

직접염료에 의한 면직물의 넵 은폐

1. 서 론

넵(nep)으로 알려져 있는 엉킨 섬유 뭉치들이 면직물 전 표면에 걸쳐 흩어져 있는 것을 자주 발견한다. 보통 이 넵들은 염색된 직물에서 염색이 되지 않은 것처럼 흰색이나 파스텔 색깔의 반점으로 나타나기 때문에 염색업자들에게는 문제거리의 하나이다. 넵이 이렇게 바탕과 현저하게 대조되어 나타나는 것은 주로 시각적인 것으로 생각되며, 대부분의 넵은 세포막이 얇은 섬유로 이루어졌기 때문에 빛의 통과길이가 짧아서 이런 현상이 일어난다는 주장들이 있다. 그러나 넵을 시각적으로 은폐할 수 있는 능력이 직접염료 중에서도 차이가 난다는 사실로 보아 이러한 의견은 불완전한 설명인 것 같다.

관련 문헌에 나타난 것으로서 어떤 선택된 직접염료의 상대적 넵 은폐능력을 평가하는 척도로써 염료의 구조적 특성을 조사한 연구들은 아주 적다. Lawrie의 초기 연구에 의하면 분자구조와 염료의 확산특성 및 넵 은폐능력과 는 관계가 없는 것으로 나타났다. Fargher와 그의 공동 연구자들은 청색 및 녹색 염료들이 황색이나 적색 염료들보다 넵에 대한 염색 차이가 보다 민감한데, 이것은 각 색깔의 광도특성과 색차 구별에 대한 인간의 눈의 민감도 때문이라는 것을 알아냈다. Furvik은 성숙면 보다 미성숙면의 흡착 및 탈착속도가 더 빠르다는 것을 발견하고 넵이 포함되어 있는 염색된 직물은 염색 후 수세(rinse)를 최소로 해야 한다고 결론지었다. Holme는 정상적인 조건에서는 직접성(substantivity)이 아주 좋은 염료 만이 미성숙면을 염색시킬 수 있다고 주장했다. Giles는 염료 구조에 1급 아미노기 및 2급 아미노기의 개수와 염료의 친화력 사이에 양의 관계를 나타내는 자료를 제시하였으며, Abrahart 또한 직접염료 분자에 아미드결합이 존재하면 직접성 (친화력)이 증가한다고 주장했다.

이러한 연구는 넵의 염색성과 관련된 질문에 여러 가지 가능성을 제시해

주고 있다. Furvik의 연구는 미성숙면이 흡수한 염료를 계속 보유하기 위해서는 이염성이 좋지 않고 직접성이 좋은 염료가 최적일 것이라는 가능성을 제시하고 있다. 이러한 특성은 습견뢰도 등급판정과 이염성 및 염에 대한 민감도를 근거로 하여 직접염료들을 등급 분류한 SDC (Society of Dyers and Colorists) 분류에 의해 쉽게 판별할 수 있다. 직접성에 대한 Holme의 주장은 앞으로 계속적인 조사가 필요하다. 왜냐하면 직접성을 결정하는 구조적 특성에 대해서는 아직까지 밝혀지지 않고 있기 때문이다. 직접염료와 셀룰로스 섬유와의 친화력에 대한 고전적 설명은 셀룰로스 섬유의 하이드록시기와 염료분자에 있는 극성기 사이에 수소결합을 형성한다는 가정에 근거하고 있다. 그러나 이것은 의문시되어 왔다. 현재는 염료와 섬유 사이의 회합 (association)에 반데르발스힘이 중요한 역할을 할 것이라고 생각되고 있으며, 섬유 내에서의 염료분자들의 집합 (aggregation)이 또 다른 중요 인자로 믿어지고 있다. 또한 셀룰로스의 하이드록시기와 염료분자의 아미노기 사이의 약한 정전기적 인력에 의해 직접염료와 셀룰로스 섬유 사이에 흡인력이 존재할 가능성이 있다는 주장도 제시되고 있다.

