

양모 직물의 단색 연속 염색

1. 서언

단일 색상으로 양모 직물을 연속 염색하는 것은 기존의 배치 염색 공정에 비해 용수, 화학약품 및 시간 등이 절약되는 장점이 있지만 상대적으로 더 많은 자본 투자가 필요하다. 이러한 이유로 양모의 단색 연속 염색법에 속하는 회전식 및 롤러 날염, 패딩 및 분사법 등이 큰 주목을 받고 있다.

양모 직물의 염색에 있어 날염 방식은 이미 사용되고 있는 공정이다. 그러나 양모는 친수성을 높이고 염료의 고정성 및 인쇄 선명도를 위하여 염소를 이용한 전처리가 요구되는데, 염소 처리는 비용이 높고 환경에 부정적인 영향을 끼치기 때문에 고분자, 설파이트/계면활성제, 플라즈마 및 효소 등을 기반으로 하는 대안들이 연구되어 왔다. 그러나 이와 같은 방법들은 아직 상용화에 이르지 못한 단계이다. 한편 단색 염색의 경우 패턴 인쇄보다 전처리에 요구되는 조건이 비교적 적은 편이다.

AgResearch(뉴질랜드)는 양모 산업에 대한 지원의 일환으로 양모 직물의 단색 연속 염색에 대한 사전 조사를 실시하여 추가 연구가 필요한 기술적 문제들에 대하여 검토하였다. 실험을 통해 검토된 사항은 매우 높은 농도의 염료가 염액의 점도에 미치는 영향, 미처리 및 전처리 직물의 습윤 및 확산 거동, 직물에 분사된 액체의 고정성 및 고착 및 적정 마이그레이션(migration)의 염액 조성 등이다.

모든 결과는 3~10 회를 반복하여 측정되었으며, 이때 세 가지의 직물(미처리, 염소 처리, 2차 습윤 처리)에 대해 검토하였다. 추후 상기 시료를 #직물 1, #직물 2, #직물 3으로 명기하고자 한다.

2. 본론

(1) 재료 및 직물 전처리

① 직물

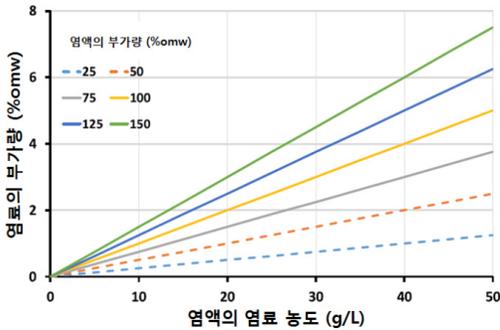
사용된 직물은 100 % 양모 직물 (300 g/m²)이며, 이는 일반적인 실내 장식용 직물과 같은 형태이다. 직물은 비이온 계면활성제(0.1 g/L, Teric GN9, Orica, Australia)로 수세한 후 염소 처리 및 2차 습윤 처리를 하여 준비하였다.

② 염료 및 색상 측정

Optilan / Sandolan Red MF-2BL은 Optilan/Sandolan MF 염료의 일종으로 산성 밀링 타입(acid milling type)과 산성 레벨링 타입(acid levelling type)의 중간 단계이다. 실험에 사용된 용액은 글라우버 염(10 g/L), Lyogen MF(1g/L, Clariant) 및 아세트산 나트륨(1g/L)으로 제조되었으며 용액의 pH는 아세트산을 이용해 5.0으로 조정하였다. 염료는 1, 10, 20 및 30 g/L의 농도로 첨가되었고 제조된 용액은 각각 <염액 1>, <염액 10>, <염액 20> 및 <염액 30>으로 표시하였다. 염료의 최저 농도는 기존의 배치식/제트 염색 시 적용되는 농도와 유사하다. 직물의 색상은 D65/10° 의 조건으로 측정하였다.

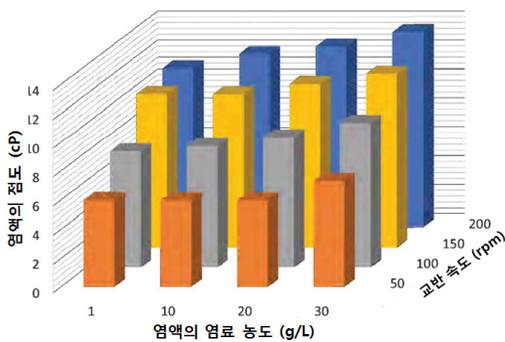
(2) 염액의 점성

본 연구에서 진행되는 방식은 분사법으로서, 이러한 방식은 배치식 염색에 사용되는 것보다 훨씬 더 높은 점도의 염액이 요구된다. 따라서 고농도의 염료로 인해 높아진 염액의 점성이 스프레이 및 패딩 공정을 방해하지 않도록 유의하여야 한다. <그림 1>에 의하면 염료의 농도가 높아질수록 원하는 색상을 위해 필요한 염액의 양을 줄일 수 있다.



