PEI를 처리한 면직물의 다색성 천연염료에 대한 염색성 변화

이보영[†] · 유효선

서울대학교 의류학과

A Study on Dyeability of PEI-treated Cotton Fabric with Polychromatic Natural Dyes

Boyoung Lee[†] · Hyoseon Ryu

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University

접수일(2013년 4월 4일), 수정일(2013년 4월 29일), 게재확정일(2013년 4월 30일)

Abstract

This study examined the change in the dyeability of natural dyes on cotton fabrics by a PEI (polyethyleneimine) pretreatment instead of mordants. Cotton fabrics were treated with PEI and the changes in the dyeability were shown by measuring the amount of PEI on cotton fabrics. Samples treated with PEI were dyed with two natural polychromatic dyes with a different affinity to cotton fibers: Alizarin Red S and Curcumin. The changes in dyeability by three variables (time, temperature and concentration of dyes) on cotton fabrics were analyzed by the K/S value to define optimum dyeing conditions. Subsequently, the PEI treatment improved the dyeability of cotton fabrics with both dyes of low and high affinity to cotton fibers. Thus, PEI could be a suitable heavy metal mordant replacement.

Key words: Polyethyleneimine (PEI), Dyeability, Cotton, Alizarin, Curcumin; 폴리에틸렌이민(PEI), 염색성, 면섬유, 알리자린, 쿠쿠민

I. 서 론

환경 친화적인 의생활에 대한 관심이 높아지면서 화학염료 대신 천연염료를 이용한 염색이 재조명 받고 있다. 그러나 일부 천연염료는 물 속에서 음전하를 갖기 때문에, 음전하와 양전하를 모두 갖는 동물성 섬유에 비해 음전하만을 띠는 면과 같은 셀룰로스 섬유에는 잘 염색되지 않는다는 단점이 있다. 천연 셀룰로스 섬유는 hydroxyl기로 인해 음전하를 띠기 때문이다(Stana-Kleinschek & Ribitsch, 1998). 따라서 염료와 직물 사이의 화학적 결합 형성을 도와 염색성과 견뢰도를 높이기 위해 매염제가 사용된다. 매염제는 섬유 내에 염료와의 불용성 화합물을 형성하고 섬유와 염료 사이에 화학적 연결을 조성

하여 염착을 잘 되게 할 뿐 아니라, 견뢰도를 높여준다(Vankar, 2000).

그러나 천연염색에 관한 많은 연구에서, 학자들은 일반적으로 사용되는 중금속 염의 매염제(mordant)의 사용은 환경 친화적 염색이라는 목적에 모순된다는 점을 지적해 왔다. Choi(2001)는 중금속 매염제의 사용은 천연염색 견뢰도의 상승에는 기여하나 중금속은 인체에 유해하며 염색 폐수 등 환경 문제의 원인으로 천연염색 본래의 취지인 환경 친화적인 연구목적에 위배된다고 하였으며, Janhom et al.(2004)는 많은 금속성 매염제(metallic mordants)는 독성이 있어 환경에 심각하게 해로운 영향을 줄 수 있으므로 새로운 유형의 매염제를 찾아야 한다고 주장하였다. 따라서, 천연염색에서 중금속 매염제를 사용하지 않고도 면직물의 염색성을 높이고, 또한 염색 폐수 발생의 문제 역시 처리할 수 있는 방법을 찾기 위한

[†]Corresponding author
 E-mail: bobo@snu.ac.kr

연구가 활발히 진행되고 있다.

PEI(Polyethyleneimine)는 지방족 polymeric amine으로(Kobayashi et al., 1987), 대표적인 성질은 강한 양이온화성이다(Goethals, 1980). PEI는 과잉 음전하의 중성화에 매우 효과적이며, 특히 산성이나 중성 pH에서 잘 작용하기 때문에 여러 가지 용도로 사용되고 있다. 수용액 내에서 음전하를 띠는 면섬유는 음이온 화합물과 높은 친화도를 가지는 PEI를 쉽게 흡착한다. 보통 천연염료들은 물에서 음전하를 띠므로, PEI는 천연염료와 면섬유 간의 화학적 연결고리로서 유용하게 작용할 수 있다. PEI는 동종 또는 이종 물질 간의 접착력을 증가시키고, 친수성, 결합성과 같은 표면 성질을 강화하며, 독성학적으로 안전하고, 음전하를 띠는 염료와 반대되는 전하를 띠는 점에서 좋은 매염제가 될 수 있다(Janhom et al., 2004). Janhom et al.(2004)은 PEI로 전 처리한 면직물이 비 처리 직물에 비해 더 많은 양의 락 염료(lac dyes)를 흡착하는 것을 확인한 바 있고, Ramos-Tejada et al.(2006)는 음전하를 띠는 Leacril 섬유에 PEI처리를 하였을 때 반응성 염료의 염색성이 향상되는 결과를 관찰하였다. 또한, Kang (2007)은 면직물에 PEI처리를 하였을 때 캐티온화에 의해 반응성 염료, 산성염료, 직접염료의 염색성이 모두 향상되는 것을 관찰하였다.

본 연구에서는, PEI로 처리한 면직물의 천연염료 흡착 정도의 변화를 알아보고, 다양한 온도/시간/염료 농도 조건 하에서 꼭두서니의 주 성분인 Alizarin Red S와 울금의 주성분인 Curcumin으로 염색하여 그 염색성의 변화를 알아보고자 하였다. 염료는 꼭두서니의 주 색소인 Alizarin Red S와 울금의 주 색소인 Curcumin 두 가지를 사용하였는데, 그 공통점은 다색성(pH)이고, 차이점은 셀룰로스 섬유에 대한 친화력의 유무이다. Alizarin Red S는 꼭두서니의 주 색소 성분으로, 다색성의 Anthraquinone계 염료이다. 천연염료로서의 가장 큰 단점은 단백질 섬유에는 매염제 없이도 염색이 잘 되지만, 셀룰로스 섬유에는 친화력이 낮다는 점이다. 열적 안정성에 관한 연구에서는 100°C의 물에서 최소 2시간 안정을 유지하였으나, 145°C에서는 분해가 관찰되었다. 또한 pH 3~7 사이, 즉 산성환경에서 보다 안정하게 나타났다(Hou et al., 2007). Curcumin은 Alizarin과는 대조적으로 매염제 없이도 셀룰로스 섬유에 염색이 잘 되는 다색성 염료로써, 울금의 주 색소 성분으로 Diketone계 염료이다. 면섬유에 대해 친화력이 다른 두 염료를 사용함으로써, 시료의 염색성 변화가 PEI처리에 따른 것인지를 비교하기 용이할 것으로 생각하였다. 또한 pH변화에 민감한 다색성

천연염료를 사용함으로써 PEI처리에 따른 염색 결과물의 색상 변화 또한 비교하기 용이할 것으로 생각하였다. 이 부분은 pH에 따른 변화를 측정하고자 하는 과정에서 지시약과의 반응으로 침전이 발생하여 UV-VIS분석을 진행할 수 없었던 문제를 보완하기 위한 것이기도 하다. 염료는 반복적인 실험과정에서의 재생성을 염두에 두어, 직접 추출하지 않고 시약을 사용하였다.

연구의 목적은 다음과 같다. 먼저 PEI로 처리한 면직물의 천연염료 성분에 대한 염색성의 변화를 알아보고자 한다. 다음으로는 면섬유에 대해 염색성이 다른 두 가지 천연염료(Alizarin, Curcumin)를 대상으로, PEI로 처리한 면직물의 염색성 변화에 어떠한 차이가 있는지를 알아보고자 한다. 마지막으로 염색 온도와 시간 조건을 달리하여 PEI처리한 면직물의 적절한 염색 조건을 파악하고자 한다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

본 실험에 사용한 시료는 KS K 0905 표준 면포이며 그 특징은 <Table 1>과 같다.

