

대마섬유의 정련 방법에 관한 비교 연구

임형규 · 김희숙[†]

안동대학교 의류학과

Comparative Study on the Degumming Methods of Hemp Fiber

Hyeong-Gyu Lim and Hee-Sook Kim[†]

Dept. Clothing and Textiles, Andong National University, Andong, Korea

Abstract : Previous studies are used to examine cellulose content, degumming period, fiber quality, production yield, production cost, development limit of fiber according to physical, chemical, and microbial degumming methods. Three types of degumming methods are used to measure surface condition after degumming, necessity of additional degumming and degree of impurity removal. First, previous studies confirmed that the microbial degumming method is superior in terms of cellulose content, fiber quality, production yield, production cost, and fiber development possibility. Second, surface condition and the necessity of additional degumming were analyzed by SEM. The black skin binding material was removed in the case of the Sangnangyi and chemical degumming; however, it was insufficient and further degumming was required. Skin fiber binding material was removed in the case of microbial degumming and the surface was cleanest after degumming; in addition, most showed the form of yarn decomposition. The FT-IR spectrum determined the degree of removal of impurities and showed that it can utilize inherent physical properties as the best degumming method. The degree of removal of pectin and lignin by microbial degumming was cleanest with hemicellulose also reduced by microbial degumming.

Key words : pure fiber (순수 섬유질), degumming of hemp (대마정련), physical degumming (물리적 정련), chemical degumming (화학적 정련), microbial degumming (미생물 정련)

1. 서 론

최근 화학섬유에 대한 거부감 및 유해성으로 인하여 인체에 해가 없는 천연섬유 소재에 대한 관심이 높아지고 환경 친화적인 섬유 개발의 중요성이 증가됨에 따라 대마섬유가 다양한 분야에서 관심이 집중되고 있다. 그러나 현재 합성섬유와 비교하여 실용성 및 가격, 디자인 면에서 경쟁력을 갖추지 못하고 있는 대마섬유는 우수한 천연섬유임에도 불구하고 안동포를 제외하고는 거의 명맥이 끊어진 상태이다. 1980년 이후 천연섬유의 선호에 힘입어 대마섬유에 대한 수요는 있지만 대부분의 수요가 수의를 제작하는 것에 국한되어져 있으며, 가내수공업 방식으로 생산이 이루어지고 있고 2010년 이후 생산 농민들의 고령화로 인해 대마섬유의 산업적 수요를 충족하지 못하고 또한 값싼 중국산보다 가격경쟁력을 갖추지 못하고 있다. 이러한 현

황에 비추어 볼 때 대마섬유에 대한 기술개발과 의류소재로 활용하기 위한 연구와 노력이 절실히 요구되고 있다.

대마를 이용하여 섬유를 만들기 위해서는 리그닌과 펙틴을 제거하는 정련의 단계가 필수적이다. 대마섬유의 정련은 수산화나트륨, 탄산나트륨 등의 알칼리 화학약품에 의한 것이 일반적이다(Park et al., 2010). 그러나 알칼리에 의한 정련은 펙틴 분해물에 의해 섬유를 착색시키고 광택과 촉감을 손상시키며 강도를 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 또한 정련 후 여러 번의 수세로 인해 다량의 용수를 필요로 하며 폐수량도 증가하여 환경오염의 주요인으로 지적받고 있다. 뿐만 아니라 인체에 악영향을 줄 수도 있으며 제품의 기능성과 부가 가치를 떨어뜨린다는 보고가 있다(Choi & Kim, 2003).

친환경 섬유인 대마섬유 산업이 세계적인 경쟁력을 갖기 위해서는 정련 방식이 중요하다. 대마에서 섬유를 얻기 위해서는 섬유질에 교착하고 있는 피막 내의 펙틴(Pectin), 헤미셀룰로오스(Hemicellulose), 리그닌(Lignin) 등의 성분을 분해 제거해야 한다. 즉, 대마섬유의 품질을 좌우하는 결정적 생산단계가 정련 단계이다.

이에 본 연구에서는 첫째, 선행연구를 통하여 물리적, 화학적, 미생물 정련 방식에 따른 셀룰로오스함유율, 정련 기간, 섬유의 품질, 생산수율, 생산비용, 섬유의 개발단계 등에 대해 알

[†]Corresponding author; Hee-Sook Kim

Tel. +82-54-820-5500, Fax. +82-54-820-6890

E-mail: sook@anu.ac.kr

© 2020 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

아보고, 둘째, 대마섬유의 세 가지 정련 방법을 통해 정련 후 표면의 상태와 추가 정련의 필요성에 대해 알아보기 위해 SEM(Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경)을 사용하여 표면을 촬영하였고, 불순물(펙틴(Pectin), 헤미셀룰로오스(Hemicellulose), 리그닌(Lignin))의 제거 정도를 알아보기 위해 FT-IR spectrum을 이용한 분석을 통해 정련된 대마 인피섬유의 표면 및 정련 형태 등을 분석하고, 각 정련 방식에서 대마섬유의 불순물의 제거 정도와 순수한 섬유질과 고유의 물성을 잘 살릴 수 있는 정련 방법에 대해 비교·분석을 통하여 알아보았다.

2. 이론적 배경

2.1. 대마섬유의 특징

대마는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 일년생 식물로서 학명은 *Cannabis sativa* L.이다. 대마는 자웅이주이며, 자마(Winter hemp)는 보통 높이가 1.8~2.5 m이고 종자채취가 목적이다. 웅마(Summer hemp)는 자마보다 작고 섬유채취가 목적이다(Ji et al., 2010).

의류용 직물생산을 위해 인피섬유(대마)를 가공할 때 발생하는 몇 가지 주요 문제에 중점을 두어 연구하여야 한다. 대마섬유의 주요한 문제점으로는 높은 함량의 펙틴과 과도하게 경직되는 성질이 있으며, 낮은 방적성도 주요한 문제점이다. 측정된 파라미터로는 섬유의 길이, 섬도, 표면상태, 인장특성, 흡습성, 유연성 및 결정성 등이 있다(Zhang & Zhang, 2010).

대마섬유는 외부 온도차를 5도에서 8도 정도 낮게 유지하는 것이 특징이다. SEM(Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경)은 가는 전자빔을 시료의 표면에 주사하여 2차 전자를 발생시켜 입체감 있는 시료의 표면을 관찰할 수 있는 장치이다. 이러한 시료의 표면상 관찰을 통하여 시료의 구성요소 및 조직의 치밀성 등을 알아볼 수 있다. 그리고 주사형전자현미경에 에너지 분산형 분광기(EDS)를 사용하여 함께 분석하면 비교적 단시간 내에 어떤 원소로 구성되어 있는지를 알아볼 수 있다. 대마섬유의 단면은 각이 없고 둥글며 중공이 넓은 편이다. 측면

에는 종방향으로 대량의 조선(Node)과 횡방향에는 착선(Cross-link)을 가지고 있다. 그리고 다공성 구조는 공기 투과가 원활한 섬유로서의 역할뿐만 아니라 흡습성과 염색성에도 많은 영향을 준다. 이러한 대마섬유의 특성은 온화한 기후에서는 시원한 소재로 시원한 기후에서는 온화한 소재적용에도 중요한 역할을 한다. 대마 속에는 CBD(칸나비디올), THC(테트라하이드로칸나비놀) 등의 카나비노이드 성분이 함유되어 있어 함유도가 97.5% 정도이다. 황색포도상구균 및 폐렴균을 사용하여 18시간 후 정균감소율이 99.99%로 매우 양호한 항균성을 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 환경 친화적이고 양호한 항균성이 있기 때문에 100% 대마섬유로 만든 옷은 아토피와 여러 피부병의 원인을 예방하는데 탁월한 효과를 보이며, 피부에 이로운 천연소재로 주목받고 있다.

