

자외선 흡수제 처리 면직물의 소비성능 개선(제1보) -자외선 차단성능에 관한 연구-

강 미 정 · 권 영 아

신라대학교 패션디자인산업학과

A Study on the UV-cut Properties of Cotton Fabrics Treated with UV-absorber

Mi-Jung Kang · Young-Ah Kwon

Silla University, Dept. of Fashion Design and Industry

(2001. 1. 8 접수)

Abstract

The influence of ultraviolet(UV)-ray in sun light on human skin has been noted. Textiles can provide protection against harmful UV-radiation. Normally UV-absorbing finishes are used to get better protection. The purpose of this study is to evaluate the UV-cut properties of cotton fabrics treated with UV-absorber.

2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone, as UV-absorber was applied to 100% cotton fabric. Reagents added in finishing solution were Triton X-100, polyethylene glycol 400, and MgCl₂ · 6H₂O, and C.I. Direct Red 81. Both untreated and treated cotton fabrics were exposed to a xenon arc lamp for 20 and 80 hours. UV absorption spectra of finishing solutions and UV transmission spectra of fabrics were measured by the UV/VIS spectrophotometer.

The results of this study can be summarized as follows.

Absorption and the related transmission spectra were modified in a controlled way with UV-absorber. Absorption effect of UV-absorber was improved by adding Triton X-100, PEG 400, and MgCl₂ · 6H₂O in finishing solution. The UV absorption of finishing solution was in the following order: U/D/T/P/M>D/T/P/M> D/T> D/P, D>U/T/P/M>U/T>T/P/M>T. The UV transmittance of cotton fabrics was remarkably decreased by the application of UV-absorber and additives. The UV-cut properties were most improved by the application of U/D/T/P/M.

Key words: ultraviolet-ray, UV-cut property, Triton X-100, polyethyleneglycol;

자외선, 자외선 차단성, 트리톤 X-100, 폴리에틸렌글리콜

I. 서론

태양은 일상생활에서 없어서는 안될 필수적인 것

이다. 그러나 최근 환경문제가 대두되면서 태양광선 중의 자외선에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 자외선은 살균 및 소독, 비타민D의 합성 등 생명활동에 중요한 작용을 하지만 인체가 자외선에 너무 많이 노출되면 일광화상, 피부노화, 피부암, 백내장과 같은 건강상 문제를 초래하게 된다. 이에 따라 최근 자외선으로부터 피부를 보호하기 위한 자외선 차단

* 본 연구는 2001년 신라대학교 교내학술연구비에 지원을 받아 수행하였음.

섬유제품에 대한 연구개발이 진행되기 시작했다¹⁾. 자외선으로부터 인체를 보호하기 위해서는 자외선 차단제를 바르거나 자외선을 차단하는 의복을 착용해야 한다. 자외선 차단제는 땀이나 물에 지워지므로 다시 발라야 하는 불편함이 있고, 피부알레르기를 일으킬 수 있는 단점이 있는 반면, 자외선을 차단하는 의복을 착용하면 이러한 단점을 보완하면서 효과적으로 자외선을 차단할 수 있다. 직물은 성글게 짜여진 것보다는 촘촘하게 짜여진 것이 자외선을 더 많이 차단하고 백색 혹은 담색 직물보다는 농색 직물이 자외선을 더 차단한다. 또한 폴리에스테르직물이 면직물보다 자외선 차단성이 우수하다²⁾. 그러나 자외선 차단성이 낮은 직물이라 할지라도 자외선 흡수제를 적절히 처리함으로써 자외선 차단성을 향상시킬 수 있다³⁻⁸⁾.

