

고심색용 폴리에스테르 섬유제품의 개발을 위한 공정최적화 연구

김태경* · 전준형¹ · 김은철¹

경북대학교 공과대학 섬유시스템공학과, ¹(주)삼광염직

The process optimization for development of super deep black fiber

Taekyeong Kim*, Junhyung Jeon¹ and Euncheol Kim¹

Dept. of Textile System Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

¹Samkwang Dyeing Co., Ltd., Daegu, Korea

(Received January 8, 2007/Accepted February 14, 2007)

Abstract— In order to optimize the process for development of super deep black fiber, the silica-containing polyester fabric, SN2000, was investigated in terms of mass reduction process by sodium hydroxide, selection of high color strength dyes, and resin treatment. As the results, the mass reduction condition which used 15g/L of sodium hydroxide at 120°C was determined and Dianix Deep Black Plus was selected for the best deep coloration at around 5% owf. Contrary to the prevailed understanding that the additional use of chromatic dyes would enhance the deep coloration, four kinds of chromatic dyes such as yellow, red, blue, and green dyes did not make great effect on the deep coloration. To increase the effect, the commercial resin that has low refractive index was used additionally and the resin made it possible to lower the lightness of the fabrics down to 8.7 which was generally accepted for super highly deep black fabric.

Keywords: deep black fiber, polyester, SN2000, low refractive index resin, process optimization

1. 서 론

섬유소재의 고부가가치화에 있어 다양한 컨셉과 기술이 요구되고 있는 가운데 하나의 영역을 구축해 나가고 있는 분야가 심색화 기술 분야로서, 이 심색화 기술에는 세부적으로 다양한 방법들이 있는 것으로 알려져 있다. 심색화는 주로 black 색상을 더욱 검게 보이게 만드는 것이 주를 이루고 있으며, 여기에는 원사 기술에서부터 염색, 그리고 후가공에 이르는 요소기술들이 복합적으로 작용한다.

폴리에스테르 섬유는 섬유들 중에서 굴절률이 가장 높고^{1,2)} 표면이 매끄러우며 동시에 사용하는 분산염료의 분자흡광계수가 작아서 염색물에 입사한 광이 표면에서의 반사가 강하므로 같은 량의 염료가 염착된 타 섬유에 비해 담색으로 보인다.

특히 black 색상의 경우 소비자가 원하는 완전한 black 염색물을 얻기가 어렵다.

이러한 한계점을 극복하여 폴리에스테르 섬유의 농색화를 이루기 위해서는 첫째로 적당한 방법의 해서 표면에 미세요철을 형성시켜 표면의 평활성을 최대한 감소시켜 거울반사광을 줄일 필요가 있다^{3,7)}. 둘째로는 섬유의 굴절률인데 굴절률은 물질 자체의 고유한 값이므로 폴리에스테르의 자체의 화학적 물리적 구조를 변화시키지 않고서 굴절률을 변화시키는 것은 불가능하다. 따라서 섬유의 표면에 굴절률이 낮은 저굴절률의 수지를 코팅하여 섬유의 굴절률이 다소 낮아지게 하는 방법이 필요하다⁸⁾. 마지막으로 염료의 입장에서는 고흡광계수의 염료를 새로이 개발하거나 그렇지 않으면 현재 사용하고 있는 염료 중에서 흡광계수가 높은 염료를 선별해서 사용하는 것이다.

본 연구에서는 이러한 심색화 기술을 위하여 폴리에스테르내에 실리카 미립자를 포함하는 원사

*Corresponding author. Tel.: +82-53-950-5639; Fax: +82-53-950-6617; e-mail: taekyeong@knu.ac.kr

(일본 Kuraray사의 SN2000)를 사용하여 알칼리 감량기법에 의해 실리카 미립자를 용출해내어 표면의 실리카가 있던 자리에 무수히 많은 미세요철을 형성시킴으로써 섬유로부터의 반사광을 감소시켜 보다 진하게 보이는 기술을 활용하였다. 염료의 경우에는 기존에 상업적으로 사용되고 있는 십수종의 black 염료들을 입수하여 이들의 발색성을 평가한 후 가장 발색성이 높은 염료를 선별해서 사용하는 방법으로 전개하였다. 마지막으로 저굴절률의 수지를 사용하여 미세요철이 형성된 섬유의 심색성을 보다 높임으로써, 고심색 폴리에스테르 섬유제품을 개발에 있어서 섬유의 미세요철형성과 염료적용 기술 그리고 수지처리 기술 등 총체적인 공정최적화를 이루고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시료 및 시약

본 연구에 사용된 폴리에스테르 섬유는 일본의 KURARAY사에서 생산되는 SN2000 원사를 100% 사용하여 제직한 것으로서 이 원사는 섬유 방사시에 입도가 30~80nm인 실리카 입자가 약 2.5% 혼입되어 있다.