〈그림 1〉 염료의 부가량(%omw*)에 도달하기 위한 염료 농도 및 염액의 부가량

유체의 점도가 증가함에 따라서 분사 시 더욱 큰 액적을 형성하기 때문에 처리의 균일성을 저하시킴에 따라 보다 정교한 분사 장비가 요구된다. 염액의 점도는 브룩필드 점도계(Brookfield Rheometer)로 22 °C에서 측정하여 〈그림 2〉에 나타내었다. 참고적으로 물, 우유, 및 올리브 오일의 점도는 20 °C에서 약 1, 3 및 120 cP 이다. 염료의 농도가 증가함에 따라 염액의 점도가 약간 증가하였으나 이는 공정상에서 무시할 만한 수준이다.



〈그림 2〉 염액의 점도에 대한 염료 농도의 영향

(3) 직물의 흡윤

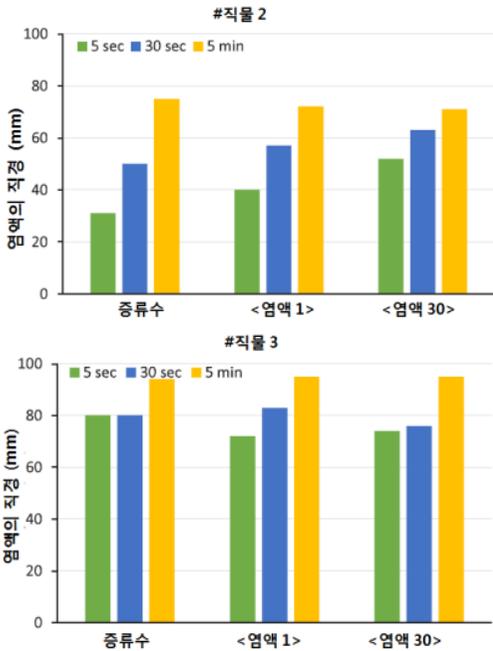
① 단일 방울 적용 실험

증류수, 〈염액 1〉 및 〈염액 30〉을 3종의 직물 시료에 적하한 후 물방울이 직물을 적시는 데 걸리는 시간을 측정하였다. 정련 처리만 거친 #직물 1에 적용한 결과, 직물 위에서 물과 〈염액 1〉의 물방울 형태가 〈염액 30〉보다 눈에 띄게 관찰되어 상대적으로 낮은 흡윤 효과를 보였다. #직물 2 및 #직물 3과 같이 전처리된 직물에는 액체가 방울지지 않고 수초 안에 전부 흡수되었다.

② 1 mL 적용 실험

직물에 적용된 염액과 물의 거동을 추가적으로 검토하기 위해, 다양한 시간 동안 1 mL의 액체가 확산되는 형태 〈그림 3〉에 나타내었다. #직물 1에서 각각의 액체는 3 회 모두 17 mm 까지 확산된다. 모든 액체는 #직물 3에서 가장 넓게 확산되었고, 그 다음으로 #직물 2가 뒤따랐다. 대부분의 처리 시간, 직물, 액체들 사이에서 확산 거동의 차이는 크지 않았다. #직물 2 및 #직물 3에서는 액체가 30 초 이후에도 멈추지 않고 확산되었다.

또한 실험에 의하면 #직물 1에 염액이 일반 물과 같은 수준으로 확산되었는데, 이때 염액에는 습윤제가 포함되지 않았다. 또한 2차 습윤 처리의 경우 염소 처리보다 더욱 빠르고 광범위한 확산을 나타내었다.



〈그림 3〉 직물의 종류에 따른 액체의 확산 (직물에 확산된 액체의 직경)

(4) 분사된 염액의 고정성

물과 염액을 수직으로 고정된 직물 시료의 한쪽 면에 분사하였다. 분사는 적어도 다섯 방울의 염액이 직물에서 떨어질 때까지 계속되었으며, 액체의 부가량은 직물의 중량 변화로부터 결정되었다. 액체는 직물에 적용되기 전 가능한 생산 공정과 유사하도록 65 ℃로 가열되었다.