본 연구의 목적은 의류용 소재로 사용되는 면직물의 자외선 차단성이 자외선 흡수제 처리 조건에 따라 어떻게 변화하는지 규명하는 것이다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

시료는 한국 의류 시험 연구소에서 구입한 정련, 표백된 100% 면 평직물(KS K 0905)을 사용하였으

Table 1. Construction of cotton fabric

Material	cotton 100%
Fabric Density(ends×picks /in ²)	72×75
Weight(g/m ²)	102
Thickness(mm)	0.33
Weaves	plain
Yarn Number	33's/37's

며, 시료의 기본 특성은 Table 1과 같다. 자외선 흡수제로 일광에 비교적 안정하고 용점이 높으며, 자외선 흡수과장 영역이 광범위한 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone(ACROS DRGANICS, USA)을 사용하였으며, 염료는 직접염료 (C.I. Direct Red 81, AAKASH CHEMICALS & DYE-STUFFS, INC)를 정제하지 않고 사용하였다. 첨가제로 Triton X-100(Fluka Chemie AG), polyethylene glycol 400(1급시약, Katayama Chemical, Japan) 및 MgCl₂·6H₂O(1급시약, Junsei Chemical Co. Ltd, Japan)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 가공용의 자외선 흡수성 측정

흡수제 및 각 첨가제 수용액을 증류수로 희석하여 농도를 조정 한 후 자외·가시부 분광광도계 (Kontron Instrument UVIKON 933)를 사용하여 200~400nm의 자외선 과장 영역에서의 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 자외선 흡수제 및 각 첨가제로 조제한 수용액을 Xenon arc lamp 내광시험기 Fade-O-meter (Han-Won, Korea)로 20시간 동안 조사하고 시간에 따른 흡광도를 측정하였다.

2) 자외선 흡수제 처리

자외선 흡수제 처리는 욕비 1:100의 흡수제 수용액 또는 염욕에 시료를 침지시켜서 75°C에서 처리한 다음 수세 후 여분의 가공액을 제거하도록 패딩 (Padding Roll Machiner, Jin Young Co. Ltd)하였고, 상온에서 24시간 건조시켰다. 적분구가 부착된 자외선/가시 spectrophotometer(UNICAM 8700, England)를 사용하여 자외선 흡수제 처리전후 시료의 자외선 투과율을 측정하였다.

Table 2. Concentrations of UV absorber and additives

Symbols	UV absorber and Additives	Concentration(M)
U	2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone	5×10 ⁻³
D	C.I. Direct Red 81	1×10 ⁻³
T	Triton X-100	1.64×10 ⁻³
P	Polyethylene glycol 400	2×10 ⁻²
M	MgCl ₂ ·6H ₂ O	2×10 ⁻³

가공욕 조성은 흡수제/Triton X-100(이후 U/T라고 함), 흡수제/Triton X-100/PEG 400/MgCl₂·6H₂O(이후 U/T/P/M이라고 함), Triton X-100(이후 T라고 함), Triton X-100/PEG 400/MgCl₂·6H₂O(이후 T/P/M으로 함), PEG 400/MgCl₂·6H₂O(이후 P/M이라고 함)로 하였다. 또한 염욕(D)에 흡수제 및 첨가제를 혼합한 가공욕(D/T, D/P, D/T/P/M, U/D/T/P/M)도 조성하였다. 본 연구에 사용된 가공욕 중의 흡수제, 염료 및 첨가제 농도는 Table 2와 같다.

Table 3은 가공욕별, 처리시간별 가공포의 add on을 나타낸 것이다. 흡수제 및 Triton X-100 처리한 포의 add on은 1~2%이지만 염료 및 PEG 400첨가에 의해 add on이 증가하여, U/T/P/M 및 U/D/T/P/M 처리 포의 평균 add on은 각각 3.3%, 3.9%를 나타냈다. 처리시간의 영향은 가공욕에 따라 차이를 보였으나, 일반적으로 60~120분 처리에서 최대의 add on을 나타냈다. 120분 이후부터는 흡수제, 염료는 물론 각 첨가제의 흡착이 더 이상 증가하지 않았으며 오히려 감소하는 경향도 보였는데, 이는 흡진법으로 처리 시 처리시간을 120분 이상으로 증가시키면 수증기 증발로 인한 처리욕 내의 분산제 농도가 증가함에 따라 분산제의 일부가 흡수제 및 염료분자와 결합하여 흡수제 및 염료의 흡착을 방해하는 요인으로 작용하였기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 처리시간을 60분으로 하면 처리포의 자외선 차단성을 효과적으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 자외선 차단 가공욕의 자외선 흡수성

Fig. 1은 자외선 흡수제인 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone의 농도별 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 210~220nm, 283nm 및 331nm에서 흡수피크가 나타났으며, 흡수제의 농도가 증가할수록 흡광도가 증가하였으나 파장의 이동은 보이지 않았다. 흡수제의 농도가 5×10⁻³mol/l 이상에서 처리해야 포의 자외선 투과율이 감소할 것이라고 기대할 수 있다.

