

〈研究論文(學術)〉

CDP 섬유의 염색성(I) - CDP 섬유의 염색성 및 견뢰도 -

신우영 · 정동석 · ¹이문철

부산대학교 섬유공학과

Dyeing Properties of CDP Fiber(I) - Dyeing Properties and Color Fastness of CDP Fiber -

Woo Young Shin, Dong Seok Jeong and ¹Mun Cheul Lee

Department of Textile Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

(Received November 30, 2004/Accepted April 4, 2005)

Abstract—Cationic dyeable polyester(CDP) was produced through melt blending of cationic chips having 2mol% of sodium salt of dimethyl ester of 5-sulfoisophthalic acid(DMS salt) and normal polyester chips in different proportions to obtain yarns having varying amount of comonomer in the fiber. The modified polyesters showed increased moisture regain, decreased viscosity, lower softening point and improved antistatic characteristics, according to the amount of modifier. In dyeing at 100 °C the dyeing rate of cationic dyes with CDP fiber increased slowly than that of disperse dyes. In dyeing at 120 °C cationic dyes reached to equilibrium at 30min and disperse dyes at 10min. Cationic dyes in dyeing of CDP fabric have a better wash fastness compared with disperse dyes, also rubbing fastness of cationic dyes is better than that of disperse dyes. The light fastness of CDP fabric for cationic and disperse dyes is not good. The fastness of 75d/36f CDP fabric is higher than 75d/72f fabric. Solvent wicking fastness of CDP with cationic dyes is better than that of disperse dyes.

Keywords : Cationic dyeable polyester(CDP), cationic dyes, disperse dyes, fastness, solvent wicking

1. 서 론

폴리에스테르 섬유는 강력, 열고정성 및 Wash & Wear성 등 여러 가지 우수한 성질을 가지고 있으나 필링성, 흡습성, 대전성, 난염성 촉감 등의 여러 가지 문제점을 내포하고 있어 그 개질 연구가 꾸준히 진행되어 왔다¹⁾.

폴리에스테르의 염색가공에서는 승화 견뢰도가 저하된다는 문제점을 내포하고 있는데 이는 분산

염료 자체의 본질적인 특성에 관련되므로 분산염료를 사용하는 경우 해결하기 어려운 문제로서, 그 해결책으로 분산염료 이외의 염료로도 염색 할 수 있는 개질 폴리에스테르 섬유가 개발되었다. 또한 대부분의 경우 폴리에스테르섬유는 분산염료로 염색하기 때문에 유기 용매에 약한 문제점이 있어 신발갑피로 생산함에 있어서 접착제와 같은 유기 용매가 사용되어지고 이러한 유기 용매로 인하여 분산염료가 이염되는 공정상의 문제가 발생하는데 이러한 문제를 해결하기 위해서 캐티온 가염형 폴리에스테르(Cationic dyeable polyester, 이하 CDP 섬유라 함)가 개발되었다²⁾.

¹Corresponding author. Tel. : +82-51-510-2408; Fax: +82-51-512-8175; e-mail : leemc@pusan.ac.kr

CDP 섬유는 일반 폴리에스테르와 달리 심오하고 매력적인 색상을 지닌 염기성 염료를 흡착할 수 있다는 장점을 가지고 있다. CDP 섬유는 일반 폴리에스테르의 제조에 쓰이는 원료 이외에 술폰산기를 가지는 첨가제를 사용하여 제조되어 진다. 이렇게 개질된 CDP 섬유는 분산염료와 캐티온 염료에 모두 염색되어지는 특징을 가지고 있다^{3,4)}.

본 연구에서는 CDP 섬유에 대하여 3종의 분산형 캐티온염료와 3종의 분산염료를 사용하여 염색 속도, 염색개시온도, Build-up성을 통하여 염색성 및 세탁, 마찰, 일광 견뢰도와 solvent wicking 견뢰도를 고찰하였다.