면 시료 내의 미성숙면과 성숙면의 비율을 결정하는 ASTM방법은 미성숙면에 대해 친화력이 서로 다른 것으로 알려져 있는 2개의 염료, C.I. Direct Red 81과 C.I. Direct Green 26의 사용을 기본으로 하고 있다. 이 두 염료는 분자량, 분자형태 및 확산속도가 다르다. 이것은 분자량이나 분자형태 역시 직접염료의 미성숙 면에 대한 상대적 은폐능력을 나타내는 인자가 될 수 있다는 것을 제시하고 있다. 그 외에 또 다른 인자는 염료의 확산 특성이다.

본 연구의 목적은 미성숙면으로 이루어진 면에 대한 은폐능력과 선택된 직접염료들의 구조적 특성 및 염색특성 사이의 관계를 조사하는 데 있다. 본 연구에서 검토한 특정염료 특성은 분자크기, 분자구조, SDC 등급분류, 세탁견뢰도 등급 등이다.

2. 재료 및 시험방법

가. 식물 및 염료

직물은 날염용 면직물인 style 400(Testfabrics사 제품)인데, 표백을 하였으며 무게 106g/m^2 , 밀도 $31.5 \times 31.5/\text{cm}^2$ 이고 눈에 쉽게 띄는 넵들이 많으며 시료 크기는 $35.5 \times 11.5\text{cm}$ 인 것을 사용하였다.

본 연구에서 사용한 염료는 화학적 구조가 아주 비슷한 17종류의 아조계 직접염료이다<표 1>. 17개의 염료 중 13개는 선상구조를 갖는 것이며, 2개 (C.I. Direct Green 26과 C.I. Direct Green 28)는 비선상구조의 것이며, 나머지 2개 (C.I. Direct Blue 76과 C.I. Direct Blue 218)는 구리 (Cu)복합체이다.

<표1> 본 연구에 사용된 염료들

염료 (C.I. Direct)	화학적 분류	공급업체 ^a
Red 23	Disazo	ATL
Red 80	Tetrakisazo	CKC
Red 81	Disazo	CKC
Violet 7	Disazo	ATL
Violet 9	Disazo	ATL
Blue 1	Disazo	ICI(O)
Blue 76	Disazo-Cu complex	CKC
Blue 78	Trisazo	ATL
Blue 81	Trisazo	ATL
Blue 120A	Trisazo	ATL
Blue 126	Trisazo	CKC
Blue 218	Disazo-Cu complex	CKC
Green 26	Trisazo	CKC
Green 28	Monoazo-anthraquinone	ATL
Brown 1	Trisazo	JC
Black 22	Tetrakisazo	CKC
Black 80	Trisazo	CKC

a : ATL-Atlantic Industries, Nutley, NJ

CKC-Crompton & Knowles Corp., Charlotte, NC

ICI(O)-ICI Americas Inc. Wilmington, DE

JC-John Campbell & Co., Perkasie, PA

직물 시료는 실험실용 염색기(Atlas Launder-Ometer, Atlas Electric Devices사 제품)로 염색했는데, 염료의 농도는 2% owf 이고 20%의 소금을 첨가했으며 액비는 40:1 이었다. 결과의 비교를 편하게 하기 위해 모든 염색은 90°C에서 45분간 하였다.

