

〈연구논문(학술)〉

일시적 수용성 반응성 분산염료를 이용한 메타 아라미드 섬유의 염색성 연구

이연주 · 이정진^{1,†}

한국의류시험연구원, ¹단국대학교 파이버시스템공학과

Dyeing of *meta*-Aramid Fabric with Temporarily Solubilized Reactive Disperse Dyes

Yeon Ju Lee and Jung Jin Lee^{1,†}

Korea Apparel Testing and Research Institute, Seoul, Korea

¹Department of Fiber System Engineering, Dankook University, Yongin, Korea

(Received: November 8, 2013 / Revised: December 10, 2013 / Accepted: December 11, 2013)

Abstract: Temporarily solubilized reactive disperse dyes containing β -sulfatoethylsulfonfyl group were applied to 100% *meta*-aramid knitted fabric and their dyeing properties were investigated. Reactive disperse dyes showed relatively high *K/S* values on *meta*-aramid fabric when compared with conventional disperse dye or reactive dye, which showed very low *K/S* values. Color yields of reactive disperse dyes were highly dependent on dyeing pH and optimum results were obtained at pH 6. Percent exhaustion of reactive disperse dye on *meta*-aramid fabric was over 80% at 2% o.w.f of dye concentration. Wash fastness of pyridone-based reactive disperse dyes was very good to excellent while that of aminoazobenzene reactive disperse dyes was medium to good. Light fastness of all the reactive disperse dyes was very poor which seems to be due to the low photostability of *meta*-aramid fiber itself.

Keywords: *meta*-aramid, β -sulfatoethylsulfone, reactive disperse dye, percent exhaustion, fastness

1. 서 론

메타 아라미드 섬유는 융점이 높고 LOI(한계산소 지수)가 높아 내열성이 우수하고, 다른 소재에 비해 신도가 높고 방적성이 좋아 의류용으로 적합하며, 연소 시 유독가스가 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. 이와 같은 우수한 내열특성과 의류소재로서의 적합성으로 인하여 소방복과 같은 방화·내열복이나 생물·화학보호복, 비행복, 작업복, 자동차용 레이싱복, 군용품 등의 주요소재로서 사용되고 있으며, 우주복이나 미래형 군복 등으로 그 응용범위가 확대되고 있다. 또한 메타 아라미드 섬유는 타 섬유와의 혼방성이 좋아 섬유 이외의 필터 및 절연체, 구조물 등의 용도로 전개가 가능하여 산업용 소재로서의 잠재력을 가지고 있다¹⁾.

그러나 메타 아라미드 섬유제품 개발에 있어서 단점으로 지적되는 것 중의 하나가 염색성과 견뢰

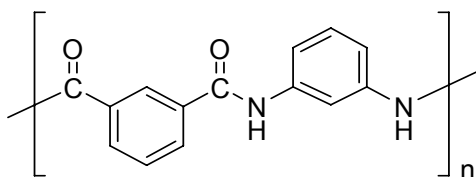
도가 좋지 않다는 것이다. 메타 아라미드 섬유는 T_g (유리전이온도)와 결정화도가 높아서 범용섬유에 비하여 염색하기 쉽지 않기 때문에 양모섬유와의 혼방소재 등 난연성 섬유제품의 용도확장 또한 쉽지 않다.

메타 아라미드 섬유 염색은 섬유제조단계에서 섬유고분자 원료액에 안료를 첨가하여 착색을 시키는 원액염색법(Dope Dyeing) 또는 염기성 염료(Basic dye or Cationic dye)를 이용한 염색법이 주로 사용되고 있다. 원액염색법은 적용할 수 있는 색상이 제한되어 있고, 안료와 섬유와의 상용성 문제로 인한 방사공정의 어려움 등의 단점이 있다. 염색공정은 염기성 염료와 각종 염색조제 이외에 캐리어(carrier)를 사용하여 130°C의 고온에서 염색하며, 다양한 색상으로 염색할 수 있고, 색상이 선명한 장점이 있다. 그러나 일부 색상의 염색물에 있어서 일광견뢰도가 좋지 않다고 알려져 있다. 염기성 염료를 이용한 메타 아라미드 섬유 염색에 대한 연구²⁻⁶⁾가 몇 차례 보고된 바 있으며, 초임계 유체하에서 분산염료로 염색을 시도한 연구⁷⁾도 있었다.