염료는 현재 상업적으로 사용되고 있는 black 염료 12종으로서, Dianix Deep Black Plus, Dianix Black AM-B, Dianix Black CC-R, Dianix Black AM-SLR, Dianix Black CC-G, Foron Black RD-3GM, Foron Black RD-CA, Terasil Black BFE, Terasil Black MAW, Terasil Black BFR, Texron Black RD-3G, Texron Black ECO 등이며, 이들 염료는 시판되는 그대로 사용되었다(그래프상에 염료의 표기는 뒷첨자를 사용함). Black 염료이외에도 유색염료가 4종 사용되었으며, 이들은 각각 Foron Rubine S2GFL, Foron N/Blue K-GLS, Foron Y/Brown S2RFL, 그리고 Dispersol Green C-6B였다. 저굴절률의 수지인 농색화제로서는 입수된 여러 가지 중에서 예비시험을 거쳐 성능이 우수한 것으로 결정된 NKR Black S-15 (Nikka Korea Co. Ltd.)를 사용하였다.

2.2 알칼리 감량에 의한 표면요철 형성

미세요철형성을 위한 알칼리 감량은 5~100g/L의 수산화나트륨 수용액을 사용하여 옥비 1:20의

조건으로 각각 80°C, 100°C, 120°C의 온도에서 30분간 실시한 후, 완전히 수세하여 건조하였다. 시료의 감량률은 일반적인 방법에 따라 감량전후의 시료의 건조무게를 측정하여 구하였다.

2.3 전자현미경에 의한 표면요철 관찰

실리카 함유 폴리에스테르 원사의 알칼리 감량에 의한 표면 미세요철 형성 상태를 관찰하기 위하여 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope)을 사용하여 5,000배의 배율로 표면을 관찰하였다.

2.4 염료의 흡광강도

고흡광강도를 나타내는 black 염료를 선정하기 위하여 12종의 염료를 각각 7.2mg/L의 농도로 100% N,N-dimethylformamide에 용해시킨 후, UV-VIS spectrophotometer를 사용하여 300~700nm의 범위에서 흡광도를 측정하였다.

2.5 염색

알칼리 감량에 의해 표면 미세요철이 형성된 폴리에스테르 섬유를 실험조건에 따라 일정량의 염료를 사용하여 옥비 1:20의 조건으로 130°C에서 1시간 동안 염색하였다. 염색 후 1g/L의 수산화나트륨과 sodium hydrosulfite($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)를 각각 사용하여 80°C에서 10분간 옥비 1:20의 조건에서 환원세정하였다.

2.6 저굴절률 수지(심색화제) 처리

심색성을 향상시키기 위하여 사용된 저굴절률의 수지는 상업적으로 시판되고 있는 NKR Black S-15이었으며 알칼리 감량과 염색이 끝난 시료를 50g/L 농도의 수지용액에서 약 90%의 pick-up으로 padding 한 후, 160°C에서 90초간 curing 하였다.

2.7 측색

염색물의 심색성을 평가하기 위하여 각각의 조건으로 처리 및 염색된 섬유의 색상강도(K/S)와 명도값이 측정되었다. 측색은 400~700nm의 범위에서 10nm 간격으로 D65 광원을 사용하여 2° 시야로 측정되었으며, specular component included의 조건에서 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 조건별 감량률

본 연구에서의 표면 미세요철형성 방법은 알칼리 감량법이므로 알칼리 감량 조건에 따른 감량률을 먼저 조사하였다. Fig.1에 의하면 알칼리 농도에 따른 감량률은 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 온도별 감량률에 있어서는 온도가 증가함에 따라 동일 알칼리 농도에서의 감량률은 현저하게 증가하고 있다. 일반적으로 농색화와는 별개로 폴리에스테르 섬유는 촉감이나 드레이프성의 향상을 위해 약 20% 정도의 감량을 하는 것이 일반적이다⁹⁾. 그 이하의 감량률에서는 충분한 촉감이나 드레이프성을 얻기가 어렵고 너무 감량이 심하게 이루어지면 섬유의 강도가 크게 저하하므로 실용적으로 사용할 수 없기 때문이다. Fig.1에서 각 온도별로 약 20% 정도의 감량률을 보이는 알칼리 농도는 80°C에서는 약 100g/L, 100°C에서는 40g/L, 120°C에서는 15g/L 정도의 농도임을 확인할 수 있다.

3.2 온도별 감량시료의 표면 미세요철 형성

본 연구에서의 알칼리 감량의 목적은 촉감이나 드레이프성의 향상이외에도 실리카 입자 용출에 의한 표면 미세요철 형성에 있는 만큼 알칼리 감량 후의 섬유의 표면을 FE-SEM을 사용하여 5,000배의 배율로 관찰하였다. Fig.2에 각 온도에서 약 20% 정도의 감량률을 나타낸 시료에 대한 FE-SEM 이미지를 나타내었다. 비교를 위해서 실리카 입자를 함유하지 않은 일반 폴리에스테르 섬유의 표면 이미지를 함께 나타내었다. 실리카 입자를 함유하지 않은 일반 폴리에스테르 원사의 경우 알칼리 감량에 의해 감량률이 높아짐에도 불구하고 그림에서 보는 바와 같이 섬유표면의 균일한 미세요철의 형성은 이루어지지 않음을 알 수 있다. 다만 2 μ m 정도의 아주 큰 요철이 불균일하게 형성되는 모습은 보이는데 이는 보통 소광제로 사용되는 TiO₂에 주로 기인한 것이며, 이 정도로 크고 불균일한 요철로는 농색화를 이루기 어렵다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 실리카 입자를 함유하지 않은 일반 폴리에스테르 원사에 비해 SN2000 원사의 경우는 사진에서도 알 수 있는 바와 같이 알칼리 감량에 의해 1 μ m 단위 이하의 아주 작고 균일하며 무수히 많은 요철이 형성되어 있는 것을

