโมง	4-5	4-5	4-5
160 ชั่วโมง	4	4	4
320 ชั่วโมง	3	3	3
640 ชั่วโมง	3	3	3

หมายเหตุ : เกณฑ์การแบ่งระดับความแตกต่างของสี โดยใช้สเกลสีเทาสำหรับวัดค่าเปลี่ยนแปลงของสีต่อแสง ตามมาตรฐานของ AATCC แยกออกเป็นระดับชั้น ดังนี้

ระดับชั้น 9 : ดีสุดยอด (superlative)

ระดับชั้น 8 : ดีเด่น (outstanding)

ระดับชั้น 7 : ดีเยี่ยม (excellent)

ระดับชั้น 6 : ดีมาก (very good)

ระดับชั้น 5 : ดี (good)

ระดับชั้น 4 : ดีพอใช้ (fairly good)

ระดับชั้น 3 : พอใช้ (fair)

ระดับชั้น 2 : เลว (poor)

ระดับชั้น 1 : เลวมาก (very poor)

3.5 การหาสมบัติความคงทนต่อการซัก

นำผ้าที่เตรียมโดยใช้เรซิน ก. ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5 และย้อมสีไดเรกท์ที่มีความเข้มข้น 5% owf. มาทดสอบหาค่าความคงทนต่อการซักตามมาตรฐานของ ISO ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิมก่อนทำการทดลอง และเทียบกับสเกลสีเทามาตรฐาน สำหรับวัดค่าเปลี่ยนแปลงของสี ผลการทดลองโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 ถึง 3 ซึ่งจัดระดับชั้นอยู่ในเกณฑ์ดีถึงปานกลาง ตามตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 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

หมายเหตุ : เกณฑ์การแบ่งระดับความแตกต่างของสเกลสีเทามาตรฐานที่มีความคงทนต่อการซัก แบ่งได้ตามระดับขั้น ดังนี้

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย