

산업용 식물에서 유래한 천연물 기반 화학물질의 전망 (1)

1. 서언

섬유 산업은 주요 환경오염원으로서 비난을 받고 있는 상황으로 합성 아조염료($-N=N-$) 및 독성의 가공제 등과 같은 일련의 화학물질에 대해 엄격한 제한이 이루어지고 있는 상황이다. 이와 관련하여 섬유제품에 대한 천연화합물의 적용이 크게 대두되고 있는 상황으로, 특히 풍부한 가용성, 생체 적합성, 저독성 및 친환정성 등을 지닌 식물 유래의 천연 제품이 전 세계적으로 관심을 얻고 있다.

최근 쾌적성 및 기타 기능성 섬유제품에 대한 시장의 수요가 증가하고 있으며, 섬유 분야 관련 연구자들은 매력적이고 고도의 기능성을 지닌 고부가가치 섬유 제품을 제조하기 위해 식물 기반 생리활성제의 응용 가능성을 연구하고 있다.

소취/방향, 방충, 난연, 자외선 차단 및 항균은 대표적인 기능성 섬유제품에서 많이 볼 수 있는 기능성이다.

병원성 미생물의 감염으로부터 보호해주는 섬유제품에 대한 수요가 증가함에 따라 섬유제품의 항균 가공은 매우 중요하며, 많은 기관에서 관심을 갖고 연구하고 있다. 섬유에 항균 효과를 부여하기 위한 많은 합성 물질들의 유해성 논란 때문에 천연물을 기반으로 하는 새로운 비독성의 친환경 물질을 개발하려는 노력이 있다. 특히, 항생제 특성을 가진 새로운 식물 기반 생물 활성제를 탐구하여 깨끗하고 독성이 없으며 환경 친화적인 생물 활성 섬유제품이 개발되고 있으며, 특히 의료 분야에서 사용하기 위한 목적으로 활발히 연구가 진행되고 있다.

최근 나노기술과 섬유부문이 결합된 기능성 섬유를 개발에 있어 식물성 물질의 역할이 더욱 부각되고 있다. 이러한 사실을 기반으로 하여 산업용 식물로부터 얻은 천연물은 새로운 친환경 섬유제품의 대량 생산 개발에

있어 좋은 기회가 될 것이다. 이러한 이유로, 이 분야에 대한 광범위한 연구개발이 세계적으로 진행되고 있다. 본고는 섬유분야에서 산업용 식물 제품의 적용, 이의 추출 방법, 그리고 대규모 섬유제품 생산을 위한 기술적 진보에 대한 포괄적인 정보를 제공하고자 한다.

2. 식물의 섬유제품에 대한 응용

섬유 산업에서 천연 섬유제품에 대한 관심은 높다. 이는 재생 가능한 '친환경' 제품에 대한 소비자 요구가 강하기 때문인 것으로 생각된다. 섬유제품과 관련된 작품의 재배는 오랜 역사를 지닌다. 면 섬유는 인간에게서 없어서는 안 될 존재이다. 과거에, 특히 2차 세계 대전 동안, 면직물은 텐트용 원단, 방수 원단 및 트럭의 덮개로 광범위하게 사용되었다. 그러나 나일론, 아크릴, 폴리에스터 등의 미생물에 대한 저항성이 있는 합성섬유가 발견되면서 면직물 사용이 크게 줄었다. 최근, 정부와 기업의 환경 인식이 증가하면서 전 세계 면직물 시장이 급격히 증가했다. 연간 전 세계 면 생산량은 세계 섬유 생산량의 50%로 추산되며, 중국, 미국 및 인도 가 주요 생산국이다. 면 섬유는 오늘날 섬유 산업에서 가장 널리 사용되는 천연 섬유로서 가장 흔히 실로 제조되어 부드럽고 통기성이 있는 원단을 만드는데 사용되고 있다.