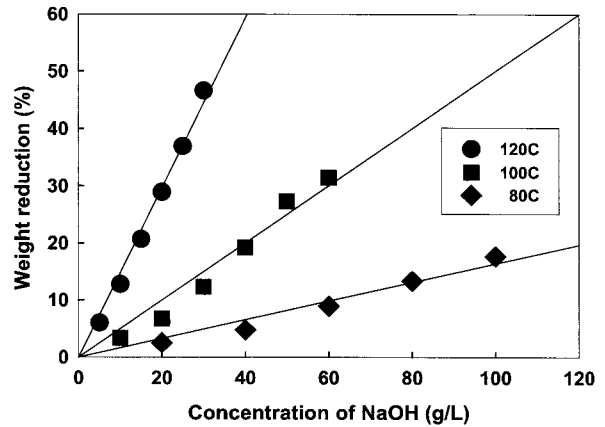


Fig. 1. Weight reduction of SN2000 polyester fabrics according to concentration of NaOH and treatment temperature.

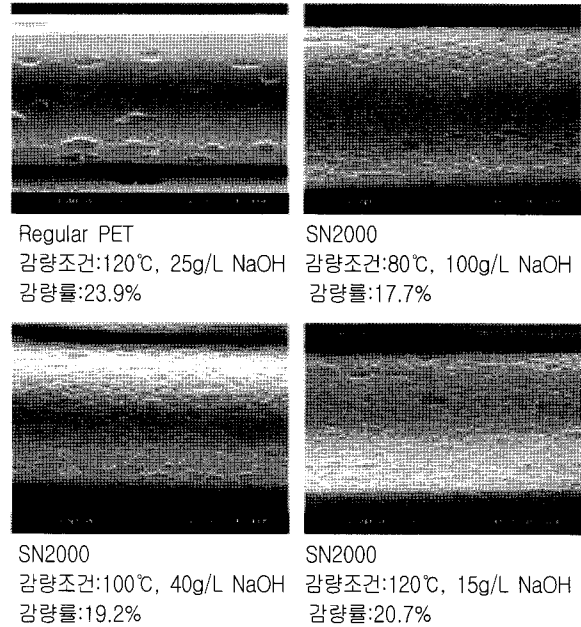


Fig. 2. FE-SEM surface images of polyester fabrics treated at different mass reduction conditions.

볼 수 있다. 이러한 SN2000 원사의 알칼리 감량에 의한 표면의 미세요철 형성상태로부터 미루어 보아 섬유표면에서의 정반사광을 감소시켜서 농색화에 큰 역할을 할 것으로 생각된다.

3.3 고발색 black 분산염료 선정을 위한 염료 특성 분석

알칼리 감량에 의한 표면 미세요철 형성에 이어 또 다른 요소기술에 해당하는 염료기술에 있어서는 앞에서 언급한 대로 고발색 염료의 선정이 아주 중요하다. 고발색 염료의 사용은 동일한 양의 염료를 사용하더라도 보다 더 강한 색상을 발현하는 것이 가능해지므로 심색화에는 아주 유리하고 중요한 기

술적 요소라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 상용화되어 있는 black 염료를 십여종 입수하여 이들의 색상강도를 동일조건에서 비교함으로써 보다 고발색성의 black 염료를 선정하고자 하였다. 염료의 발색특성을 비교하기 위해서 염료자체의 흡광강도의 비교와 섬유에 염색되었을 경우 염색물의 색상강도의 비교를 동시에 진행하였다.

3.3.1 Black 염료들의 흡광강도 비교

본 연구에서는 입수된 12종의 상업용 black 분산염료의 동일 농도에서의 흡광도를 UV-VIS spectrophotometer를 사용하여 측정하였다. 이때 사용한 염료의 농도는 7.2mg/L였으며, 염료를 용해시키기 위한 용매는 100% N,N-dimethylformamide였다. Fig.3에 12종 염료들의 흡광도 특성을 나타내었다. Fig.3에서 알 수 있는 바와 같이 사용한 12종의 black 염료들 중 전 측정 범위에서 평균적으로 가장 높은 흡광도를 나타내는 것이 바로 PLUS(Dianix Deep Black Plus) 염료임을 알 수 있다. 동일한 black의 색상을 가지는 것처럼 보이는 염료라 하더라도 각 염료에 따라서 spectrum의 형태가 다르고 또한 동일농도에서의 흡광강도가 다르다는 것을 알 수 있다. 흡광강도가 높을수록 적은 양의 염료로도 동일한 색상을 나타낼 수 있다는 것을 의미하므로 동일한 양의 염료를 사용한다면 훨씬 높은 색상강도를 나타내게 되어 결국 심색화의 목적을 이루기가 용이하다. 몇몇 염료들의 경우 약 430nm이하의 파장영역이나 650~700nm정도의 파장영역에서 PLUS 염료보다 높은 흡광도를 나타내는 것이 있으나 가시광선영역이 400nm 이상이라는 것을 고려하면 430nm 이하의 영역의 색상강도의 기여도는 크지 않으며, 650~700nm의 영역에서 PLUS 염료보다 다소 높은 흡광도를 보이는 염료의 경우는 나머지 파장영역에서 흡광도가 너무 낮아서 실효성이 없다고 판단된다. 따라서 종합적으로 판단해 보면 흡광도 분석에서는 PLUS 염료가 가장 유리할 것으로 판단된다.