PEI는 Aldrich사의 1급 시약 Polyethyleneimine(average Mw~2000, 50wt % in H₂O)를 사용하였고, 염료 역시 1급 시약으로 분말화된 Alizarin Red S(Junsei Chemical)와 Curcumin(Junsei Chemical)을 사용하였다. 염료 성분의 구조식 및 pH에 따른 색 변화 특성은 <Table 2>와 같다.

2. PEI처리

PEI처리 조건은 선행연구(Janhom et al., 2004; Kang, 2007)를 참고로 하였다. 300ppm에서 1800ppm까지 각 단계별로 300ppm씩 증량한 PEI수용액을 만들고 액비 50:1로 시료를 침지한 뒤 40°C에서 60분간 기계적 교반

Table 1. Test fabric specifications

Material	Cotton 100%
Weave	plain
Yarn Count	36'sx42's
Density (threads/5cm)	175x155
Weight (g/m ²)	115±5
Sample Size (cm)	10x10

Table 2. Characteristics of natural colorants

Name	Alizarin Red S	Curcumin
	<p> R1 = OCH₃, R2 = OCH₃ - curcumin R1 = OCH₃, R2 = H - demethoxycurcumin R1 = R2 = H - bisdemethoxycurcumin </p>
Chemical Structure	C ₁₄ H ₈ O ₄	C ₂₁ H ₂₀ O ₆
M.W.	240.22 [g/mol]	368.38 [g/mol]
Group	Anthraquinone	Diketone
Color	pH 3.5-Yellow / pH 5.2-Orange pH 6.5-Red / pH 12.0-Purple (Hou et al., 2007)	pH 2.5-7.0 Bright Yellow pH 7.0-Red (Zhu, 2009)

상태에서 처리하고 수세 없이 직사일광을 피해 암실에서 건조하였다. 그 다음 PEI농도에 따른 염색성의 변화를 5% Alizarin Red S(o.w.b.)용액으로 염색한 시료의 K/S값을 측정하여 평가하였다. PEI처리 농도를 정의한 후에는 IR 자동 염색기를 이용하여 세 단계의 염료 농도(0.2g/L, 1g/L, 2g/L, o.w.b.)에서 염색하고 PEI농도에 따른 K/S값을 비교하였다.

3. 염색

Alizarin Red S와 Curcumin염액은 각각 0.2g/L, 1g/L, 2g/L(o.w.b.)의 3단계의 농도로 제조하였다. 염색 조건에 관계 없이 PEI처리에 여부 및 염액 농도에 따른 염색성의 변화만을 살펴보고자 할 경우에는 IR automated dyer(Daerim Starlet DI-600)를 이용해 60°C에서 90분간 염색하였다. 시간 및 온도 변화에 따른 염색성의 비교를 위해서는, 비이커에 PEI처리한 시료(평균무게)와 염액을 액비 1: 50으로 넣고 잘 흔들어 침지시킨 후 온도 조절이 가능한 자동 교반 배스(JO Tech)에서 염색하였다. 처리 온도는 20(room temp.), 40, 60, 80°C의 4단계로, 처리 시간은 15, 30, 60, 90, 120min.의 5단계로 변화를 주어 실험하였다. 염색한 시료는 수세 후 암실에서 건조하였다.

4. 분석

PEI처리에 따른 염색성 변화 및 적정 PEI처리 농도를 알아보기 위한 분석은 선행연구(Janhom et al., 2004)에 따라 CuSO₄와의 absorbance값을 UV-VIS로 측정하고 정

량화하였다. 4g/L(o.w.b.)의 CuSO₄용액 8mL를 취하여 PEI처리를 하기 전과 후의 PEI용액 4mL와 혼합하였다. UV-VIS(Shimadzu, UV-240)로 최대흡수파장인 620nm에서의 흡광도를 측정하여 미리 작성한 PEI-중류수의 검량선에 의해 처리 전, 후의 absorbance값을 측정하였다. 만들어진 검량선을 회귀선으로 도출하였고, 이를 통해 농도에 따른 PEI의 섬유에의 absorbance값을 계산하였다. 사용한 회귀식의 검량곡선은 다음과 같다:

$$y = 0.6699x + 0.0044 \quad (R^2 = 0.9999)$$

염색한 시료는 Colorimeter(Minolta, CM-2600d)를 이용하여 처리 전, 후의 K/S값을 측정, 비교하여 염착 효율이 가장 좋은 조건을 파악하였다. 해당 조건에서 PEI처리한 시료의 염료 농도, 염색 시간 및 염색 온도에 따른 염색성 변화의 평가는 Colorimeter를 이용하여 시료의 염색 전, 후의 K/S값을 측정하고 그 결과를 비교 분석하였다. 각 염료별 최대흡수파장은 <Table 3>과 같다.

