

Naturally Coloured Cotton

김주혜 · 권미연

한국생산기술연구원 섬유소재본부 융합섬유팀

1. 서 론

Naturally coloured cotton은 천연적으로 색을 갖는 면섬유로 B.C. 3000년경, 즉 5000년 전부터 재배되어 온 것으로 알려져 있다(Fig.1). 면이 천연적으로 색을 띠게 된 것은 그 식물이 본래부터 가지고 있던 고유의 유전적인 성질로 고대에는 brown 과 green 색의 coloured cotton이 주로 재배되었으나 1500년경에 Peru 해안에서는 이 밖에도 갈색, 자주색, 붉은색, 초콜렛 색상 등의 coloured cotton이 재배되었다는 보고가 있다¹⁾. 현재는 품종 개량가들에 의해 보다 더 다양한 색상으로 개량되어 생산되고 있다. 이 들 중에는 brown lint에 red, pink, lavender 등의 색상이 highlight로 물들여진 것도 얻을 수 있다고 한다.



Fig. 1. Naturally Coloured Cotton

Naturally coloured cotton은 수확률이 일반 면에 비해 50-70%에 불과한데다²⁾ 일반 면과 인접한 밭에서 재배할 경우 교배로 인해 일반 면을 변형시키는 문제가 발생되면서 재배가 중단된 적도 있었다. 그러나 재배가 중단된 가장 큰 원인은 화학염료의 개발로 일반 면에 염색이 가능하고 이러한 공정단가가 더 저렴하기 때문이었다. Naturally coloured cotton은 제 2차 세계 대전 당시 화학염료의 원료인 석유 수급에 차질이 발생하면서 러시아를 중심으로 재배가 일시적으로 행해지기도 하였다.

1990년대 초반에 eco-fashion 트렌드에 따라 유기농 면이 부각되기 시작하였는데 이는 의류 대기업인 Nike, GAP, Patagonia, Levis 등에서 유기농 면의 사용을 공표하면서 생산이 보다 활성화 되었다. 유기농 면은 농약이나 화학비료를 사용하지 않고 재배하여 토지환경을 보호할 뿐 만 아니라 면사에 함유된 유해물질이 인체에 미치는 영향으로부터 자유로울 수 있어 선호된다고 할 수 있다.

Naturally coloured cotton은 천연적으로 색을 띠고 있으므로 면에 색상을 부여하기 위하여 염색을 할 필요가 없다. 염색은 섬유가공 공정 중에 가장 심각한 환경오염을 유발하는 공정 중에 하나로 미 고착 염료가 함유된 유색의 폐수 처리는 큰 골칫거리로 치부되고 있다. 또한 염색 후 섬유에 잔류하는 염료 및 첨가조제는 인체에 악영향을 미칠 수 있으며 특히 연약한 피부에 트러블을 일으킬 수 있다. 천연적으로 색을 띤 naturally coloured cotton을 유기농법으로 재배하여 면사를 얻는다면 이는 잔류 농약으로부터 자유로울 수 있을 뿐만 아니라 유해한 화학염료를 이용한 염색도 배제할 수 있어 환경 뿐 아니라 인체에 친화적인 면섬유를 얻을 수 있게 되어 organic coloured cotton에 대한 관심은 최근 들어 급속히 증가하고 있는 추세이다.

Naturally coloured cotton이 자취를 감추고 오랜 세월이 지난 후 다시 그 모습을 드러낸 데는 두 사람의 역할이 매우 컸다. 그 한 사람은 고고학자인 James M Vreeland, Jr이고 다른 한 사람은 품종 개량가였던 Sally Fox이다. 본문에서는 이들이 coloured cotton을 재발견하고 보급하기 위한 노력의 과정을 살펴봄으로써 coloured cotton의 revival 역사 및 현황에 대해 고찰하고자 한다.