2. 실험

2.1 시료

시료는 CDP (Cationic dyeable polyester) 섬유 75d/36f(monodenier:2.08d)을 사용하였다. 탄산나트륨 1g/L와 모노겐 1g/L(Monogen, 대영화학)의 수용액에서 80℃, 20분간 정련하여 사용하였다. CDP 직물은 75d/36f(monodenier:2.08d)와 75d/72f(monodenier :1.04d)로 제편된 두 종의 편물 시료를 사용하였다.

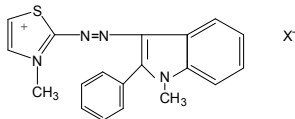
2.2 염료

캐티온염료 3종과 분산염료 3종을 사용하였다. 캐티온염료는 C.I. Basic Blue 69(Kayacyl Blue FP-ED), C.I. Basic Red 29(Taiacryl Red AD-GL) 및 C.I. Basic Yellow 67(Taiacryl Yellow AD-3RL)을 사용하였고, 분산염료는 C.I. Disperse Blue 56(Dianix Blue 56 FBL-E), C.I. Disperse Red 60(Dianix Red FB-E) 및 C.I. Disperse Orange 30(Yellow/Brown S-2RFL)을 사용하였다. 화학 구조는 Scheme 1에 나타내었다.

<Cationic dye>

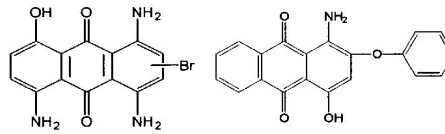
- (1) C. I. Basic Blue 69 (2) C. I. Basic Yellow 67
-Mathine 계 - Unknown structure

- (3) C. I. Basic Red 29

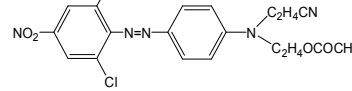


<Disperse dye>

- (4) C. I. Disperse Blue 56 (5) C. I. Disperse Red 60



- (6) C. I. Disperse Orange 30



Scheme 1. Chemical structure of dyes used in this study

2.3 염색

2.3.1 염색속도 및 염색개시온도

각각 3종의 분산염료와 캐티온염료를 사용하여 3%(o.w.f.)의 농도로 pH 5.0(아세트산/아세트산 나트륨 완충액), 욕비 1:50의 염욕 중에서 100℃와 120℃의 온도로 염색하여 염색속도를 구하였다. 또한 염색개시온도를 측정하기 위하여 80~130℃의 온도에서 10분간 염색하였다.

2.3.2 염색 견뢰도

세탁, 마찰, 일광 견뢰도, 열변색성, solvent wicking 견뢰도 등을 조사하기 위하여 각각 3종의 분산염료와 캐티온 염료를 3%(o.w.f.)와 5%(o.w.f.)의 농도로 pH 5.0 buffer에서 욕비는 1:50으로 하여 다음과 같은 방법으로 염색하였다. 50℃에서 10분간 90℃로, 90℃에서 40분간 120℃로 승온한 후 40분간 유지시키고 다시 20분간 80℃로 냉각하였다. 분산염료로 염색한 경우 염색 후 환원세정은 80℃에서 20분간 진행하였다. 환원세정액은 SUN-MOLE RC-110(Nicca Korea 제, 5g/L)을 사용하였다.

2.3.3 Build-up성 측정

Build-up성을 알아보기 위하여 캐티온 염료 2종(Basic Blue 69, Basic Red 29)과 분산염료 2종(Disperse Blue 56, Disperse Red 60)을 3%~30%(o.w.f.) 농도로 CDP 섬유를 120℃에서 40분간 염색하였다.