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

여기서,

R : 각 염료별 최대흡수파장에서의 반사율

K : 각 염료별 최대흡수파장에서의 흡광계수

Table 3. λ_{max} of dyed fabrics

	λ_{max}
Alizarin Red S	550nm
curcumin	420nm

S : 각 염료별 최대흡수파장에서의 산란계수

III. 결과 및 고찰

1. PEI처리 농도에 따른 염색성의 변화

PEI처리 농도에 따른 PEI의 흡착 효율을 실험하였다. 예비실험에서 시간과 온도의 변화는 흡착률에 유의한 영향을 미치지 않았으나, PEI처리 농도가 증가할수록 면직물에 흡착되는 PEI의 양도 증가하는 것으로 나타났으며 이는 Janhom et al.(2004), Kang(2007)의 연구결과와도 유사한 경향을 나타내었다.

면직물에 흡착된 PEI의 양과 수용액 중 PEI의 농도 간의 관계는 <Fig. 1>과 같았다. PEI의 농도가 증가할수록 면직물에 흡착되는 PEI의 양이 증가하였으나, 1200ppm 이상에서는 그 경향이 둔화되어 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 셀룰로스 표면 monolayer의 대부분에 이미 PEI의 양전하를 띤 분자가 흡착되었고, 따라서 음전하를 띤 영역이 제한되었음을 시사한다.

Fig. 1. The amount of PEI adsorbed on cotton by concentration (40°C, 60 min.).

Fig. 2. Effect of concentration of PEI on K/S value of cotton samples (Alizarin Red S 5% o.w.b. solution, 40°C, 60min).

이를 확인하기 위해 각 농도로 PEI처리를 한 면직물 시료를 5% Alizarin Red S(o.w.b.)용액으로 염색하고 그 K/S값을 측정된 결과를 <Fig. 2>에 나타내었다. 앞의 결과와 마찬가지로, 처리액 중 PEI의 농도가 증가함에 따라 시료의 염색성도 꾸준히 상승하다가 1200ppm 이상에서 크게 둔화되는 경향이 나타났다. 이는 시료의 표면에 흡착된 제한적인 양의 PEI가 염료 분자와 대부분 반응하여 더 이상의 반응이 일어나지 않기 때문인 것으로 생각한다.

위의 분석을 토대로 처리 농도를 1200ppm에 고정하고, 처리 시간 및 온도의 영향을 알아보았다. PEI의 흡착은 <Fig. 3>과 같이 대부분이 실험 초기 단계에서 이루어졌고, 시간에 비례하여 흡착량이 꾸준히 증가하였지만 처리시간 30분 이후로는 그 폭이 크게 둔화되었다. 처리 온도에 따른 PEI흡착량의 차이는 미미한 것으로, 흡착량에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 나타났다 (Fig. 4).

위와 같이 PEI처리 조건과 면직물에 흡착된 PEI의 양 간의 관계를 살펴본 결과, 최적의 처리 조건은 농도

Fig. 3. Effect of treatment time on the amount of PEI adsorbed on cotton (40°C, 60 min.).

Fig. 4. Effect of treatment temperature on the amount of PEI adsorbed on cotton (1200ppm, 60min.).

1200ppm, 처리 시간 60분, 처리 온도 40°C로 나타났다.

2. 염료 농도에 따른 염색성의 변화

최적 조건에서 PEI처리한 면직물을 Alizarin Red S와 Curcumin으로 각각 세 가지 농도(0.2g/L, 1g/L, 2g/L, o.w.b.)에서 염색하였다. 염색은 Kang(2007)의 연구에 근거하여 IR 자동 염색기를 이용하였고, 염색된 시료의 K/S값을 비교하였다.