3.3.2 Black 염료 염색물의 색상강도 조사

염료의 흡광도 분석이 염료자체의 흡광분포 특성을 나타내는 것이긴 하지만 최종적으로는 이들 염료가 섬유에 염색된 후 그 염색물의 색상강도가 결과적으로는 더욱 중요하므로 이를 검토하기 위하여 동일 농도로 SN2000 원사의 미감량 직물을 염색한 후 그 염색물의 색상강도를 비교하였다. 사용된 염료의 사용량을 5% owf 였다. 심색화의 목적은 염색물로 하여금 전 파장범위에서의 색상강도를 최대

한 높이는 것이므로 12종 black 염료로 염색한 SN2000 원사직물의 파장별 색상강도(K/S)를 모두 합한 total K/S 값을 Table 1에 나타내었다. Total K/S에서도 염료 자체의 분석에서와 마찬가지로 12종 염료 중에서 PLUS 염료가 가장 높은 약 630 정도의 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

일반적으로 심색화에서는 염색물의 농색화의 척도로서 명도값을 사용하고 있다. 명도란 염색물의 밝기를 나타내는 값으로서 염색물이 진하게 염색될수록 어두워지고 빛의 반사율이 낮아지므로 명도값은 작아지게 된다. 특히 black 색상은 무채색이며 $L^*a^*b^*$ 색입체의 중심축에 색상값이 위치하므로 단순히 명도값만을 사용해도 무리가 없으며 오히려 편리할 때가 많다¹⁰⁾. 따라서 본 연구에서도 주로 명도의 변화를 사용하여 염색물의 심색성을 나타내기로 한다. Fig.4에서도 알 수 있는 바와 같이 명도값을 사용하여 나타낸 경우에도 다른 염료에 비해 PLUS 염료의 명도가 가장 낮음으로써 심색화 특성이 가장 우수함을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구의 이어지는 실험에서는 black 염료로서 PLUS(Dianix Deep Black PLUS) 염료를 사용하기로 한다.

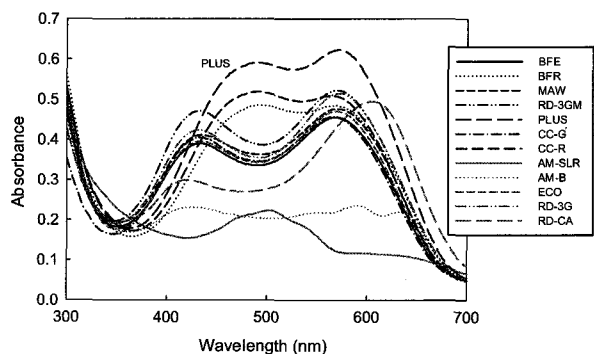


Fig. 3. UV-VIS spectra of various black dyes in N,N-dimethylformamide.

Table 1. Total K/S values of untreated SN2000 polyester fabrics dyed with various black dyes

Dyes used	Total K/S
BFE	554
PLUS	632
BFR	577
MAW	596
RD-3GM	563
RD-CA	564
RD-3G	581
ECO	593
CC-R	548
CC-G	456
AM-SLR	602
AM-B	498

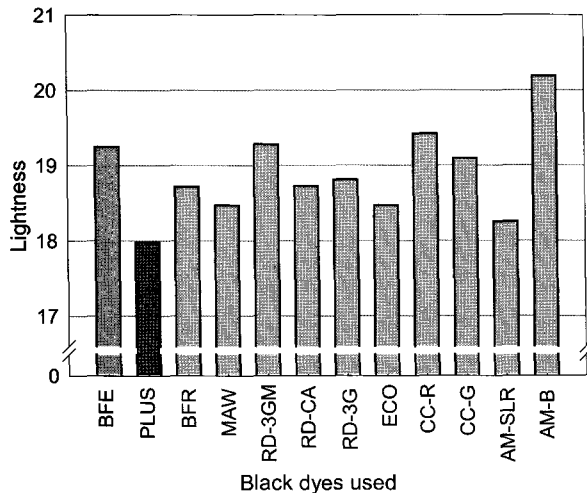


Fig. 4. Lightness values of untreated SN2000 polyester fabrics dyed with various black dyes.