[†]Corresponding author: Jung Jin Lee (jlee@dankook.ac.kr)
Tel.: +82-31-8005-3565 Fax.: +82-31-8021-7217

©2013 KSDF 1229-0033/2013-12/262-270

파라 아라미드 섬유의 경우 UV조사를 이용하여 개질한 후 반응성 염료로 염색하는 연구⁸⁾가 있었다. 하지만 메타 아라미드 섬유에 대한 최적염료군, 염료별 메카니즘, 공정조건과 염색성과의 관계 등은 아직 체계적으로 규명되어 있지 않은 실정이다. 메타 아라미드 섬유는 Scheme 1과 같은 분자구조를 가지고 있어, 나일론 섬유와 함께 폴리아마이드(polyamide) 섬유로 분류되며 분자 말단에 음이온 $-COO^-$ 또는 $-COOH$ 와 양이온 $-NH_3^+$ 또는 $-NH_2$ 를 가지고 있다. 따라서 이론적으로 산성염료 또는 양이온 염료와 같은 이온성 염료와 이온결합을 할 수 있으며, 반응성 염료가 섬유의 $-NH_2$ 와 화학결합을 이룰 수도 있다. 또한 소수성 벤젠고리가 많아 분산염료와의 소수성 결합도 가능하다.



Scheme 1. Molecular structure of meta-aramid fiber.

이 연구에서는 이전에 연구되지 않은 시도로서, 메타 아라미드 섬유를 일시적 수용성 반응성 분산염료를 이용하여 염색하고자 하였다. 반응성 분산염료는 반응성 염료와 분산염료의 특성을 동시에 지니고 있는 염료이다. 1958년에 ICI에서 개발한 Procynyl 계열의 염료가 최초이며, 나일론 섬유를 반응성 염료로 염색했을 때 커버링성이 좋지 않고, 분산염료로 염색했을 때는 커버링성이 우수하지만 빌드업(build-up)성이 좋지 않다는 각 염료의 단점을 극복하기 위해 개발되었다⁹⁾. 따라서 반응성염료의 장점인 우수한 선명성 및 세탁견뢰도와 분산염료의 장점인 우수한 커버링성을 모두 나타낼 뿐만

아니라, 빌드업성이 향상되는 등 각 염료의 단점을 보완할 수 있다. 일시적 수용성 반응성 분산염료는 반응성 분산염료의 특성 뿐만 아니라 일시적으로 물에 녹는 특성을 나타냄으로 인해 분산제의 사용 없이 염색이 가능하다.

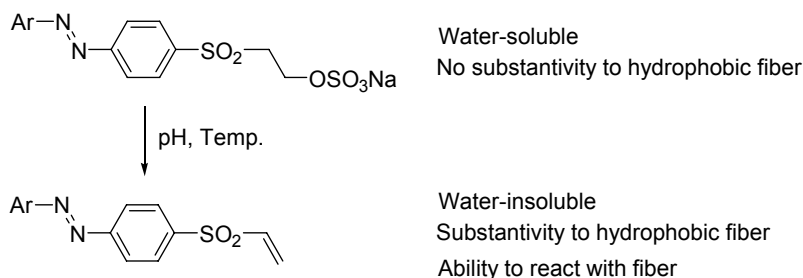
분산염료의 구조에 β -sulfatoethylsulfone기를 가지고 있는 일시적 수용성염료를 합성하여 폴리에스터, 아세테이트, 양모, 폴리에스터/면 혼방섬유 등에 적용한 연구¹⁰⁻¹⁷⁾가 이전 연구¹⁷⁾ 등을 포함하여 상당수 보고된 바 있다. 염료의 β -sulfatoethylsulfone기는 $-OSO_3Na$ 기가 수용성기로 염료를 분산제 없이 물에 녹이는 역할을 하며, 염색이 진행되는 동안 가수분해 반응에 의해 β -sulfatoethylsulfone기가 vinylsulfone기로 전환이 되면서, 수용성이 없어지고 염료는 소수성 섬유와 직접성(substantivity)을 가지는 분산염료로 작용하게 된다. 또한 전환된 vinylsulfone기는 섬유와 공유결합을 형성할 수 있는 반응성기이므로 반응성 염료로도 작용하게 된다(Scheme 2).