오늘날, 면 섬유는 섬유 산업의 주요 원자재지만, 면직물의 재배는 매우 집중적인 관개와 필요하고 높은 수준의 농약과 비료가 사용된다. 많은 나라들이 현재 유전자 조작 면화를 재배하고 있으며, 농약의 사용을 줄이고 생산을 늘리고 있다.

과학자들은 다양한 출처에서 유용한 유전자를 식별하고 분리하여 면 섬유의 품질 개선 가능성을 평가하는

과정에 관여하고 있다. 'Bt 먼'은 해충에 강한 균주 중 하나로, 그 유전자는 해충 독소 바실러스 타링엔시스(Bacillus Thuringiensis)의 유전자가 삽입되어 변형된 것이다. 비록 유전자 조작 먼 섬유는 추가적인 환경적 이익을 제공하지만 '자연성'이 다소 떨어지는 것으로 간주된다. 오늘날 섬유 제조업체는 유기농 면직물(원단을 생산하기 위해 사용하는 먼 섬유는 유전자 변형되지 않은 종자 품종에서 제조제나 살충제를 사용하지 않고 재배되어야 함.)을 홍보하고 있다. 면화 재배의 부정적인 사회적, 환경적 측면을 극복하기 위해, 보다 지속 가능한 방법으로 면화를 생산하기 위해 BCI(Better Cotton Initiative) 협회가 설립되었다.

섬유산업에 있어 섬유의 수요를 충족시키기 위해, 면 섬유 외에 환경에 미치는 영향 작은 섬유, 예를 들면 황마(jute), 모시(ramie), 대마(hemp) 및 아마(flax)등의 대체 섬유의 수요가 증가하고 있다. 이것은 인피 섬유로 분류되며 식물의 구조적 지지대 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 황마는 인도, 아대륙, 중국, 태국에서 주로 재배되는 길고 부드러우며 광택이 있는 식물성 섬유이다. 뛰어난 특성으로 더욱 눈길을 끌고 있는 것은 황마의 리그노 셀룰로스(ligno cellulose) 섬유이다. 신축성 있는 패킹 원단, 카펫 백킹(carpet backing), 장식용 패브릭 및 지오텍스타일 제조에 널리 활용되고 있다. 황마 섬유는 강성과 단단함을 제외하고 문제점이 거의 없으며 이와 관련된 방적문제를 최소화하기 위해 화학약품 및 공정이 요구된다. 더구나 황마, 아마 섬유, 특히 장섬유 아마는 거의 독점적으로 리넨(linen) 생산에 사용된다.

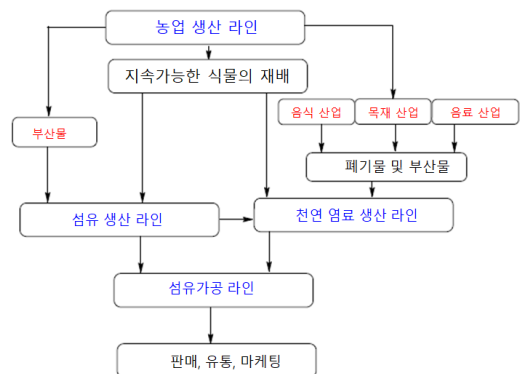
모시는 산업용 재봉사, 포장재, 낚시 그물 및 여과포를 만들기 위해 점점 더 많이 채용되고 있다. 또한 원단으로 가정용 가구류(타게, 캔버스) 및 의류용으로 사용되고 있다. 일반적인 섬유제품으로서 활용을 증가시키기 위해 에피클로로 히드린 가교제를 사용하여 미가공 황마 섬유의 구조에 킬레이트 분자, 에틸렌디아민을 도입하여 양모섬유와 유사한 특성과 염착률을 크게 증진시킨 연구가 있다.