3.4 고발색 분산염료에 의한 SN2000 원사 감량직물의 명도 특성

일련의 실험에서 조건별 감량률과 black 염료의 선정이 완료되었으므로 이어지는 실험에서는 선정된 PLUS 염료를 사용하는 경우에 감량조건별 감량률에 따른 SN2000 원사직물의 명도의 변화 경향과 최적 염료의 사용량 등을 조사하였다.

3.4.1 조건별 감량률에 따른 염색물의 명도변화 특성

여러 가지 조건에서 감량한 SN2000 시료를 대상으로 하여 선정된 PLUS 염료로 염색하였을 경우 감량에 의한 표면요철에 의해 명도의 변화하는 경향을 조사하고 실제로 표면요철이 명도변화에 영향을 미치고 심색화가 이루어지는가를 조사하였다. 각각 80°C, 100°C, 120°C에서 감량된 직물에 대해 PLUS 염료 5% owf의 농도로 염색한 경우의 감량률에 따른 명도변화를 조사하여 Fig.5에 나타내었다. Fig.5에 의하면 예상대로 알칼리에 의한 감량률이 증가함에 따라 염색물의 명도값이 감소하다가 약 20% 정도의 감량률을 넘어서면서 명도감소의 경향이 현저히 줄어들거나 더 이상 감소하지 않는 경향을 보이고 있다. 일단 초기 감량률이 증가함에 따라 명도가 감소하는 것은 이미 예측한 바와 같이 섬유표면에 실리카 입자의 용출로 인한 미세요철의 형성으로 인해 정반사광의 비율이 줄어들기 때문이라고 생각할 수 있다. 명도값의 감소 정도는 감량이 전혀 되지 않은 시료의 경우에 명도값이 약 18 정도이던 것이 20% 정도의 감량률에서 약 14 정도로까지 감소함으로써

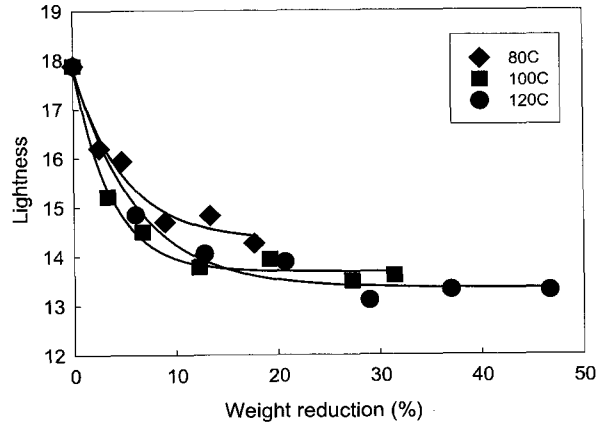


Fig. 5. Effect of weight reduction on the lightness of SN2000 polyester fabrics.

동일한 양의 염료를 사용하였음에도 불구하고 미감량물에 비해 절대 명도값으로 4 정도나 감소한 것을 알 수 있다. 20%이상의 감량률에서는 더 이상의 현저한 감소는 보이지 않고 있는데 그 이유는 과도한 감량에 의해 섬유가 얇아지고 직물의 밀도가 낮아져서 조직이 엉성해 짐으로써 직물의 광흡수가 감소하고 이러한 흡수의 감소가 요철에 의한 광흡수의 증가를 상쇄시키기 때문이라고 판단된다. 이러한 결과를 종합해 보면, 직물의 촉감이나 드레이프성의 면에서도 일반적으로 약 20% 정도의 감량률이 권장되고 있는데, SN2000 원사 직물의 농색화의 면에서도 실험 결과에서처럼 약 20% 정도의 감량률이 바람직한 것으로 생각된다.

단, 20% 정도의 감량을 위한 감량온도나 알칼리 농도의 결정에 있어서는 추가로 결정해야 하는 사항인데, 이는 FE-SEM에 의한 표면관찰 결과나 감량률별 명도변화 추이를 통해서 할 수 있다. Fig.2의 이미지를 자세히 관찰하면 세 가지 경우 모두 약 20% 정도의 감량률을 가지는 것은 동일하나 감량온도와 알칼리의 농도가 다르다. 수치화해서 비교하기는 어려우나 육안으로 관찰하면 80°C에서 120°C의 고온으로 갈수록 표면요철이 더욱 미세하고 균일하게 형성된 것으로 관찰된다. 뿐만 아니라 Fig.5의 조건별 감량률에 따른 명도변화의 그래프에서도 유사하기는 하나 80°C보다는 100°C가, 그리고 100°C 보다는 120°C의 경우가 명도가 약간 더 낮게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과로부터 최적 SN2000의 최적 감량온도는 120°C, 알칼리 농도는 15g/L NaOH이며, 이때의 감량률은 약 20% 정도라고 판단된다. 따라서 이후의 실험에서는 이 조건으로 고정하기로 한다.

