

자외선 조사경화법에 의해 양이온화된 양모/면(55/45)혼방 직물의 일욕(一浴) 균염(均染) 염색

장 진호

영국 맨체스터 과학기술대학원 섬유과

1. 서론

면/양모 혼방직물은 면 섬유와 양모 섬유의 특징을 적절히 혼합하여 이용할 수 있는 이점이 있지만 염색에 의해 균염을 얻기 어려운 단점을 가지고 있다.[1] 일반적으로 면/양모 혼방직물은 각 구성 섬유의 염색성이 상이하여 이 욕에 의한 염색이 일반화되어 있으나, 이 양모의 알카리에 의한 상해를 동반하기도 하며 공정의 이분화로 인해 비경제적이라고 할 수 있다.[2, 3] 양모와 면 섬유의 다른 염색성에 의한 불 균일한 염색을 방지하고 완벽한 균염 효과를 얻기 위해서는 두 섬유의 염색성을 일치시킬 필요가 있다. 면의 강한 수소 결합에 의한 강한 결정성 구조에 비해 양모는 케라틴 단백질의 열린 구조 때문에 염료의 흡착이 용이하므로 양모 염색의 흡진이 더 용이하다고 알려져 있다.[3] 따라서 면 섬유의 염색성 향상이 요구되는 데 이러한 방법 중의 하나는 셀룰로오스에 양모 섬유처럼 아미노기와 같은 양전하를 띠 수 있는 부분을 부여하는 것이다. 이러한 맥락에서 면의 양이온화를 이용하여 균염을 얻기 위해 여러 가지의 연구가 수행되어 왔다.[4-6]

최근 소개된 자외선 조사를 통한 양이온화제의 광중합을 이용한 양이온화법은 이러한 면에서 주목할 만 하다고 할 수 있다.[7] 자외선 조사경화법을 이용한 그래프트의 경우 중합반응이 수 초 내에 완성될 수 있고 다른 방법에 비해 에너지와 공간의 절감, 저 환경오염 등의 장점이 있다. 특히 열에 약한 고분자에 그래프트를 도입할 수 있고 직물의 한 면 또는 일부만에 처리할 수 있다. 본 연구는 양이온성 단량체를 면/양모 혼방 직물에 자외선 조사를 통해 광 그래프팅 하여 이 직물을 양이온화하고, 양이온화된 직물을 하나의 염료로써 일 욕에 의해 염색하여 면과 양모에 균일한 염색을 실현하고자 한다.

2. 실험

2.1 직물과 시약

100% 면 섬유는 표백, 머서화된 직물(152 g/m²)을 사용하였고 100% 양모 섬유로는 가버딘 직물(189 g/m²)을 이용하였으며 면/양모 혼방직물(혼방율: 면 45%, 양모 55%)은 Nopcolan SHR3로 방축 가공된 직물(144 g/m²)이었다. 양이온성 단량체는 acryloyl oxyethyl trimethyl ammonium chloride (72%(w/v) 수용액, Allied Colloid Ltd, 이하 CA1)과 methacryloyl aminopropyl trimethyl ammonium chloride(50%(w/v) 수용액, Aldrich, 이하 CA2)이고 광 개시제는 4-Benzoyl benzyl trimethyl ammonium chloride(Octel Chemicals Ltd)이었다.

2.2 자외선 조사 경화에 의한 양이온화

모든 직물은 양이온성 단량체와 광 개시제(단량체의 농도에 대해 3%owf)의 수용액에 침지한 후 패더로 가압하여 부여되었고(wet pick-up: 100±10) 그 후 텐터로 80°C에서 3분 간 건조되었다. 자외선 조사경화는 Fusion 자외선 경화기(D-lamp(120 W/cm), Jenton Fusion System Ltd)를 이용하였으며 1.7m/min로 양쪽을 두 번씩 조사하였다(조사량: 2.92 J/cm²). 그리고 % 그래프팅과 그래프팅 효율성은 다음의 식에 따라 계산되었다. % 그래프팅 = (W₃-W₁)/W₁; 그래프팅 효율성 = (W₃-W₁)/(W₂-W₁) 여기서 W₁은 직물의 본래 무게, W₂는 경화후 직물의 무게, W₃은 경화한 직물의 수세 후 무게이다.