2.4 견뢰도 분석

2.4.1 측색

염색된 직물의 겉보기 색농도(K/S) 값은 분광측색계(Macbeth Color eye 3100, USA)를 사용하여 D65 광원, 10°시야에서 CIELAB 표색계의 색차(Δ

ΔE_{ab}^* 를 측정하였다 또한 표면반사율을 측정하여 겉보기 색농도(K/S)를 다음의 Kubelka-Munk 식(1)을 이용하여 구하였다.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{min})^2}{2R_{min}} \quad (1)$$

여기서, K : absorption coefficient,
 S : scattering coefficient, R_{min} : reflectance

2.4.2 세탁견뢰도

KS K 0430 A-2 법에 의거하여 세탁견뢰도 시험기를 사용하여 시험하였다. 세탁견뢰도는 색차값 ΔE_{ab}^* 와 세탁시에 첨부한 다섬교직포를 이용하여 그 오염의 정도를 평가하였다.

2.4.3 마찰견뢰도

KS K 0650 법에 의거하여 마찰견뢰도 시험기를 사용하여 건·습마찰 견뢰도 실험을 행하였다. 견뢰도는 색차값 ΔE_{ab}^* 와 마찰시에 이용한 면포의 오염의 정도, 두 가지로 평가하였다

2.4.4 일광견뢰도

Fade-O-meter(Hanwon, Korea)를 사용하여 크세논 아크 램프로 20시간 광조사하여 색차값 ΔE_{ab}^* 및 JIS L 0804법에 의한 grey scale의 색변화 정도의 비교로부터 그 견뢰도를 평가하였다.

2.4.5 Solvent Wicking 견뢰도

분산염료 3종과 캐티온염료 3종으로 염색한 CDP 섬유를 일반 PET 백포와 첨부하여 톨루엔에 충분히 적신 후 CDP 섬유에 염색된 염료가 solvent wicking 시험용 규격인 polyester(knitted textile) 백포에 이염되는 정도를 측정하여 Nike Spec. 49 방법에 의하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염색속도

Fig. 1은 75d/36f의 CDP 섬유를 각각 3종의 캐티온염료와 분산염료 3%(o.w.f.)의 농도로 100 °C에서 염색하여 겉보기 색농도(K/S)로 염색속도곡선을 나타낸 것이다. 캐티온염료의 경우 염색 시간이 증가할수록 K/S 값이 계속증가하고 있으며, 60분 이후의 시간에서는 염색속도곡선의 기울기가 완만하게 되고 있다. 분산염료의 경우에는 20분 이하의 단 시간에서는 K/S 값이 급격히 증가하고 있으나 Dis-

perse Blue 56과 Orange 30의 경우는 30분 이상의 염색 시간에서는 K/S 값이 거의 변하지 않고 일정하게 유지되고, Disperse Red 60의 경우는 60분 이상에서 거의 일정하게 유지되고 있으며, 따라서 30분에서 60분 사이에서 3종의 염료 모두 거의 평형에 도달되었다. 따라서 CDP 섬유에 대한 분산염료와 캐티온염료의 염색성의 차이를 확인할 수 있다.

Fig. 2는 75d/36f의 CDP 섬유를 각각 3종의 캐티온염료와 분산염료를 3%(o.w.f.)의 농도로 120 °C에서 염색한 경우의 염색속도곡선을 나타낸 것으로 캐티온염료의 경우는 100 °C의 염색에서와 달리 30분 부근의 시간에서 K/S 값이 거의 없는 것으로 보아 평형에 도달되었으며, 이는 100 °C보다 120 °C에서 염료분자와 섬유의 접촉 기회가 더욱 활발하기 때문에 평형에 도달하는 시간이 짧아지는 반면에, 분산염료의 경우에는 100 °C에서 염색한 염색속도 곡선보다 빠른 시간에 평형에 도달하였으며, 거의 10분 부근에서 평형에 도달하는 것을 보여주고 있다. 한편 염색 시간이 길어질수록 오히려 염료가 다시 탈착되는 현상을 보이고 있는