Alizarin Red S로 염색한 시료는 <Fig. 5>와 같이 PEI 처리 후에 큰 변화를 보였다. Alizarin Red S는 면섬유에 친화력이 낮은 염료로, control에서는 염료 농도에 관계없이 매우 연한 분홍색이 나타났고 그 K/S값 역시 거의 차이가 없었다. 그러나 PEI로 처리한 시료의 경우, 염료 농도에 따른 색상의 차이를 육안으로 쉽게 알 수 있을 정도로 진하게 염색되었고, 그 K/S값이 크게 증가하였으며, 염료 농도에 따라 각각 다른 K/S값을 보였다. 이는 면직물에 PEI처리를 했을 때 물 속에서 음전하를 띠는 반응성 염료의 염색성이 향상된 Kang(2007)의 연구와도 유사한 경향이다. PEI에 의한 캐티온화에 의해 Alizarin Red

S 또는 반응성 염료와 같이 음전하를 띠는 염료의 셀룰로스 섬유에 대한 염착량이 증가하는 것은, 셀룰로스 분자에 친핵성기가 도입되어 섬유의 전기적 성질이 바뀌면서 염료 음이온에 대한 전기적 인력이 작용했기 때문이다(Jung et al., 1994). 주목할 점은 미처리 시료와는 달리 PEI로 처리한 시료는 염료의 농도에 따라 다른 색상을 띠는 점이다. 각 시료의 Munsell hue를 측정했더니, PEI처리 전에는 농도에 관계 없이 빨간색 영역인 5.0R로 나타났으나, PEI처리 후에는 0.2g/L에서 8.3P, 1g/L에서 2.5RP, 2g/L에서 4.7RP로 이동하였다. 이는 보라색 또는 자주색 영역이며, 염료 농도가 높아질수록 보라색에서 자주색 영역으로 이동한 것을 알 수 있었다. 이는 알칼리 영역에서 나타나는 색상으로, PEI용액(1200ppm)의 pH(9.2~9.4)로 인한 결과로 보인다.

Curcumin은 <Fig. 6>과 같이control과 PEI처리한 시료 모두에 염색이 잘 되었으나, 후자가 더 높은 K/S값을 나타냈다. 염료 농도가 낮은 경우(0.2g/L)에는 그 차이가 미비했으나 염료 농도 1g/L 이상에서는 PEI처리가 염착률을 많이 높여준다는 것을 알 수 있었다. 이것은 Kang(2007)의 연구에서 PEI처리를 통해 직접염료의 염

Fig. 5. Dye concentration effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with Alizarin Red S (60°C, 90 min.).

Fig. 6. Dye concentration effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with curcumin (60°C, 90 min.).

색상이 향상된 것과 일치하는 결과이다. 색상의 경우, PEI처리 전, 후로 0.2g/L 농도일 때 2.8YR에서 9.8YR로, 1g/L농도일 때 1.6YR에서 7.6YR로, 2g/L농도일 때 1.2YR에서 6.7YR로 이동하여, 염료 농도가 짙어질수록 붉은색이 많이 발색되어 주황색 영역으로 이동하는 것으로 나타났다. 이것은 Alizarin Red S로 염색한 경우와 마찬가지로 PEI용액의 알칼리 성질에 기인한 것으로 생각한다.

PEI를 처리한 면직물은 미처리 시료와 비교할 때, 두 염료 모두에서 K/S값이 높게 나타나 염색성의 향상을 보였다. 이는 PEI가 작용하면서 양전하 간의 경쟁이 상대적으로 줄어들게 되어 음전하를 띠는 면섬유에 염착이 잘 되고, 따라서 K/S값이 높게 나타난 결과이다. Alizarin Red S는 보라-자주색, Curcumin은 짙은 노랑-주황색이 나타나 두 염료 모두에서 알칼리 조건에서 나타나는 색상이 관찰되었는데, 이는 PEI수용액의 알칼리성질(pH 9.2~9.4) 때문으로 생각된다.