Table 3. Add-on of cotton fabrics treated with U/T, T, U/T/P/M, T/P/M, D, D/T, D/P, D/T/P/M, and U/D/T/P/M

Finishing Solution	Treatment time(min)	Add on (%)	Mean (%)	Standard deviation
U/T	15	1.39	1.51	0.45
	30	1.21		
	60	0.86		
	120	2.10		
	180	2.06		
T	15	2.09	1.81	0.38
	30	1.24		
	60	1.57		
	120	2.49		
	180	1.68		
U/T/P/M	15	2.91	3.26	0.92
	30	2.08		
	60	5.56		
	120	2.95		
	180	2.80		
T/P/M	15	2.46	2.43	0.10
	30	2.48		
	60	2.30		
	120	2.63		
	180	2.29		
D	15	2.96	3.49	0.43
	30	3.93		
	60	3.95		
	120	3.70		
	180	2.94		
D/T	15	2.96	3.36	2.23
	30	2.45		
	60	3.95		
	120	3.47		
	180	2.98		
D/P	15	2.40	3.22	0.59
	30	2.58		
	60	3.60		
	120	3.49		
	180	4.07		
D/T/P/M	15	2.92	3.82	0.47
	30	3.79		
	60	3.59		
	120	4.45		
	180	4.38		
U/D/T/P/M	15	3.29	3.92	0.59
	30	3.20		
	60	4.28		
	120	5.06		
	180	3.78		

D: C.I. Direct Red 81, U: UV absorber, P: PEG 400, T: Triton X-100, M: MgCl₂·6H₂O

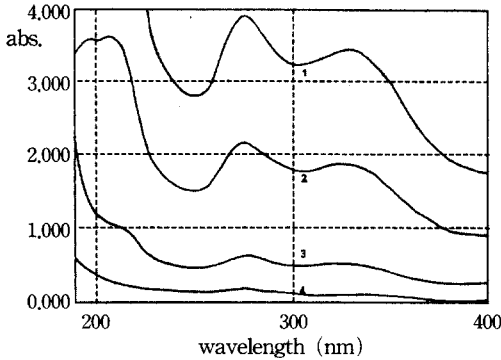


Fig. 1. The UV absorption spectra of UV absorber: (1) 10^{-2} (2) 5×10^{-3} (3) 10^{-3} (4) 10^{-4} mol/l

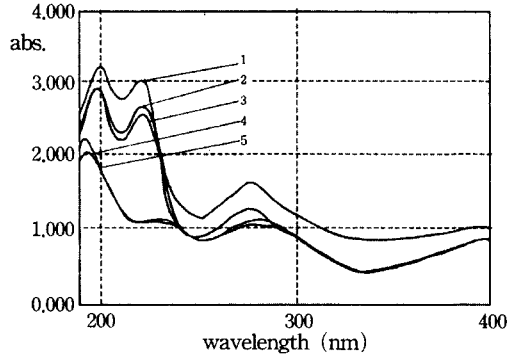


Fig. 3. The UV absorption spectra of (1) U/D/T/P/M, (2) D/T/P/M, (3) D/T, (4) D/P, and (5) D in water

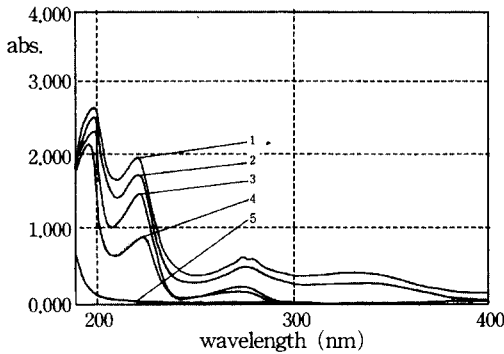


Fig. 2. The UV absorption spectra of (1) U/T/P/M, (2) U/T, (3) T/P/M, (4) T, and (5) P/M in water