3.4.2 최적 염료의 사용량 조사

앞의 3.4.1.항에서는 조건별 감량률에 따른 명도 변화를 보기 위해 염료의 사용량은 5%로 임의로 정하였다. 그러나 최적 염료의 사용량이 5%가 아닐 수도 있으므로 이를 확인하여 최적 염료사용량을 결정하기 위하여 염료사용량별 명도의 변화를 조사하였다. 이 실험에서는 감량조건은 앞에서 결정된 최적 감량조건을 적용하였다. 염료의 사용량은 1~20% owf의 범위에서 변화시켜가며 조사하였다. Fig.6에서와 같이 염료의 사용량이 증가함에 따라 명도값이 점점 감소함으로써 색상이 점점 진해져가고 있음을 알 수 있다. 그러나 약 5~7% owf 정도를 넘어서면서 더 이상의 명도감소는 나타나지 않는 것으로 보아 최적 염료사용량은 5~7% owf임을 알 수 있다. 그림에서는 7%의 경우가 5%의 경우 보다는 약간 더 감소하고는 있으나 그 정도가 크지 않고 오차범위라고 볼 수도 있으므로 경제적인 면을 고려하면 5% owf가 PLUS 염료의 최적 사용량이라고 할 수 있다.

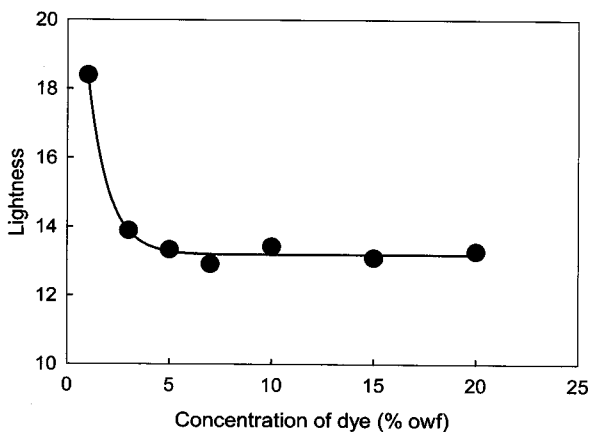


Fig. 6. Effect of concentration of Dianix Deep Black Plus on the lightness of SN2000 polyester fabrics mass-reduced by 20%.

3.5 고발색 분산염료 외 유색염료 첨가에 의한 명도 변화

일반적으로 농색의 black을 만들기 위해서는 black 염료만으로는 어려울 경우가 있고 그럴 경우 yellow, red, blue 등의 유색염료를 일부 추가해서 사용하기도 한다. Black 염료라고 하더라도 스펙트럼상 전 파장범위에서 균일한 흡수를 가지는 것은 아니므로 black 염료의 흡수를 보완하기 위해서 유색염료가 추가 사용되기도 한다. 본 연구에서도 유색염료 첨가의 효과를 검토하기 위해 yellow 계열의 Foron Y/Brown S2RFL, red 계열의

Foron Rubine S2GFL, blue 계열의 Foron N/Blue K-GLS를 사용하였다. 또한 black 염료의 파장별 흡수패턴에서 가장 부족한 부분이 주로 650~700nm의 장파장 부분이므로 이를 보완하기 위해 장파장의 흡수를 가지는 green 염료 Dispersol Green C-6B도 함께 사용하여 조사하였다. Fig.7은 각 염료 자체의 흡수곡선을 나타내었다. 비교를 위해 black 염료(PLUS)도 함께 나타내었는데, 이 black 염료는 전 파장에서 비교적 강한 흡수를 보이고 있으며 특히 400~600nm의 파장대에서 강한 흡수를 보이고 있다. Y/Brown 염료는 단파장 영역인 400~450nm에서 주요 흡수대를 가지고 있으며, rubine 염료는 470~530nm, 그리고 blue 염료는 550~620nm에서 주요 흡수대를 가지고 있다. 별도로 사용된 green 염료는 620~670nm의 장파장대에서 주요 흡수대를 가짐을 알 수 있다. 염료 자체만의 흡수 스펙트럼으로만 보면 yellow와 green 염료가 black의 흡수가 부족한 단파장과 장파장 영역대를 많이 보완해 줄 것으로 예상된다.

이들 염료들을 각각 단독으로 염색한 후 그 염색물의 흡수스펙트럼을 Fig.8에 나타내었다.그림에서도 알 수 있는 바와 같이 염색물의 흡수스펙트럼은 염료 자체만의 흡수 스펙트럼과 정확히 일치하지 않음을 알 수 있다. 염료 자체만의 흡수 스펙트럼에 비해 염색물의 흡수스펙트럼이 보다 넓어짐을 확인할 수 있다. 특히 black 염료의 흡수 스펙트럼이 많이 넓어짐으로써 다소 부족한 것으로 생각했던 단파장 영역과 장파장 영역의 흡수도 상당히 일어나고 있음을 알 수 있으며, 그로 인해 초기의 예상보다 yellow나 green 염료의 기여가 크지는 않을 것임을 예측할 수 있게 되었다. 또한 blue 염료 염색물의 흡수스펙트럼이 넓어짐으로써 green 염료의 흡수스펙트럼과 중첩되어 green 염료의 효과가 크지 않을 것으로 생각된다.