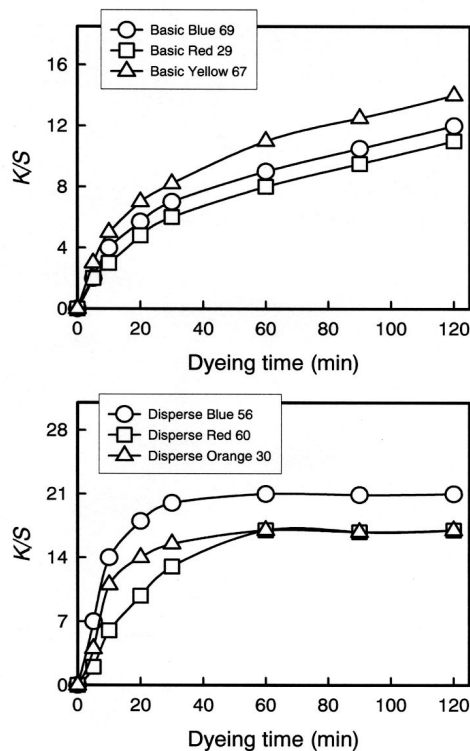


Fig. 1. Dyeing rate of 75d/36f CDP fabric dyed with cationic and disperse dyes at 100 °C

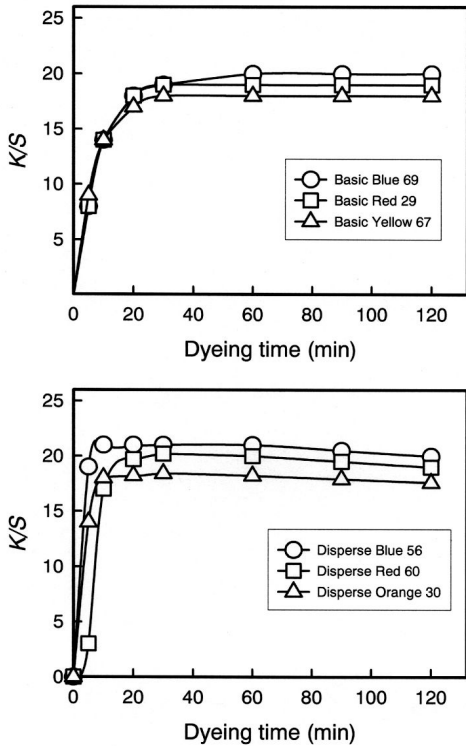


Fig. 2. Dyeing rate of 75d/36f CDP fabric dyed with cationic dyes at 120 °C.

데 이는 과다하게 흡착된 염료가 다시 탈착하는 것에 기인한 것으로 추정된다⁵⁾.

3.2 염색개시온도

Wakida 등은 분산염료의 폴리에스테르 염색에 있어서 염료 흡착량과 염색온도와의 관계는 sigmoid curve를 나타내며, 염색이 빠르게 증가하는 온도는 염색전이온도에 상응한다고 설명하고 있다⁶⁾. 또한 염색개시온도는 염색 시에 있어서 고분자 사슬의 세그먼트 운동이 용이하게 되는 유리전이 온도와 상대적인 관계가 있다. CDP 섬유 3종의 캐티온염료와 분산염료로 염색한 CDP 섬유의 시간 및 온도 증가에 따른 겉보기 확산계수의 변화를 나타낸 염색개시온도 곡선을 Fig. 3에 나타내었다.