The Revival of Coloured Cotton by an archaeologist

1971년 미국 텍사스 대학의 고고학 박사과정 중에 있던 James M Vreeland, Jr는 북 안데스산맥에 위치한 Chan Chan 지역의 유물 발굴을 위해 Peru에 갔으며 Peru Lima의 국립 박물관에서 콜럼버스 이전시대의 텍스타일에 관한 연구를 진행하고 있었다. 그는 현미경을 통해 면을 관찰하던 중 어느 특정부위의 면이 색소를 함유한 것을 관찰하게 되었고 과연 색을 띤 면이 존재하는가하는 의문을 갖게 되었다. Lima 대학의 전문가들은 천연적으로 색을 갖는 면에 대해 무지하였고 현미경을 통해서 관찰된 색을 띤 면은 아마도 오래된 섬유유 의 어떤 성분이 산화되어 색을 띠게 되었을 것이라고 추정하였다.



Fig. 2. Coloured cotton plant in peru.

그러나 James M Vreeland, Jr는 이에 대한 의문을 떨치지 못하고 이에 대해 좀 더 알아보기 위해 예전에 같이 연구하던 Trujillo 국립대학의 인류학과 교수이며 모히칸의 후손인 Victo Antonio Rodrigues

Suy Suy 교수를 찾아가게 된다. 그에게서 그는 색을 띤 면이 존재함을 확인할 수 있었고 그 지역에서 실제로 coloured cotton이 재배되는 것을 직접 확인하게 되었다(Fig.2). 그 후 그는 고고학자의 길을 접고 민속고고학으로 전공을 바꾸어 그 후 20여년간 박물관, 도서관, 고대 유적지 등을 돌며 coloured cotton에 대해 연구를 계속하였는데 그 중 가장 많은 가르침을 받은 것은 역시 2000년 전부터 coloured cotton을 재배하고 아직까지 그 종자를 보유하고 있었던 모히칸의 후손들로부터였다. 다음은 그의 오랜 연구로 밝혀진 naturally coloured cotton에 관한 것을 정리한 것이다.

History of Naturally Coloured Cotton

Coloured cotton이 재배되었던 지역은 여러 군데이지만 가장 오랜 기록을 가지고 있는 곳의 하나는 중남미로 멕시코의 Oaxaca 근처에 위치한 곳이다. 이곳에서 재배된 여러 가지 색의 면사는 안데스인에 의해 직물로 직조되었으며 이들은 건조한 공기 덕분에 아직까지 잘 보존되어지고 있다(Fig.3).

Coloured cotton은 그 중에 따라 섬유유길이나 색상이 다르며 그 근원도 다르다(Fig.4). 유일하게 초콜렛 브라운색을 내는 면사종인 *G. barbadense*는 멕시코가 원산지로서 이 색상이외에도 밝은 브라운 색상이 있다. 멕시코의 남서부가 원산지인 일명 "Hopi" 면이라고 알려진 *G. hirsutum*은 화학적인 변화에 의해서인지 현재는 흰색을 띠고 있다. 또 다른 coloured cotton의 종류로는 아프리카와 아시아가 원산지인 *G. herbaceum*과 *G. arboreum*이 있다. 이들은 섬유유길이가 짧아 직조에 어려움이 있어 긴 섬유유길이를 갖는 면사로 대체되었다. 현대의 이집트면은 남아메리카로부터 유래한 *G. barbadense*로 추정되며 북아프리카로 전파된 초기에는 길고 강한 황금색을 띠는 면사이었다고 기록되어있으나 현지 면과 교배로 인해 진한 브라운 색을 띠는 아메리칸 - 이집트면으로 탄생하였다. 현재 이것이 가장 긴 섬유유 장으로 잘 알려진 피마면(pima cotton)이다.

중국에도 일명 난킨(Nankin varieties)이라고 알려진 토종의 coloured cotton이 있었다. 그러나 이는 섬유유길이가 짧고 색상도 거의 흰색에 가까운 것이었다. 현재 미국에서 재배되고 있는 coloured cotton은 지중해 동부와 아시아에서 유래한 것으로 *G. arboreum*, *G. hirsutum*과 *G. barbadense*이다.

비록 coloured cotton이 미국의 여러 지역에서 소 규모로 재배되기는 하였지만 한번도 상업화된 적은 없었다고 한다.