나. 넵 은폐능력의 평가

여러 가지 직접염료의 상대적인 넵 은폐능력을 평가하기 위해서 서로 다른 두 가지 방법을 사용했다. 첫 번째 방법의 목적은 실험에 사용할 염료로 염색하기 전에 각각의 미성숙 넵을 분별하기 위한 것인데, 미성숙면에 대해 최소의 직접성을 갖는 C.I. Direct Red 81 한 가지 염료로 ASTM D-1464에 규정한 방법을 사용하여 모든 시료를 예비 염색하는 것이다. 끓는 물로 수세한 후, 각 시료들을 공기 중에서 건조하였다. 시료에 흰색 반점으로 나타난 넵 가운데 25개를 원으로 표시하였다. 그리고 끓는 물로 30분간 추출하여 남아 있는 적색 염료의 대부분을 시료로부터 빼내었다. 넵을 표시한 직물들을 선택한 17개의 염료 각각으로 염색하였다. 염색된 직물을 관측상자 내에 45°의 각도로 올려놓은 후, 염색된 직물의 배경 색깔과 대조되는 밝은 반점들로 나타나는 원으로 표시된 넵의 수를 세었다..

그리고 나서 원래의 17개 염료 중에서 10개를 선택했는데, 넵 은폐능력이 가장 좋은 것 5개와 가장 나쁜 것 5개이다. 이 염료들로 넵을 표시하지 않은 날염용 면직물 시료를 염색하였다. 넵이 포함된 면직물에 대해 균일한 넵 은폐능력을 나타내는 10개 염료들의 상대적인 능력을 또 다른 방법으로 다시 조사하였다. 이 두 번째 방법은 Linnert가 개발한 소면 웹 내의 넵의 개수를 세는 방법을 도입한 것으로 일정한 간격으로 떨어져 있는 각각 2.54cm² 크기의 창(window) 24개로 되어 있는 흑색판 뒤에 염색 된 시료를 45°의 각도로 올려놓고 은폐되지 않은 넵이 1개 이상 포함되어 있는 창의 수를 세어 넵의 평균개수를 계산하는 것이다. 각 염료에 대해 이 작업을 12번씩 행하여 각

작업의 넵 평균 개수의 12번 평균을 계산하였다.

육안으로 보이는 넵과 보이지 않는 넵의 현미경 사진을 주사형 전자현미경 (Hitachi S-570)으로 적었다. 염료의 구조적 특성과 미성숙 넵에 대한 은폐 능력 사이의 상관관계를 알아보기 위해 선형 회귀분석을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 넵의 현미경 관찰

앞서 염색되지 않은 식물 상태에서는 잉킨 섬유들로 이루어진 많은 넵들을 눈으로 쉽게 볼 수 있지만 염색을 한 상태에서는 단지 어느 정도만 바탕과 대조되는 밝은 반점들로 나타난다고 언급했었다. 이러한 사실은 각각의 섬유 넵들 사이에 염색성의 차이가 있다는 것을 말해 준다. 염색되지 않은 식물의 표면에 존재하는 넵 가운데 얼마만한 양은 염색했을 때 바탕 식물의 색조와 같은 농도로 염색된 것처럼 나타났으며, 다른 넵들은 바탕 식물과 대조되는 밝은 반점들로 나타났기 때문에 넵들을 세심히 관찰할 필요가 있었다. 따라서 염색된 식물에서 눈으로 보았을 때 은폐될 넵들과 은폐되지 않은 넵들을 현미경으로 관찰하였다. 이 현미경 검사는 예비실험에서 나타난 결과에 근거를 둔 것인데, 예비실험의 결과는 C.I. Direct Red 23으로는 넵이 있는 식물이 거의 균일하게 염색되었으며, C.I. Direct Black 80으로는 염색을 했을 경우 바탕 식물과 대조되는 밝은 반점들이 많이 나타났다. C.I. Direct Red 23으로 염색된 시료에 있는 모든 넵들은 눈으로 보았을 때 거의 은폐되어 나타나지만 약간은 식물 전체를 통해 밝은 반점들로 흩어져 나타났다. 전자현미경 사진으로 이 염색되지 않은 넵은 매우 납작하고 리본 모양의 섬유들이 촘촘히 뭉쳐져 이루어진 것으로 밝혀졌다. 이러한 섬유들이 실을 형성하는 둥근 형태의 성숙면의 표면에 뉘어져 있는 것으로 나타났다<그림 1>. 이렇게 극도로 납작한 섬유들은 죽은 섬유로 2차 세포막이 거의 성장되지 않은

것이다. 이런 섬유는 염료에 대해 최소의 직접성을 갖는다는 사실 외에 섬유들이 촘촘하게 뭉쳐있기 때문에 거울과 같은 효과를 나타내는 반사면을 형성한다는 것이다. 따라서 이런 형태의 죽은 섬유의 넵은 어떠한 직접염료로도 은폐되어 나타나기 어렵다.