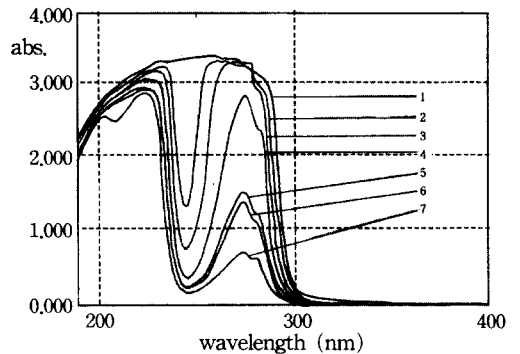


Fig. 4. The UV absorption spectra of Triton X-100: (1) 5×10^{-2} (2) 2×10^{-2} (3) 1×10^{-2} (4) 5×10^{-3} (5) 2×10^{-3} (6) 1.64×10^{-3} (7) 10^{-3} mol/l

Triton X-100, PEG 400 및 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 의 첨가가 흡광도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 배합 조건을 달리하여 측정된 흡광도를 Fig. 2에 나타냈다. 자외선 흡광도는 $P/M < T < T/P/M < U/T < U/T/P/M$ 순으로 증가하였으며 흡수제 첨가에 의해 자외선A 영역의 흡광도가 증가되는 것을 알 수 있다. Triton X-100 수용액의 흡광성이 우수하지만, 흡수제와 혼합하게 되면 흡광도가 유의하게 증가하였다. U/T/P/M은 U/T보다 높은 흡광도를 나타냈는데 이것은 P/M이 자외선 흡수제 및 Triton X-100와 작용하여 흡광 메커니즘을 상승시켜 흡광성이 증가한 것으로 볼 수 있다. 또한 T 및 P/M의 흡광도보다 T/P/M의 흡광도가 크게 나타났는데, 이 결과도 Triton X-100과 PEG 400의 결합으로

인한 흡광성 상승작용으로 설명할 수 있겠다. 이러한 결과에서 Triton X-100, PEG 400 및 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 첨가가 자외선 흡수제 처리시 자외선 차단성 향상에 기여할 수 있을 것이라고 기대할 수 있다.

Fig. 3은 염료와 혼합한 가공육의 자외선 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 흡광도는 $D < D/P < D/T < D/T/P/M < U/D/T/P/M$ 의 순으로 증가하여, 염료와 흡수제, Triton X-100, PEG 400 및 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 를 혼합하면 염료 수용액에 비교하여 흡광도가 증가한다는 것을 알 수 있다. 또한 D/P보다 D/T의 흡광성이 높은 것으로 나타났는데, 이는 Triton X-100의 자외선 흡광성이 PEG 400의 흡광

성에 비하여 높기 때문인 것으로 볼 수 있다.

Fig. 4는 Triton X-100의 농도별 흡수 스펙트럼을 나타낸 것으로 200~300nm 사이에서 두개의 흡수피크가 나타난다. Triton X-100의 농도 증가에 따라 250~300nm의 흡수피크가 점차 넓어지고 높아져서 자외선 B 및 자외선 C 영역의 흡광도가 증가하였음을 알 수 있다. Fig. 4에서 Triton X-100은 300~400nm인 자외선 A 영역의 흡광성이 거의 없으므로 자외선 A 영역의 자외선을 차단할 수 없으나 자외선 B 영역의 흡광성이 우수하므로 자외선 B 영역의 차단성 향상에 기여할 수 있는 분산제라는 것을 알 수 있다.

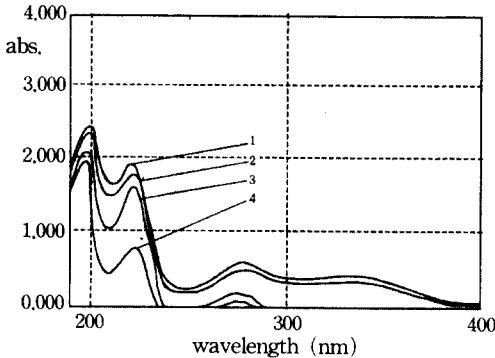


Fig. 5. The UV absorption spectra of (1) U/T/P/M, (2) U/T, (3) T/P/M, and (4) T after UV irradiation for 20 hours

