

# 양이온 개질 면을 이용한 친환경 염색

## 1. 서언

반응성 염료를 이용한 면 염색은 미고착 염료와 과량의 무기염 사용에 따른 환경 문제를 안고 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 한 방법으로 면에 양이온기를 부여하여 음이온 염료와의 결합력을 높일 경우 무기염을 사용하지 않아도 염색성이 우수한 결과를 얻을 수 있다.

그러나 면 섬유에 양이온기를 부여하여 염색성을 향상시킬 수는 있으나 아직 섬유 산업에 큰 영향을 주지는 못하고 있다. 본 연구에서는 효율적인 양이온 개질 방법, 염색법 및 상업화시 발생할 수 있는 문제점을 개선하기 위한 연구를 수행하였다.

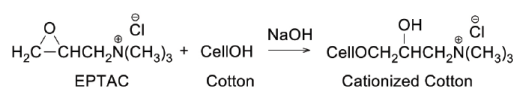
## 2. 본연

### (1) 양이온 개질 약제 및 처리 방법

면 섬유와 공유결합을 형성할 수 있는 반응성 염료는 다양한 색상을 구현할 수 있을 뿐만 아니라 우수한 견뢰도를 나타낸다. 그러나 이 염료는 염을 사용해야 흡진율을 높일 수 있고 염료 분자를 제거하기 위해 여러 번의 수세 공정을 거쳐야 하는 단점이 있다. 특히 물속에 남아있는 과량의 염은 환경적으로 심각한 문제를 일으킨다.

여러 종류의 양이온화 개질 약제 중 CHPTAC (3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride)는 가장 대표적인 물질로 <그림 1>과 같이 산성 조건하에서 에피클로로히드린(epichlorohydrin)과

트리메틸아민(trimethyl amine)을 반응시켜 얻는다. CHPTAC는 수산화나트륨(NaOH)과 반응하여 EPTAC (2,3-epoxypropyl-trimethylammonium)이 되며, 이것이 면 섬유의 셀룰로스와 반응하여 양이온화가 이루어지게 된다.

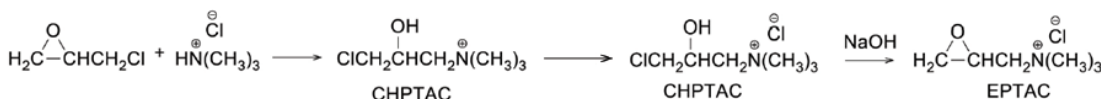


<그림 2> EPTAC - 면섬유의 반응

일반적으로 이러한 약제는 분자 수준의 크기를 지나나 흡진 처리에 의해서는 반응 효율이 높지 않으며, 연속식으로 처리할 경우에는 이염이나 황변현상이 발생할 수 있다. 그러나 CPB(cold-pad-batch) 방법을 적용하면 반응 효율을 높일 수 있다. 저액비와 낮은 온도에서 처리하면 EPTAC의 가수분해를 최소화할 수 있어 반응 효율이 증가하게 된다.

### (2) 양이온 개질 면의 염색

일반적으로 양이온 개질 면을 반응성 및 직접염료로 염색할 경우 무기염을 사용하지 않고 다량의 수세공정을 줄일 수 있으며 양호한 염색결과를 얻을 수 있다. 이 방법은 우수한 염색 견뢰도를 유지하면서 물과 에너지 뿐만 아니라 시간도 절약할 수 있다. <표 1>은 C.I. Reactive Blue 225 염료를 사용하여 실험실적으로 염색하여 용수, 에너지, 시간의 절감수준을 나타낸 것이



<그림 1> CHPTAC 합성과 EPTAC의 형성

〈표 1〉 에너지 소비 비교량

| 구분    | 물 사용량 (L/kg) | 에너지 사용량 (MJ/kg) | 시간 (min) | 흡진율 (%) | K/S  |
|-------|--------------|-----------------|----------|---------|------|
| 면     | 130          | 45.9            | 230      | 87.5    | 23.8 |
| 양이온 면 | 23           | 18.9            | 105      | 99.1    | 26.2 |

