

β-Cyclodextrin을 이용한 분산염료의 염색성 향상

요약

폴리에스터와 양모의 혼방물은 두 섬유의 장점을 동시에 나타내는 시도를 보여주며, 우수한 마모 특성 및 치수 안정성을 지닌 직물 생산이 가능하다. 또한 순수한 양모와 같은 촉감과 드레이프성을 보여주고 있다. 양모/폴리에스터 혼방 직물은 일반적으로 산성 또는 양모용 금속복합염료와 폴리에스터용 분산염료로 염색된다. 이 두 종류의 염료는 양모와 폴리에스터 혼합 직물에 2개 공정으로 적용되거나 양모보호제를 첨가하여 단일욕조 공정으로 적용할 수 있다. 단일공정은 시간 및 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구는 β-Cyclodextrin 그래프팅을 이용한 섬유의 표면 개질로 양모/폴리에스터 혼방의 단일욕조 염색시스템을 개발하고자 한다. 35/65 양모/폴리에스터 혼방 직물은 가교결합제인 BTCA와 함께 β-Cyclodextrin으로 그래프트된다. 그래프팅 후에 혼방직물은 3가지 분산염료(Disperse Yellow 64, Disperse Red 92, Disperse Blue 73)를 사용하여 염색된다. 염색된 직물의 색상강도, 견뢰도를 측정하고, 인장 강도, 이완 및 펠팅 수축 및 형태 또는 개질 직물을 분석했다.

키워드

β-Cyclodextrin, Felting shrinkage, P/W blend fabric Scanning Electron microscope(SEM), Tensile strength, Wool/polyester blend fabric

1. 서론

폴리에스터/양모 혼방 직물은 주름회복, 기계적강도, 내마모성, 건조, 치수 안정성에서 순수한 폴리에스터나 양모 섬유와 비교하여 더 나은 특성을 나타낼 수 있다. 이 혼방 직물은 두 섬유의 장점을 조합하여 양호한 내마모성과 치수 안정성을 동시에 갖게 함과 동시에 순수한 양모와 같은 촉감과 드레이프성을 나타낼 수 있다. 그리고 가장 중요한 최종 용도로는 겉옷 중에서도 특히 남성복, 여성복, 드레스 및 스커트다.

폴리에스터/양모 혼방 직물은 견고함 특성을 지향하며, 일반적으로 양모용 산성염료나 금속 복합 염료 및 폴리에스터용 염료를 이용하여 염색된다. 이 두 가지 종류의 염료는 혼방직물에 각각 첨가되거나 양모보호제를 같이 사용하여 단일 욕조 공정에서 사용될 수 있다. 이 단일 욕조 염색 공정은 시간과 돈, 에너지를 절약하기 때문에 실제로 많이 쓰이고 있다. 또한 양모의 초서한의 부드러움도 안전하게 지킬 수 있다. 하지만 이 과정에서 분산 염료의 대부분은 양모의 얼룩을 발생시키는 원인이 된다. 폴리에스터 염색에 이용되는 고온 염색방법은 혼방직물의 손상을 일으킬 수 있기 때문에 사용될 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 직물의 견뢰도와 강도에 나쁜 영향을 주지 않으면서 폴리에스터/양모 혼방직물을 동시에 염색할 수 있는 분산염료를 이용한 단일 욕조 염색 공정을 개발하기 위한 연구가 진행되었다.

따라서 본 연구는 견뢰도를 개선하고 우수한 분산 염색을 위해 β-Cyclodextrin을 사용하여 혼방직물을 미리 개질시켰다. 향상된 견뢰도 특성을 얻기 위해 β-Cyclodextrin을 호스트분자로, 분산액과 같은 소수성 분자를 게스트분자로 사용하여 직물 내에서 그래프팅을 시도하였다.

섬유 산업에서의 β-cyclodextrin의 사용은 광범위한 적용이 가능하기 때문에 매우 중요하다. 적용의 주요 측면 중 하나는 섬유 표면에 대한 β-cyclodextrin의 부착기술이다. β-cyclodextrin은 단순한 생산 기술, 풍부한 가용성, 내부 공동 직경 및 저렴한 가격 때문에 상업적으로 가장 유용하다. β-cyclodextrin은 가장 많이 사용되고 있으며 생산되고 소비된 모든 cyclodextrin의 95% 이상을 차지한다. β-cyclodextrin 공동의 내경은 600-800pm으로 다양하며 휘발성 분자 및 약물과 같은 방향족 화합물을 수용할 수 있다.