Fig.9는 black 염료 5% owf로 단독으로 염색한 경우와 black 염료 5%에 유색 염료 1종을 각각 1%씩 추가한 경우, 그리고 black 염료 5%와 유색 염료 모두를 1% 추가한 경우 등에 대해서 염색물의 흡수스펙트럼을 조사하였다. 그림에서도 알 수 있는 바와 같이 black 염료 단독으로 염색한 경우와 유색염료를 추가한 경우가 모두 거의 동일한 흡수패턴을 보이고 있다. 이로부터 염색물의 흡수 패턴에는 black 염료가 거의 대부분의 기여를 하고 있으며 유색염료는 그 기여도가 극히 낮음을 알 수 있다.

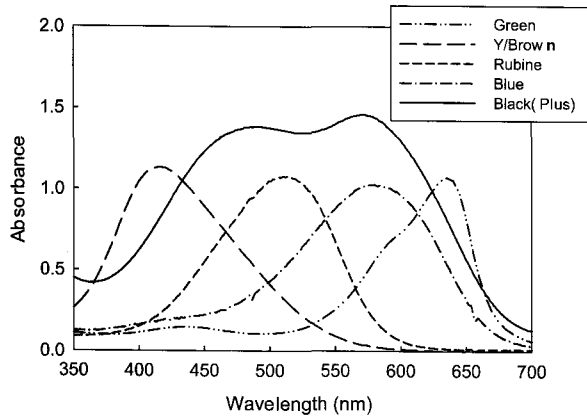


Fig. 7. UV-VIS spectra of four chromatic dyes.

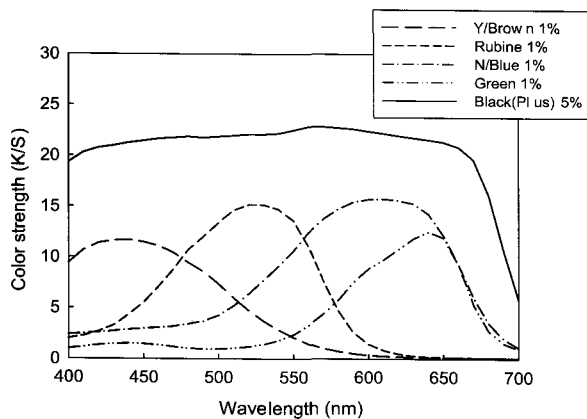


Fig. 8. K/S spectra of SN2000 polyester fabrics dyed with one of four chromatic dyes respectively.

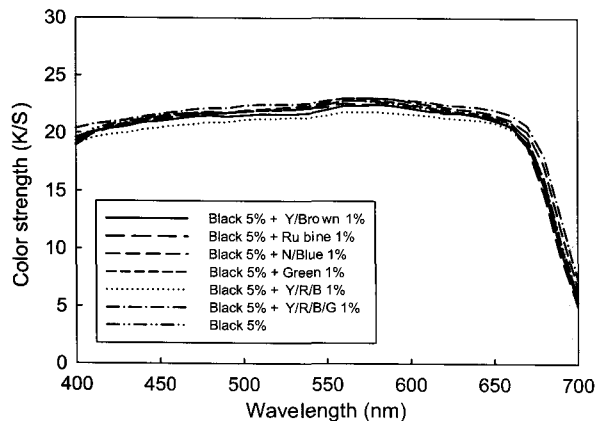


Fig. 9. K/S spectra of SN2000 polyester fabrics dyed with both the black and chromatic dyes.

Table 2. Lightness values of SN2000 polyester fabrics dyed with both the black and chromatic dyes at different concentrations

Conc. of Yellow, Red, Blue and Green dye, respectively (% owf)	Lightness
0% (black 5% only)	13.40
1%	13.00
2%	12.97
3%	12.94

추가적으로 Table 2에는 black 염료(PLUS) 단독으로 염색한 경우와 여기에 추가적으로 유색염료 4종을 각각 1%, 2%, 3% owf의 농도로 사용한 경우의 염색물의 명도값을 나타내었다. 여기에서는 black 염료만을 단독으로 사용한 경우에 비해 유색염료의 첨가효과가 그 첨가농도가 증가함에 따라 아주 조금씩 나타나는 하나 크지 않다. 이로써 일반적으로 인식되고 있는 유색염료의 추가사용은 기대만큼의 큰 효과는 기대하기 어렵다고 판단된다.