16세기의 멕시코의 기록을 보면 스코틀랜드 남부 저지대 사람들에게는 coloured cotton이 아즈텍을 상대로 하는 무역에서 주요 지불수단으로 사용되었음을 알 수 있다. 또한 스페인 사람들이 1531년 페루로 처음 들어왔을 때 가장 수집하고 싶어 하던 것이 coloured cotton 직물이었으며 이 인디언이 직조한 직물은 유럽의 직물보다 훨씬 정교한 것이었다고 한다.



Fig. 3. Peruvian tapestry from AD 1000.

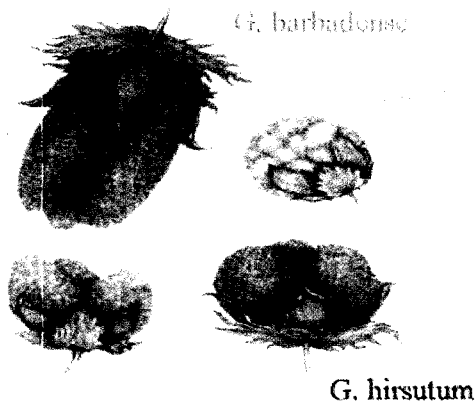


Fig. 4. Variety of naturally coloured cotton.

페루의 Chancay 계곡에 있는 오래된 무덤은 coloured cotton으로 덮여있다(Fig.5). 고대 사람들은 시체를 coloured cotton으로 채웠는데 이는 면이 체액을 흡수하여 미라를 만드는데 도움이 된다고 생각했기 때문이다.

산업혁명으로 cotton gin과 방적기가 개발되어 면직물의 대량 생산이 가능해지고 화학염료가 개발되어 다양한 색상으로 염색이 가능해지는 반면 coloured cotton은 이 모든 다양한 색상으로 재배가 불가능하여 1890년대에 이르러서는 아프리카, 아시아 및 중남미에서 생산되고 있던 coloured cotton은 모두 현재의 흰색 면으로 대체되고 말았다.

거의 100년이 넘게 사라졌던 coloured cotton은 1990년대 초기에 이르러 미국의 거대한 의류업체 및 유럽의 업체들이 “환경 친화적인” 면을 사들임으로써 패션아이템으로 다시 등장하게 되었다. 환경 친화적인 면이란 면 재배 시 화학 약품을 사용하지 않은 것을 의미하는데 실제로 면 경작자들이 사용하는 살충제는 전 세계에서 사용되는 살충제의 23%에 달하며 전 세계 농약 사용량의 10%를 사용한다고 한다³⁾.

이 중 미국에서 면 재배 시 사용되고 있는 양이 전체 농약의 35%를 차지하며 1위를 달리고 있으며 인도가 그 뒤를 이어 2위인 11%를 사용하는 것으로 나타났다.

이들 살충제와 농약에는 malathion, aldicarb, methyl parathion, tefluralin, deltamethin, tribufos 등과 같은 유해한 물질들이 포함되어있다.

Trifluralin은 동물의 호르몬 및 생식기능을 붕괴시키며 tibufos는 발암물질로 규정되어있는 물질이다. 이와 같은 유해물질은 면 경작자에게도 해로울 뿐만 아니라 토양, 지하수, 강물 등을 오염시켜 수중생물조차도 위협할 수 있다. 또한 경작된 면은 표백을 하게 되는데 이때 사용하는 염소계 표백제는 다이옥신을 배출하며 염색 시 사용하는 대부분의 염료는 중금속을 함유하고 있어 염색폐수는 종래에는 수자원을 오염시킨다. 게다가 내분비선 교란물질에



Fig. 5. Pre-hispanic Grave in the Chancay Valley of Peru.

대한 관심과 압 발생율이 증가함에 따라 소비자들과 생산자들은 유기농 면에 대한 관심이 증대되었다.