대마섬유의 흡수 속건성은 쿨론(Coolon)보다 약간 낮거나 거의 비슷한 정도이나 면섬유보다는 매우 우수하다는 것을 알 수 있다. 대마섬유의 자외선 차단성은 UV Transmittance Analyzer를 이용하여 파장 315~400 nm의 UV-A 및 파장 290~315 nm의 UV-B를 사용하여 측정하였다. 자외선 차단율에 대해 각각 비교한 결과, 대체로 유사한 상황을 보였으며 특히 UV(A)의 차단율이 약 62~73%, UV-B의 차단율이 약 68~79%로 나타났으며, UV(B)에 대한 차단율이 UV(A)보다 평균적으로 약 13%가 상향되어 적용됨을 알 수 있다(Ji et al., 2010).

Fig. 1, 2는 한국섬유개발연구원에 의뢰하여 안동 대마섬유의 자외선차단율과 인장강신도에 대해 알아보았다. 목화혼방 대마섬유가 자외선 차단율에서 가장 높게 나타났으며 인장강신도는 목화혼방 대마섬유 및 세수가 높을수록 높게 나타났다. 최근 섬유의 종류가 다양해지고 섬유의 혼방 가능성 및 필요성이 증대되어 새로운 혼방 기계 및 기술의 필요성이 더욱 요구된다. 양모와 나일론, 면과 테톤, 양모와 폴리아크릴로니트릴계 합성 섬유, 목면과 나일론 등의 혼방은 현재 실용화되어 좋은 결과를 내고 있으며, 혼방을 할 때에는 혼합섬유의 특성인 길이, 두께, 강도, 불순물 함유량 등을 더욱 세밀하게 조사할 필요성이 있다. 각 섬유의 방적성과 관련하여 정전기의 발생 유무, 크림

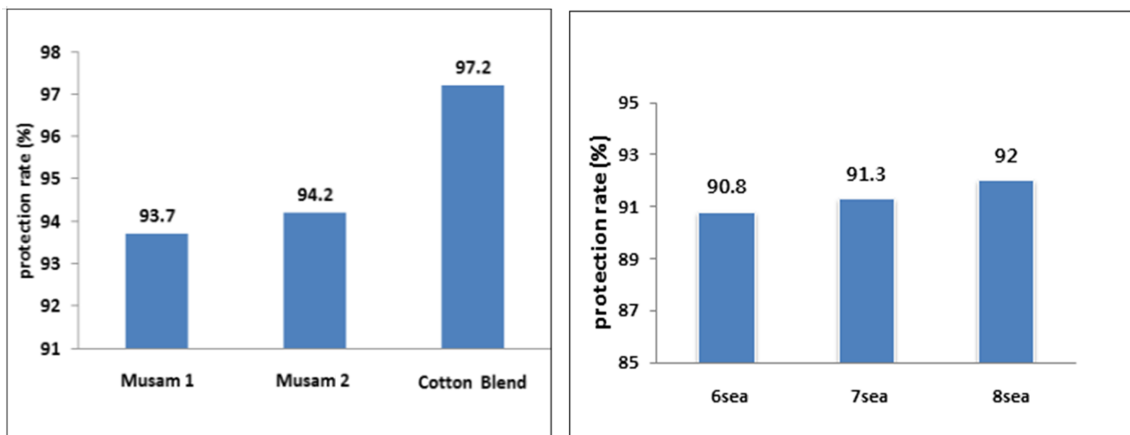


Fig. 1. UV protection rate of hemp fiber.

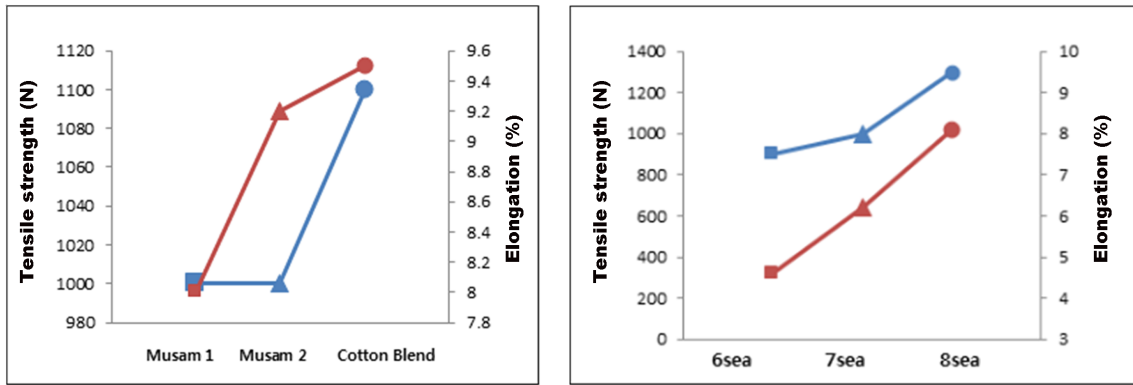


Fig. 2. Tensile strength & elongation of hemp fiber.

프의 정도, 표면의 상태 등도 고려가 필요하며 앞으로 이러한 혼방의 필요성과 기술이 더욱 발달될 것으로 예상된다.

또한 긴 섬유장을 이용하여 자동차 타이어, 플라스틱 재료, 건축자재, 의약품 등으로 사용되고 있다. 최근 자동차 바이오디젤 연료로서의 우수함이 증명되며 대마 산업은 매우 높은 수익성을 가진 고부가가치 산업으로 자리 잡아가고 있다.

2.2. 대마섬유 정련의 개념과 방법

2.2.1. 정련의 개념

원료 대마의 대에는 셀룰로오스(55~72%), 헤미셀룰로오스(8~19%), 리그닌(2~5%), 펙틴(4~8%) 등으로 구성되어 있다(Thomsen et al., 2006).

대마에서 섬유를 얻기 위해서는 섬유질에 교착하고 있는 피막 내의 펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등의 성분을 분해, 제거해야 한다. 즉, 대마섬유의 품질을 좌우하는 결정적 생산단계가 정련단계이다.