3. 염색 시간에 따른 염색성의 변화

PEI처리한 면직물을 다섯 단계의 염색 시간(15, 30, 60, 90, 120분)에서 Alizarin Red S와 Curcumin으로 염색하고 그 결과를 <Fig. 7>에 나타내었다. 처리 온도는 40°C로 고정하고 세 가지 농도(0.2g/L, 1g/L, 2g/L, o.w.b.)에서 실험하였다.

Alizarin Red S로 염색한 시료에서는 염료의 흡착은 초기(15분 이내)에 대부분 이루어지고 30분 이후로는 유의한 차이가 없거나 오히려 저하되는(1g/L, 1g/L에서 60분) 경향을 보였다. 따라서 PEI처리한 면직물의 Alizarin Red S를 이용한 염색 시간은 30분이 적절한 것으로 생각된다. Curcumin으로 염색한 시료는 PEI처리 전에도 염색이 잘 되었기 때문에 PEI처리 전, 후의 K/S값

Fig. 7. Time effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with Alizarin Red S (40°C).

차이로 평가하고 <Fig. 8>에 나타내었다. 이 군에서도 마찬가지로 염료의 흡착은 염색 초기 15분 이내에 대부분 이루어지고, 30분 이후로는 그 증가량이 크게 둔화되었다. 따라서 30분 이상의 염색은 염색성의 향상에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

4. 염색 온도에 따른 염색성의 변화

PEI처리한 면직물을 네 단계의 염색 온도(20(room temp.), 40, 60, 80°C)에서 Alizarin Red S와 Curcumin으로 염색하고 그 결과를 비교하였다. 염색 시간은 앞의 실험에서 얻은 결과에 따라 30분으로 고정하고 세 가지 농도(0.2g/L, 1g/L, 2g/L, o.w.b.)에서 실험하였다.

Alizarin Red S로 염색한 시료에서 염색성의 향상은 <Fig. 9>와 같이 염색 온도 60°C에서 가장 많이 이루어졌고 그 이상의 온도에서는 불안정했다. 그러나 그 차이가 미량이므로 온도에 의해 큰 영향을 받는다고 하기는 어려워 보인다. Curcumin으로 염색한 시료의 측정결과를 나타낸 <Fig. 10>에서도 유사한 경향이 나타났다. 염색성의 향상은 60°C에서 가장 많이 이루어졌고, 그 이상의 온도에서는 불안정해지는 경향을 보였다. 이는 천연 염료 성분의 특성에 기인한 것으로 생각되는데, Kwak (2010)의 연구에서 키토산 가교 처리한 면직물을 울금으로 염색했을 때 염색 온도 60°C를 경계로 완만히 증가하다가 60°C 이상에서는 K/S값이 낮아진 결과와도 같은 경향이다. 한편, Kang(2007)의 연구에서 합성염료로 염색하였을 때의 염색 시간과 온도는 PEI로 처리한 면직물의 염색성에 크게 영향을 미치지 않았다. 그러나 천연염료를 이용한 Bae(2003)의 연구에서는 60°C 이상에서는 불안정해지는 경향이 나타났으며, 면직물의 경우 60°C까지는 염색이 잘 되다가 그 이상의 온도에 이르르면

Fig. 8. Time effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with curcumin (40°C) (difference: K/S value increment, from control to experimental).

Fig. 9. Temperature effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with Alizarin Red S (30min.).

Fig. 10. Temperature effect on the K/S value of PEI treated cotton fabrics with curcumin (30min.).

섬유 속의 염료가 유출되는 경우가 많으므로 농도가 오히려 떨어지는 경향이 있다고 언급하였다. 따라서 이 실험의 결과는 PEI처리 여부보다는 염료 성분의 특성에 서 비롯된 것으로 보인다.