2. 자외선 차단 가공육의 광안정성

Fig. 5와 Fig. 6은 가공육의 자외선에 대한 안정성을 검토하기 위하여, 20시간의 자외선 조사 후 가공육의 자외선 영역에서의 흡광도를 나타낸 것이다. Fig. 2와 Fig. 5를 비교할 때 20시간의 자외선 조사에 의한 자외선 영역에서의 흡광도 변화가 유의하지 않았으며 Fig. 3과 Fig. 6을 비교할 때 역시 자외선 영역에서의 흡광도는 유의한 변화를 나타내지 않았다. 이는 염료 및 자외선 흡수제가 자외선 조사에 대해 비교적 안정하다는 것을 의미한다.

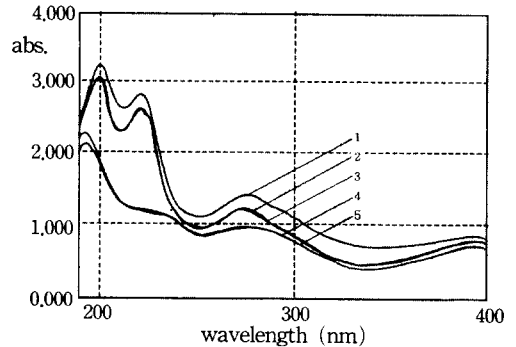


Fig. 6. The UV absorption spectra of (1) U/D/T/P/M, (2) D/T/P/M, (3) D/T, (4) D/P, and (5) D after UV irradiation for 20 hours

Table 4. Transmittance(%) of cotton fabrics treated for 15min and 60min

Treatment time(min)	15			60			
	Wave-length(nm)	220	280	330	220	280	330
Fabrics							
Untreated control		37.3	43.7	52.3	37.3	43.7	52.3
U/T		12.8	16.3	18.6	12.8	12.4	13.9
U/T/P/M		11.2	14.4	16.1	11.3	10.8	12.3
T/P/M		63.1	31.0	52.2	63.3	31.1	53.2
T		59.1	35.5	55.1	59.1	31.9	51.1
U/D/T/P/M		7.9	6.9	11.0	7.9	6.5	10.0
D/T/P/M		9.1	8.2	14.5	9.2	7.6	13.3
D/T		16.6	14.3	25.1	16.6	13.2	22.9
D/P		15.7	14.9	23.8	15.7	14.4	22.9
D		16.3	15.5	24.1	16.3	14.3	22.4

D: C.I. Direct Red 81, U: UV absorber, P: PEG 400, T: Triton X-100, M: MgCl₂ · 6H₂O

3. 면포의 자외선 투과율

1) 처리 시간의 영향

Table 4는 U/T, T, U/T/P/M, T/P/M, D/P, D/T, D/T/P/M, U/D/T/P/M, D 가공육을 육비 1:100으로 15분 및 1시간 동안 처리한 면포의 자외선 투과율(%)을 측정된 결과이다. 처리시간의 영향을 살펴보면, Table 4에서 보이듯이 T/P/M 처리포를 제외하고 1시간 처리한 포의 투과율이 15분 처리한 경우보다 낮게 나타났다. 특히 자외선 A 및 자외선 B 영역에서 U/T육과 U/T/P/M육으로 1시간 처리한 포의 투과율이 15분 처리한 것에 비해 더욱 감소한 것을 볼 수 있다. 염료와 혼합 처리된 경우는 처리시간에 따른 투과율의 차이가 크지 않았는데, 이는 염료의 초기 흡착량이 높아서 처리시간 증가에 따라 자외선 흡수제의 흡착이 더 이상 증가하지 않았기 때문이라고 추측할 수 있다.