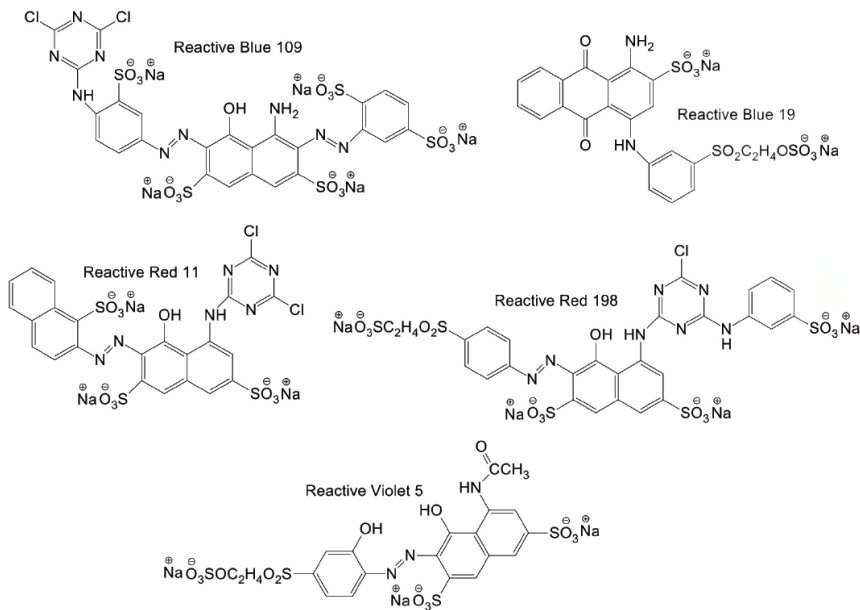
5 % CHPTAC o.w.f., 염료 농도(Reactive Blue 225) 3 %, 10:1 LR



〈그림 3〉 미처리 면과 양이온 개질 면의 염색 후 잔액의 상태

다. 본 연구 결과에 의하면 미처리 시료와 동일 색상 농도의 염색 결과를 얻기 위해 4.3 % o.w.f.의 CHPTAC를 사용하였다. 이러한 경우 반응성 염료 33 % 이상을 줄일 수 있었으며, 총 염색비용은 19 %의 절감이 가능하였다.

적정한 수준의 양이온 개질에 의해 완벽한 반응성 염료의 흡진 및 고착을 이룰 수 있다. 〈그림 3〉은 미처리 면과 양이온 개질 면의 염색 후 최종 남은 액을 나타낸 것으로 양이온 개질 면의 염료 흡진량이 더 많다는 것을 볼 수 있다. 또한 안료 프린팅이나 잉크젯 프린팅의 경우에도 양호한 결과를 얻을 수 있으며 내구성과 컬러 일드(color yield)가 크게 증진될 수 있다.



〈그림 4〉 5종의 염료 구조

〈표 2〉 염료의 특성

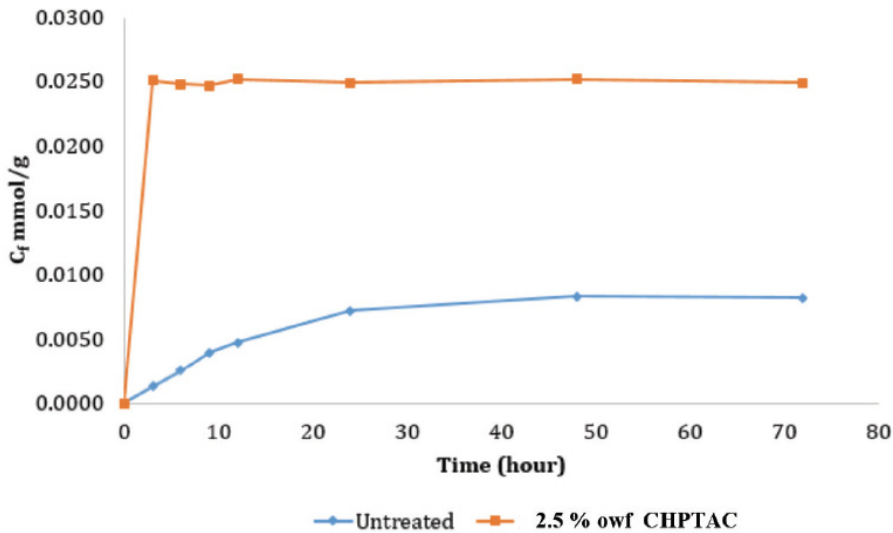
| 구분                   | Reactive Blue 19 | Reactive Violet 5 | Reactive Red 11 | Reactive Red 198 | Reactive Blue 109 |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| MW (g/mole)          | 627              | 736               | 767             | 968              | 1040              |
| SO <sup>3-</sup> 의 수 | 2                | 3                 | 3               | 4                | 5                 |

동일 반응성 염료로 양이온 개질 면을 염색할 경우 높은 컬러 일드는 물론 색조와 채도가 매우 큰 차이를 나타낸다. 면 섬유에 비슷한 흡진 속도를 지니는 염료로 양이온 개질 면을 염색하게 되면 상이한 흡진 속도를 보인다. 이러한 차이로 인해 양이온 개질 면을 염색할 경우에는 기존 염색 처방과 다른 처방이 필요하다. 반응성 염료의 화학적 구조에 대한 영향을 이해하기 위해 상이한 화학적 구조를 지닌 5 종의 반응성 염료를 선