<그림1> C.I. Direct Red 23으로 염색한 직물에서 납작하고,
죽은 섬유들로 이루어진 염색되지 않은 넵

<그림 2>는 C.I. Direct Red 23으로 염색된 같은 시료 내에서 채취한 은폐되어 나타난 미성숙 넵의 전자현미경 사진이다. 이 섬유 뭉치들은 덜 촘촘하며 얇지만 <그림 1>의 납작한 섬유들보다 훨씬 많이 팽윤된 상태로 있다. 이런 얇은 세포막을 갖는 섬유는 “미성숙” 섬유로 분류할 수 있으며, 2차 세포막이 불완전하게 성장되어 있다. <그림 3>은 적색 염료로 염색했을 때 역시 은폐되어 나타나는 또 다른 형태의 넵을 보여주고 있다. 이들은 <그림 1>의 넵보다 훨씬 덜 촘촘하며 덜 납작하다. 이들은 죽은 섬유와 미성숙섬유를 모두 포함하고 있다.

<그림 4>와 <그림 5>는 은폐되지 않은 넵이 매우 많이 나타난 C.I. Direct Black 50으로 염색된 시료 중에서 채취한 바탕 직물과 거의 같은 농도의 색조로 염색되어 나타난 넵들의 현미경 사진이다. <그림 4>에 나타난 넵의 섬유들은 완전히 성숙된 것을 보여준다. 즉, 2차 세포막의 두께가 상당히 두껍

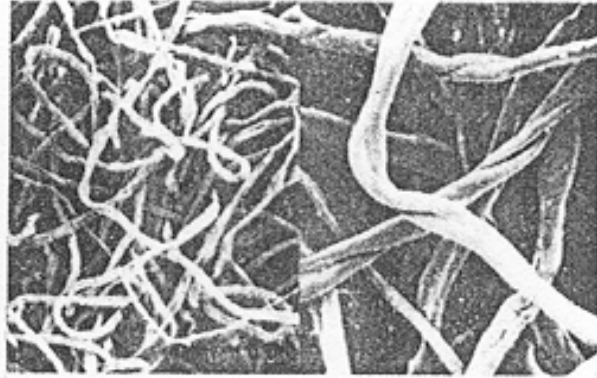
다. 그러나 주위의 섬유보다 직경이 더 작다. <그림 5> 역시 또 다른 형태의 넵을 보여주고 있는데, 갈라지고 찢어진 성숙면들이 뭉쳐져 있는 것이다. 이것은 “공정에 의해 생긴” 넵이다. 즉, 조면이나 방적공정 중에 찢어지고 엉킨 섬유들로 이루어진 넵이다.



<그림2> C.I. Direct Red 23으로 염색한 직물에서 미성숙면들로 이루어진 염색된 넵



<그림3> C.I. Direct Red 23으로 염색한 직물에서 죽은 섬유와 미성숙섬유들로 이루어진 염색된 넵



<그림4> C.I. Direct Black 80으로 염색한 직물에서 얇고,
성숙한 섬유들로 이루어진 염색된 넵



<그림5> C.I. Direct Black 80으로 염색한 직물에서 찢어진
성숙면으로 이루어진 염색된 넵

전자현미경 관찰은 주로 죽은 섬유, 미성숙섬유, 성숙되었지만 직경이 작은 섬유, 찢어진 성숙섬유들로 이루어진 넵들의 염색성 차이를 보여주고 있다. 이는 여러 형태의 넵들이 같은 면직물에 혼재되어 있다는 것을 보여준다. 따라서 넵의 염색성은 염료의 염색특성 뿐 아니라 각 섬유들의 2차 세포막의 상대적인 성장정도 및 섬유의 조밀도에도 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

