

반응성 음이온 화합물로 처리된 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착특성 (Ⅱ)

김미경, 윤석한, 김민지, 송병갑

한국염색기술연구소

1. 서 론

오늘날 전세계적으로 급속한 산업화와 도시화에 따른 생산활동의 다양화 및 경제규모의 확대 등으로 인하여 환경오염물질의 종류와 양이 계속 증가하고 있는 추세이다. 이러한 오염원들로부터 대기와 수질 등이 심각하게 오염되고 있으며 그 중에서도 중금속 성분은 환경오염의 주요원인이 되고 있다. 중금속은 대체적으로 독성이 매우 커서 소량으로도 인체에 치명적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 생물체에 농축되어 심각한 질병을 유발시킬 수 있는 유해한 물질이다¹⁾.

이러한 외부의 유해 환경들로부터 인체를 일차적으로 보호하게 되는 것은 의류 등의 섬유 제품으로서 이들의 재료로 합성 및 천연섬유들이 많이 사용되고 있다. 특히 셀룰로오스계 섬유 중의 하나인 면섬유는 일반적인 의류용 섬유제품 등에 단독 또는 합성섬유와의 혼방으로 가장 보편적인 섬유로 사용되어지고 있다.

면섬유의 염색에 대부분 사용되는 반응성 염료는 고건뢰도의 염색물을 얻을 수 있으나 수용성기로 작용하는 설펜산염이 염욕 중에 해리하여 음이온성(-SO₃⁻)을 나타내므로 이러한 음이온기를 가지는 반응염색 섬유제품들은 일상적인 환경 내에 존재하는 양이온성을 띠는 중금속과 쉽게 결합할 수 있을 것으로 생각된다. 그러므로 중금속 오염에 쉽게 노출된 도시환경으로부터 면섬유 제품의 의류 등이 중금속에 오염되어 오히려 인체에 직접적으로 유해한 영향을 끼칠 수 있는 요인이 될 수도 있을 것으로 보인다.

이와 관련하여 전보²⁾에서는 반응성 염료의 모델화합물인 반응형 음이온화제 처리 면직물과 서로 다른 설펜산기의 수를 가지는 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착특성을 연구하여 중금속이 섬유상의 음이온기와 결합하여 축적될 수 있다는 점을 검토한 바 있다.

그러므로 본 연구에서는 다양한 반응성 염료를 이용한 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착특성을 더욱 세부적으로 고찰하여 반응염색된 면직물을 실제 일상 도시환경에 일정 시간 노출시켜 중금속 오염물질의 흡착성을 조사하였다. 또한 양이온성의 계면활성제를 사용하여 섬유상의 음이온기를 봉쇄하는 후처리 공정을 통하여 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착 저해특성을 검토하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시료

시료는 KS K 0905에 규정된 시험용 표준 백면포를 사용하였다.

2.1.2 염료

염료는 설폰기의 수가 서로 다른 반응성 염료인 Remazol Brilliant Blue R(C. I. Reative Blue 19), Remazol Red RB(C. I. Reative Red 198) 그리고 Suncion Red H-E3B(C. I. Reative Red 120)를 정제하여 사용하였다.

2.1.3. 시약

금속 표준용액 제조에 사용된 Lead(II) nitrate, Cadmium nitrate tetrahydrate, Chromium (III) nitrate nonahydrate, Cobalt(II) nitrate hexahydrate, Copper(II) nitrate hydrate 그리고 Nickel(II) nitrate hexahydrate의 질산금속 화합물은 Aldrich사의 고순도 특급시약을 사용하였다. 공업용 반응성 염료의 추출 및 재결정 정제에 사용한 Dimethylformamide 및 Ethyl acetate와 염색조제로 사용된 Sodium carbonate, Sodium sulfate를 비롯한 그 외의 각종 시약들은 시판중인 특급 혹은 1급 시약을 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

2.2 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착 실험

2.2.1 반응성 염료에 의한 면직물의 염색

1.0g의 면직물을 6개, 3개 1개의 서로 다른 설폰기의 수를 가지는 C. I. Reative Blue 19, C. I. Reative Red 198 그리고 C. I. Reative Red 120의 각 반응성 염료를 사용하여 염색하였다. 이 때 각 반응염료의 농도는 전보²⁾의 연구에 근거하여 합성 음이온화제의 최적 고착량과 동일한 고착량에서의 각 농도로 하였으며 욕비는 1:20으로 고정하였다. 탄산나트륨과 황산나트륨의 농도는 각각 10g/l 와 70g/l 를 사용하였으며, 처리온도는 C. I. Reative Blue 19의 경우는 60℃, C. I. Reative Red 198는 50℃ 그리고 C. I. Reative Red 120은 80℃에서 60분간 처리하였다. 염색이 끝난 면직물은 80℃의 증류수로 3회이상 수세하여 미고착 염료를 완전히 제거하였다.