헤미셀룰로오스는 셀룰로오스보다 사슬가지가 더 많이 존재한다. 따라서 결정화되지 않으며, 섬유에서 리그닌이 제거된 후에도 셀룰로오스에 남아 있고 많은 양의 수분을 흡수한다. 약하게 가교된 상태로 존재하며 섬유의 물성에 크게 기여하지는 않으나 친수성을 띠며 알칼리에 용해된다. 리그닌은 지방족과 방향족의 복잡한 구조를 가지고 있는 폐놀계 화합물 형태의 탄화수소 고분자로 cell벽 사이에서 브리지 역할을 하며, 매트릭스가 섬유를 둘러싼 sheath 구조이며 마이크로 피브릴을 이루고 있다. 리그닌은 탄화수소가 기본을 이루어 미생물에 의한 분해를 방지한다. 헤미셀룰로오스는 리그닌이 자외선 분해성인데 비하여 섬유의 생분해, 수분 흡수 및 열분해에 중요한 역할을 한다. 펙틴은 폴리사카라이드의 혼합물이며 왁스는 다양한 알코올로 구성되어 있는 보호층과 같이 섬유의 표면에 주로 존재한다(Woo, 2010).

Cellulose fiber에는 1% 정도의 ash를 갖고 있는데 이것은 셀룰로오스 분해미생물의 성장에 필수적인 역할을 한다(Bai, 1984).

대마에서 가장 많은 불순물 성분인 헤미셀룰로오스

(Hemicellulose)는 glucuronoxyla-n, arabinoxylan, glucomannan 와 xyloglucan 등의 복합다당체들로 구성되었으며 섬유소와 리그닌의 결합을 더욱 단단히 하는 교량역할을 한다. 대마를 정련(Degumming)하는 이유는 섬유소를 제외한 펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌 및 왁스층 성분들을 제거하는 것이다. 이러한 불순물이 존재하면 대마직물의 물성과 가공 및 염색효과를 떨어뜨리므로 의류소재로 사용하기 위해서는 정련공정이 반드시 필요하다(Noh, 2017).

정련은 표백제나 염료의 침투를 용이하게 하고 섬유를 밝고 색상을 선명하게 할 수 있다. 또한, 균일한 표백과 염색성을 높이는데 그 목적이 있다. 정련에 따라 순화(Purification)가 이루어지는 정도가 달라지고 섬유의 손상이 발생할 수도 있으므로 품질이 균일하도록 순화가 섬유제품 전체에 균일하게 이루어져야 한다. 경제적 측면에서 공업적인 양산이 가능한 생산성과 생산원가와 관련하여 조작성 용이하고 간단하며 생산 비용에 대해서도 고려하여 선택되어야 한다.

2.2.2. 정련의 방법

1) 재래식 정련 방법

재래식 정련 방법으로는 생냉이와 익냉이로 구분된다. 전통적 생산 공정 가운데 걸껍질을 훑어내는 정련 단계는 생냉이로 불리는 안동포 생산 공정의 가장 큰 특징은 걸껍질을 벗긴 후 속껍질을 이용하며 양잿물에서 탈색하는 과정을 거치지 않으므로 타 지역의 대마보다 색이 노랗고 결이 고운 대마가 만들어지는 장점이 있다. 그리고 대마섬유의 표준 수분율은 12%로 총 섬유무게의 30%까지 수분을 내포할 수 있으며, 물속에서도 썩지 않는 내구성을 가지고 있다. 특히 안동포는 대마의 껍질을 제거하고 섬유질이 풍부한 속껍질(인피)로 만들어지기 때문에 직조의 짜임새가 정교하고 발이 고을 뿐 아니라 부드럽다. 또한 낱실을 비벼서 꼬아 삼고 이후 직조한 후에 ‘상피’라고 하여 잿물에 적서 누르스름하게 염색을 해서 사용한다. 삼을 양잿물에 익히지 않고 낱실을 비벼고 꼬아서 삼을 삼기 때문에 대체로 가는 형태이지만 내구성이 좋고 뻣뻣하면서도 고운 대마를 이용한 순수 수공업으로 만들어진다. 이렇게 생산된 생냉이

안동포는 뽀뽀하고 매끄러우며, 품질이 곱다(Bae, 2003).

생냉이는 고운 삼을 골라 곱게 짚을 삼뚝으로 훑는 정련 방식이다. 이에 반해 익냉이는 삼실을 삶을 때 손으로 비비지 않고 물레로 짚아서 날기 전에 양잿물(수산화나트륨)에 익히는 정련 방식이다. 따라서 익냉이도 화학적 정련 방식과 마찬가지로 수산화나트륨을 사용하므로 환경에 악영향을 미친다고 볼 수 있다.

2) 화학적 정련 방법

대마섬유의 정련은 대개 대마를 찌거나 증숙 및 탈피하여 수산화나트륨과 같은 강알칼리성 약품을 사용하여 처리하는 화학적 정련 방식이다. 이와 같이 강알칼리성 화학적 정련 방법은 평균 정련시간이 약 10시간 정도이며 생산성 및 품질, 기능성 면에서는 비교적 양호하다. 하지만 오염도가 매우 높고, 섬유 고유의 물성에 영향을 주며 동시에 정련과정에서 대량의 폐수의 배출로 인한 환경문제를 일으킨다.

일반적인 인피섬유의 정련 방법은 대량의 강알칼리성(NaOH 등) 약품을 사용하여 강제적으로 정련하는 방법을 사용한다. 이러한 방법의 문제점은 정련과정 중 수질오염이 심한 물질이 배출되고 또한 많은 양의 물이 소요되므로 환경적으로나 경제적으로 바람직하지 못한 방식이며, 최근 국제적으로 관심이 많은 지구환경보호차원의 방식에도 맞지 않은 방법이다. 특히, 상기와 같은 정련 방법은 다량의 강알칼리성 물질을 투입함으로써 셀룰로오스까지 분해시키며 이렇게 분해된 물질이 셀룰로오스 섬유와 헤미셀룰로오스 및 리그닌 간에 필요하지 않은 가교결합(Cross-linking)을 유발하여 변색되고 이로 인해 인피섬유 고유의 물성을 현격히 저하시키는 문제점을 가지고 있다(Kim et al., 2015).

최근 인피섬유에 대한 관심이 다시 고조되면서 대마는 최근 급성장하는 천연 섬유 공급원으로 전 세계적으로 부흥을 맞이하고 있다. 이들 섬유를 제조하는 데 있어 주된 임무는 섬유의 셀룰로오스를 손상시키지 않고 껍질에서 비셀룰로오스 물질을 제거하는 것이다. 대마에 있는 펙틴은 알칼리 비등과정이 화학공정에 통합될 때 완전히 제거될 수 있다. 그러나 펙틴 분자 사슬 사이에 가교 결합을 형성하여 산 정련 후 샘플에 더 많은 잔류 펙틴이 존재하는 경향이 있다. 셀룰로오스의 팽창 때문에 한계가 있지만, 리그닌을 제거하기 위해서는 수산화나트륨 및 이황산나트륨의 농도를 증가시키거나 긴 처리 시간을 유지하는 것이 필요하다.