나. 염색후 미성숙 넵에 대한 은폐능력

C.I. Direct Red 81로 예비염색하여 면 날염포 시료에서 25개의 미성숙 넵들을 표시한 후, 각 시료들로부터 염료를 빼내고 17개의 시험용 염료들로 재염색하였다. 앞서 표시한 25개의 넵 가운데 바탕색과 대조되는 밝은 반점으로 나타나는 넵의 평균 개수는 3 19개에 달했다. <표 2>는 미성숙 넵에 대한 은폐능력이 큰 것부터 작은 순서대로 염료를 나열한 것이다. 또한 염료의 분자량, 수소결합이 가능한 기의 개수, SDC 등급분류, AATCC 세탁견뢰도(변색) 등급을 나타내었다.

<표2> 염색된 직물에서의 표시된 미성숙 넵에 대한
은폐능력과 여러 성질과의 관계

염 료 (C.I. Direct)	염색되지 않은 미성숙 넵의 개수	분자량	수소결합기의 개수	세탁견뢰도 등급	SDC 분류등급
Black 22	3	1,135	11	3	C
Red 23	6	865	7	4	C
Green 26	7	1,325	10	4	B
Green 28	8	973	7	2	B
Brown 1	9	657	6	2-3	C
Black 80	10	986	8	3	B
Blue 218	11	1,139	8	3	A
Blue 1	11	1,044	8	3-4	B
Blue 120A	13	955	5	4	B
Red 80	13	1,424	8	3	B
Blue 76	14	1,139	8	3	B
Blue 126	15	983	5	4	C
Violet 9	16	717	5	2	A
Blue 78	16	1,133	5	3	B
Violet 7	17	721	4	1	A
Blue 81	18	1,225	6	4	B
Red 81	19	701	4	1	A

- a) 표시된 25개의 넵 가운데 염색된 시료에서 염색되지 않은 넵의 평균 개수
b) AATCC 세탁견뢰도(변색)등급

시험용 염료 가운데 몇 가지는 다른 것보다 미성숙 넵을 은폐시키는 능력이 더 뛰어나다는 것이 명백했다. 17개의 시험용 염료를 각 염료의 구조특성

및 염색특성에 근거하여 미성숙 넵에 대해 비교적 은폐능력이 좋거나, 또는 나쁜 직접염료를 감별할 수 있는 특성들을 알아내기 위해 한 가지 조사를 하였다.

직접염료를 반데르발스힘과 수소결합에 의해 셀룰로스와 회합한다고 생각되기 때문에 한편으로는 분자량과 분자형태 사이의 관계와 또 다른 한편으로는 분자량과 미성숙면에 대한 은폐능력 사이의 관계를 조사하는 것이 첫 번째 단계라 확신했다. 그러나 쉽게 판별할 수 있는 방법은 발견되지 않았다. 예를 들면, 긴 선상 구조를 갖는 분자량이 큰 염료인 C.I. Direct Black 22는 시험한 19개의 염료 가운데 넵에 대한 은폐능력이 가장 뛰어났으나 역시 선상 구조를 갖는 분자량이 큰 C.I. Direct Blue 81은 시험염료 가운데 끝에서 두 번째로 은폐능력이 나빴다. 또한 은폐능력이 가장 좋은 C.I. Direct Black 22와 C.I. Direct Red 23은 모두 선상구조를 갖고 있지만 분자량은 크게 달랐다. 선상 구조를 갖지 않는 C.I. Direct Green 26과 C.I. Direct Green 28 역시 비교적 은폐능력이 좋게 나타났다.