다른 환경 친화적인 작물 중에서도 산업용 대마는 대마 섬유를 생산하는데 좋은 원료로서 내구성이 강한 직

물의 생산에 널리 사용된다. 식물 화학적 약물 성분인 Δ -9-테트라하이드로카나비놀(Δ -9-tetrahydrocannabinol, THC)의 존재로 인해 대부분의 국가에서 재배가 금지되고 있다. 그러나 낮은 THC 형태의 산업용 대마의 경우, 현재 캐나다와 중국에서 재배하는 것은 합법이다. 원자재 농산물로부터 얻어지는 부산물은 풍부하고, 값싸며 재생 가능하기 때문에 대량으로 쉽게 생산되고 있는 천연 셀룰로스 섬유의 대체 원료로서 접근이 용이하다.

현재 사용되는 천연 및 합성 섬유의 가격과 가용성에 대한 우려는 현재의 산업 수요를 충족시키기 위해 천연 셀룰로스 섬유 생산을 위한 농업 부산물에 대한 연구가 촉진되고 있다. 문헌에 따르면 부산물은 섬유 형태로 얻을 수 있는 셀룰로스(35~40%)로 구성되어 있다. 농산물의 주요 농작물로부터 매년 전 세계적으로 수백만 톤의 부산물이 생산된다. 옥수수 줄기, 옥수수 껍질, 쌀과 밀짚, 수수 줄기 및 잎, 바나나 잎, 파인애플 잎, 사탕수수 줄기, 홉 줄기, 콩짚, 연꽃 코르디아 디코토마 가지 및 사탕수수 짚을 일반적인 섬유제품과 유사한 기계적 특성을 가진 새로운 셀룰로스 섬유로서 연구가 진행되고 있다.

그러므로 이러한 새로운 접근방식은 섬유 산업이 지속 가능할 수 있도록 도와주고 부가가치를 높여 농업 작물으로부터 얻어지는 수입을 증가시키는 천연 섬유 생산에 있어 가치 있는 방법이다. 또한 이러한 방법은 가까운 미래에 섬유 과학 분야에서 일하는 연구원들에게 안전성과 새로운 직물의 생산을 위한 플랫폼을 제공할 것이다.



〈그림 1〉 천연물을 이용한 친환경 및 지속가능한 섬유 생산의 개념

3. 낱염 증점제로 사용되는 식물성 다당류 화합물

증점제는 일정한 패턴이나 디자인으로 식물에 색을 입히는데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 섬유 증점제는 분자량이 높은 화합물로서 염료, 화학 약품 및 기타 낱염 보조제를 낱염 공정 중에 섬유 기재로 이송시키는 것이다. 즉, 이러한 증점제는 원단 적용시 낱염 폴에 정착성과 기소성을 부여한다. 이 기능을 수행하기 위해 알긴산염, 구아검 및 이의 유도체, 메틸 및 카복시메틸 셀룰로스, 잔탄검 및 일부 삼출 구아검은 매우 훌륭한 후보로서 낮은 농도에서 높은 점성을 지니고, 증점제로 사용하기에 적합한 유변학적 거동을 보이기 때문이다. 이러한 식물성 다당류의 화학적 구조를 <그림 2>에 나타내었다.

구아검 증점제의 사용이 환경에 덜 해롭다는 것이 폐수 분석에 의해 확인되어 생분해성 증점제의 사용이 선호되고 있다. 낱염물의 양호한 품질 부여 기능 외에도 셀룰로스 원단에 생분해성 첨가제와 구아검을 사용하면 폐수 오염이 감소된다는 보고가 있다. 반응성이 높은 반응성 히드록시기를 포함하는 알긴산염을 제외한 모든 다당류는 반응성 낱염물에 사용될 수 있도록 치환되어야 한다. 이는 경우에 따라 염료와 증점제가 화학 반응하여 용납될 수 없는 문제가 발생될 수 있기 때문이다. 일부 연구에서는 가격을 고려하여 단일 관능기의 반응성 염료 낱염에 있어 부분 치환된 구아검이 섬유가 딱딱해지는 문제를 유발하지 않는 대안으로 제안하고 있으며, 고도로 치환된 구아검의 경우 이관능성 반응 염료로 면 원단 낱염에 사용하여 만족스러운 결과를 얻을 수 있다고 보고된바 있다.