펙틴은 알칼리 비등을 통해 섬유에 잔류물 없이 완전히 제거될 수 있지만 리그닌은 완전히 제거될 수 없다. 산성 정련 및 과산화물 표백이 화학공정에서 또는 고농도의 수산화나트륨 및 이황산소다가 알칼리 비 등에서 사용되더라도 대마섬유에 잔류하는 일정량의 리그닌이 항상 존재한다. 알칼리성 끓음의 경우, 수산화나트륨 농도가 펙틴과 리그닌을 제거하는 주요 변수이다. 이황산소다는 수산화나트륨이 대마에서 리그닌을 더 제거하고 처리 시간을 단축시키는 데 도움이 된다(Wang & Ramaswamy, 2003).

3) 미생물(생물학적) 정련 방법

대마섬유의 제조를 위해서는 껍질과 섬유질에 교차되어 있는 피막 내의 펙틴과 헤미셀룰로오스 및 리그닌 등의 성분을 분해하고 제거하여야 한다. 전통적으로 이들을 찌거나 증숙 및 탈피한 후 수산화나트륨과 같은 강알칼리성 약품을 이용하여 처리하는 정련 공정을 거쳤다. 그러나 이와 같은 강알칼리성 화학약품을 이용한 정련 방법은 펙틴 및 리그닌의 완전한 제거가 어려울 뿐만 아니라, 대마섬유 고유의 성질에도 영향을 끼치며 동시에 심각한 환경오염 및 공업폐수의 배출로 인한 수질오염 문제를 발생시켜왔다.

이러한 환경오염 문제를 극복하기 위해 화학적 방법을 이용한 정련의 각 공정을 미생물을 활용한 방법으로 변경하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. W. Fuller와 A. Norman이 발표한 연구 결과에 따르면, 혐기성 조건에서 수침한 대마섬유가 호기성 조건에서 수침한 시료보다 품질이 우수하였으며 혐기성 수침의 조건은 수온 37°C에서 물의 산성도를 최소로 유지하면서 수위를 고정하여 최대한 안정된 상태로 전체 탱크 수량의 10% 이상의 배양된 미생물을 투입할 때 가장 수침 기간이 짧아진다고 한다(Andong-si, 2018).

헤미셀룰로오스 및 리그닌의 백분율은 섬유를 함께 결합시키는 주요 인자였으며, 이는 마이크로파 처리 시 유의한 감소를 나타냈다. 헤미셀룰로오스는 14.5%에서 12.1%로 리그닌은 8%에서 5.5%로 감소했다. 이러한 조성 변화는 섬유 분리에서 마이크로파 에너지의 영향을 입증했다. 물리적 특성에 미치는 영향을 검증하기 위해 직경 분포 및 인장 강도 측정 및 비색 분석을 수행했다. 대조군 샘플 대마섬유 직경의 35%는 <math>< 23 \mu\text{m}</math> 인 반면, 섬유 직경의 50% 초과를 함유하는 마이크로파 보조 retted 샘플은 <math>< 23 \mu\text{m}</math>이다. 비색 시험 및 인장 강도 시험은 특정 경향을 나타내지 않았지만, 결과는 마이크로파 에너지가 공정 동안 물리적 특성의 변화에 큰 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 이들의 연구는 대마섬유 정련을 위한 마이크로파 처리의 효율성을 보여 주었다(Naira et al., 2015).

식물섬유는 합성물질과 비교해서 생태학적 및 독성학적으로 무해하고 생물학적으로 분해가능하며 이산화탄소 중립적인 장점이 있다. 대마(Cannabis sativa L.)는 전통적인 섬유작물로 수세기 동안 섬유 및 종이 생산에 중요했다. 최근에, 섬유는 복합재료의 강화에도 사용될 수 있는 것으로 밝혀졌다(Hepworth et al., 2000).

식물섬유를 전처리하는 목적은 미래의 사용자의 다양한 요구 사항에 따라 다양한 품질의 원료로부터 원하는 섬유 재료를 생산하기 위한 것이다. 균질한 품질을 달성하기 위해 대마섬유는 기계적, 물리적, 화학적 및 생물학적으로 전처리되어 섬유의 화학적 조성, 색상 및 섬도와 관련하여 재료를 변형시킬 수 있다. 침수처리 같은 생물학적 전처리는 대마줄기에서 섬유질과 목질부를 분리하기 위해 미생물을 사용한다(Rosemberg, 1965).

대마섬유를 제조하기 위하여 수산화나트륨과 같은 화학약품을 사용하는 전통적인 화학적 정련공정에서 발생하는 낮은 수

올과 환경오염물질 배출과 같은 문제를 해결하기 위하여 호기성 및 혐기성 세균이나 다양한 종류의 미생물을 사용하여 정련하는 방식이 미생물(생물학적) 정련 방식이다.

4) 대마섬유 정련 방법 비교

재래식 정련 방법은 정련 기간이 20일 정도로 많이 소요되고 생산 공정은 수작업으로 이루어지며, 셀룰로오스는 거의 손상되지 않는다. 섬유의 품질은 균일성이 미비하고 조악하다. 왜냐하면 삼투를 활용하여 물리적인 힘으로 펙틴, 리그닌, 헤미셀룰로오스가 완벽히 제거되지 않기 때문이다. 수작업으로 인해 생산수율은 작업자의 숙련도에 따라 다르기 때문에 알 수 없으며, 생산비용 측면에서 고비용이 초래된다. 섬유소 길이는 1~2 cm이고 익냉이를 제외한 생냉이 정련 재래식 방법은 환경오염 문제가 없다. 섬유개발 한계는 12's(수)이다. 익냉이 정련은 부드럽고 질긴 특성을 가지고 있다. 익냉이 정련 방법은 수산화나트륨을 활용하는 화학적 정련 방식을 일부 활용하기 때문에 그렇다.

화학적 정련 방법은 정련 기간이 1~7일 정도로 소요되며, 생산 공정은 수산화나트륨 및 황산에 침지하는 방식이다. 셀룰로오스 함유율은 재래식 방식에 비해 86% 정도이다. 섬유의 품질은 섬유소 손상이 과다하다. 생산수율은 40% 미만이고, 고정비(토지·건물 매입비, 시설구축비)와 기계장비 설치비와 환경오염 처리비가 들어 생산비용이 많이 든다. 섬유소 길이는 2 cm 내외의 단섬유 이고 화학약품을 사용하기 때문에 환경문제가 발생한다. 섬유개발 한계는 20's(수) 미만이다. 중국, 유럽 등

주로 외국에서 활용되는 정련 방법이다.

미생물(생물학적) 정련 방법은 정련 기간이 2일 정도로 소요되며, 생산 공정은 미생물을 이용하는 방식이다. 셀룰로오스 함유율은 재래식 방식과 유사한 98%에 이른다. 섬유의 품질은 우수하고, 생산수율은 70% 정도이다. 화학적 약품이나 환경오염을 줄이기 위한 시설 비용이 들지 않아 효율이 가장 높다. 섬유소 길이는 7~12 cm 내외의 장섬유이고 섬유개발 한계는 60's(수)가 가능하며, 최근 개발된 기술이다(Table 1).