2.2.2 반응염색 면직물에 대한 중금속 용액 처리

각각의 반응성 염료에 의해 염색된 면직물과 미처리 면직물 각 1g을 초순수를 용매로 하여 pH 6에서 200ppm으로 제조된 Pb(II), Cd(II), Cr(III), Co(II), Cu(II), Ni(II)의 각 중금속 용액에 가하여 욕비 1:25의 조건으로 30℃에서 60분간 처리하였다.

2.3. 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착저해 실험

2.3.1. 양이온성 계면활성제(ADBAC)의 후처리

면직물을 각 5% o.w.f.농도의 C. I. Reative Blue 19, C. I. Reative Red 198 그리고 C. I. Reative Red 120를 사용하여 실험 2.2.1과 동일한 조건으로 염색 처리한 후 각 반응염색 면직

물 1.0g에 대하여 5g/L 농도의 4급 암모늄 계면활성제(Alkyldimethylbenzyl-ammonium Chloride, ADBAC)를 사용하여 욱비 1:50의 조건으로 50℃에서 60분간 처리하였다. 처리가 끝난 면직물은 미고착 성분을 제거하기 위하여 증류수로 3회 냉수세 하였다.

2.3.2 ADBAC 처리 전,후 염색 면직물에 대한 중금속 용액의 처리

ADBAC 처리 전, 후 각 반응염색 면직물 1.0g을 초순수를 용매로 하여 100ppm으로 제조된 각 Pb(II), Cd(II), Cr(III), Co(II), Cu(II), Ni(II)의 중금속 용액에 가하여 1:25의 조건으로 30℃에서 60분간 처리하였다.

2.4 중금속 이온 농도의 측정 및 흡착량 계산

중금속 이온의 흡착량은 초기 중금속 용액의 사용량으로부터 처리 후 잔액에 남은 중금속의 양을 뺀 값으로 계산하였으며, 이때 용액상의 중금속의 농도는 Inductively Coupled Plasma(Optima 2000DV, Perkin Elmer) spectrometer를 사용하여 측정되었다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 설펜산기의 수가 서로 다른 반응성 염료에 의해 염색된 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착성을 알아보기 위한 것으로, 각각 6개, 3개, 1개의 서로 다른 설펜산기의 수를 가지는 C. I. Reative Blue 19, C. I. Reative Red 198 그리고 C. I. Reative Red 120의 각 반응성 염료를 사용하여 염색된 면직물을 200ppm 농도의 중금속 용액 내에서 각각 처리한 후 각 중금속 이온의 섬유상 흡착률을 미처리 면직물과 비교하여 나타낸 것이다.

그 결과, 각 반응성 염료가 가진 설펜산기의 수에 비례적이지는 않지만 설펜산기의 수가 많아질수록 각 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착률이 증가하고 있어 6개의 설펜산기를 가지는 C. I. Reative Red 120을 사용하여 염색한 면직물의 경우 대부분의 중금속에서 가장 높은 흡착률을 보이고 있으며 하나의 설펜산기를 가지는 C. I. Reative Red 198의 경우는 비교적 낮은 중금속 흡착률을 보이고 있다. 그리고 각 중금속별 흡착성은 전체적으로 Pb(II) > Cd(II) > Cu(II) ≥ Ni(II) > Co(II) > Cr(III)의 순으로 나타나고 있다.

한편, 염색되지 않은 일반 면직물의 경우 중금속 이온의 흡착률이 가장 낮게 나타나고 있으며 Pb(II)와 Cd(II)를 제외한 대부분의 중금속 이온이 섬유상에 거의 흡착되지 않음을 알 수 있다. 그러므로 반응염색된 면직물은 반응성 염료에 의해 섬유상에 부여된 음이온성의 설펜산기

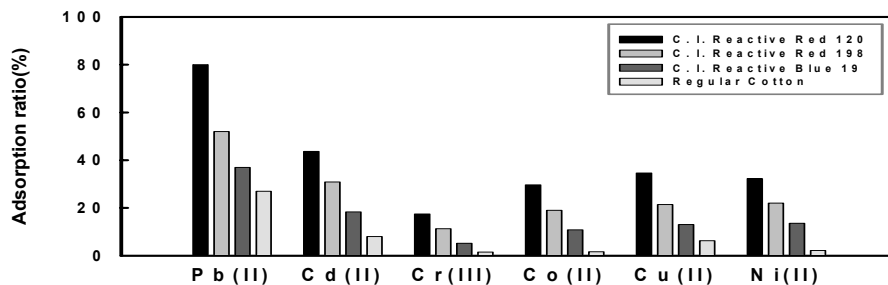


Fig. 1. Adsorption ratio of heavy metal ions on to the dyed and undyed cotton fabrics with various reactive dyes.

(SO₃⁻)에 의하여 양이온성의 중금속 이온을 쉽게 흡착시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

앞서 언급한 바와 같이 일상생활에서 일반적으로 많이 이용되는 면섬유 제품은 주로 반응성 염료에 의해 염색되어 섬유상에 음이온기(SO₃⁻)를 가지게 되므로 환경오염 물질 중 양이온성의 중금속 성분이 쉽게 흡착되어 축적될 가능성이 있음을 확인할 수 있었고, 실제로 중금속 성분에 많이 노출될 수 있는 환경 하에서는 인체에 직접적으로 유해할 수 있을 것으로 생각된다. 그러므로 이러한 섬유상의 음이온성기를 봉쇄할 수 있다면 면섬유 제품상의 중금속 물질의 흡착현상을 방지할 수 있을 것으로 보인다.