이와 같이 organic coloured cotton에 대한 관심이 집중되며 현재 유통되고 있는 데는 앞서 언급한 James M Vreeland, Jr의 노력 이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 그는 colored cotton의 부활을 위해 페루 노동 관공청의 지원 아래 1982년 "Native Cotton Project"를 출범하였고 드디어 1993년에 한 섬유업체를 통해 coloured cotton은 "Pakucho"(고대 잉카언어로 "갈색 면-brown cotton"이라는 뜻)라는 이름으로 세계적으로 유통되기 시작하였다.

현재 Pakucho Pax는 15,000여명의 농부와 인디언이 경작한 coloured cotton을 모아서 판매하고 있다.

Organic Coloured Cotton의 현황

Organic cotton의 가격

유기농 면의 가격은 일반 면에 비해 37 내지 65% 비싼데 이는 물량 자체가 한정되어있기도 하지만 적은 물량을 처리해야하는 다음과 같은 비효율성 때문에 그 가격이 상승한다고 할 수 있다⁴⁾.

- 유기농 면은 일반 면과 분리하여 운반되어야하며
- 비교적 적은 물량으로 처리되어야하므로 일반 면에 비해 상대적으로 인건비가 높으며
- 방적 시에도 일반 면과 분리하여 처리되어야 하므로 일반 면을 방직한 후에는 일반면의 잔재를 제거하기 위해 라인을 세워야함.

Organic coloured cotton의 현황

일반 면이 일년생 식물인데 반해 Coloured cotton은 다년생 식물로 섬유길이는 12에서 43mm로 일반 면에 비해 길이가 다양한 반면, micronaire는 4.5와 7.2 사이로 일반 면에 비해 균일한 편이다. 수확량은 일반면의 50 - 70%로 낮으며 가격은 일반 면에 비해 4배가량 높은 실정이다. 현재 유통되고 있는 coloured cotton은 브라운과 그린색이 대부분인데 이중에서도 그린색상의 coloured cotton은 브라운 (1.85 - 3.35\$/파운드)보다도 비싸서 3.79 - 5\$/파운드 정도에 유통되고 있다.

Sally Fox and her Innovative lives for colorful cotton

Sally fox는 스스로 용돈을 벌어 물레를 사는 등 어려서부터 제직에 많은 관심을 가지고 있었으며 직물을 짜는 것을 취미로 갖고 있었다. 또한 베트남 전쟁에서 고엽제 등 농약의 폐해를 보며 농약 사

용을 줄이거나 중단하는데 일생을 바치겠다고 다짐하였다. 그리하여 대학에서는 생물학을 전공하였으며 대학원에서는 곤충학을 전공하였고 특히 해충관리에 대해 연구하였다. 이후 식물 교배자로 일하게 된 첫해 1982년 Sally Fox는 브라운 면의 곤충 저항성에 대해 연구하게 되면서 coloured cotton과 인연을 맺게 되었다.

Sally는 naturally coloured cotton이 일반 면에 비해 해충에 대해 저항성이 강하여 수천년 동안 그 명맥을 유지하였을 것이라고 추정하였다. 그러나 산업혁명 이후 그 사용이 줄어든 이유는 짧은 섬유길이 때문에 산업혁명으로 개발된 기계로는 방적하기가 힘들다는 사실을 발견하였다. 이 때문에 수작업에 의해 실을 짠 인디언에 의해서만 소량으로 생산되며 대량생산이 어려웠다. 그녀가 식물학적으로 섬유길이를 늘이는 것이 얼마나 어려운지를 미리 알았다면 감히 그 일을 해보겠다고 생각하지 않았을 테지만 다행히도 그녀는 이를 알지 못했으며 섬유길이를 길게 개량하면 기계로 방적이 가능하게 될 것이라는 단순한 생각으로 이에 노력을 기울이기 시작하였다. 그녀가 색을 띠는 면에 대해 관심을 갖게 된 또 하나의 이유는 그녀의 친구 딸이 화학 염료의 과다 사용으로 인해 뇌사상태가 된 데 대한 충격으로 염색이 필요치 않은 색을 띤 면을 재배하여야겠다는 의지를 불태운 것으로 알려졌다. Sally는 이러한 개인적인 관심에서 브라운 면을 사적으로 재배하기 시작하였고 여러 종류의 면을 교배하면서 재배하여 마침내 1985년에 브라운 면뿐만 아니라 그린색의 방적이 가능한 길이의 면을 얻을 수 있게 되었다. 그러나 교배 재배 초기에는 여러 가지 색상의 여러 가지 성질을 띤 다양한 coloured cotton이 우후죽순으로 자라났고, 색이나 사의 물성을 조절할 수 있게 된 것은 그 후 8년의 세월이 흐른 후였다. Sally Fox는 1989년 Natural Cotton Colours, Inc.를 설립하였고, Fox Fibre[®]란 상표로 naturally coloured cotton을 판매하기 시작하였으며 이는 5백만 달러규모의 비즈니스로 성장하였다. 그녀는 또한 브라운 색의 coloured cotton이 불에 견디는 성질(flame resistant property)이 있다는 것을 발견하여 상품화한 Coyote and Buffalo For Fibre[®]의 특허를 보유하고 있다.