2) 가공육 조성의 영향

Fig. 7은 각 가공육에 1시간 처리한 포의 자외선 투과율 곡선을 나타낸 것이다. Fig. 7에서 미처리 <math>T < T/P/M < U/T < U/T/P/M</math> 처리 순서로 직물의

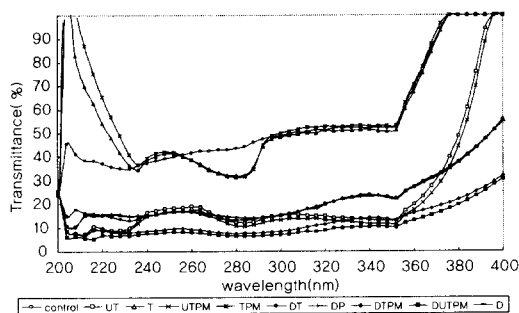


Fig. 7. The UV transmittance spectra of cotton fabrics

자외선 차단성이 증가하였으며, 염료와 혼합처리한 경우 $D < D/P < D/T < D/T/P/M < U/D/T/P/M$ 순서로 포의 자외선 차단성이 향상되었다. U/T육 및 U/T/P/M육으로 처리한 포의 자외선 투과율이 T육 및 T/P/M육으로 처리한 포에 비하여 각각 더 낮게 나타난 결과에서 자외선 흡수제가 면직물의 자외선 차단성 향상에 효과가 있음을 알 수 있다.

또한 D/T/P/M육으로 처리한 포에 비하여 U/D/T/P/M육으로 처리한 포의 투과율이 10% 미만으로 감소하여 자외선 흡수제를 염료와 혼합하여 사용하였을 경우에도 차단성 향상에 기여함을 알 수 있다. 또한 흡수제와 염료 혼합육에 첨가되는 Triton X-100, PEG 400, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 도 자외선 차단성 향상에 다소 기여하였음을 알 수 있다.

3) 흡수제 및 첨가제 농도의 영향

Table 5와 같이 4가지 가공육을 조제하여 흡수제 및 Triton X-100의 농도에 따른 처리포의 자외선 투과율곡선을 측정된 결과를 Fig. 8에 나타냈다. Fig. 8에서 미처리 포에 비하여 모든 처리포의 투과율이 낮아서 자외선 흡수제 처리에 의해 자외선 차단성이 유의하게 향상하는 것을 알 수 있다. 자외선 A와

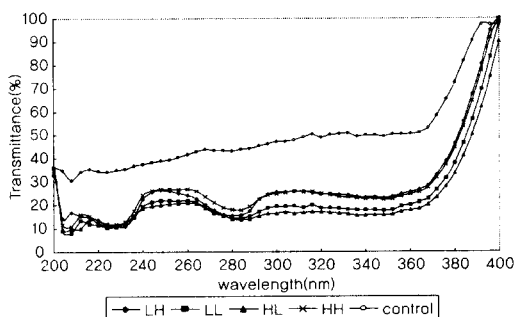


Fig. 8. The UV transmittance spectra of cotton fabrics treated with UV absorbers and Triton X-100

Table 5. Various Levels of UV absorbers, Triton X-100, PEG 400, and $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Symbols	UV absorber ($\times 10^{-3} \text{mol/l}$)	Triton X-100 ($\times 10^{-3} \text{mol/l}$)	PEG 400 ($\times 10^{-3} \text{mol/l}$)	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ($\times 10^{-3} \text{mol/l}$)
LL	5	1.64	2	2
LH	5	50	2	2
HL	10	1.64	2	2
HH	10	50	2	2

Table 6. Transmittance of cotton fabrics irradiated for 80hours

Fabrics	Treatment time(min) Wave-length(nm)	Before			After		
		220	280	330	220	280	330
Untreated control		37.3	43.7	52.3	28.8	35.5	47.7
U/T		12.8	12.4	13.9	10.5	12.6	15.3
U/T/P/M		11.3	10.8	12.3	9.5	11.2	13.3
T/P/M		63.3	31.1	53.2	51.9	28.6	51.4
T		59.1	31.9	51.1	42.4	29.0	48.5
U/D/T/P/M		7.9	6.5	10.0	6.9	6.4	10.2
D/T/P/M		9.2	7.6	13.3	8.6	7.5	12.7
D/T		16.6	13.2	22.9	14.7	13.1	22.4
D/P		15.7	14.4	22.9	15.2	14.4	21.4
D		16.3	14.3	22.4	14.4	13.6	21.1

D: C.I. Direct Red 81, U: UV absorber, P: PEG 400, T: Triton X-100, M: $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