캐티온염료의 경우 염색개시온도속도 곡선으로 97°C 부근에서 개시온도가 나타났고 이는 일반 PET의 개시온도보다 낮은 온도이며, 이는 도입된 슬폰산기에 의해 결정 구조가 느슨해졌기 때문에 낮은 온도에서 염색이 가능함을 의미한다. 분산염료의

경우 염색개시온도 곡선으로 110°C이하의 온도에서는 K/S의 값이 큰 폭으로 증가하고 있지만 120°C 부근에서 일정한 값을 가짐을 알 수 있다. 이는 일반적으로 폴리에스테르 섬유가 120°C~130°C에서 분산염료로 염색하는 일반적인 염색 결과와 동일한 경향을 보이고 있다⁸⁾. 이는 염기성 염료와 CDP 섬유와의 염착기구에 기인하는 것으로 생각되는데, 염기성 염료와 반응할 수 있는 개질염착기와 낮은 온도에서 이온결합으로 결합되어지고, 온도가 올라갈수록 수소결합이라고 생각된다⁹⁾.

3.3 Build-up 성

염료의 농도의 증가와 함께 염착량이 증대하는 것을 검토하기 위하여 Build-up성을 검토하였다. Fig. 4는 75d/36f CDP 섬유를 캐티온염료 2종(Basic Blue 69, Red 29)과 분산염료 2종(Disperse Blue 56, Red 60)으로 각각 3%~30%(o.w.f.)로 염색하여 염료의 Build-up성을 Total K/S로 나타낸 그림이다.

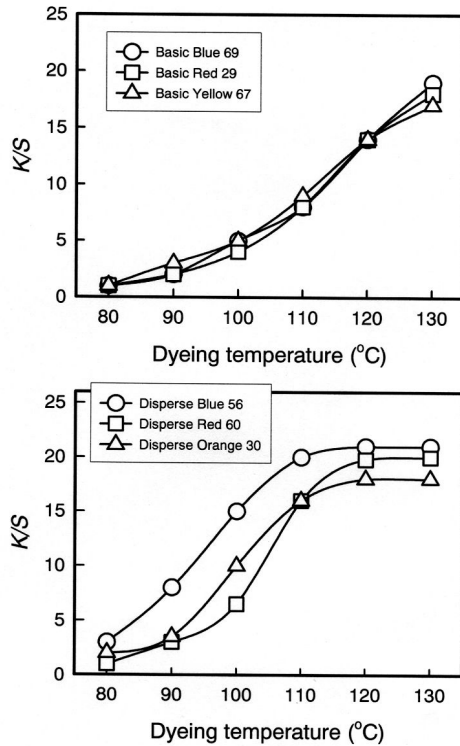


Fig. 3. Relationship between K/S and dyeing temperature for CDP 75d/36f fabric dyed with cationic and disperse dyes.

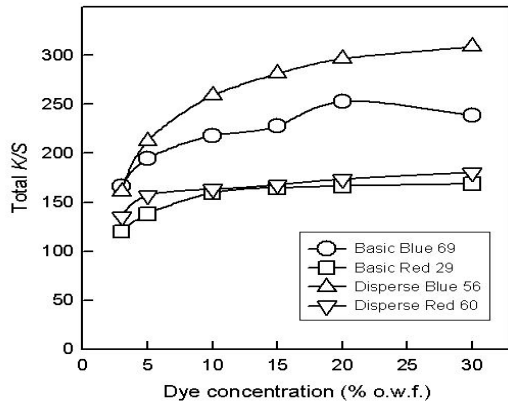


Fig. 4. Build-up properties of CDP 75d/36f fabric with cationic and disperse dyes.

Basic Blue 69는 염료 농도가 증가함에 따라 Total K/S도 함께 증가하다가 20%의 염료농도 이상에서 더 이상 증가하지 않았다. Disperse Blue 56은 염료 농도가 증가함에 따라 Total K/S도 계속 증가하였다. Basic Red 29는 10%의 염료농도에서 더 이상 Total K/S가 증가하지 않았다.

Disperse Red 60은 5%의 염료농도 이상에서 Total K/S가 거의 일정하게 나타났다. 따라서 두 종류의 염료에 대한 CDP 섬유에 대한 농색성의 정도를 분석함으로써 섬도의 차이가 나는 표리 직물에 대한 동색성을 얻기 위한 시험에 유용하리라 생각된다.