면직물에 PEI를 처리할 때, 용액 내 PEI농도가 증가할수록 면직물에 흡착되는 PEI의 양은 증가하지만 일정 농도 이상에서는 그 폭이 둔화되는 경향이 나타났다. 이는 처리한 시료의 염색성이 PEI의 농도에 따라 증가하다가, 해당 농도 이상에서 크게 둔화된 것과도 일치하는 결과이다. 이는 셀룰로스 표면의 monolayer에 양전하를 띤 PEI분자가 일정량 흡착되고 나면 그 활동이 제한되고, 따라서 시료의 표면에 흡착된 제한적인 양의 PEI가 염료 분자와 대부분 반응하면 그 역시 제한되기 때문에 나타난 결과이다.

Alizarin과 Curcumin 모두에서, PEI처리는 각각의 변인에 크게 관계 없이 면직물의 천연염료의 흡착을 크게 개선시키는 결과를 나타내었다. 염색 시간이 길어질수록, 염색성의 향상이 나타났으나 염색 시간 30분 이후로는 둔화되어 유의한 변화가 관찰되지 않았다. 두 염료 모두에서 염료의 흡착은 염색 과정 초기에 대부분 이루어졌으며, 시간이 길어질수록 흡착량의 증가폭이 둔화

되었다. 이는 면직물에 흡착된 제한적인 양의 PEI가 이미 실험 초기에 대부분 염료와 반응했기 때문이다.

염색 온도가 높아질수록 미량의 K/S값 증가가 나타났으나 염색 온도 60°C 이후로는 불안정해지는 경향을 보였다. 따라서 최적의 염색 조건은 두 염료로 실험한 PEI 처리군 모두에서 시간 30분, 온도 60°C로 나타났다.

PEI처리한 시료의 색상은 염료가 알칼리 환경에서 나타내는 색상으로 이동하였다. Alizarin의 경우 미처리 직물에는 거의 색상을 나타내지 못했으나, PEI처리한 직물에서는 높은 K/S값과 선명한 색상을 보였다. Curcumin은 미처리 면직물에도 좋은 발색을 나타냈지만, PEI 처리한 면직물에서 보다 높은 K/S값을 나타내었으며, 육안 관찰 시에도 뚜렷이 구별될 정도로 포화된 색상을 나타냈다.

IV. 결 론

면은 활용도가 높고 실용적이지만 일부 천연염료로는 염색이 잘 되지 않는 단점이 있다. 전통 방식에서는 이 점을 개선하기 위해 중금속 매염제가 사용되어 왔는데, 이는 폐수 발생 등 환경 오염을 초래하므로 환경 친화적이거나 지속가능한 염색법은 아니다. 본 연구에서는 금속속 매염제를 대체하는 방법으로써 환경에 영향을 거의 주지 않고 양이온화 성질을 가진 고분자 물질인 PEI를 이용하였다.

면직물을 소정 농도의 PEI용액으로 처리하고 농도, 처리 시간, 처리 온도가 PEI성분의 흡착에 미치는 영향 및 시료의 염색성에 미치는 영향을 알아보았다. PEI의 흡착은 처리 초기 단계(15분 이내)에서 대부분 이루어지며, 처리 시간이나 처리 온도의 변화는 큰 영향을 주지 않았고, 염색한 시료의 K/S값은 PEI의 농도에 비례하여 증가하였으나 일정 농도 이상에서는 그 경향이 둔화되었다. 본 실험에서의 PEI처리의 최적 조건은 농도 1200ppm, 온도 40°C, 시간 60분이었다.

위 조건에서 PEI용액으로 처리한 면직물을 두 종류의 천연염료를 이용해 염색성의 변화를 알아보았다. PEI로 처리한 시료를 면섬유에 친화력이 낮은 염료인 Alizarin Red S와 친화력이 높은 염료인 Curcumin으로 염색했을 때, 두 염료 모두에서 염색성의 향상을 보였다. 염료의 흡착은 초기 단계에서 대부분이 이루어지며 처리 시간이나 처리 온도의 변화는 큰 영향을 주지 않았고, 염색한 시료의 K/S값은 PEI의 농도에 비례하여 증가하였다. 이는 PEI처리가 음전하를 띤 면섬유와 염료(Ali-

zarin Red S) 사이에 다리 역할을 효과적으로 수행하고 있음을 나타낸다. 또한, 이미 양전하를 띠는 염료(Curcumin)에도 보다 강한 친화력이 작용하도록 하여 염료의 흡착을 촉진하는 것으로 볼 수 있다.