3. 연구방법

3.1. 실험시료

대마섬유의 정련을 위해 세 가지 정련 방법(물리적 정련, 화학적 정련, 미생물 정련)을 통해 안동시 임하면 금소리에서 생산한 동일한 시료로 정련하였으며, 정련된 대마 인피섬유의 표면 분석 후 정련 형태 및 불순물(펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌) 등의 제거 정도를 측정하고 비교·분석하였다.

3.2. 시료분석

기기를 이용한 대마 섬유시료들의 특성을 측정하였다. 화학적, 물리적, 미생물 정련 처리한 시료들을 주사전자현미경(SEM, S-3000N, HITACHI, JAPAN)을 이용하여 외부 형태를 500배와 10,000배로 관찰하였다.

각각의 시료 3 mg씩을 미세하게 분쇄한 후 KBr 200 mg과 혼합하여 600 kg/cm²의 압력으로 pellet을 만들고, FT-IR

Table 1. Comparison of degumming methods for hemp fiber extraction

Division	Conventional	Chemical	Mechanical	Biological
Degumming period	20 days	1-7 days	1-7 days	2 days
Production process	Handwork	Naoh/sulfuric acid immersion	Machine peeling and hackling	Microbial use
Cellulose content	100(standard)	86	87	98
Textile quality	Lack of uniformity, coarse	Fibrin damage plethora	Fibrin damage, excessive impurities	Great
Yield	-	40% under	40% under	70%
Cost	High cost(handful)	High cost	High cost	High efficiency
Fiber length	1-2 cm	Short fibers (2 cm Inside and outside)	Short fibers	Long fiber (7-12 cm)
Environmental issues	-	Environmental pollution	Environmental pollution	Eco-friendly
Textile development limit	Less than 12	Less than 20	Less than 20	60 available
Country	Korea, etc.	China, Europe, etc.	China, Europe, etc.	Technology development

Resource: Andong-si(2018).

Table 2 Classification of surface analysis and impurities removal samples

Sample	Standard sample	Sample 1	Sample 2-1	Sample 2-2	Sample 3
Analysis					
Surface analysis	-	Chemical degumming	Sangnangyi 1	Sangnangyi 2	Microbial degumming
Impurities remove	Sample before degumming	Chemical degumming		Sangnangyi	Microbial degumming

Spectrometer(Spectrum GX, PERKIN ELMER, USA)로 측정하여 IR spectrum을 얻었다.

대마섬유의 정련을 위해 세 가지 정련 방법(물리적 정련, 화학적 정련, 미생물 정련)을 통해 안동시 임하면 금소리에서 생산한 동일한 시료로 정련하였으며, 대마 섬유의 화학적 정련(시료(1)), 물리적 정련(시료(2-1,2)), 미생물 정련(시료(3))을 처리하였을 때 정련 후 표면의 상태와 추가 정련의 필요성에 대해 알아보기 위해 한국자카드섬유연구소에 의뢰하여 SEM(Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경)을 사용하여 표면을 촬영하였고, 정련 전 시료, 화학적 정련(시료(1)), 생명이(시료(2)), 미생물 정련(시료(3))의 불순물(펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌)의 제거 정도를 알아보기 위해 다이텍연구원에 의뢰하여 FT-IR spectrum을 이용한 분석을 통하여 정련된 대마 인피섬유의 표면 분석 후 정련 형태 등을 분석하여 각 정련 방법별 대마섬유의 특성과 대마섬유의 순수한 섬유질을 얻기 위하여 물리적, 화학적, 미생물 정련 방식에 있어 불순물(펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌) 등의 제거 정도를 측정하고 비교·분석을 통하여 고유의 물성을 잘 살릴 수 있는 정련 방법에 대해 알아보았다.

3.2.1. 화학적 정련

안동시 임하면 금소리의 시료를 광주광역시에 있는 T사에서 시행하였다. 시약은 황산(H₂SO₄)을 사용하였으며 정상적인 실내 온도 20°C에서 정련하였다. 황산 농도는 약 1.5 g/L이고 정련시간은 30분 정도로 짧았다. 그리고 수산화나트륨(NaOH)이 비등 과정에 사용되었다. 수산화나트륨 농도는 1.8%였고 온도는 0.2 MPa 압력에서 120°C이고 비등 시간은 50분이었다. 표

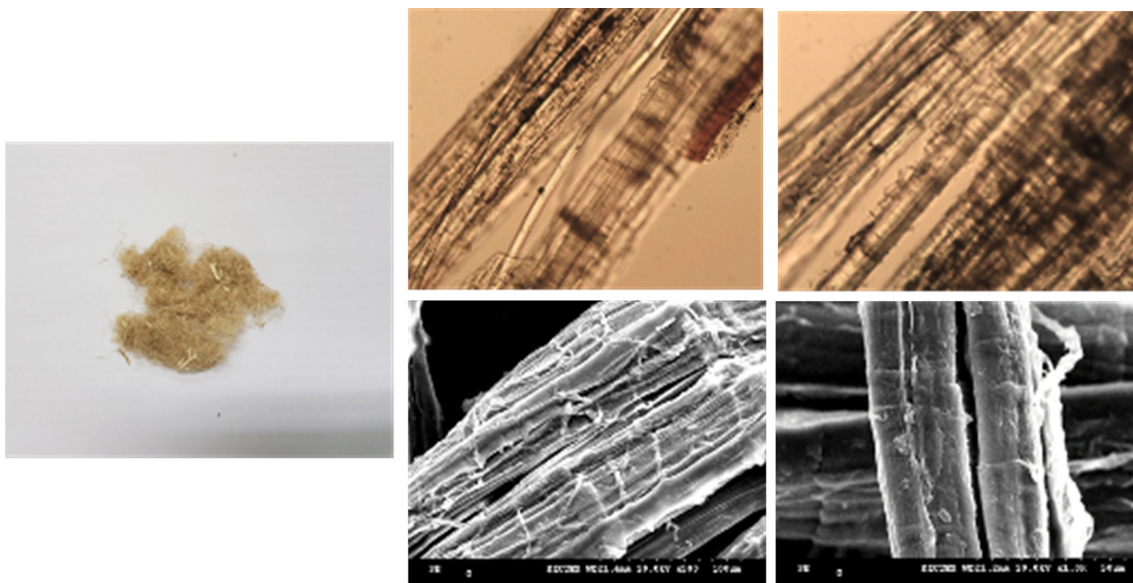
백처리에 과산화수소(H₂O₂) 30%를 6 mL의 농도로 사용하였으며, 생산은 한번에 500 kg을 정련할 수 있는 전용 기계장치에서 시행하였다(Fig. 3).