3.4 견뢰도

3.4.1 세탁, 마찰 및 일광 견뢰도

75d/36f, 75d/72f 두 종의 CDP 섬유를 캐티온염료와 분산염료로 염색한 후 세탁, 마찰 및 일광 견뢰도 실험하여 세탁의 경우 다섬교직포의 오염정도에 따른 평가, 마찰의 경우 깃습 마찰에 따른 오염도의 평가, 일광은 변퇴색으로 평가하였다.

Table 1은 두 종의 CDP 섬유의 세탁견뢰도를 나타낸 것이다.

캐티온염료로 염색한 75d/36f의 섬유는 세탁견뢰도 등급이 5등급으로 나타났으며 분산염료로 염색한 경우에는 Blue 56과 Red 60은 아세테이트와 나일론의 오염도 등급이 각각 4-5급, 3-4급과 3-4급, 3-4급으로 나타나는 것으로 보아 캐티온 염료로 염색한 경우가 분산염료로 염색한 경우에 비해 세탁견뢰도가 우수하다. 75d/72f의 CDP 섬유에서는 분산염료의 Blue 56과 Red 60 염료의 견뢰도가

Table 1. Wash fastness for cationic and disperse dyes on 75d/36f and 75/72f CDP fabric

Fiber/Dye	Staining on adjacent fabric					ΔE^*_{ab}	
	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Wool		
75d/36f	Basic	Blue 69	5	5	5	5	1.1
		Red 29	5	5	5	5	0.8
		Yellow 67	5	5	5	5	0.1
	Disperse	Blue 56	4-5	5	3-4	5	0.6
		Red 60	3-4	5	3-4	5	1.0
		Orange 30	5	5	5	5	0.7
75d/72f	Basic	Blue 69	5	5	5	5	1.1
		Red 29	5	5	5	5	0.8
		Yellow 67	5	5	5	5	0.1
	Disperse	Blue 56	4-5	5	3-4	5	0.6
		Red 60	3-4	5	3-4	5	1.0
		Orange 30	5	5	5	5	0.7

현저히 낮게 나타났고, 캐티온 염료의 경우는 두 종의 CDP 섬유의 견뢰도 차이는 없었다. 분산염료로 염색한 경우에 있어서 75d/36f와 75d/72f의 CDP 섬유를 비교했을 때, 세섬도화된 섬유일수록 견뢰도가 낮게 나타났으며, 이는 세섬도의 경우 염료가 침투할 수 있는 공간이 많아져 초기 염색속도가 빠른 반면 염료의이라고 생각된다.

Table 2는 2종의 CDP 섬유에 대한 마찰견뢰도를 나타낸 것이다. Table 1에서 보는 바와 같이 75d/36f의 CDP 섬유의 마찰견뢰도는 분산염료의 Red 60을 제외한 모든 염료에서 5급으로 우수한 견뢰도를 나타내었다. 그러나 75d/72f의 CDP 섬유의 캐티온염료의 견뢰도는 75d/36f의 견뢰도와 마찬가지로 5급으로 우수하게 나타났지만 분산염료의 경우에는 75d/36f의 분산염료 견뢰도보다 1~2급 정도 낮게 나타났다 앞에서 말한 바와 같이 75d/36f 섬유에 비해 75d/72f의 섬유가 더 가는 것에 기인하는 것으로 생각된다.