Sally Fox는 그녀의 헌신적인 노력으로 여러 환경단체로부터 노고를 치하 받았으며 1993년에는 United Nations Environmental Programme Award

를, 1994년에는 Discover Award for Technological Invention을 수상하였다.

2. 본 론

위에서 살펴본 바와 같이 Naturally coloured cotton은 천연적으로 면이 색을 갖고 있기 때문에 염색을 하지 않고도 아름다운 색상의 섬유제품을 생산할 수 있다. 그러나 면은 천연적으로 그 표면이 왁스성분으로 덮여있기 때문에 면의 고유성질인 흡수성을 나타내게 하기 위해서는 정련을 통해 이 왁스성분을 제거하여야만 한다⁵⁾. 일반적으로 정련은 알칼리 용액의 고온에서 행해지는데 일반 면의 경우 알칼리 정련에 의해 흡수성이 증가하고 면의 백도가 증가하여 효율적인 공정으로 간주되고 있다. 그러나 organic coloured cotton의 경우 유기농으로 재배되었고 색을 띠고 있어 염색의 필요성도 배제된 환경 친화적인 소재로서 환경 친화적인 공정에 의해 정련이 이루어진다면 진정한 의미의 환경 친화적인 제품이라 할 수 있겠다. 본 연구에서는 coloured cotton을 환경 친화적인 공정에 의해 정련하는 방법을 소개하고 그 효과 (흡수성, 색변화 및 색 견뢰도 등)를 알칼리 정련법에 의해 정련한 제품과 비교하였다.

환경 친화적인 정련은 알칼리를 사용하지 않고 효소를 사용하여 정련을 수행하는 것으로 본 연구에서 정련을 위해 사용한 효소는 펙티나제이다. 펙티나제는 면과 왁스 사이에 존재하는 펙틴을 분해하는 효소로서 면의 셀룰로오스는 전혀 손상을 주지 않으며 왁스를 효율적으로 제거하기 때문에 정련 후에 섬유가 뻣뻣해지는 알칼리 정련과는 달리 천연 면의 부드러움을 그대로 유지시킨다.

2.1. Naturally Coloured Cotton의 정련

본 실험을 위한 직물 시료는 green과 brown 색상의 naturally coloured cotton을 각각 일반 organic cotton인 크림색과 교직한 타월 형태의 자카드 직물이다. 따라서 시료의 명칭은 brown과 green으로 명시하였다. 각각의 시료는 열수, 계면활성제, 알칼리, 효소로 정련을 실시하였다. 모든 정련을 수행함에 있어 욕비는 1:20을 사용하였고, 알칼리를 제외한 모든 정련공정은 효소 정련 처리 조건인 60°C에서 30분간 반응시키고 95°C로 승온 후 5분간 후처리한 후 수세하였다. 계면활성제를 이용한 정련에는 1g/L의 정련제 DGA를, 효소정련에

는 1g/L의 계면활성제와 정련용 효소 Scouzyme L 1%owf를 사용하였다. 알칼리 정련에는 계면활성제 1g/L와 NaOH(98%, 시약용) 2g/L를 사용하여 95°C에서 40분간 정련을 수행하였다.