이 연구에서는 β -sulfatoethylsulfone기를 함유하는 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료를 이용하여 메타 아라미드 섬유를 염색하였다. 반응성 분산염료로 거동하는지를 살펴보기 위해 일반 분산염료 및 반응성 염료로 메타 아라미드 섬유를 염색하여 염색성을 비교하였다. 또한 pH가 염색성에 미치는 영향을 고찰하였으며, 세탁 및 일광견뢰도를 측정하여 메타 아라미드 섬유에의 적용가능성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시약 및 재료

100% 메타 아라미드 환편물(중량 208 g/m²)을 사용하였다. 기존의 보고^{13,16)}에 있는 방법을 이용하여 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료를 합성하여



Scheme 2. Conversion of β -sulfatoethylsulfonyl group into vinylsulfone group of the temporarily solubilized reactive disperse dyes.

사용하였으며, 염료들의 화학구조 및 광학특성은 Table 1과 2와 같다. 비교를 위하여 사용한 상업 반응성 염료 및 분산염료는 Table 3과 같다. 염색 및 환원세정 공정 등에 사용된 시약은 모두 순도 95% 이상이었다.

2.2 염색

반응성 분산염료 6종을 이용하여 염료농도 1-2% o.w.f, 액비 20:1의 조건으로 염액을 제조한 다음, 메타 아라미드 환편물을 IR염색기를 이용하여 130°C에서 60분동안 염색하였다.

Table 1. Structures of temporarily solubilized reactive disperse dyes used in this study

Dye	Structure
RD_1	
RD_2	
RD_3	
RD_4	
RD_5	
RD_6	

염액 제조시 pH를 4-10으로 변화시켰으며, 해당 완충용액 제조시 pH 4와 5는 sodium acetate(0.05M)/acetic acid를 이용하였고, pH 6-8은 sodium dihydrogen phosphate(0.05M)/disodium hydrogen phosphate를 이용하였으며, pH 10은 sodium dihydrogen phosphate(0.05M)/trisodium phosphate를 이용하였다. 염색이 끝난 시료는 sodium hydrosulfite(2g/l)와 sodium hydroxide(2g/l)가 포함된 세정액을 이용하여 80°C, 20분 동안 환원세정을 실시하고, 이후 수세 및 건조하였다.

Table 2. Spectral data of temporarily solubilized azo disperse dyes

Dye	λ_{max}^a (nm)	ϵ_{max}^a (l mol ⁻¹ cm ⁻¹)
RD_1	430	36,200
RD_2	430	40,200
RD_3	430	39,400
RD_4	464	30,000
RD_5	490	33,200
RD_6	510	30,700

^a : measured in DMF

메타 아라미드 섬유에 대한 반응성 분산염료의 염색성을 비교하기 위해 분산염료 및 반응성 염료로 메타 아라미드 섬유를 염색하였다. 분산염료 염색은 2% o.w.f의 C.I. Disperse Yellow 241을 이용하여 상기 반응성 분산염료와 동일한 조건으로 염색하되, 염액에 분산제(Protosol DSL, Protex Korea) 2g/l를 첨가하였고, pH 5 완충용액 조건에서 실시하였다. 염색한 시료는 동일한 환원세정 공정을 거친 후 수세 및 건조하였다. 또한 반응성염료 염색은 2% o.w.f의 C.I. Reactive Yellow 17을 이용하여 상기 반응성 분산염료와 동일한 조건으로 염색하되, 염액에 염(Na₂SO₄) 10g/l와 알칼리(Na₂CO₃) 10g/l를 첨가하여 흡착 및 섬유와의 고착을 유도하였다. 염색한 시료는 소핑제 2g/l를 첨가하여 95°C, 10분 동안 소핑하고, 이후 수세 및 건조하였다.

2.3 측색 및 흡진율

염색이 끝난 시료를 두 번 접어 네 겹으로 만든 다음 측색기(COLOR EYE 3100, Gretag Macbeth)를 이용하여 광원 D65, 관측시야 10°의 조건에서 각 파장대의 반사율을 측정하였다. 최대 흡수파장의 표면 반사율로부터 겹보기 색농도로써 K/S 값을 다음과 같은 Kubelka-Munk식(1)에 의해 구하였다.