글루코피라노스 단위를 연결하는 결합에 대한 자유 회전이 없기 때문에 cyclodextrin은 완전한 원통형 분자는 아니지만 도넛형 혹은 원뿔형 분자이다. 이 구조에 기초하여 1차 하이드록실기는 도넛의 좁은 면에 위치하고 2차 하이드록실기는 넓은 가장자리에 위치한다(그림 1.1).

용액 공 - 침전, 건식 혼합, 압출, 슬러리 방법, 분쇄와 같은 다양한 β-cyclodextrin 복합체 형성 기술은 문헌에 보고되어 있다. 기술 중 하나로써, 즉, 공동으로부터 물 분자가 소수성 게스트 분자에 의해 변위되어 비극성 - 비극성 상호 작용을 얻고 cyclodextrin의 고리 변형을 감소시킴으로써 보다 안정한 에너지가 낮은 상태가 유도되므로 에너지 면에서 유리하다. 호스트 - 게스트 복합체는 영구적인 특징이 아니며 복합체의 수명 및 착화 강도는 게스트 분자의 크기, 반 데르 발스 (Van der Waals) 상호 작용 및 물 분자의 방출, 수소 결합, 전하 전달 상호 작용, 소수성 상호 작용 및 구조 변형의 방출 등을 포함한 다양한 요소들에 의해 결정된다.

β-cyclodextrin은 스프레이, 인쇄, 패딩, 그래프팅, 표면 코팅, 함침, 잉크젯 인쇄 또는 겔 등의 수단으로 섬유에 혼입될 수 있다. 표 1.1은 β-cyclodextrin과 일부 직물 섬유 간의 가능한 다양한 상호 작용을 보여준다.

β-cyclodextrin을 섬유에 고정시키기 위한 다양한 메커니즘 중에서 면, 양모, 폴리에스테르, 폴리아미드 및 폴리아크릴로니트릴 섬유에 폴리카복실산과 같은 가교제를 사용하여 그래프트 하는 것이 많다. 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid (BTCA)와 같은 폴리카복실산의 가교 메커니즘은 5개의 가지가 달린 무수물 중간체의 형성을 통해 이루어진다. 이 중간체는 에스테르화를 통해 섬유(예 :면 또는 양모)의 하이드록실기 및 β-cyclodextrin과 반응한다. 구연산 또한 BTCA와 유사한 가교제로 사용될 수 있다. Epichlorohydrin과 같은 다른 수지는 기존의 반응성 염색 방법으로 β-cyclodextrin을 면에 고정하는 데 사용될 수 있다. MCT-β-cyclodextrin은 기존의 반응성 염색 방법으로 β-cyclodextrin을 면에 영구적으로 결합시키는 데 사용될 수 있다.

직물에서의 β-CD의 적용

염색

다양한 문헌에서 섬유의 염색에 대한 β-CD의 영향이 보고되었다. β-CD는 염료를 흡수할 수 있으므로 폐수로의 염료 손실을 줄이는 데 사용될 수 있다고 보고되었다. 또한 β-CD는 염색의 균일성을 향상시키고 세척 중에 염료의 손실을 방지한다.

방향가공

β-CD와 아로마분자의 착화는 증기압을 감소시키고 분자의 분해를 지연시킨다.

항균가공

항균제의 마이크로캡슐화 기술과 의료 및 위생용 직물에 대한 적용이 증가하고 있다. 직물의 항균성 가공제는 일반적으로 섬유 표면이나 섬유 속에서 활성 항균 성분으로 구성되어 있으며 접촉 시 미생물을 파괴한다.

추가적으로 모/폴리에스테르 혼방직물의 단일욕 분산 염색 개선을 위해 β-Cyclodextrin으로 표면개질한 모/폴리에스테르 혼방직물에 관련한 연구가 있으며 이것은 또한 개질 된 직물의 염색 후 견뢰도 특성이 향상되는지를 평가하는 단계를 포함한다. β-CD는 모 섬유 표면을 변형시켜 섬유 표면에 일부 기능적 변화를 부여할 수 있다.