염색 조건을 파악하기 위한 실험에서, Alizarin Red S와 Curcumin으로 염색한 시료 모두 염색 시간 30분 이후, 그리고 염색 온도 60°C 이상에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이는 염료 성분의 흡착이 염색 초기에 대부분 이루어지고 30분 이후로는 평형상태가 되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 염욕 온도가 60°C일 때 염료의 흡착이 가장 활성화되고, 그 이상의 온도에서는 오히려 불안정해지기 때문에 나타난 결과로 보인다. 다만, 그 수치적인 차이가 미비하여 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각되나, 고온의 조건이 염료의 흡착을 방해하거나 혹은 염료 성분의 불안정성을 높인 결과일 가능성도 완전히 배제할 수 없다. 이 부분에 관해서는 더 다양한 염료를 이용한 비교 자료가 필요할 것으로 사료된다.

결과적으로, PEI처리가 천연염료에 대한 면직물의 염색성 향상을 가져온다는 것을 알 수 있었으며, 따라서 천연염색에서 중금속 매염제를 대체할 수 있는 효과적인 물질임 또한 알 수 있었다. 다만 PEI처리 시에는 알칼리 환경에서의 색상이 나타나므로, pH에 따라 다색성을 나타내는 염료를 사용할 경우에는 결과물의 색상이 목적에 부합하는 것인지를 고려해야 할 것이다.

References

- Bae, H. S. (2003). *(A)study on the dyeability and antibacterial & deodorization activities of extracts from coptis chinensis franch by electrolytic water*. Unpublished doctoral dissertation, Keimyung University, Daegu.
- Choi, S. M. (2001). *(A) Study of effects of Chitosan treatment on natural dyeing with Clove*. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Goethals, E. J. (1980). *Polymeric amines and ammonium salts*. Oxford/New York: Pergamon.
- Hou, X. L., Wei, L., Zhang X. L., Zhou Q. C., Wang, L., Jia, S. H., Hu, X. F., & Wang, S. Y. (2007). Study on stability of vegetable dyestuff madder. *Wool Textile Journal*, 8, 24–27.
- Janhom, S., Griffiths, P., Watanesk, R., & Watanesk, S. (2004). Enhancement of lac dye adsorption on cotton fibres by poly (ethyleneimine). *Dyes and Pigments*, 63(3), 231–237.
- Jung, Y. J., Lee, Y. H., & Kim, K. H. (1994). A study on dyeing properties of cationic agent treated cotton fibre with reactive dye. *Journal of the Korea Society of Dyers and Finishers*, 6(4), 46–53.
- Kang, M. J. (2007). *A study on the Dyeability of the PEI treated cotton fabrics*. Unpublished master's thesis, Seoul National University, Seoul.
- Kobayashi, S., Hiroishi, K., Tokunoh, M., & Saegusa, T. (1987). Chelating properties of linear and branched Poly (ethyleneimine). *Macromolecules*, 20, 1496–1500.
- Kwak, M. J. (2010). *Natural dyeing of chitosan-crosslinked cotton fabrics*. Unpublished doctoral dissertation, Kyungpook National University, Daegu.
- Ramos-Tejada M. M., Ontiveros-Ortega, A., Giménez-Martín, E., Espinosa-Jiménez, M., & Molina Díaz, A. (2006). Effect of polyethyleneimine ion on the sorption of a reactive dye onto Leacril fabric: Electrokinetic properties and surface free energy of the system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 297(1), 317–321.
- Stana-Kleinschek, K., & Ribitsch, V. (1998). Electrokinetic properties of processed cellulose fibers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 140(1), 127–138.
- Vankar, P. S. (2000). Chemistry of natural dyes. *Resonance*, 5 (10), 73–80.
- Zhu, Q. G. (2009). *Studies on prospect of curcumin as an analytical reagent for aluminium*. Unpublished master's thesis, Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.