Table 3. Structures of reactive and disperse dyes used in this study

Dye	C.I. Generic name (Commercial name)	Structure
Reactive dye	C.I. Reactive Yellow 17 (Remazol Golden Yellow G)	
Disperse dye	C.I. Disperse Yellow 241 (Synolon Yellow K-5GL)	

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \dots\dots\dots (1)$$

where, K : absorption coefficient
 S : scattering coefficient
 R : reflectance

반응성 분산염료의 메타 아라미드 섬유에 대한 흡진율은 잔욕법을 이용하여 얻었다. UV/Visible Spectrophotometer를 이용하여 반응성 분산염료 표준 용액의 농도별 흡광도를 측정하여 검량선을 작성한 다음, 각 염료로 염색하고 남은 잔욕의 흡광도를 측정한 후, 다음 식(2)을 이용하여 흡진율(Exhaustion)을 계산하였다.

$$\text{Exhaustion (\%)} = (C_0 - C_t) / C_0 \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

where, C_t : concentration of dye in the residual dyebath
 C_0 : concentration of dye in the initial dyebath

2.4 견뢰도 평가

견뢰도 시험전 염색된 각각의 시료를 180°C, 60초 동안 텐터(DL-2015, DaeLim, Korea)에서 열처리한 후 세탁견뢰도(ISO 105-C06/C1S), 일광견뢰도(ISO 105-B02)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염료 종류에 따른 염색성

메타 아라미드 섬유의 반응성 염료, 분산염료 및 반응성 분산염료에 대한 염색성을 비교하기 위해, yellow 계열의 상용 반응성염료와 분산염료를 선정하였고, 일시적 수용성 반응성 분산염료 중 RD_2를 선택하였다. 전술한 바와 같이 염료 종류별 일반적인 염색조건으로 메타 아라미드 섬유를 염색하였으며, 염료농도는 2% o.w.f로 동일하고, 염색온도 및 시간 또한 동일하게 130°C, 60분동안 실시하였다. 일시적 수용성 반응성 분산염료인 RD_2를 이용한 염색에서는 분산제를 첨가하지 않았으며, 염색 pH는 예비실험을 통해 얻어진 최적 조건인 pH 6에서 실시하였다. Figure 1은 세 가지 염료로 염색된 메타 아라미드 섬유의 가시광선 영역에서의 K/S 값을 나타낸 결과이다. 반응성 염료는 매우 낮은 K/S값을 나타내어 메타 아라미드 섬유에 거의 염색

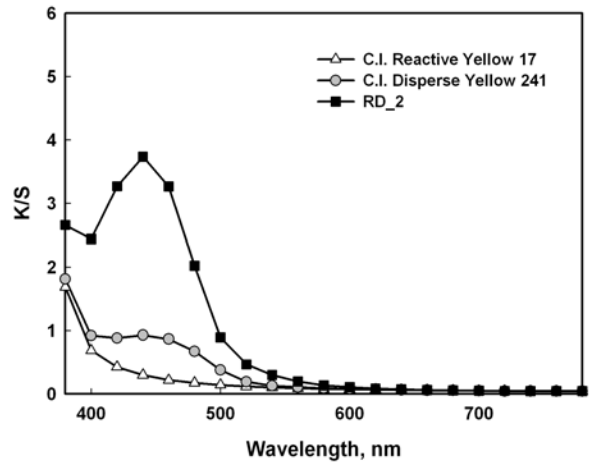


Figure 1. Color yields of meta-aramid knitted fabrics dyed with reactive (C.I. Reactive Yellow 17), disperse (C.I. Disperse Yellow 241), and reactive disperse dye (RD_2).

이 되지 않았고, 분산염료는 반응성 염료보다는 K/S 값이 높았으나 1정도의 값으로 역시 만족스럽지 못한 염색성을 나타내었다. 반면에 반응성 분산염료 RD_2로 염색된 시료는 3.8 정도의 K/S값으로 상대적으로 높은 염색성을 나타냄을 알 수 있다.