3.6 저굴절률 수지 처리에 의한 명도 변화

앞에서 설명한 바와 같이 폴리에스테르 섬유는 일반적인 섬유 중에서 가장 굴절률이 높고 그로 인해 프레넬의 법칙¹¹⁾에 의해 표면반사율이 높아지고 결과적으로 염색물의 농색화에는 불리하게 작용한다. 이러한 굴절률 문제를 해결하기 위한 실용적으로 가장 효과가 큰 방법이 바로 저굴절률의 수지층을 섬유의 표면에 형성시킴으로써 표면반사율을 줄이는 기법이다. 본 연구에서도 이러한 효과를 검토하기 위하여 앞에서 결정된 최적조건으로 감량과 염색된 직물에 대하여 예비시험을 거쳐 우수한 성능을 나타내는 것으로 결정된 1종의 상업용 수지를 사용하여 서로 다른 농도로 처리하고 그에 따른 명도변화를 조사하였다. Fig.10에 저굴절률 수지 처리의 효과를 나타내었다. 최적 감량 조건인 120°C, 15g/L의 조건에서 감량한 후 black 염료 5% owf를 사용하여 염색한 시료에 대해서 수지의 농도별로 처리한 결과를 나타낸다. 그림의 결과에서 살펴보면 수지의 농도가 증가함에 따라 명도값이 크게 감소하여 수지처리를 하지 않은 경우 최저 명도값이 13 정도이던 것이 약 5%의 수지

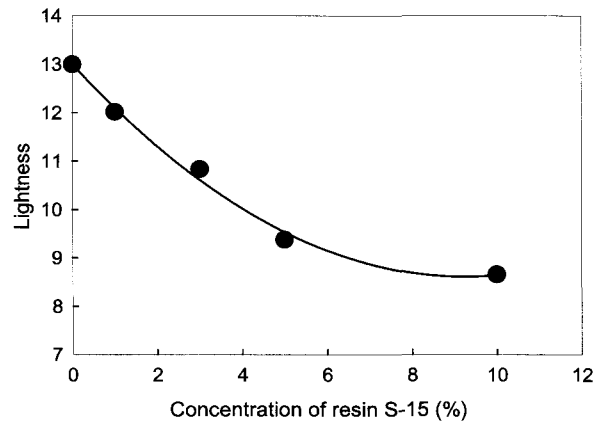


Fig. 10. Effect of resin treatment on the lightness of SN2000 polyester fabrics mass-reduced and dyed.

농도에서 약 9 정도의 값을 보이다가 약 8% 정도에서는 명도값이 8.7 정도의 수준으로까지 떨어지는 것을 관찰할 수 있다. 사실상 명도 8~9 정도의 값은 극농색에서만 얻어지는 값으로써 원사의 미세요철 형성과 고발색염료 사용 및 저굴절률 수지 처리 등의 요소기술들이 복합적으로 작용하여 나타난 결과이다.

4. 결 론

실리카 함유 원사인 SN2000 원사로 제작한 직물의 대해 최저 명도값을 나타내는 각종 공정 조건들을 조사하였다. 그 결과 원사의 표면 미세요철 형성을 위한 알칼리 감량조건은 120°C, 15g/L의 NaOH로 약 20% 전후의 감량률로 감량하는 것이 가장 우수하며, 염료는 Dianix Deep Black PLUS를 약 5% owf 전후로 사용하는 것이 가장 좋은 것으로 나타났다. 일반적인 인식과는 다소 다르게 유색염료의 추가사용은 그 효과가 크지 않음을 확인하였다. 마지막 저굴절률 수지의 처리에 있어서는 수지농도 약 5~8% 정도의 범위에서 처리함으로써 명도값 8.7의 극농색물을 얻는 것이 가능하였다.

참고문헌

1. S. B. Warner, "Fiber Science", Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 213-229, 1995.
2. W. E. Morton and J. W. S. Hearle, "Physical Properties of Textile Fibres", The Textile Institute, Manchester, U.K., pp.564-584, 1993.
3. J. H. Jang and Y. J. Jeong, Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O₃ irradiation, *Dyes and Pigments*, **69**(3), 137-143(2006).
4. S. M. Jeon, K. P. Lee, and K. Koo, Increase in color depth and analysis of the interfacial electrokinetic potential of poly(ethylene terephthalate) fabric by plasma treatment, *J. Korean Sec. Dyers & Finishers*, **15**(4), 1-7(2003).
5. Y. B. Shim and M. C. Lee, Increase in color depth of black dyed PET fabrics treated by sputter etching, *J. Korean Sec. Dyers & Finishers*, **9**(1), 15-22(1997).
6. H. Cho and K. Koo, Effects of color depth on wool and silk fabrics treated sputter etching, *J. Korean Sec. Dyers & Finishers*, **6**(3), 44-51(1994).
7. H. Cho, B. R. Chang, D. S. Chang, M. W. Huh, I. S. Cho, and K. W. Lee, a study on bathochromic finish of poly(ethylene terephthalate) fabrics by low temperature plasma-(O₂) treatment, *J. Korean Sec. Dyers & Finishers*, **4**(1), 1-9(1992).
8. M. S. Park, C. M. Jang, M. Y. Seo, S. S. Kim, and S. C. Yoo, The bathochromic effect of polyester fabric treated with low refractive compounds, *J. Korean Sec. Dyers & Finishers*, **10**(5), 48-55(1998).
9. S. M. Burkinsahw, "Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing", Blackie Academic & Professional, London, pp.205-211, 1995.
10. M. D. Fairchild, "Color Appearance Models", John Wiley & Sons, Ltd., England, pp.53-93, 2005.
11. E. Hecht, "Optics, 4th Ed.", Addison Wesley Longman Inc., pp.142-154, 2002.