그러므로 모/폴리에스터 혼방 직물의 염색 특성을 향상시키기 위한 이러한 기술의 이점을 탐색하면서, 처리된 직물의 기계적 성질 및 표면 특성에 대한 변형의 효과를 연구할 필요가 있다. 따라서 인장 강도, 신축도, 펄링 수축도 및 변형 된 직물의 SEM 분석을 수행하였다.

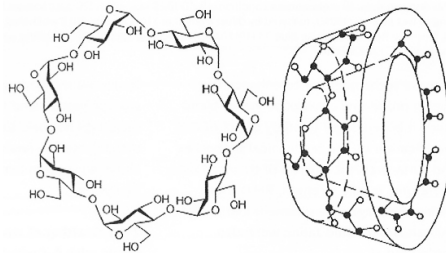


그림1.1 β-CD12 분자의 화학 구조(왼쪽)와 환상면 모양(오른쪽)

표1.1 β-CD와 일부 식물 간의 가능한 상호작용

Parameter	Cotton	Wool	PES	PA	PAN	PP
Ionic interactions	-	+	-	+	+	-
Covalent bond	+	+	-	+	-	-
Van der Waal forces	-	-	+	+	+	-
Crosslinking agents	+	+	+	-	-	-
Graft polymerisation	+	+	+	+	+	+

+ possible, - not possible, PES-polyester, PA-polyamide, PAN-polyacrylonitrile, PP-polypropylene¹⁰

2. 실험

2.1 재료

Raymond Vapi.에서 제조한 35/65 모/폴리에스터 혼방직물(22.5마이크론 양모와 2.5데니어 및 1.5데니어 폴리에스터 섬유 사용)을 사용했다. Disperse Yellow 64, Disperse Red 92, Disperse Blue 73은 Dystar India Pvt Ltd.에서 제조한 것을 사용했다. 비이온성 계면활성제(Imerol PC Iiq, Clariant), 분산제(Ionocol RON, Clariant), 균염제(Eganal PS11q, Clariant), 산성 완충액(Opticid PBI, Clariant)등 다른 화학 물질들은 Clariant India Ltd에서 제조한 것들을 사용했다.

2.2 방법

본 연구의 주목적은 양모 직물의 염색성을 향상시키기 위한 β-CD 그래프팅의 긍정적인 효과를 조사하는 것이므로, 실험은 다음의 순서로 진행되었다. : 모/폴리에스터 혼방 직물에 β-CD를 그래프트 → 분산 염료로 염색 → 비이온계면활성제로 소평. 얻어진 결과는 추가적으로 더 자세하게 기술하겠다.

2.2.1 그레이 직물의 정련

윤활제와 대전 방지제를 제거하기 위해 65 °C에서 30 분간 1gpl 비이온계면활성제를 사용하여 모/폴리에스터 혼합 직물을 정련하였다. 이어서 수분 추출 후 실온에서 건조했다.

2.2.2 β-Cyclodextrin과 모/폴리에스테르 혼방직물의 그래프트

직물 샘플을 β-CD (0-80gpl), PCA (BTCN 시트르산) (0-20gpl) 및 인 촉매, 아황산나트륨 (0-20 gpl)으로 패딩비 100%에서 130-190°C에서 2-8분간 열처리했다. 처리된 직물 샘플을 흐르는 물에서 20분 동안 세척하여 미 반응된 β-CD 및 불순물을 제거하고 최종적으로 80°C에서 30분 동안 건조했다.

2.2.3 염색절차

β-CD 결사슬 직물은 Infracolor 실험실 염색기에서 3가지 다른 분산 염료로 0.2%, 1.0%, 4.0% 3가지 색조로 염색되었다.

염색은 희석제 (1gpl)의 존재하에 120℃ (분당 2℃ 상승)에서 60분 동안 20:1의 액체 비율로 수행하였다. (레벨링제 (0.5 gpl) 및 모 보호제 (2 gpl). 4.5 에서 5.0pH (아세트산 및 산성 완충액으로 pH를 조정.) 염색 후 모든 샘플을 1gpl 비이온 계면 활성제에서 20분 동안 80℃에서 소핑 한 후 2회 행구고 건조시켰다. 염색된 모/폴리 에스터 혼방 직물의 세탁 견뢰도, 내광 견뢰도 및 승화 견뢰도가 표준 절차에 의해 평가되었다. 사이클로덱스트린으로 그래프팅된 직물의 SEM 이미지를 찍어 혼합 직물상의 사이클로덱스트린의 존재를 평가하였다.