반응성 염료 C.I. Reactive Yellow 17과 RD_2의 구조를 비교하면, 두 염료 모두 반응성 vinylsulfone 기의 전구체인 β-sulfatoethylsulfone기를 함유하고 있어 메타 아라미드 섬유의 말단 -NH₂와 반응할 가능성이 있다. 염액 속에서 반응성염료는 2개의 음이온 수용성기(β-sulfatoethylsulfone기의 -OSO₃Na와 pyrazolone 커플링 성분에 연결된 벤젠고리의 -SO₃Na)로 인해 물속에서 항상 음이온 염료로 거동한다. 그러나 RD_2는 β-sulfatoethylsulfone기의 -OSO₃Na로 인해 염색초기에 수용성 음이온을 띠고 있다가 염색이 진행되는 도중 비수용성 vinylsulfone기로 전환되면서 소수성 반응성 분산염료로 거동하게 된다. 반응성 염료 C.I. Reactive Yellow 17의 염색성이 낮은 이유는 메타 아라미드 섬유가 염액 내에서 음이온 -COO⁻와 양이온 -NH₃⁺를 모두 가지고 있어서 음이온 반응성 염료와 반발력과 친화력이 모두 존재할 가능성이 있으나, 130°C의 고온에 알칼리를 첨가한 염색조건에서는 섬유내에 양이온의 수보다 음이온의 수가 많아 반응성 염료와의 반발력이 더 큼으로 인하여 직접성(substantivity)이 낮아졌기 때문으로 추정된다. 그러나 별도의 실험에서 130°C 중성조건에서 염색하여도 염색성의 향상이 보이지 않았다. 이는 염료가 메타 아라미드 섬유와 기본적

으로 직접성이 매우 낮아 섬유와 화학결합이 일어날 정도로 접근하기 힘들기 때문으로 추정된다. 반면에, 일시적 수용성 반응성 분산염료 RD_2가 높은 K/S값을 나타낸 이유는 염료가 초기에는 음이온 염료, 염색도중에는 소수성 염료로 거동함으로 인해 메타 아라미드 섬유와 결합가능성이 높아져 충분한 흡착이 일어나며, 또한 섬유와 화학결합이 일어남으로 인해 추가적인 염착이 일어났기 때문으로 보인다. 한편 분산염료인 C.I. Disperse Yellow 241과 RD_2의 구조를 비교하면, 두 염료 모두 메틸기가 치환되어 있는 pyridone 커플링 성분을 가지고 있다는 공통점이 있다. 또한, 분자량은 C.I. Disperse Yellow 241이 336, RD_2는 478로 RD_2가 더 크다. 분자량이 작아 염액 내에서 염료의 이동속도가 빠를 것으로 생각되는 C.I. Disperse Yellow 241의 염색성이 좋지 않은 것은 메타 아라미드 섬유와의 반테르발스 결합이나 소수성 결합 등 비이온성 결합력이 약하기 때문으로 추정된다. 반면 RD_2는 메타 아라미드 섬유와 비이온성 결합 이외에도 화학결합을 하기 때문에 염색성이 상대적으로 높다고 생각된다.

3.2 염색 pH의 영향

Figure 2는 일시적 수용성 반응성 분산염료 RD_2를 이용하여 메타 아라미드 섬유를 염색할 때 염색 pH의 영향을 나타낸 것이다. 최적 pH조건은 pH 6이며, 이때 가장 높은 K/S값을 얻었다. 또한 pH가 6보다 낮아지거나 높아지면 염색성이 감소하는 결과를 보였다. 이는 β -sulfatoethylsulfone기를 함유하는 일시적 수용성 염료의 염색거동이 염색 pH에 크게 좌우된다는 이전의 연구¹³⁻¹⁶⁾들과 유사한 결과이다. 일시적 수용성 반응성 분산염료는 Scheme 2와 같이 염색도중 β -sulfatoethylsulfone기가 vinylsulfone기로 전환되는 특성이 있는데, 염색 pH에 따라 전환반응의 속도가 달라진다. 즉, pH가 낮으면 vinylsulfone으로 전환속도가 낮아지고, pH가 높을수록 가수분해가 빨리 일어나 전환속도가 커진다. pH 4처럼 낮은 pH에서는 소수성 vinylsulfone기로의 전환속도가 매우 느려 메타 아라미드 섬유와의 비이온성 결합이 충분하지 못할 뿐만 아니라, 반응성 염료로도 작용하지 못하게 되어 결국 낮은 K/S값을 나타낸 것으로 생각된다. pH 6에서는 전환속도가 적당히 증가하여 분산염료로서의 거동과 함께 반