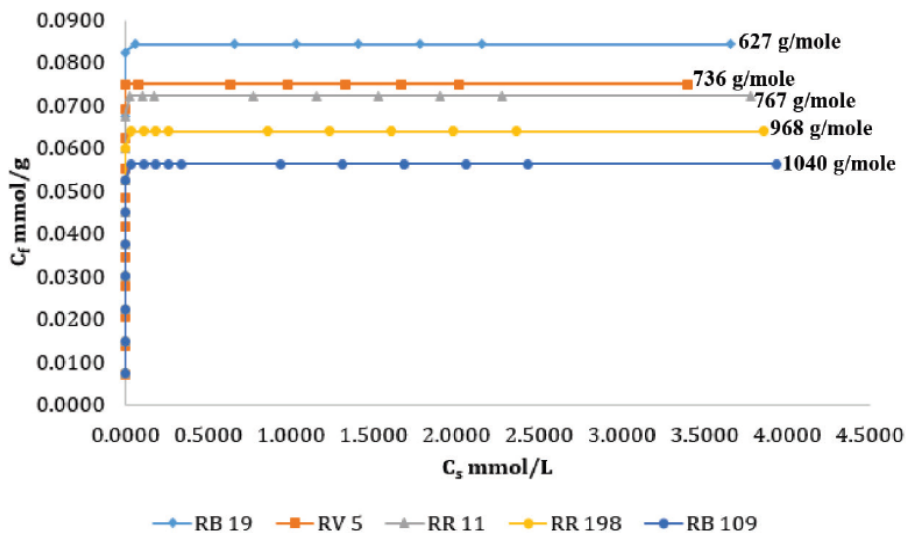
정하였으며 각 염료의 구조와 특징은 <그림 4>와 <표 2>와 같다.

#### ① 흡착량에 미치는 염료 구조의 영향

알칼리와 염을 사용하지 않고 미처리 면과 양이온 개질 면을 5 종의 염료로 염색하여 평형 흡착 실험을 진행하였다. <그림 5>는 Reactive Blue 109로 염색한 용액과 염료의 농도 변화를 보여준다. 미처리 면의 경우



<그림 5> 미처리 면과 양이온 면의 평형 흡착 그래프(Reactive Blue 109, 40°C)



<그림 6> 100 g/L CHPTAC로 처리한 면의 평형 흡착 그래프

48시간 후에 평형 상태에 도달하지만 양이온 면의 경우 5시간 만에 평형에 도달한다.

〈그림 6〉은 100 g/L CHPTAC를 처리한 양이온 면을 동일한 농도의 염료로 염색했을 때의 흡착량을 비교한 결과이다. 염료마다 가지고 있는 음이온 작용기의 수에 따라 염색성의 차이를 보이는데 음이온 작용기의 수가 많을수록 흡착량이 증가한다. 그러나 흡착하는 염료의 양은 염료 분자량과 반비례하여 음이온 작용기의 수가 더 많아도 분자량이 클수록 흡착량이 감소한다.

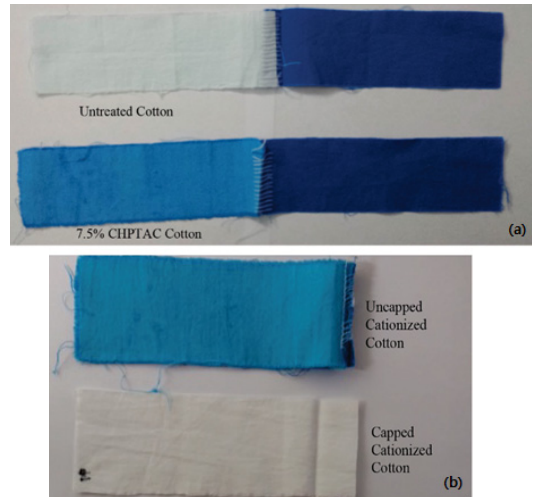
## ② 흡진율에 미치는 염료 구조의 영향

염욕의 농도는 각 염료 당 같은 수의 염료 분자가 들어있게 조절하였으며 5종의 반응성 염료의 흡진 결과는 〈표 3〉과 같다. 흡진율은 흡착량 실험과 유사하게 분자량이 클수록 감소하는 경향을 보였다. 2.5 % CHPTAC로 처리한 면의 경우 미처리 면보다 더 낮은 흡진율을 보였는데 이는 염욕에 염을 넣지 않았기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 적정 수준 이상의 양이온 개질이 반응성 염료의 흡진을 위해 필요하다는 것을 보여준다.