2.3 반응성 염료에 의한 염색

양모 섬유용 반응성 염료는 Lanazol Blue 3G(Ciba-Geigy, C.I. Reactive 69)와 Lanazol Red 6G(Ciba-Geigy, C.I. Reactive 84)이었다. 모든 염료는 2%owf로 사용하였고 액량비는 1:30이고 염색 후 먼저 수세하였으며 그 후 미 반응한 염료는 5g/l의 Arkapon T와 2g/l의 소다 회로 만들어 진 액(액량비 1:50)으로 40분 간 끓여서 제거하였다. 그리고 염은 사용하지 않았다. 직물의 염색성은 다음에 의해 평가되었다.

$$E\%(\text{흡진율}) = ((A_0 - A_1)/A_0) \times 100,$$

여기서 A₀와 A₁은 각각 염색 전과 후 염료 용액의 최대 흡수 파장의 Absorbance 이다;

$$F\%(\text{고착율}) = ((K/S)_b / (K/S)_a) \times 100,$$

여기서 (K/S)_a와 (K/S)_b는 각각 염색 후와 soaping 후 K/S이다;

$T\%$ (흡진된 염료의 고착율) = $(F\% \times E\%)/100$,
 혼방 직물 염색시 염료의 각 구성성염료의 선택도를 추정하기 위해 $P\%$ 를 계산하였다.
 $P\%$ (면) = $(A/(A+B)) \times 100$, $P\%$ (양모) = $(B/(A+B)) \times 100$
 여기서 $A = (K/S)c \times 0.45$, $B = (K/S)w \times 0.55$ 이고 $(K/S)c$ 와 $(K/S)w$ 는 각각 염색된 면과 양모의 soaping한 후 K/S 이고 $A+B$ 는 가상적인 혼방 직물의 K/S 이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 면과 양모의 광 그래프팅

단량체 수용액을 패더로 일정량을 부여한 다음 그대로 이용하거나 텐터로 건조시켜서 수분량을 달리하고 자외선 조사 경화기로 광중합하여 수율에 대한 영향을 살펴보았다. 양이온화제의 양의 증가에 따라 그래프팅도 비례하여 증가하며 CA1이 CA2에 비해 약간 더 높은 반응성을 보여준다. 특이한 것은 높은 함수량의 면이 낮은 함수량의 면에 비해 일관되게 높은 그래프팅을 보여 준다. 또한 10%의 부여치에서의 수분의 변화에 따른 그래프팅의 수율은 낮은 함수량에서는 꾸준히 증가하다가 일정한 값에 도달하는 것을 알 수 있다. 수분에 의해 증가한 그래프팅은 수소 결합의 파괴에 의해 셀룰로오스 분자의 유동성이 증가하고 이에 따라 더 높은 분자량의 고분자를 형성한 것으로 해석되어질 수 있다.

Table 1 Relationship between agent concentration applied and add-on, Yellowness Index(YI) of treated fabric

Fabric	Agent applied (%owf)	% Grafting	Grafting Efficiency (%)	YI
Untreated	0	0.00	0.0	22.7
Treated (CA1)	1	0.14	17.0	24.8
	3	0.26	10.5	24.7
	5	0.15	3.5	24.8
	7	0.13	2.3	25.5
Treated (CA2)	1	0.09	11.3	24.8
	3	0.12	5.0	25.4
	5	0.08	2.0	25.4
	7	0.07	1.3	25.3

CA1과 CA2 양이온화제를 이용한 광 그래프팅은 면 섬유와는 달리 현재의 중합조건에서 거의 불가능하였다.(Table 1) 부여치를 증가시켰음에도 그래프팅은 오히려 감소하였고 두 이온화제 모두 3% 부여치에서 가장 높은 그래프팅을 보였지만 그래프팅 효율에서는 1% 부여치가 제일 좋았다. 하지만 면에 비해 양모 섬유의 경우 그래프팅이 상대적으로 어려우며 따라서 양이온화에 의한 염색성 증가를 기대하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

3.2 양이온화된 양모/면(55/45) 혼방 직물의 반응성 염료에 의한 균일 염색

면 섬유용 반응성 염료는 기본적으로 면 섬유에 적합하기 때문에 양모 섬유의 염색이 면 섬유에 비해 불충분했고 양이온화에 의해 면섬유의 염색성 증가가 양모 섬유에 비해 월등하므로 두 섬유의 염색성의 차가 더욱 심해지는 결과를 초래하였다. 따라서 양이온화 효과가 적은 양모 섬유에 적합한 염료를 사용함으로써 양모 섬유의 염색을 쉽게 하고 면 섬유의 양이온화에 따른 염색성 향상을 이용하여 균일한 염색을 성취하고자 하였다.