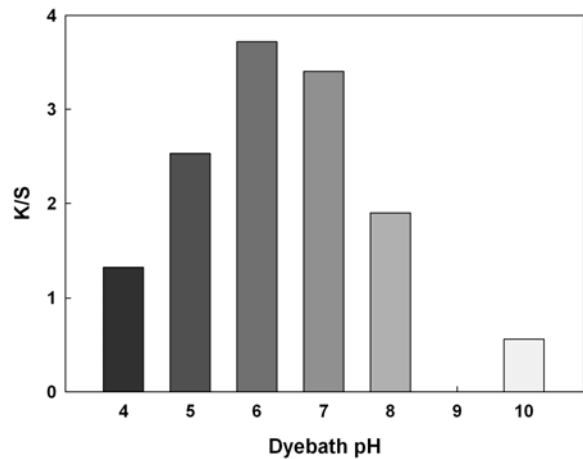


Figure 2. Effect of dye bath pH on color yield of meta-aramid knitted fabric dyed with RD_2 (dye concentration : 2% o.w.f).

응성 염료로서의 거동이 동시에 작용하여 최적의 결과를 얻은 것으로 해석된다. 또한, pH 7 이상에서는 수용성에서 비수용성으로의 전환속도가 너무 빨라서 분산제가 없는 염욕 내에서 소수성 염료들끼리 회합이 일어나게 된다. 회합으로 인해 염료의 입자크기가 커지면, 결정성이 높은 메타 아라미드 섬유 내부로의 염착이 감소하기 때문에 낮은 K/S값을 보인다고 생각된다.

3.3 일시적 수용성 반응성 분산염료의 염색성 및 견뢰도

Figure 3은 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료를 이용하여 최적 pH조건인 pH 6에서 메타 아라미드 섬유를 염색할 때 염료별 K/S값을 나타낸 것이다. Pyridone계 yellow 염료들의 경우, RD_1이 낮은 염색성을 보였고, RD_2 및 RD_3은 상대적으로 높은 염색성을 나타내었다. 이는 이전 연구^{13,15)}와 유사한 결과이며, RD_1은 Table 3에서 보이는 바와 같이 다른 두 염료에 비해 몰흡광계수(molar extinction coefficient, ϵ_{max})가 낮으며, pyridone 고리의 질소원자에 수소가 치환되어 있는 구조로 인해 높은 극성을 나타내어, 소수성 결합이나 비이온성 결합이 약하기 때문에 염색성이 낮은 것으로 생각된다. 아미노아조벤젠계 orange-red 계열의 염료들 중에서는 RD_5의 K/S값이 가장 높았고, RD_6의 K/S값이 가장 낮았다. 이는 RD_4와 RD_6의 낮은 몰흡광계수 그리고 RD_6의 경우 많은 극성 치환기로 인해 비이온성 결합이 약하며, 또한 염료분자의 평면성이

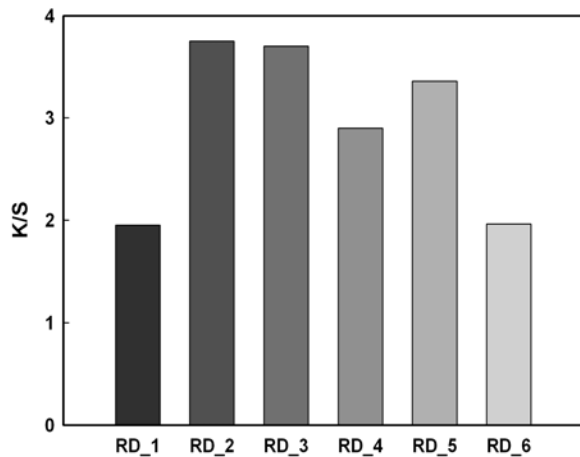


Figure 3. Color yields of *meta*-aramid knitted fabrics dyed with reactive disperse dyes 1-6 (pH 6, dye concentration : 2% o.w.f).