## (3) 양이온기의 봉쇄

양이온 개질 면에 흡착할 수 있는 염료 분자 수보다 양이온기가 더 많이 존재할 경우, 염료가 흡착되지 않은 양이온기가 존재하기 때문에 소비자 사용 및 세탁 등에 의해 섬유에서부터 염료가 탈락되어 오염이 발생할 수 있다. 이러한 영향은 〈그림 7〉의 (a)에서와 같이 AATCC TM 61-2A 실험 결과를 통해 확인할 수 있다. 반응성 블루 염료로 염색된 직물로 실험한 결과 미처리 면과 달리 양이온 개질 면의 경우 오염이 발생하였다.

여러 가지 종류의 음이온 봉쇄제 중 분자량이 큰 황



〈그림 7〉 (a) 캐티온 면의 이염 현상, (b) 봉쇄의 영향

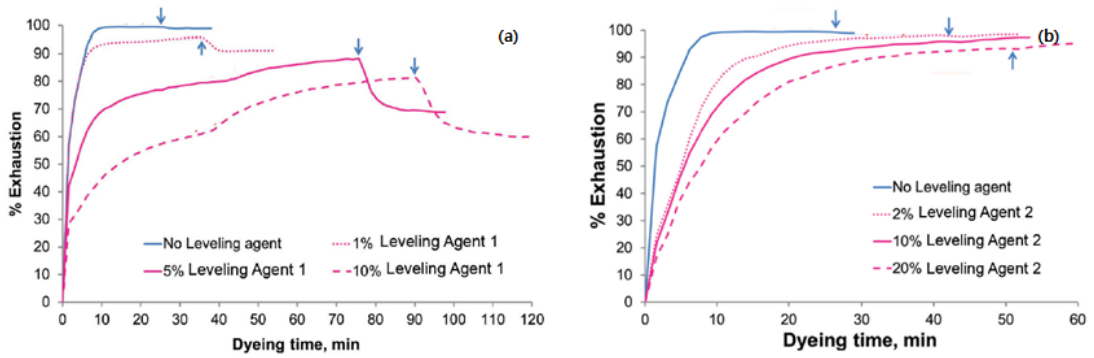
산(상표 : Sera Fast N-HF-01)이 가장 좋은 결과를 보였으며 〈그림 7〉의 (b)에서 봉쇄 효과를 확인할 수 있다.

## (4) 균염제의 영향

양이온 개질 면과 음이온 염료 사이의 정전기적 인력이 강하기 때문에 불균염이 발생할 가능성이 크다. 2~3 % o.w.f.농도의 카복실메틸 셀룰로오스(carboxymethyl cellulose)를 사용하면 불균염을 최소화할 수 있으며 음이온 고분자가 균염제로서 사용이 가능하다고 한다. 〈그림 8〉의 (a)는 균염제 1의 사용 결과로 파란색 화살표는 알칼리를 투입한 시점을 의미한다. 비록 흡진 속도에는 차이가 있지만 염색 막바지에 균염제와 섬유의 반응으로 인해 흡진이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다. 균염제 2의 경우 〈그림 8〉의 (b)와 같이 전체적으로 균염효과가 균일하게 작용하였다.

〈표 3〉 양이온 면의 흡진율

| 시료     | 1.81 % Reactive Blue 19 | 2.12 % Reactive Violet 5 | 2.21 % Reactive Red 11 | 2.78 % Reactive Red 198 | 3.00 % Reactive Blue 109 |
|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 미처리 면  | 82.6                    | 69.6                     | 70.4                   | 65.9                    | 61.2                     |
| 2.5 %  | 66.2                    | 59.0                     | 61.3                   | 53.2                    | 50.3                     |
| 5.0 %  | 90.8                    | 81.7                     | 83.2                   | 70.4                    | 58.7                     |
| 10.0 % | 98.1                    | 94.2                     | 92.4                   | 89.6                    | 85.2                     |



〈그림 8〉 (a) 균염제 1의 균염효과, (b) 균염제 2의 균염효과

### 3. 결론

CHPTAC-양이온 개질 면은 염색성이 우수할 뿐만 아니라 물과 염 및 에너지를 감소시킬 수 있어 비용의 절감이 가능하다. CHPTAC를 이용한 반응 효율은 CPB로 처리하는 것이 가장 높으며 균염을 위해서는 균

염제나 봉쇄제를 사용하고 적당한 크기의 염료를 사용하는 것이 중요하다. 본 연구는 면의 양이온화가 지속 가능한 개발 흐름에 맞는 연구가 될 수 있을 것으로 생각된다.

AATCC (Vol. 18, No 3, 2018)