2.2 물성 측정

정련한 시료는 건조 후 Gravimetric Absorbency Testing System으로 흡수성을 측정하여 정련성을 비교하였다. 또한 색상의 변화 관찰을 위해 Color-eye 3100을 이용하여 K/S값을 측정하고 일광, 세탁 및 마찰 견뢰도를 시험하였다. 일광견뢰도는 ISO 105-B02:1994규격에 의거하여 40시간 시험하였으며, 세탁 및 마찰견뢰도는 ISO 105-C01:1989, ISO 105-X12:2001에 의해 각각 시험하였다.

2.3 실험결과

정련한 시료의 흡수성은 Fig.6에서 보는 바와 같이 효소 정련한 시료가 가장 높은 흡수성을 보였으며 알칼리에 의한 정련효과는 계면활성제 처리한 시료보다도 낮게 나타났다. 또한 초기 흡수성 면에서도 효소 처리한 시료가 월등히 높아 단시간에 수분을 흡수한다는 것을 알 수 있다. 열수 처리한 시료는 측정 초기에 물방울이 맺히면서 중량의 변화를 보였으나 더 이상은 흡수성능을 보이지 않았다.

본론의 서두에서 언급한 바와 같이 일반적으로 면은 알칼리 정련에 의해 백도가 증가한다. 그 반면 효소 정련에 의해서는 거의 변화가 없거나 오히려 약간 진해지는 경향을 보인다. Naturally coloured cotton의 경우 역시 정련으로 색이 변화되는 것이 관찰되었다(Table.1). 사진에서 보는 바와 같이 Brown 색상의 경우 알칼리 정련한 시료는 색상이 열리는 것을 관찰할 수 있으며 다른 정련방법으로 정련한 시료는 색도가 증가하는 것으로 관찰되었는데 특히 열수 처리한 시료의 색상이 가장 진하게 나타났다.

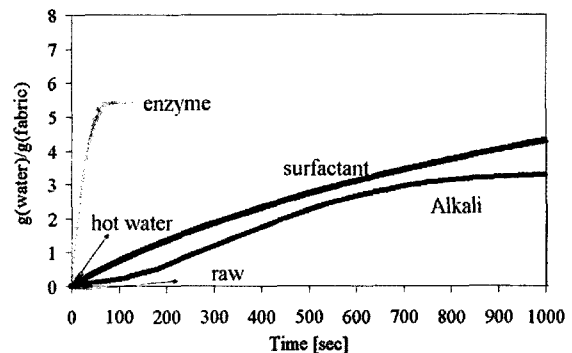


Fig. 6. Absorbency of scoured fabrics.

Table 1. Scoured Fabric Samples

	Brown	Green
미처리		
열수처리		
계면활성제		
알칼리 정련		
효소정련		

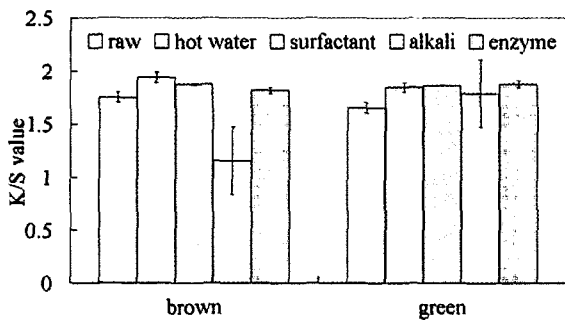


Fig. 7. Color depth of scoured fabrics at 400nm.

Green의 경우에는 처리방법에 관계없이 색도가 모두 증가하는 것을 보였으며 특히 알칼리정련의 경우 가장 진하게 변하는 것이 관찰되었다. 색상의 변화는 K/S값으로 측정하였고 이는 Fig. 7에 나타내었다. 일반적으로 면은 반응성 염료를 이용하여 염색을 하게 되는데 반응성 염료로 염색된 면의 일광 및 세탁 견뢰도는 3-4급으로 비교적 낮은 편이다. 이에 비해 알칼리 및 효소 정련한 Naturally coloured cotton의 일광견뢰도는 green의 경우 4정

도를 나타내었지만 brown의 경우 5-6급으로 화학 염료보다는 비교적 높은 일광견뢰도를 갖는 것으로 보인다(Table 2). 세탁 견뢰도의 경우에는 green과 brown 모두 4-5급을 나타내었다(Table 3).