3.2.2. 재래식 정련

재래식 정련은 안동포 생산방식인 생명의 시료도 마찬가지로 안동시 임하면 금소리의 대마줄기 껍질을 활용하였다. 수확된 대마를 약 30 cm 정도의 묶음을 만들어서 쥘 다음, 햇볕에 헤쳐 널어 하루 동안 바짝 말렸다. 말린 대마는 묶어두었다가 필요량을 12시간 동안 물에 담가 불려 껍질을 벗기며 벗긴 껍질은 다시 건조하는 과정을 거쳤다. 건조된 껍질에서 물로 축여 다시 껍질을 훑어내었다. 생명이 정련 방식은 인력이 많이 들어가는 고된 작업이다. 한 번에 소량의 대마줄기 껍질을 정련할 수 있었으며, 작업자의 숙련도와 손의 빠르기에 따라서 생산수율이 크게 달라지는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4-5).

3.2.3. 미생물(생물학적)적 정련

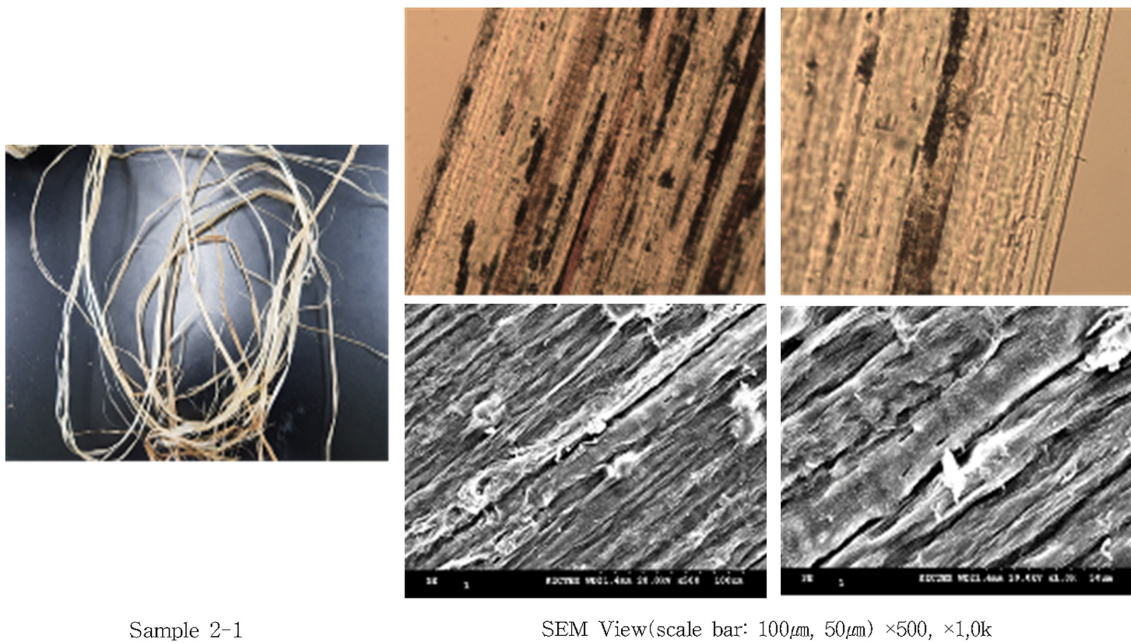
미생물 정련의 시료도 동일한 시료를 사용하였으며, 미생물 정련 관련 특허인 ‘미생물을 이용한 인피섬유의 정련 방법(노중균, 2015, 등록특허 10-2015-0121812)’에 따라 시행하였다. 먼저, 미생물 종균(Sphingobacterium multivorum K-9 균주)을 배양하였다. 12~15 cm 크기로 절단하여 세척한 대마 건피를 100~120°C에서 1시간 이상 가열하여 대마 추출물을 준비하였다. 수득된 대마 추출물을 37°C로 냉각시킨 다음 냉각된 대마 추출물에 대하여 포도당 1% 중량부를 첨가한 후 pH 9~11로 조절하였다. 배양액에 대마추출물과 대마를 삶은 물을 진탕하고 3시간 마다 교반하여 2일간 정련하였다(Fig. 6-7) (Noh, 2017).



Sample 1

SEM view(scale bar: 100µm, 50µm) ×500, ×1,0k

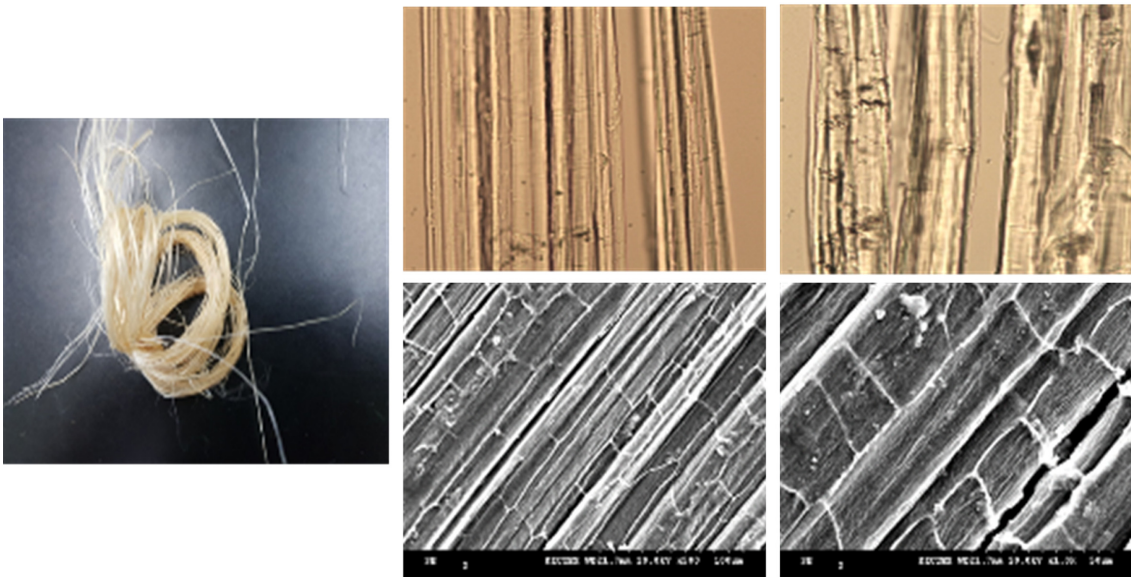
Fig. 3. SEM image of sample 1 after degumming.



Sample 2-1

SEM View(scale bar: 100 μ m, 50 μ m) \times 500, \times 1,0k

Fig. 4. SEM image of sample 2-1 after degumming.



Sample 2-2

SEM View(scale bar: 100 μ m, 50 μ m) \times 500, \times 1,0k

Fig. 5. SEM image of sample 2-2 after degumming.

4. 결과 및 논의

SEM을 이용하여 화학적, 물리적, 미생물 정련 처리한 대마섬유들의 외부 형태를 500배와 1,000배로 관찰하여 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 7에 나타냈다.