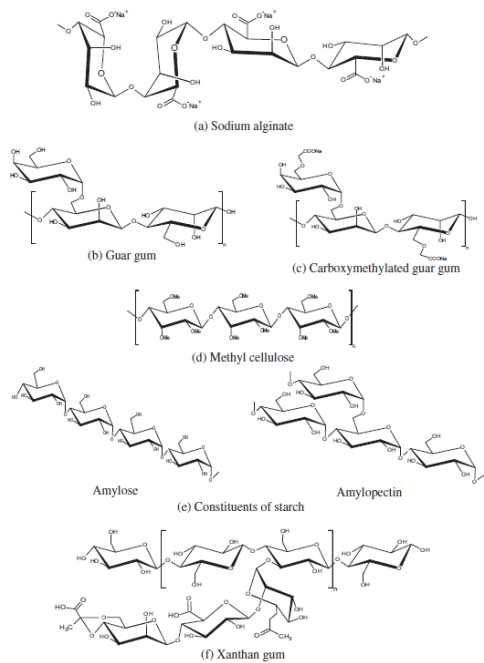
한 연구에서는 일반적으로 폐품으로 폐기되는 발아 옥수수 전분의 낱염 증점제로서의 가능성을 연구하였으며, 미발아 옥수수 전분과 비교하였다. 색상 값(K/S 및 L*, a*, b* 값), 굵힘 길이, 세탁견뢰도 및 마찰견뢰도를 분석하였다. 그 결과, 비식용 옥수수로부터 얻은 발아 옥수수 전분은 미발아 또는 이상적인 옥수수 전분을 완전히 또는 부분적으로 대체가 가능하다고 보고되었다.

보다 향상된 낱염 성능을 얻기 위해 에스터 반응에 의해 전분에 존재하는 히드록시기를 음이온성의 카복시메틸기로 치환이 가능하다. 아밀로스 함유량이 상이한 낮은 또는 높은 치환도를 가진 카복시메틸 라이스 전분(carboxymethyl rice starches)의 물리화학적 성질과 섬유산업의 용도에 대해 보고한 자료가 있다. 자료에 의하면 치환도가 아밀로스 함유량보다 물리화학적 성질 및 기능성에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

면 직물의 가호 가공시 전분의 한계를 극복하거나 최소화하기 위해 스티렌과 메틸메타크릴레이트/부틸아크릴레이트 등을 단량체로 사용하여 전분의 화학적 변화를 보고한 연구가 있다. 또한 고형 폐기물과 폐수 오염을 줄이기 위해 알긴산 염, 카복시메틸화 구아검 및 카복시메틸화 셀룰로스와 같은 다당류 증점제를 낱염풀 잔여물과 폐수 농축액으로부터 재활용하였다.

이러한 새로운 접근방식은 환경오염에 대한 관심이 높아짐에 따라 증가하고 있으며, 식물성 다당류의 생산 원가를 경쟁력 있게 유지하는데 도움이 될 것이다. 낱염 증점제로서 다양한 검의 사용에 대해 폭넓게 연구되고 있다.

최근에는 자유라디칼 중합을 이용하여 적절한 비닐 단량체를 이용한 합성물의 형성을 통해 검의 증점성을 개선하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 폴리아크릴산/영국산 검, 폴리아크릴아미드/구아검, 폴리아크릴산/검 이랍 또는 텍스트린, 폴리아크릴산/카라야 검은 원단 낱염용 증점제로서 매우 훌륭한 성질을 나타내는 합성물이다.



〈그림 2〉 증점제로 사용되는 식물유래 다당류 화합물의 화학적 구조

(계속)

♣ Journal of Cleaner Production[Vol. 57, 2013]