Table 3은 섬도가 다른 두 종의 CDP 섬유에 대한 분산염료와 캐티온 염료의 일광견뢰도를 나타낸 표이다. 75d/36f CDP 섬유의 일광견뢰도로서 캐티온 염료에서 Basic Yellow 67을 제외한 Blue 69와 Red 29의 일광견뢰도는 각각 1급과 2-3급으로 매우 낮았으며 분산염료는 4-5급으로 나타나는

Table 2. Rubbing fastness for cationic and disperse dyes on 75d/36f and 75d/72f CDP fabric

Fiber/Dye	Change of shade (grey scale)			
	Dry	Wet		
75d/36f	Basic	Blue 69	5	5
		Red 29	5	5
		Yellow 67	5	5
	Disperse	Blue 56	5	5
		Red 60	4.5	5
		Orange 30	5	5
75d/72f	Basic	Blue 69	5	5
		Red 29	5	5
		Yellow 67	5	5
	Disperse	Blue 56	4.5	4.5
		Red 60	2.3	3.4
		Orange 30	4.5	5

Table 3. Light fastness for cationic and disperse dyes on 75d/36f and 75d/72f CDP fabric

Dye	Grade (grey scale)	ΔE^*_{ab}		
75d/36f	Basic	Blue 69	1	18.8
		Red 29	2-3	7.2
		Yellow 67	5	4.5
	Disperse	Blue 56	4-5	4.2
		Red 60	4-5	5.2
		Orange 30	5	1.0
75d/72f	Basic	Blue 69	1	19.3
		Red 29	2-3	8.3
		Yellow 67	4-5	4.7
	Disperse	Blue 56	3-4	4.3
		Red 60	3-4	6.8
		Orange 30	4-5	2.6

것으로 보아 분산염료가 캐티온염료에 비해서는 일광견뢰도가 우수하였다. 75d/72f CDP 섬유의 일광견뢰도로서 세섬도화에 의해 한 등급 정도 일광견뢰도가 낮게 나타나고 있다. 따라서 캐티온염료는 세탁 및 마찰 견뢰도는 우수하지만 일광견뢰도는 분산염료에 비해 낮게 나타났다. 또한 세섬도화된 섬유가 모든 견뢰도에서 낮게 나타났다.

3.4.2 Solvent wicking 견뢰도

Table 4는 solvent wicking 성을 나타낸 것이다. 캐티온염료는 75d/36f와 75d/72f CDP 섬유 모두 5

급으로 용제에 대해 우수한 견뢰도를 나타내는 반면에 분산염료 3종은 모두 solvent에 대해 취약한 것으로 나타났다. 특히 분산염료 중 안트라퀴논계는 내용제성이 강하고 아조계는 내용제성이 약한 것으로 알려진 바와 같이 안트라퀴논계인 Disperse Blue 56과 Red 60보다 아조계인 Orange 30이 용제에 의해 염료의 이염이 높게 나타났다. 또한 75d/36f의 CDP 섬유가 75d/72f CDP 섬유보다 solvent wicking성이 우수하게 나타났고 이는 75d/36f보다 75d/72f의 섬유가 가늘기 때문에 흡착된 염료가 훨씬 더 많이 이염되기 때문으로 생각되어진다.

Table 5는 캐티온염료로 CDP 섬유를 3%, 5% (o.w.f.)의 농도로 염색한 섬유의 solvent wicking성을 측정된 결과이다. 3%보다 5%로 염색한 경우가 solvent wicking성이 1 등급 정도 나쁘게 나타났다.

Table 4. Solvent wicking fastness for cationic and disperse dyes on 75d/36f CDP fabric

Dye	75d/36f	75d/72f	
Basic	Blue 69	5	5
	Red 29	5	5
	Yellow 67	5	5
Disperse	Blue 56	3.5	2.5
	Red 60	3.5	2.5
	Orange 30	2.5	1.5

Table 5. Solvent wicking fastness for cationic dyes on 75d/36f CDP fabric

Dye	Dye conc. % (o.w.f.)	Solvent wicking	
Basic	Blue 69	3	5
	Blue 69	5	5
Basic	Red 29	3	5
	Red 29	5	4.5
Basic	Yellow 67	3	5
	Yellow 67	5	4.5

4. 결 론

섬도가 다른 2종의 CDP 섬유(2.08d, 1.04d)에 대하여 3종의 캐티온염료 Basic Blue 69, Red 29, Yellow 67과 3종의 분산염료 Disperse Blue 56, Red 60, Orange 30으로 염색하여 염색속도, 염색 개시온도, 빌더업성, 세탁, 마찰 일광견뢰도 및 solvent wicking 견뢰도를 조사하여 다음과 같은

결론을 얻었다.