사용한 양모 섬유용 반응성 염료는 모두 bromoacrylamido dye로서 처음에는 Reactive Blue 69를 이용하였고 이 결과는 Table 2에 주어 졌다. CA1로 양이온화된 직물은 pH 4.7에서 90°C로 유지하여 1시간 동안 염색한 방법 (e)에 따르면, CA2로 양이온화된 직물은 pH

5에서 80°C로 1시간 동안 유지한 뒤 10g/l의 소다 회를 넣고 다시 1 시간 더 유지하여 염색한 방법 (f)에 따랐다. 면 섬유용 염료와는 반대로 양모 섬유가 더 높은 염색성을 보일 것으로 예상되었는데 두 양이온화제(CA1 & CA2) 모두에서 그러한 경향을 보여 주었다. CA1로 양이온화된 직물은 양모 섬유가 높은 염색성을 보이는 반면에 면 섬유의 염색성은 양이온화에도 불구하고 증가가 미미하였다. 이는 양이온화에 의해 높은 흡진율을 보이지만 soaping 후 거의 모두 씻겨 나간 것으로 보아 이 염료가 산성 조건에서 면 섬유에 대해 미미한 반응성을 보이기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 동일한 염료를 CA2로 양이온화된 직물에 알칼리를 포함한 염색 조건을 사용한 경우(방법 (f)) 양모 섬유의 염색성을 그대로 유지하면서 양이온화에 의한 면 섬유의 염색성 증가 효과를 보여 양이온화가 증가함에 따라 균염에 가까워짐을 알 수 있다. 그리하여 5%의 CA2로 양이온화된 직물의 경우 혼방직물의 균염 효과를 실현할 수 있었다.

Table 2 Dyeing of cationized wool/cotton blend with C.I. Reactive Blue 69

Cationic agent	Fabric	Agent applied (%)	K/S	E(%)	K/S °	F(%)	T(%)	P(%)
CA1	wool	0	6.8	40.4	4.8	70.6	28.5	96.7
		1	8.9	50.2	6.6	74.2	37.2	97.6
		3	9.9	46.7	7.3	73.7	34.4	94.7
		5	9.7	45.2	6.4	66.0	29.8	88.7
		7	9.9	48.7	7.2	72.7	35.4	87.1
	cotton	0	0.2	3.5	0.2	95.0	3.3	3.3
		1	1.4	7.9	0.2	15.6	1.2	2.4
		3	13.4	60.0	0.5	3.7	2.2	5.3
		5	22.7	97.7	1.0	4.4	4.3	11.3
		7	23.4	99.0	1.3	5.6	5.5	12.9
	blend	0	4.1	92.5	3.8(2.7)	92.9	85.7	-
		1	7.6	97.6	3.8(3.7)	50.4	49.2	-
		3	15.2	98.4	4.7(4.2)	30.9	29.9	-
		5	18.2	99.0	4.6(4.0)	25.4	25.0	-
		7	17.5	99.1	5.0(4.5)	28.6	28.3	-
CA2	wool	0	10.7	49.2	6.7	62.6	30.8	91.1
		1	13.1	57.7	9.4	71.8	41.4	89.8
		3	13.6	58.0	9.7	71.3	41.4	74.8
		5	12.8	57.5	8.6	67.2	38.6	54.7
		7	11.8	56.9	7.9	66.4	37.8	47.7
	cotton	0	1.2	15.5	0.8	66.7	10.3	8.9
		1	2.4	23.0	1.3	54.2	12.5	10.2
		3	10.7	47.8	4.0	37.4	17.9	25.2
		5	17.5	80.7	8.7	49.7	40.1	45.3
		7	18.1	93.2	10.6	58.6	54.6	52.3
	blend	0	2.9	30.8	2.2(4.0)	75.9	23.4	-
		1	7.7	52.1	4.0(5.8)	51.9	27.0	-
		3	12.8	59.1	6.6(7.1)	51.9	30.8	-
		5	13.7	79.6	8.3(8.6)	60.6	51.7	-
		7	15.4	87.8	8.9(9.1)	63.6	55.8	-

c) K/S after soaping ; 괄호 속 값은 계산에 의한 혼방 직물의 K/S이다.