자외선 B 영역에서 HL, LL 처리포가 LH, HH 처리포보다 투과율이 낮게 나타났다. 이는 Triton X-100 농도를 낮게 ($1.64 \times 10^{-3} \text{mol/l}$)하여 처리하는 것이 높게 ($1 \times 10^{-2} \text{mol/l}$)하여 처리하는 것에 비하여 자외선 A와 자외선 B를 보다 효과적으로 차단할 수 있다는 것을 뜻한다. 그러나 HL과 LL 처리포 사이의 투과율 차이는 크지 않으므로 자외선 흡수제의 농도를 $5 \times 10^{-3} \text{mol/l}$, Triton X-100의 농도를 $1.64 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ 로 배합한 가공욕으로 처리하면 경제적인 자외선 차단성 부여가 가능하다고 할 수 있다.

4) 자외선 조사에 의한 영향

자외선 조사후 처리포의 차단성 유지를 살펴보고자 U/T, T, U/T/P/M, T/P/M, D, D/P, D/T, D/T/P/M, U/D/T/P/M 가공욕에 각각 1시간동안 처리한 면포를 80시간 동안 자외선 조사시킨 후, 220, 280, 330nm 자외선 파장대의 투과율을 측정하였다. Table 5는 자외선 조사에 의한 미처리포 및 처리포의 투과율 변화를 나타낸 것이다. Table 5에서 자외선 조사 후 U/T/P/M 포 및 U/D/T/P/M 포의 투과율은 자외선 조사 전에 비교하여 유의한 변화를 보이지 않았다. 따라서 80시간의 자외선 조사에 의해서도 처리포의 자외선 차단성이 효과적으로 유지된다고 볼 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서 자외선 흡수제 및 첨가제 처리에 의한 면직물의 자외선 차단성능을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 자외선 흡수제의 농도를 증가시킬수록 가공욕의 자외선 흡수성이 증가하였다.

(2) 가공욕의 흡광성은 $T < T/P/M < U/T < U/T/P/M$ 의 순서로 증가하여 자외선 흡수제에 의해 자외선 A의 흡수성을, Triton X-100 첨가에 의해 자외선 B 및 자외선 C의 흡수성을 향상시킬 수 있었다.

(3) 염료와 혼합한 가공욕의 흡광성은 $D, D/P < D/T < D/P/T/M, U/D/T/P/M$ 의 순서로 증가하였다.

(4) 자외선 흡수제 및 Triton X-100의 혼합 조성시 Triton X-100 $1.64 \times 10^{-3} \text{mol/l}$, 자외선 흡수제 $5 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ 의 농도로 처리하면 자외선 A 및 자외선 B를 효과적으로 차단할 수 있었다.

(5) 가공욕의 자외선 흡광도 곡선에 따라 처리포의 자외선 투과율 곡선이 변화했다.

(6) 자외선 조사 후에도 처리포의 자외선 차단성은 유지되었다.

참고문헌

- 1) 松原眞二, 東洋紡 UVカット素材 “ヅミネス-UV” “ベンスワード”, 染色工業, 40(3), 120-127 (1992).
- 2) 中西藤可夫 丸山尙夫, “UVケア加工について”, 染色工業, 40(2), 81-91(1992).
- 3) H. Sasaki, N. Maruyama, T. Sano, S. Shikada, “Properties of UV-cut” processed polyester fabric, American Dyestuff Repoter, 51-52(1995).
- 4) 김종덕·김익수·최태수, “자외선 차단 섬유”, 한국 섬유공학회지, 29(2), 11-15(1992).
- 5) 김삼수·김성동·조규민, “자외선 침투 방지용 직물의 개발”, 한국염색가공학회지, 6(3), 242-249(1994).
- 6) 서영숙·김상희, “자외선 흡수제 처리에 의한 면직물의 자외선 차단 효과”, 한국의류학회지, 18(5), 622-627(1994).
- 7) 김종규·김태경·박태수·임용진, “벤조페논 유도체의 자외선 차단 효과 및 염색물의 일광 견뢰도에 미치는 영향”, 한국염색가공학회지, 10(4), 243-251(1998).
- 8) Crews, P. C. and Kachman, S., “Influences on UVR Transmission of Undyed Woven Fabrics”, Textile Chemist and Colorist, 31(3), 17-26(1999).