- 100℃ 염색에서는 캐티온염료의 경우 시간이 증가할수록 분산염료보다 염색속도가 완만하게 증가하며, 캐티온염료의 경우 60분 이후에서도 완만하게 염색성이 증가하지만 분산염료의 경우 30분과 60분 사이에서 거의 평형에 도달하였다. 또한 120℃ 염색에서는 캐티온염료의 경우 30분 부근에서, 분산염료의 경우 10분 부근에서 평형에 도달하였다.
- CDP 섬유의 경우 염색개시온도는 97℃ 부근으로서 PET 섬유보다 낮았다. CDP 섬유에 대한 캐티온염료 및 분산염료에 대하여 Red 염료의 경우 5% 부근에서 염색성이 더 이상 증가하지 않고, Blue 염료의 경우 20% 부근까지 증가하는 빌더업성을 나타냈다.
- CDP 섬유에 대한 견뢰도 측정에서 세탁 견뢰도의 경우 75d/36f의 경우에는 캐티온염료가 분산염료보다 1급 정도 우수한 견뢰도를 나타내고, 75d/72d의 경우에는 2-3급정도 우수한 견뢰도를 나타내고 있다. 또한 마찰견뢰도의 경우 75d/36f의 경우 거의 동일한 견뢰도를 나타내고 있으나, 75d/72f의 경우에는 1-2급 정도 높은 견뢰도를 나타내고 있다. 일광 견뢰도는 캐티온염료가 Yellow 67을 제외한 2종의 염료가 분산염료보다 낮은 견뢰도가 나타났다. 또한 전체적으로 75d/36f의 CDP 섬유가 75d/72f 보다 견뢰도가 우수하게 나타났다.
- Solvent wicking 성에서 캐티온 염료는 5급 정도의 우수한 견뢰도를 나타낸 반면에 분산염료의 경우 75d/36f CDP 섬유는 3급, 75d/72f CDP 섬유는 2급 정도의 낮은 견뢰도를 나타냈다.

참고문헌

- K. W. Jung and Y. W. Huh, A Study on Dyeing Mechanism of Cationic Dyeable Polyester Fibres with Cationic Dyes, *J. Korean Fiber Soc.*, **18**, 23-32(1981).
- 한국섬유공학회, “인조섬유”, 형설출판사, 서울 pp. 378-380(1998).
- 久保基禎, 分散型カチオン染料の物性, *染色工業*, **25**, 175-179(1977).
- 二三四道未, 佐藤弘, 技廣康光, 分散型カチオン染料について, *繊維加工*, **26**, 257-262(1974).
- D. S. Jeong, H. J. Kim and M. C. Lee, Dyeing Properties of Polyester Ultramicrofiber, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **11**, 161-168(1999).
- T. Wakida, S. Cho, S. Choi, Tokino, and M. Lee, Effect of Low Temperature Plasma Treatment on Color of Wool and Nylon 6 Fabrics Dyed with Nature Dyes, *Textile Res. J.*, **68**, 848-853(1998).
- T. Takagishi, T. Wakida, and N. Kuroki, Change in Fine Structure and Dyeing Behavior of Polyester Fiber Treated with Organic Solvent/Water, *Sen'i Gakkaishi*, **34**, T-536-544(1978).
- D. H. Lee, D. S. Jeong, and M. C. Lee, Dyeing of PTT Fiber(1) -Effect of Heat Setting on Dyeing and Physical Properties of PTT Fiber-, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **15**, 268-276(2002).
- 安部田 貞治, 今田邦彦, “解説染料化学”, 色染社, 大阪, p.14(1988).