3. 결 론

Naturally coloured cotton은 천연적으로 색을 갖는 면으로 고대에는 섬유길이가 짧고 색상이 다양하지 않아 산업화하기 어려웠으나 최근에는 섬유길이도 일반 면과 거의 유사하여 수작업으로 행해지던 방적도 방적기계를 이용하여 행해질 수 있으며 색상도 다양하게 생산할 수 있어 직물로의 대량생산도 가능하게 되었다. Coloured cotton은 일반 면에 비해 해충에 견디는 성질이 강해 유기농법으로 재배가 가능하기 때문에 일반적으로 유기농법으로 재배된다. 따라서 "organic colour cotton"이라고 불리기도 한다. 농약이나 살충제를 사용하지 않고 재배하는 유기농 면은 토양, 수자원 등을 오염시키지 않고, 사용하는 농부의 안전도 보장할 뿐만 아니라 천연적으로 색을 갖는 coloured cotton은 유해한 염료를 이용한 염색 공정 또한 배제할 수 있어 더욱 환경 친화적인 제품으로 간주된다. 최근 유럽에서는 수입제품에 대한 환경라벨의 부착을 요구하고 있는데 이 환경라벨 획득을 위해서 규제하는 대표적인 유해물질들은 면섬유의 경우 잔류농약과 유해염료임을 생각할 때 염색을 할 필요가 없으며 유기농법으로 재배된 organic colour cotton 이야말로 규제를 피해갈 수 있는 최적의 제품이라고 할 수 있다.

Table 2. Light fastness of scoured naturally coloured cotton

	미처리	열수처리	계면활성제	알칼리정련	효소정련
Brown	6	6	5	6	5
Green	6	6	4	4	4

Table 3. Wash fastness of scoured naturally coloured cotton

	미처리	열수처리	계면활성제	알칼리정련	효소정련
Brown	4-5	4	4-5	4	4
Green	4	4-5	4-5	4-5	4-5

그러나 아직까지는 organic colour cotton이 국지적으로 소규모로 생산되는 관계로 ginning 및 방적과정에서 일반 면과 따로 처리해야하는 문제가 있어 그 가격이 일반 면에 비해 4배 이상 높으며 국내의 경우 10배 이상 비싼 가격에 거래되고 있는 실정이다. 현재로서는 가격 경쟁력을 갖지는 못하는 실정이다. 하지만 범세계적으로 환경에 대한 지속적인 관심과 규제가 강화됨과 동시에 well-being을 추구하는 소비자의 증대로 organic colour cotton의 지속적인 성장을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. J. Vreeland, *Scientific American*, **280**(4), 112(1999).
2. J. Vreeland, *International Development Research Center Reports*, **10**(2), 4-5(1987).
3. R. William, *Sustainable Cities: Urbanization and the Environment an International Perspective*, 9(1998).
4. J. Vreeland, *Global Pesticide Campaigner*, 6(1992).
5. I. R. Hardin and J. Kim, *Colourage Annual*, 43(2000).

저자소개



김 주 혜
 1988 고려대학교 화학과(학사)
 1988~1994 한국화학연구원
 염료염색연구실 연구원
 1997 University of Georgia Textile
 Science(석사)
 2000 University of Georgia Textile
 Science(박사)
 2002~현재 한국생산기술연구원 선임연구원
 Tel.: 041-589-8596; Fax.: 041-589-8550
 E-mail : juheakim@kitech.re.kr



권 미 연
 2002 충남대학교 섬유공학과(학사)
 2004 충남대학교 섬유공학과(석사)
 2004~2005 국방과학연구소 연구원
 2005~현재 한국생산기술연구원 연구원
 Tel.: 041-589-8572; Fax.: 041-589-8550
 E-mail : mykwon@kitech.re.kr