2.3 측정

이번 연구는 개선된 견뢰도 특성을 갖는 고성능 분산 염색을 위해 β-사이클로덱스트린을 사용하는 모/폴리에스터 혼방 직물의 예비 변형에 관한 것이다. β-사이클로덱스트린의 그래프팅 및 모/폴리에스터 혼방이 분산 염색에 영향을 미치는 β-사이클로덱스트린과 가교제의 농도, 가교제의 종류, 그래프팅의 온도와 시간 등의 요인에 대해 연구했다. 염색된 샘플의 깊이는 측정된 후 K/S에 의해 표현된다. 세척, 광 및 승화에 대한 견뢰도 특성을 평가 하였다. 직물 샘플들의 주사 전자 현미경 (SEM) 이미지를 얻었다. 적절한 토론과 함께 얻은 결과는 다음과 같다.

색 강도

K/S로 표현되는 염색된 시험편의 색 강도는 반사 분광 광도계 (X-rite의 Color i7)를 사용하여 최대 흡광도의 파장에서 측정하였다.

견뢰도 성질

모/폴리에스터 염색 직물의 세척, 일광 및 승화 견뢰도 특성을 각각 ISO 105-C10와 같은 ISO 105- B02, ISO PO1 표준 시험 방법으로 평가 하였다.

형태학 연구

미처리 및 I3-CD 처리 샘플의 표면 형태를 주사 전자 현미경 (SEM)으로 조사 하였다. 모/폴리에스터 혼합 섬유 샘플을 전자 현미경 검사 이전에 JEOL JEC-550 트윈 코터를 사용하여 금으로 코팅 하였다. JEOL JSM-5400 주사 전자 현미경을 사용하여 미처리 및 플라즈마 처리 된 직물 샘플의 표면 형태를 연구하였다.

인장강도

미처리 및 플라즈마 처리 된 직물 샘플의 인장 강도는 ASTM D5035-95 (2003) (2R-E) 방법 및 시마즈 인장 강도 시험기를 사용하여 연구되었다.

이완 및 펄핑 수축률 (TM 31)

모/폴리에스터 혼방 직물의 이완 및 펄핑 수축을 Electrolux Wascator (Model FOM 71 CLS) 실험실 세탁기를 사용하여 시험하였다.

테스트는 TM 31 표준 테스트 방법을 사용하여 수행하였다. 이완 수축을 7A 세척 프로그램을 사용하여 시험하고 펄핑 수축을 5A 세척 프로그램을 사용하여 시험 하였다.

3. 결과 & 토의

3.1 β-사이클로덱스트린 농축

주어진 전처리와 사후 분산 염색에 대해 Fig.3.1은 전처리욕에서 0-60gpl에서 β- 사이클로덱스트린 농도를 증가 시키면 염색된 시료의 깊이가 K/S 값으로 크게 증가함을 나타낸다. Disperse Blue73의 경우 9.51에서 11.52까지, Disperse Yellow64의 경우 7.90에서 9.00까지, Disperse Red92의 경우 4.38에서 4.80까지 증가한다.

이러한 K/S 값의 현저한 증가는 β-사이클로덱스트린 분자를 그 구조 내부에 그래프트 함으로써 양모 성분을 변형시켜 소수성 분산 염료 분자를 픽업하고 포함시키는 능력을 향상시키는 직접적인 결과이다. 후속 염색 단계 동안 β-사이클로덱스트린의 내부 소수성 공동 구멍 내에 존재한다. 60gpl을 초과하는 β-사이클로덱스트린의 추가는 실질적으로 염색된 모/폴리에스터 혼합 직물의 K/S에 약간의 부정적 영향을 미친다는 것이 관찰된다.