본 실험에서는 반응염색 면직물의 섬유상 음이온기(SO₃⁻)를 봉쇄하기 위하여 인체에 비교적 무해하고 음이온기와 견고하게 결합이 가능한 4급 암모늄 계면활성제인 ADBAC를 사용하여 반응염색 면직물에 대한 중금속이온의 흡착특성을 조사하였다.

Fig. 2~4는 ADBAC 처리 전, 후 각 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착률을 나타낸 것으로 ADBAC를 후처리한 경우의 반응염색 면직물은 ADBAC를 처리하기 전의 반응염색 면직물과 비교하여 전체적으로 중금속 이온의 흡착률이 크게 감소하여 일반 면직물의 중금속 흡착률과 비슷한 값을 나타내었다. 그러므로 4급 암모늄 계면활성제인 ADBAC를 이용한 후처리를 공정을 통하여 반응염색 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착현상이 저해될 수 있을 것으로 보인다.

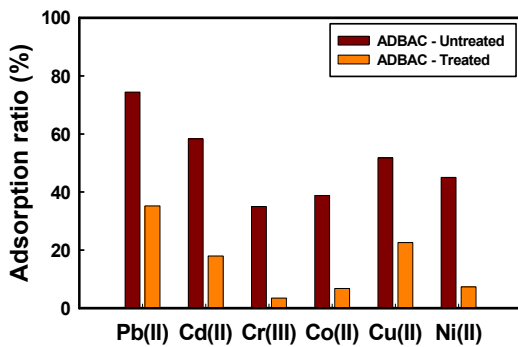


Fig. 2. Effect of ADBAC on the adsorption ratio of heavy metal ions on to the C. I. Reactive Red 120 dyed cotton.

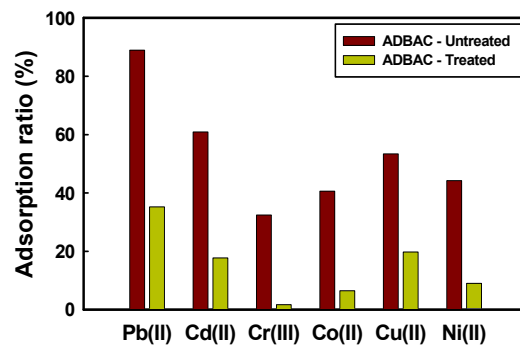


Fig. 3. Effect of ADBAC on the adsorption ratio of heavy metal ions on to the C. I. Reactive Red 198 dyed cotton.

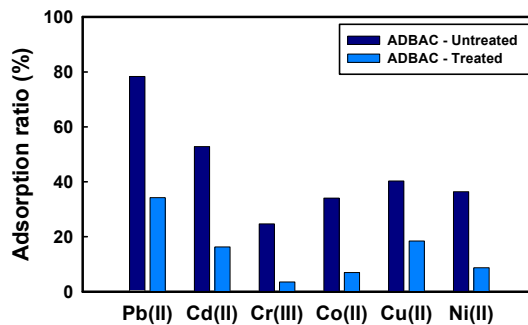


Fig. 4. Effect of ADBAC on the adsorption ratio of heavy metal ions on to the C. I. Reactive Red 120 dyed cotton.

4. 결 론

본 연구에서 설폰산기의 수가 서로 다른 반응성 염료를 사용하여 반응염색된 면직물에 대한 양이온성 중금속 이온의 흡착특성을 조사한 결과 설폰기의 수가 많아질수록 각 반응염색 면직물에 대한 중금속 흡착률이 증가하였고, 각 중금속별 흡착성은 전체적으로 $Pb(II) > Cd(II) > Cu(II) \geq Ni(II) \geq Co(II) > Cr(III)$ 의 순으로 나타나고 있다. 그러므로 일상생활에서 많이 이용되는 반응염색 면섬유 제품은 섬유상에 다수의 음이온기(SO_3^-)가 부여되므로 환경오염 물질 중 인체에 유해한 양이온성의 중금속 성분이 쉽게 흡착, 축적될 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 반응염색 면직물에 대한 중금속 물질의 흡착현상을 방지하기 위하여 섬유상의 음이온기와 견고하게 결합이 가능한 4급 암모늄 계면활성제인 ADBAC를 반응염색 면직물에 후처리 한 결과 ADBAC가 섬유상의 중금속 흡착자리를 봉쇄하여 대부분의 중금속 이온의 흡착률이 크게 낮아졌다.

참고문헌

- 1) Pawan Kumar and S. S. Dara, Utilisation of agricultural wastes for decontaminating industrial/domestic wastewaters from toxic metals, *Agricultural Wastes*, 4,213-223(1982).
- 2) 김미경, 윤석한, 김태경, 송병갑, "반응성 음이온 화합물로 처리된 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착특성", 한국염색가공학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 130-135(2004).