500배율로 촬영한 결과에서는 정련 처리 방법에 따라서 섬유표면에 존재하는 불순물의 제거정도가 달랐다. 미생물 정련

처리된 것이 가장 깨끗하고 섬유가 가늘게 분리되어 피브릴화되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 1,000배로 촬영한 결과에서도 미생물 정련 처리한 대마섬유가 피브릴화가 일어날 뿐 아니라 섬세한 나선형의 크립프가 매우 섬세하고 균일하게 잘 형성된 것을 확인할 수 있었다. hemp, sisal, jute, kapok 등을 0.8~8%의 수산화나트륨으로 처리했을 경우 표면 형태 변화로 resin과의 결합성이 증가한다고 보고하였다(Mwaikambo &



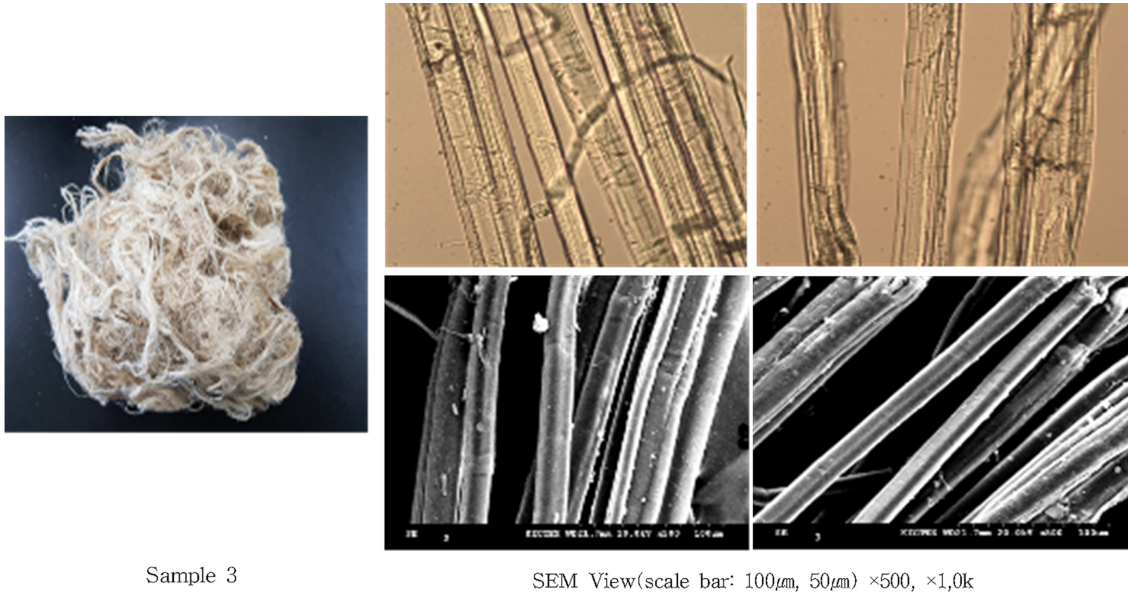
-Boil for removing germs other than hemp microorganisms(over an hour at 100°C-120°C or higher)

-Put chilled hemp stem into microbial degumming

-Degumming hemp

-Degumming hemp fiber

Fig. 6. Microbial degumming process of hemp.



Sample 3

SEM View(scale bar: 100µm, 50µm) ×500, ×1,0k

Fig. 7. SEM image of sample 3 after degumming.

Ansell, 2002).

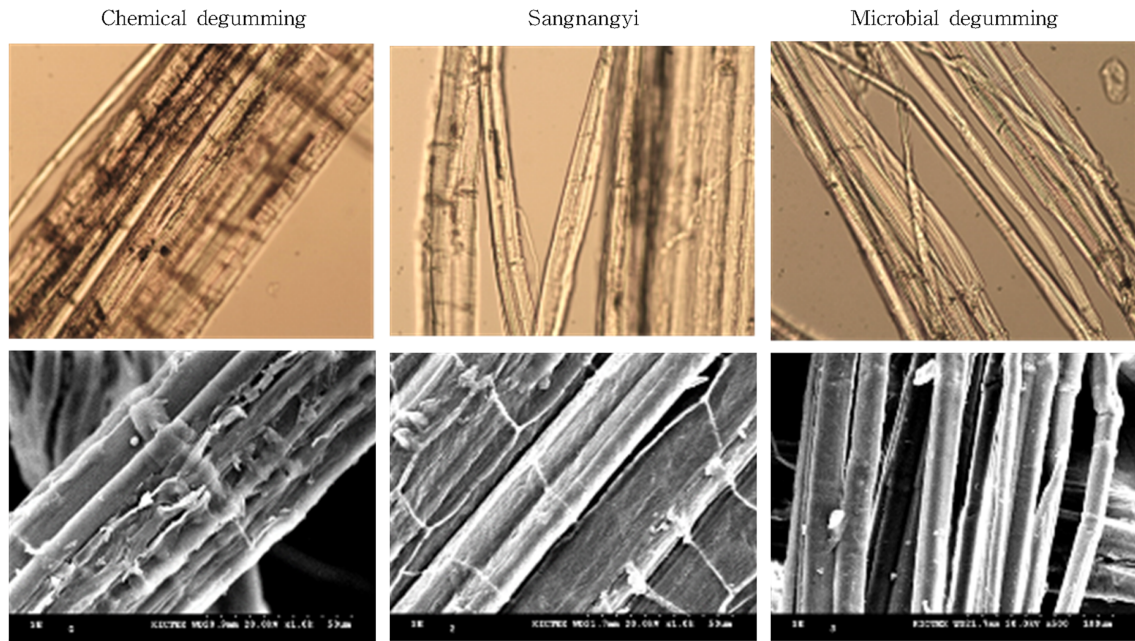
고농도의 알칼리로 처리한 대마섬유는 표면이 깨끗해짐으로 인하여 크림프가 발달하고 방직성이 향상되며 복합재 제조 시 화학적(고농도의 알칼리)으로 처리된 대마섬유는 매트릭스 성분과의 계면 결합이 좋아져 복합재의 성능이 향상될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 화학적 정련 처리한 것보다 미생물 정련 처리한 것이 불순물 제거 정도가 더 우수한 것으로 나타났기 때문에 성능 또한 더 우수한 것으로 나타났다.

IR spectrum을 이용한 시험을 실시하여 잔류 화합물의 일부

분을 분석하였다. 먼저 아무런 처리를 하지 않은 기준시료(처리 전)와 화학적 정련시료, 물리적 정련(생냉이)시료, 미생물 정련시료의 FT-IR 스펙트럼을 Fig. 9에 나타냈다.

그림에서 미처리 대마의 결과에서 보이는 3,340 cm⁻¹의 strong band와 1,630~1,600 cm⁻¹의 asymmetrical stretching strong band는 pectin으로 인한 것이며 3,000 cm⁻¹의 band는 미처리 시료와 화학적, 물리적 정련 시료에서 보이고 미생물 정련 처리 시료에서는 pectin의 제거로 나타나지 않는다.

한편 1,600 cm⁻¹에서 나타나는 weak band는 헤미셀룰로오스



SEM View(scale bar: 100µm, 50µm) ×500, ×1,0k

Fig. 8. SEM image of sample after degumming(2).