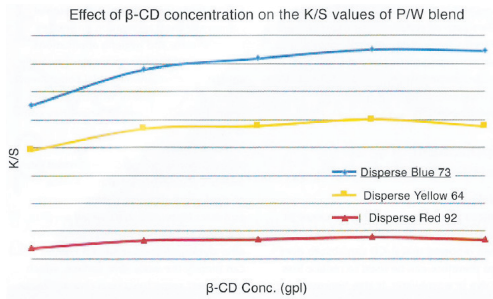


그림 3.1 분산염료로 염색된 P/W혼방직물의 β-CD 농도에 따른 K/S값 전처리 효과

(i) 전처리 조건 : β-CD(0-80gpl), 8TCA(10gpl), Sodium Hypophosphite(20gpl), 패딩비(100%), 이어서 170°C 온도에서 4분간 열처리

(ii) 염색 조건 : Disperse Yellow 64, Disperse Red 92, Disperse Blue 73 (1% shade), 분산제(1gpl), 평활화제(0-5gpl), pH4.5-5.0, 110°C 온도에서 60분간 염색

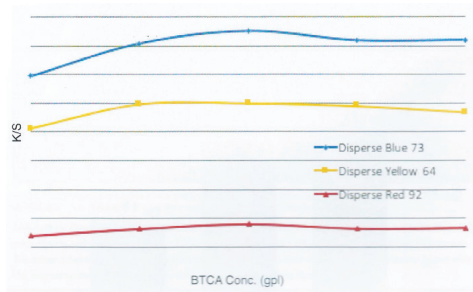


그림 3.2 울 / 폴리에스터 혼합에 β-CD 이식의 정도에 대한 BTCA 농도의 효과 및 분산 염료를 이용한 후 염색에 K/S의 영향.

3.2 가교 결합제 (BTCA) 농도

BTCA (1,2,3,4, butanetetracarboxylic acid)는 β-CD 이식 전처리 사이에 울과 β-CD 사이의 가교제로 작용한다.

전처리 공정에서 사용되는 BTCA 농도의 함수로 모 / 폴리에스터 혼합 직물 염색의 정도의 변화를 그림 3.2에 나타낸다. 전처리 및 후속 염색의 경우 BTCA 농도를 10gpl까지 증가 및 염색의 정도가 강화되는 것은 분명하고, 아마 증가한 모 β-CD 가교에 기인하고 그로 인하여 분산 염료 포접착체 형성이 β-CD에서 가능하게 된다. BTCA 농도를 20gpl까지 증가시키면 염색 된 직물의 K/S 값이 약간 떨어졌다.

얻어진 결과 (K/S 환산)은 전처리중인 BTCA가 존재하지 않는 경우, K/S 값의 현저한 증가가 없는 것을 나타낸다. BTCA 농도의 증가에 따라, K/S 값은 10μl의 BTCA 농도까지 증가했다. BTCA 농도의 추가 증가는 눈에 띄는 색상의 증가를 보여주지 않았다.

요약하면, β-CD는 가교제(즉 BTCA)의 존재 하에서만 양모 섬유에 접목할 수 있다. 다른 한편으로는 BTCA과 β-CD 사이, BTCA와 섬유 사이의 반응에 의해 그래프트화 반응이 일어나는 것이 중요하다.(Martel B., 2002).

3.3 열 고정 온도

β-CD 패딩 된 모 / 폴리에스터 직물의 열 고정 온도의 영향도 조사했다. 그림 3.3에 나타난 바와 같이, β-CD의 K/S 값은 170 °C의 온도에서 고원에 도달하기 전에 염색 된 혼방 직물을 전처리했다. 170 °C를 넘어가면 K/S 값에 대해 색상의 증가는 없다. 이것은 BTCA에 의한 양모의 β-CD 가교의 정도가 17°C에서 최대임을 의미한다. 따라서 모든 실험의 전형적인 매개 변수로 170°C의 온도를 선택했다.

3.4 열 고정 시간

주어진 일련의 전처리 조건으로 전처리 된 직물 시료의 열 고정 시간의 함수로 K / S 값으로 표현 분산 염색 직물의 색상 깊이 변화에 관한 그림 3.4는 고정 시간을 4 분까지 연장하여 BTCA / 울 매트릭스에서 β-CD의 더 좋은 고정 관점에서 논의되는 K/S 값을 향상시키고, 이를 통해 더 좋은 염료 흡착 및 고정을 장려하는 것을 개시하고 있다. 한편, 고정 시간의 추가 증가, 즉 4 분을 초과하면 K/S 값의 저하를 초래하고 이것은 더 긴 시간의 촉방 상호 작용의 정도가 높은 것에 기인하고, 이에 따라 양모 구조상에 사용 가능한 β-CD의 결합 및 고정의 정도가 낮을수록 (즉, 양모에 β-CD 결합의 정도가 낮을수록) 분산 염색 특성의 정도에 악영향을 초래한다.