분자크기 및 분자형태를 평가하는 것보다 더 믿을만한 방법은 각 염료분자가 갖고 있는 수소결합이 가능한 기의 개수와 미성숙면에 대한 은폐능력 사이의 관계를 찾는 것이었다. 수소결합을 할 수 있는 치환기를 많이 갖는 염료분자들이 치환기를 적게 갖고 있는 염료에 비해 넵 은폐능력이 더 뛰어난 경향을 나타내었다. 수소결합이 가능한 기를 11개 갖고 있는 C.I. Direct Black 22는 미성숙 넵의 88%를 은폐하였는데 비해 4개의 수소결합이 가능한 기를 갖고 있는 C.I. Direct Red 81은 단지 미성숙 넵의 24% 밖에 은폐하지 못했다. 따라서 수소결합의 수가 많을수록 염색 후 수세할 때 섬유로부터 염료가 떨어져 나가는 비율이 감소하여 결과적으로 넵에 대한 은폐능력이 향상된다고 하는 것이 타당할 것 같다.

그러나 본 연구에서 사용한 SDC 등급분류 A인 4개의 염료들에 대한 AATCC의 세탁견뢰도 등급은 1~3급으로 낮아 세탁견뢰도와 넵 은폐능력과

는 일치하지 않았다. 예를 들어, C.I. Direct 28은 세탁견뢰도가 2급이었지만 냅 은폐능력은 좋았다. 또한 세탁견뢰도가 4급인 C.I. Direct Blue 81은 냅 은폐능력이 좋지 않았다. 냅 은폐능력이 가장 좋은 5개 염료들의 세탁견뢰도는 2~4급까지 나타났으며, 냅 은폐능력이 가장 나쁜 5개 염료들의 세탁견뢰도는 1~5급에 이르렀다.

은폐능력이 좋은 염료들의 대부분은 SDC등급분류가 A가 아닌 B나 C였다. 이 염료분자들은 분자량이 비교적 크거나 수소결합이 가능한 기가 많거나 또는 이들 두 조건을 모두 갖고 있었다. 단지 A등급의 염료 가운데 C.I. Direct Blue 218 만이 유일하게 냅 은폐능력이 그런 대로 좋았다. 그러나 이 염료 역시 분자량이나 수소결합의 가능성에 있어서는 B등급이나 C등급의 염료들과 상당히 비슷하였다. 이 결과는 A등급의 염료는 미성숙면을 감별하는데 사용되고 B등급의 염료는 성숙면을 감별하는 데 사용된다는 ASTM의 개별 염색시험의 이론적 근거와 일치한다. A등급의 염료는 이염성이 크고 집합하는 성질이 낮은 것으로 특징지어진다. 미성숙면은 성숙면보다 염료의 흡착 및 탈착속도가 더 빠르기 때문에 이염성이 큰 염료들이 세포막이 얇은 섬유에 대해 비교적 나쁜 은폐능력을 나타내는 것은 놀라운 일이 아니다. 각각의 염료분자들이 섬유 내에서 더 큰 단위의 집합체를 형성하는 것은 직접염료의 셀룰로스 사이에 어느 정도 직접성이 있기 때문이다. 직접성과 미성숙면의 염색성 사이의 관계에 대해서는 이미 이론이 확립되어 있는데, 집합성질이 낮은 A등급의 염료는 집합성질이 높은 C등급의 염료에 비해 냅 은폐능력이 나쁘다는 사실은 이 이론과 일치하고 있다.

염료분자에 존재하는 아미노기나 아미도기의 개수와 염색되지 않은 미성숙 냅의 개수가 서로 반비례관계로 나타난 것은 재미있는 발견이었다<표 3>.

C.I. Direct Blue 126은 염료분자당 1급 아미노기가 단지 1개 존재하는데, 예비실험에서 표시한 미성숙 냅의 40%만이 은폐되었다. 반면 4개의 1급 아미노기와 1개의 2급 아미노기를 갖고 있는 C.I. Direct Black 22의 경우 미성숙

넵의 88%가 은폐되었다. 2급 아미노기 1개만을 갖고 있는 4개 염료들의 넵 은폐능력은 28 ~ 36%에 그쳤다. 3개의 2급 아미노기를 갖고 있는 C.I. Direct Green 26은 72%의 높은 은폐능력을 나타내었다. 이러한 관측은 염료분자의 아미노기 존재와 직접성은 관계있다는 Giles가 제시한 자료가 일치한다.