이 때 염료의 혼방 직물 중 면과 양모 구성 섬유에 대한 추정된 선택도는 각각 45.3%와 54.7%이었다.

또 다른 양모 섬유용 반응성 염료인 Reactive Red 81으로 염색한 결과는 Table 3에 보여 주었는데 염색 조건은 방법 (f)와 같다. 전과 마찬가지로 면 섬유의 흡진을 증가와 soaping 후의 K/S의 증가에서 보이듯이 양이온화를 통한 염색성의 향상을 통해 양모 섬유의 염색에 근접하여 균염에 이르는 것을 알 수 있다. 7%의 CA2로 양이온화된 직물은 염색 후 양모 섬유와 면 섬유에 각각 52.9%와 47.1%의 추정된 염료 선택성을 나타냈다.

Table 3 Dyeing of cationized wool/cotton blend with C.I. Reactive Red 84

	CA2 Fabric applied (%)	K/S	E(%)	K/S ^c	F(%)	T(%)	P(%)
wool	0	8.8	36.5	5.0	56.8	20.7	92.4
	1	10.8	44.8	7.0	64.8	29.0	88.6
	3	11.0	48.4	7.5	68.2	33.0	72.4
	5	10.7	45.4	6.9	64.5	29.2	56.1
	7	10.5	43.5	6.9	65.7	28.6	52.9
cotton	0	0.9	10.1	0.5	55.5	5.6	7.6
	1	2.8	18.8	1.1	39.3	7.4	11.4
	3	10.4	40.8	3.5	33.7	13.7	27.6
	5	17.9	61.3	6.6	36.9	22.6	43.9
	7	21.9	82.3	7.5	34.2	28.1	47.1
blend	0	3.0	18.9	1.7(3.0)	56.7	10.7	-
	1	8.3	42.3	3.2(4.3)	38.6	16.3	-
	3	12.9	48.7	6.1(5.7)	47.6	23.0	-
	5	15.4	65.5	6.4(6.8)	41.6	27.2	-
	7	12.1	86.7	7.1(7.2)	58.7	50.9	-

c) K/S after soaping ; 괄호 속 값은 계산에 의한 혼방 직물의 K/S이다.

4. 결론

단량체의 양이온화제를 자외선 조사를 통해 양모/면 혼방 직물에 광 그래프팅시키고 반응성 염료를 이용하여 염색하여 혼방 직물의 균염을 시도하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 양이온화로 동일한 염색성을 부여한 직물을 양모용 반응성 염료를 이용하여 염색하면 견뢰성 있는 균염 염색이 가능하였다. 자외선 조사법에 의한 광 그래프팅은 그 반응이 신속하고 연속 공정이 가능하고 직물의 부분적 균염을 통한 무늬를 실현할 수도 있다.

참고 문헌

1. P.G. Cookson, Wool Sci. Rev., **62**, 3(1986).
2. N.E. Houser, Text. Chem. Color., **18**(3), 11(1986).
3. D.M. Lewis, "Wool Dyeing", Chapter 9, Society of Dyers and Colourists, England, 1992.
4. Delaware Valley Section, Text. Chem. Color., **26**(11), 29(1994).
5. J.M. Cadamone, W.N. Marmer, and E.J. Blanchard, 9th Int. Wool Text. Res. Conf. Proc., Vol III, Biella, Italy, 71(1995).
6. J.M. Cadamone, W.N. Marmer, E.J. Blanchard,, A.H. Lambert, and J. Bulan-Brady, Text. Chem. Color., **28**(11), 19(1996).
7. M. Ueda and H. Shin, Int. Dyer, **182**, 36(1997).