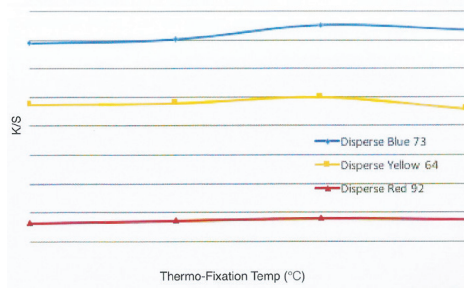


그림 3.3. 전처리 공정 후의 열 고정 온도가 분산 염료로 염색 된 P/W 혼합 천의 K/S 값에 미치는 영향.

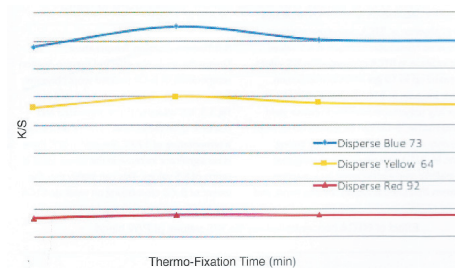


그림 3.4. 전처리 공정 후 열 고정 시간이 분산 염료로 염색 된 P/W 혼합 천의 K/S 값에 미치는 영향.

3.5 가교제의 종류

2개의 가교제, BTCA (1,2,3,4, butanetetracarboxylic acid)와 critic acid를 양모 / 폴리에스터 혼방 직물에 10 gpl의 유사한 농도에서 전처리에 사용하였다, 그리고 양모 / 폴리에스터 직물에 β-CD 그래프트화 및 분산 염색의 K/S 값을 그림 3.5에 나타내었다. 두 개의 폴리 카르복시산은 양모 / 폴리에스터 혼방 직물에 β-CD 그래프트화를 성공적으로 유도하였다. 두 가교제의 각각의 효율은 BTCA 및 CTA에서 전처리 된 혼방 직물에 K/S 값에 이어서 분산 염색이 별다른 큰 차이를 보이지 않기 때문에 유사한 것으로 보인다.

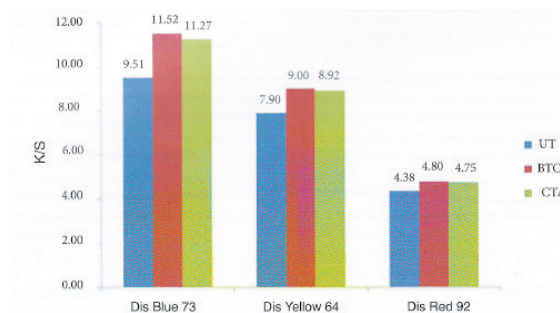


그림 3.5 : 전처리 공정에서 가교제의 BTCA 및 CTA가 분산 염료로 염색 된 P/W 혼방 직물의 K/S 값에 미치는 영향 (I) 전처리 조건 : β-CD (60 gpl), BTCA / CTA (10 gpl), Sodium Hypophosphite (20 gpl), 패딩과정 wet pick up을 (100%) 이어서 170°C에서 4분 동안 고착 (II) 전염색 조건 : Disperse Yellow 64, Disperse Red 92, Disperse Blue 73 (1% shade), 분산제 (1 gpl), 균염제 (0.5 gpl), pH 4.5-5.0pH, 온도. 110°C, 시간 60 분

3.6 미처리 및 β-CD 그래프트화한 양모 / 폴리에스터 혼방 직물의 염색 견뢰도

β-CD 그래프트화 및 분산 염색한 양모 / 폴리에스터 혼방의 견뢰도는 표 3.1에 나타내었다. 견뢰도에서 혼방 직물의 β-CD 그래프트화가 세탁 견뢰도를 향상시키는 것으로 관찰 되었다. 그래프트화 된 직물은 처리되지 않은 직물과 비교하여 아세테이트 및 나일론에 색상 얼룩이 적은 것을 보여주었다. β-CD 그래프트화는 또한 Blue 73 dye의 일광견뢰도를 개선했다. 처리되지 않은 직물과 비교하여 β-CD 그래프트화의 승화견뢰도에는 변화는 없었다.