직물의 표면에 액체가 축적되면 물방울 형태로 적하되기 시작하는데 이때 액체의 흡착 속도와 흡착량을 증가시키면 액체가 적하되기 이전에 더 많은 액체가 가해질 수 있다. 〈표 1〉에서 알 수 있듯이 #직물 2 및 #직물 3 모두 직물에 적용될 수 있는 각 액체의 최대량을 증가시키는 효과를 나타냈다.

전처리된 직물 시료들의 경우 물과 염액의 부가량 차이가 크지 않았으며, 이는 염액 내에서 Lyogen MF가 습윤 거동에 영향을 미치지 않았음을 의미한다.

이에 반해 #직물 1의 경우 염액의 고정성이 물보다 우수하게 나타났으며, 이를 통해 Lyogen MF의 존재 및 점도의 증가가 액체의 적하현상에 대한 저항력을 증

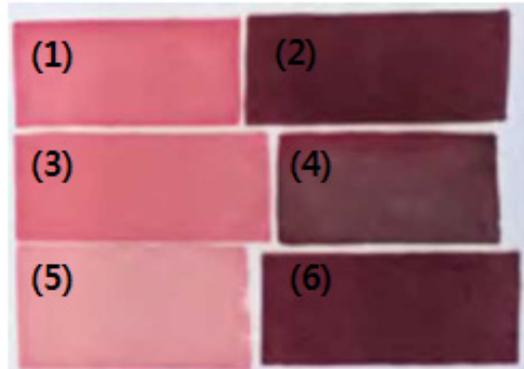
가시킨다는 것을 알 수 있다. 이의 결과를 〈그림 2〉에 나타내었다.

〈표 1〉 액체의 적하가 시작되는 지점에서의 염액 부가량(%)

직 물	종류수	<염액 1>	<염액 30>
#직물 1	49	70	104
#직물 2	136	142	138
#직물 3	143	133	149

〈그림 4〉에 의하면 최저 농도의 염료(1 g/L)가 포함된 <염액 1> 조건에서 #직물 2 및 #직물 3에서 진한 색상이, 미처리 직물에는 연한 색상이 발색되었다.

적하가 시작되는 시점까지 직물에 적용되는 염료의 양은 중요한 인자이다. #직물 2 및 #직물 3의 평균 염액 부가량은 약 140 % 으로 나타났으며, 이에 따른 염료 부가량은 <염액 1> 및 <염액 30>에 대해 각각 약 0.14 %omw 및 4.2 %omw 이다.



〈그림 4〉 염료 분사 후 건조된 직물 시료

(1) #직물 1, <염액 1> (2) #직물 1, <염액 30> (3) #직물 2, <염액 1> (4) #직물 2, <염액 30> (5) #직물 3, <염액 1> (6) #직물 3, <염액 30>

(5) 효과적인 증기 고착을 위한 염액 내 물의 비율

본 실험을 위해 물의 양(%) 및 요소 함유 여부에 따라서 <염액 50>, <염액 50U>, <염액 100> 및 <염액 150> 으로 조성이 각기 다른 4 종의 염액을 새롭게 제조하였다(표 2). 사용된 염액은 이전 실험과 같이 글라우버 염, Lyogen MF, 아세트산 나트륨 및 아세트산으로 제조되었으며, 처리 전 65 ℃로 가열되었다. 이중한 염액(50U)은 날염 용액에 주로 포함되는 요소(urea)를 다량 함유하고 있다.

염액을 각각 수직으로 고정된 3 가지 유형의 직물에 분사하였고 염액이 각 직물의 한 면에만 적용되도록 한 후 침투되는 정도를 비교하였다.

〈표 2〉 염료량을 2 %omw 이 되도록 하여 직물에 적용된 염액

	<염액 50>	<염액 50U* >	<염액 100>	<염액 150>
직물에의 염액 부가량 (%)	50	50	100	150
염액 내의 염료 농도 (g/L)	40	40	20	13
염액 내의 염료 농도 (%)	4	4	2	1.3
직물에 적용된 염료량 (%omw)	2	2	2	2

분사 실험은 적하 실험보다 느리게 진행되었으며, 경우에 따라 물방울이 형성되어 적하되는 지점 이후에도 계속되었다. 분사 직후 직물을 건 증기로 30 분 동안 스팀 처리하여 직물을 건조시킨 뒤에 색상을 측정하였다. 측정 후 40 ℃ 가정용 세탁기를 이용하여 양모 세탁 모드로 면포 1.3 kg와 함께 양모 전용 세제로 세탁하였다. 직물의 마모를 최소화하기 위해 폴리에스터 망에 넣어 세탁한 뒤 3 개로 분리하여 각기 다른 전처리를 거치도록 하였다.