Table 4. Percent exhaustion values of reactive disperse dyes on *meta*-aramid knitted fabric

Dye	Dye concentration	
	1% o.w.f	2% o.w.f
RD_1	91.7	88.2
RD_2	92.6	89.4
RD_3	92.5	88.7
RD_4	89.4	84.9
RD_5	86.3	81.3
RD_6	83.9	80.1

깨짐으로 인한 낮은 직접성 등이 염색성 저하의 원인으로 생각된다.

Table 4는 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료의 메타 아라미드 섬유에 대한 흡진율 결과이다. 전체적으로 1% o.w.f 염색농도에서 83.9% 이상, 2% o.w.f 염색농도에도 모두 80% 이상의 양호한 흡진율을 나타내었다. 특히 RD_2 및 RD_3이 높은 흡진율을 나타내어 Figure 3에서 이들이 높은 K/S값을 나타낸 이유 중 하나가 높은 흡진율 때문임을 알 수 있다. RD_1이 비교적 높은 흡진율에도 불구하고 염색성이 낮은 이유는 전술한 바와 같이 낮은 몰흡광계수 및 약한 결합력 때문으로 생각된다. 마찬가지로 염색성이 낮은 RD_6의 흡진율도 6종의 염료들 중 가장 낮았다.

Table 5는 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료의 메타 아라미드 섬유에 대한 세탁 및 일광견뢰도 결과를 나타낸 것이다. 세탁견뢰도 중 변색은 모두 4-5등급 이상으로 우수하였으며, 오염은 pyridone계 yellow 염료인 RD_1, 2, 3 염료가 모두 4-5등급 이상으로 우수하였고, 아미노 아조벤젠계 orange-red 염료들(RD_4, 5, 6)은 nylon과 wool에 대한 오염등급이 3급에서 3-4급 정도로 보통의 견뢰도를 나타내었다.

일광견뢰도는 모든 염료에 대해 1급으로 최하의 견뢰도를 나타내었다. 일시적 수용성 반응성 분산염료들의 다른 섬유들(wool, PET, PET/cotton, acetate 등)에 대한 일광견뢰도가 양호한 결과^{12,13,15,17}와 달리 메타 아라미드 섬유에서의 일광견뢰도가 매우 좋지 않은 이유는 역시 메타 아라미드 섬유자체의 낮은 광안정성⁷⁾ 때문으로 생각되며, 향후 일광견뢰도 향상을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 5. The wash and light fastness of reactive disperse dyes on *meta*-aramid knitted fabric

Dye	Wash fastness							Light fastness	
	Change	Staining							
		Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acryl	Wool		
RD_1	5	5	5	5	5	5	5	1	
RD_2	5	5	5	5	5	5	5	4-5	1
RD_3	5	5	5	5	5	5	5	4-5	1
RD_4	4-5	4	5	4	5	5	5	3-4	1
RD_5	4-5	4	5	3-4	5	5	5	3	1
RD_6	4-5	4-5	5	3-4	5	5	5	3	1

4. 결 론

β -sulfatoethylsulfone기를 함유하는 6종의 일시적 수용성 반응성 분산염료를 이용하여 메타 아라미드 섬유를 염색하였다. 반응성 염료 및 분산염료의 경우 메타 아라미드 섬유에 염색성이 매우 낮은 것에 비해, 일시적 수용성 반응성 분산염료는 상대적으로 높은 염색성을 나타내었다. 일시적 수용성 반응성 분산염료를 적용함에 있어 염색 pH가 염색성에 많은 영향을 미침을 알 수 있었으며, 최적조건은 pH 6이었다. 일시적 수용성 반응성 분산염료의 구조에 따라 메타 아라미드 섬유에 대한 염색성의 차이가 있었으며, 염료의 흡광계수가 높고, 극성이 크지 않으며, 흡진율이 높을수록 높은 K/S값을 얻을 수 있었다. 메타 아라미드 섬유에 대한 일시적 수용성 반응성 분산염료들의 흡진율은 대체적으로 80%이상으로 높았다. 세탁견뢰도는 일부 염료가 나일론 섬유 및 양모섬유에 오염등급이 3급에서 3-4급으로 보통이었으며, 나머지는 양호한 세탁견뢰도를 보였다. 일광견뢰도는 모두 1급으로 최하등급을 나타내어 향후 개선이 필요하다.