표면 형태

미처리 및 β-CD로 처리 한 양모 / 폴리에스터 혼방 직물의 SEM 이미지를 그림 3.6에 나타내었다. SEM 이미지는 양모 성분에 대한 β-CD의 침착을 보여준다. β-CD가 양모 섬유에 부착하면 양모가 지닌 스케일에 따라 코팅층도 형성된다.

표 3.1 : β-CD 그래프트화 및 분산 염료로 염색한 양모 / 폴리에스테르 혼방 직물의 견뢰도.
 UT - 처리되지 않은 상태 T - 처리된 상태 (I) 전처리 조건 : β-CD (60 gpl), BTCA (10 gpl), Sodium Hypophosphite (20 gpl), 패딩과정 wet pick up을 (100%) 이어서 170°C에서 4분 동안 고착 (II) 전염색 조건 : Disperse Yellow 64, Disperse Red 92, Disperse Blue 73 (1% shade), 분산제 (1 gpl), 균염제 (0.5 gpl), pH 4.5-5.0pH, 온도, 110°C, 시간 60 분

Dye	Treat-ment	Washing fastness ISO 105 C10 (C3)							Light fastness ISO 105 BO2	Dry Heat ISO PD1					
		Alt.	St. Act.	St. Col.	St. Wr.	St. ET	St. Off.	St. W. off.		150°C			180°C		
										Alt.	St. PET	St. PW	Alt.	St. PET	St. PW
Disperse Yellow 64	UT	5	4-5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
	T	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Disperse Red 92	UT	4	4-5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	T	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Disperse Blue 73	UT	3-4	3-4	5	2	4-5	5	4	4-5	5	5	5	5	5	5
	T	4	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5

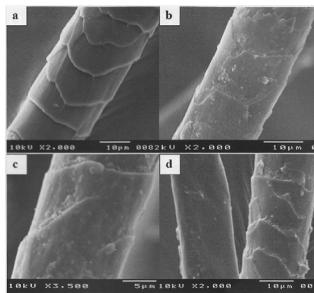


그림 3.6 : β-CD 그래프트화 & 미처리한 양모 / 폴리에스터 SEM 이미지 (a) 처리되지 않은 양모 식물 (b) β-CD 그래프트화 한 양모 식물 (c) 양모 식물 스케일에서 β-CD 침착 (d) β-CD 그래프트화 한 양모 / 폴리에스터 식물

4. 결과

지금까지의 연구에서 β-CD 그래프트화 한 양모 / 폴리에스터 혼방 직물에 다양한 분산 염료 중 Disperse Yellow 64의 적용 가능성을 발견했다. Disperse Red 92, Disperse Blue 73은 블렌드에서 고체 어두운 색조를 얻는 것을 성공적으로 증명했다, 또한 함께 염색 균제 만족성과 충분한 견고성을 가진다. 양모 / 폴리에스터 혼방을 β-CD 그래프트화 시켜 분산 염료로 염색하는 것은 β-CD가 소수성 기공들을 가지고 있는 것을 나타낸다. 양모 / 폴리에스터 혼방 식물 어느 한쪽 혹은 양쪽에 그 소수성 기공들은 견뢰도, 특히 세탁 내구성의 현저한 개선 외에도 다양한 분산 염료에 의한 처리 직물의 염색성에 긍정적인 영향을 미친다. 이 염색성의 향상성이 양모 성분이 분산 염료와 고체 포접 복합체를 형성하는 능력으로 변할 수 있게 한다. 이 연구는 다양한 분산 염료에 양모 / 폴리에스터 혼방 직물이 더 좋은 발색 농도를 갖게 하고 견뢰도 향상이 전처리 조건에서 달성되는 것을 보여준다.

전처리 조건 : β-CD (60 gpl), BTCA (10 gpl), Sodium Hypophosphite (20 gpl), 패딩 과정 wet pick up을 (100%) 이어서 170°C에서 4분 동안 고착 그리고 110°C에서 분산 염료로 후염색

이 과정의 또 하나의 장점은 전처리 단계에서 사용되는 모든 반응 물질이 비독성의 환경 친화적이다. 따라서 이 방법은 분산 염료를 양모 / 폴리에스터 혼방에 단일 욕 염색하는 것을 개선하는 생태학적인 해결 방안을 제공한다.