〈표 3〉은 세탁 및 건조 후 직물의 색상을 다시 측정하여 변색 정도를 나타낸 것으로, 물의 양을 50 ~ 100 % 으로 증가시키면 모든 시료의 세탁 후 변색 정도가 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 물의 양이 100 % 이상일 경우 그 효과는 미미하였다. #직물 3의 경우 요소가 염액에 포함되지 않은 조건에서 세탁 후 변색이 심하게 나타났다.

〈표 3〉 직물 종류에 따른 세탁에 의한 변색 정도(Δ E) : 염료가 처리된 면 기준

염 액	#직물 1	#직물 2	#직물 3
<염액 50>	1.5	1.1	4.4
<염액 50U>	1.4	0.2	0.9
<염액 100>	0.6	0.5	1.8
<염액 150>	0.2	0.8	2.1

사용된 고농도의 요소는 #직물 2 및 #직물 3의 세탁 견뢰도를 현저히 증가 시켰으나 #직물 1에는 그 효과가 나타나지 않았으며, 이를 〈그림 5〉에 나타내었다.

스팀 처리를 하는 동안에는 염료의 마이그레이션이 중요한 역할을 한다. 물의 양을 증가 시킨 결과 직물 양쪽 면의 색차가 감소하였고, 이는 염료의 마이그레이션이 더욱 용이하게 함을 의미한다(표 4). 미처리 직물에서 색차가 가장 작게 나타났으며, 이러한 결과가 나타나는 이유는 염료의 초기 흡착이 잘 되지 않으면 스팀 처리 동안 마이그레이션이 용이해지기 때문이다. 이에 반해 스팀 처리 동안 전처리된 직물에서의 마이그레이션은 비교적 더디게 나타났다.

〈표 4〉 스팀 처리 및 세탁 후 직물 표면의 변색 정도(Δ E)

염액	#직물 1	#직물 2	#직물 3
50	12.3	13.0	8.8
50U	19.7	16.2	15.0
100	2.2	8.5	6.2
150	3.1	7.0	8.1



〈그림 5〉 염료 분사 - 스팀 처리 - 세탁 후 직물 시료

3. 결론

염료의 농도를 1 g/L에서 30 g/L로 증가시킬 경우 점도가 증가하는 정도가 크지 않기 때문에 분사 또는 패딩 중에 문제가 발생되지 않았다. 또한 염액의 흡윤 실험 결과 미처리 직물에 처리된 염액이 물과 같은 수준으로 확산 거동을 보이는 것이 관찰되었다. 2차 흡윤 처리는 염액의 흡윤 및 확산 수준을 크게 향상시켰으며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

염액 및 직물의 종류에 따라서 염액이 직물로부터 적하되기 이전까지 분사할 수 있는 액체의 양은 49 %에서 149 %까지 다양하였다. 두 가지의 전처리 액체의 침투를 가속화하여 염액이 흘러내리는 것을 방지하였다. 염소 및 2차 흡윤 처리가 된 직물 시료 모두의 경우 4.2 % 까지의 고농도의 염료가 적용될 수 있을 뿐만 아니라 진한 색상 부여가 가능하다.

분사 - 스팀 - 세탁 실험 결과, 물의 양을 50 %omw 으로 사용하는 경우 직물 후면으로의 침투가 어렵고 세탁 견뢰도 또한 낮게 나타났다. 100 % 이상의 물을 사용하는 경우 또한 큰 효과가 나타나지 않았다. 미처리 직물에도 염료의 마이그레이션이 잘 나타났으며 진한 색상의 염색이 가능하였다.

염액 내의 요소는 침투력 향상에는 도움이 되지 않았으나, 염소 및 2차 흡윤 처리된 직물 시료에 대한 색상 견뢰도를 증가시켰다. 그러나 미처리 직물의 경우 견뢰도 상승에 도움이 되지 않았다.

♣ International Dyer & Finisher (Issue 1, 2019)