이 연구를 통해 분산제가 필요없는 환경친화형 염료이면서, 반응성 염료와 분산염료의 두 가지 성질을 동시에 가지고 있는 일시적 수용성 반응성 분산염료의 메타 아라미드 섬유에 대한 적용가능성을 확인하였다. 향후 실제적인 적용을 위해서는 청색 계열의 일시적 수용성 반응성 분산염료에 대한 염색성 연구 및 일광견뢰도 향상에 관한 연구 등이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

References

1. E. A. Manyukov, S. F. Sadova, N. N. Baeva, and V. A. Platonov, Study of Dyeing of Thermally Stable *para/meta*-Aramid Fibre, *Fibre Chemistry*, **37**(1), 54(2005).
2. A. Nechwatal and V. Rossbach, The Carrier Effect in the *m*-Aramid Fiber/cationic Dye/benzyl Alcohol System, *Textile Res. J.*, **69**(9), 635(1999).
3. A. P. Mikhailovskaya, N. V. Dashchenko, T. Y. Dyankova, and I. B. Dmitrieva, Enhancing the Effect of Surfactants in Dyeing of Aramid Fibres, *Fibre Chemistry*, **33**(4), 271(2001).
4. E. Kim and J. Choi, Dyeing Properties and Color Fastness of 100% *meta*-Aramid Fiber, *Fibers Polym.*, **12**(4), 484(2011).
5. E. M. Kim, B. G. Min, and J. Jang, Reactive Dyeing of *meta*-Aramid Fabrics Photografted with Dimethylaminopropyl Methacrylamide, *Fibers Polym.*, **12**(5), 580(2011).
6. E. Kim, C. Park, and J. Choi, Study of Dyeing Properties by Swelling Agent on *meta*-Aramid Fiber with Cationic Dyes, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **24**(1), 1(2012).
7. K. J. Yong, Y. H. Park, K. P. Yoo, H. J. Lee, and S. U. Nam, Dyeing Property of Aramid Spun Yarn with Disperse Dyes in Circulated Supercritical Fluid Dyeing, *J. of Korean Fiber Soc.*, **40**(5), 463(2003).
8. E. M. Kim and J. Jang, Reactive Dyeing of Photografted *para*-Aramid Fabrics, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **23**(3), 155(2011).
9. S. M. Burkinshaw, "Chemical Principles of Synthetic Fiber Dyeing", Chapman & Hall, London, UK, pp.140-148, 1995.
10. W. J. Lee and J. P. Kim, The Rate of Hydrolysis of Temporarily Solubilised Disperse Dyes, *J. Soc. Dyers and Colour.*, **115**, 270(1999).
11. W. J. Lee and J. P. Kim, Dispersant-free Dyeing of Polyester with Temporarily Solubilised Disperse Dyes, *J. Soc. Dyers and Colour.*, **115**, 370(1999).
12. W. J. Lee, W. H. Choi, and J. P. Kim, Dyeing of Wool with Temporarily Solubilised Disperse Dyes, *Color. Technol.*, **117**, 212(2001).
13. J. J. Lee, N. K. Han, W. J. Lee, J. H. Choi, and J. P. Kim, Dispersant-free Dyeing of Polyester with Temporarily Solubilised Azo Disperse Dyes from 1-substituted-2-hydroxypyrid-6-one Derivatives, *Color. Technol.*, **118**, 154(2002).
14. J. J. Lee, W. J. Lee, and J. P. Kim, Dispersant-free Dyeing of Polyester with Temporarily Solubilized Azo Disperse Dyes from Indole Derivatives, *Fibers Polym.*, **4**(2), 66(2003).
15. J. J. Lee, N. K. Han, W. J. Lee, J. H. Choi, and J. P. Kim, One-bath Dyeing of a Polyester/cotton Blend with Reactive Disperse Dyes from 2-hydroxypyrid-6-one Derivatives, *Color. Technol.*, **119**,

- 134(2003).
16. J. J. Lee, W. J. Lee, J. H. Choi, and J. P. Kim, Synthesis and Application of Temporarily Solubilised Azo Disperse Dyes Containing β -sulphatoethylsulphonyl Group, *Dyes and Pigments*, **65**, 75(2005).
17. J. J. Lee, Dispersant-free Dyeing of Acetate with Temporarily Solubilized Azo Disperse Dyes, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **19**(5), 15(2006).