<표3> 염료구조가 갖고 있는 아미노기 및 아미노기의 개수와 미성숙 넵의 은폐능력과 관계

염료 (C.I.Direct)	염색되지 않은 넵의 개수 ^a	분자 중에 존재하는 아미노기 또는 아미노기의 개수				
		NH ₂	NH	CONH	NHCONH	합계
Black 22	3	4	1			5
Red 23	6			1	1	3
Green 26	7		3			3
Green 28	8	1	4			5
Brown 1	9	2				2
Black 80	10	2				2
Black 218	11	2				2
Blue 1	11	2				2
Blue 120A	13	1				1
Red 80	13				1	2
Blue 76	14	2				2
Blue 126	15	1				1
Violet 9	16		1			1
Black 78	16		1			1
Black 7	17		1			1
Blue 81	18		1			1
Red 81	19			1		1

a : 표시된 25개의 넵 가운데 염색된 시료에 나타난 염색되지 않은 넵의 평균 개수

다. 넵의 평균 개수 평가

<표 4>는 미성숙 넵에 대한 은폐능력이 가장 좋은 5개의 염료와 가장 나쁜 5개의 염료로 각각 염색한 12개의 염색포에 나타난 넵의 평균 개수이다. 이 실험에서는 Linnert의 격자 방법을 사용하여 염색된 직물 단위면적당 넵의 평균 개수를 계산하였다. 각 그룹 내의 5개 염료들에 의해 나타난 넵의

평균 개수의 상대적 값은 예비염색실험에서 검출한 미성숙 넵에 대한 은폐 능력의 자료와 일치했다.

<표4> 직접염료로 염색된 면 날염포의 평균 넵 개수

염료 (C.I.Direct)	평균 넵수 (/100cm ²)
그룹 1 ^a	
Black 22	4
Red 23	8
Green 28	13
Brown 1	14
Green 26	16
그룹 2 ^b	
Violet 9	20
Blue 78	26
Red 81	26
Blue 81	29
Violet 7	30

a: 그룹 1의 염료들은 미성숙 넵에 대한 은폐능력이 높았다.

b: 그룹 2의 염료들은 미성숙 넵에 대한 은폐능력이 낮았다.

4. 결 언

여러 가지 형태의 넵에 대한 몇 가지 직접염료들의 은폐능력은 섬유의 크기 및 넵을 이루고 있는 섬유들의 밀집 정도에 따르는 것으로 나타났다. 일반적으로 섬유가 납작하고 죽거나 세포막이 극도로 얇은 섬유들로 촘촘하게 이루어진 넵들은 실험에 사용된 직접염료의 종류에 관계없이 밝은 반점으로 나타났다. 성숙되고 직경이 작은 섬유들로 이루어졌거나 갈라지거나 찢어진 성숙면들로 이루어진 넵들은 대부분의 직접염료에 의해 잘 은폐되어진다. 직접염료들의 넵 은폐능력 차이는 2차 세포막이 어느 정도 성장한 미성숙면으로 이루어진 넵에서 가장 분명하게 나타났다.

직접염료의 분자가 갖고 있는 아미노기나 아미도기의 개수와 세포막이 얇은 섬유들로 이루어진 넵에 대한 염료의 은폐능력 사이에는 관계가 있는 것으로 나타났다. 염료분자의 크기나 형태와 넵 은폐능력 사이에는 뚜렷한 관

계가 없다. 또한 직접염료의 집합성질 및 이염성과 냅 은폐능력 사이에는 어느 정도 관계가 있는 것으로 나타났다.