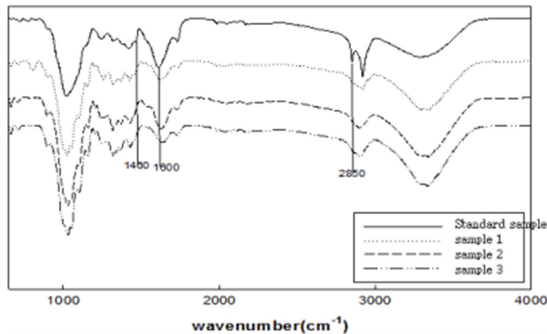


Fig. 9. Impurities(pectin, hemicellulose, lignin) removal analysis table.

의 카르보닐기와 카르복실기에 해당하는 흡수대이며, 1,730~1,410 cm^{-1} 부근의 피크는 헤미셀룰로오스의 C-H bending에서 기인하는 것으로 화학적 정련과 미생물 정련 처리로 인해 이 피크들이 소멸된 것은 아세틸기가 없어진 것으로 헤미셀룰로오스의 감소를 의미한다.

1,600 cm^{-1} , 1,460 cm^{-1} 는 리그닌에 관련된 영역이다. 리그닌의 방향핵으로 인한 1,600 cm^{-1} 에서의 밴드는 전형적인 guaiacyl형에 해당하는 흡수대이다. 16%까지의 처리시료의 IR spectrum에서는 1,600 cm^{-1} 와 1,460 cm^{-1} 에서의 guaiacyl형 리그닌의 흡수 밴드가 있으나 화학적 정련 처리와 생냉이 정련 처리 시료의 spectrum에서는 점차 감소되었고 미생물 정련 처리 시료의 결과에서는 guaiacyl형이 제거되어 이 영역에 밴드가 없어졌다. 1,230 cm^{-1} 은 syringyl형 리그닌과 xylan 아세틸기(C-O-C)의 흡수대이다(Wang & Ramaswamy, 2003).

화학적 정련 처리와 물리적 정련 처리 시료의 spectrum에서 리그닌 피크의 강도가 감소되기는 했으나 여전히 남아있다. 대마의 리그닌 성분은 알칼리(수산화나트륨)만으로는 완전히 제거되지 않으며 0.7% 아염소산나트륨으로 화학적 처리를 함으로써 완전히 제거할 수 있다고 하였다(Lee et al., 2006). 본 연구에서도 알칼리 처리로 대마섬유가 함유하고 있는 리그닌의 일부가 제거되어 리그닌의 양이 줄어들기는 하나 완전히 제거되는 않음을 알 수 있었다.

결론적으로 펙틴(2,850 cm^{-1})과 리그닌(1,600 cm^{-1} , 1,460 cm^{-1})이 미생물로 정련하면 제거되는 것으로 나타났으며, 헤미셀룰로오스(1,600 cm^{-1})도 미생물 정련에 의해 상당부분 감소되는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구의 결론은 크게 선행연구 결과와 실험결과 두 가지로 나누었다.

선행연구 결과에서는, 생냉이 정련 방식은 셀룰로오스 함유율은 가장 높았으나, 정련 기간이 가장 많이 소요되었고 생산기간이 장기간 소요됨에 따라 인건비 등 생산비용이 많이 소요되었다. 시료로 활용한 대마줄기 껍질은 현재 안동포를 생산하는데 이 시료로 9세 삼베를 생산할 수 있는 최고 품질의 대마줄기 껍질임에도 불구하고 12's(수) 미만의 원사 굵기밖에 생산할 수 없는 한계가 있었다.

화학적 정련의 경우 셀룰로오스 함유율은 가장 낮았으나, 정련시간은 가장 짧았다. 생산수율은 40% 미만으로 나타났으며,

생산비용의 경우 기계장비 설치비 및 환경오염 처리비가 가장 많이 소요되었다. 화학적 정련의 경우는 섬유소의 길이가 3.8cm 정도의 단섬유이기 때문에 20's(수) 미만의 원사 굵기 밖에 생산할 수 없는 한계가 있었다.

미생물 정련의 경우 생명이 방식과 유사하게 셀룰로오스 함유율이 높았다. 정련시간은 2일 소요되었다. 생산수율은 70%로 가장 높게 나타났으며, 생산비용의 경우 가장 효율적인 것으로 나타났다. 미생물 정련의 경우는 섬유소의 길이가 12~15 cm 정도의 장섬유이기 때문에 60's(수) 이상의 원사 굵기로도 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 세 가지 정련 방식 중 미생물 정련 방식이 셀룰로오스 함유율, 섬유의 품질, 생산수율, 생산비용, 섬유개발 가능성 측면에서 가장 우위에 있음을 확인하였다.

실험 결과에서는, 대마섬유의 순수한 섬유질을 얻기 위하여 물리적, 화학적, 미생물 정련 방식에 있어서 불순물(펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌) 등의 제거 정도를 측정하고 비교·분석 및 표면 관찰한 결과 생명이 정련 방식은 후피 결속 물질이 제거되어 보이나, 충분한 정련 상태가 아니었으며, 추가 정련 처리가 필요한 것으로 나타났다. 화학적 정련의 경우도 생명이 정련 방식과 마찬가지로 표면 관찰 결과 후피 결속 물질이 제거되어 보이나, 충분한 정련 상태가 아니었으며, 추가 정련 처리가 필요한 것으로 나타났다. 미생물 정련의 경우 표면 관찰 결과 후피 섬유결속 물질이 제거된 상태이고 정련 후 표면 상태가 양호하였으며, 대부분 사 해섬이 되는 형태를 보였다.

불순물의 제거 정도를 분석한 결과 펙틴 band는 미처리 시료와 화학적 정련 시료 및 물리적 정련 시료에서는 보이나 미생물 정련 처리 시료에서는 불순물이 제거되어 펙틴이 나타나지 않았다. 이것으로 보아 미생물 정련 방법이 펙틴제거에 가장 효과적인 것을 알 수 있다. 헤미셀룰로오스의 band는 화학적 정련과 미생물 정련 처리로 인해 이 피크들이 소멸된 것은 아세틸기가 없어진 것으로 헤미셀룰로오스의 감소를 의미한다. 이는 화학적 정련과 미생물 정련이 헤미셀룰로오스의 제거에 우수하다는 것을 알 수 있다. 리그닌의 band에도 화학적 정련 처리 시료와 물리적 정련(생명이) 처리 시료의 spectrum에서는 점차 감소되는 반면 미생물 정련 처리한 시료의 결과에서는 guaiacyl형이 제거되어 이 영역에 밴드가 없어졌다. 이는 미생물 정련 방법이 리그닌 제거에 가장 효과적인 것을 알 수 있다. 이에, 미생물 정련 방식이 대마섬유의 순수한 섬유질을 얻기 위한 불순물의 제거가 가장 용이하고 고유의 물성을 잘 살릴 수 있는 가장 우수한 정련 방식임을 확인하였다.

결과적으로 펙틴과 리그닌이 미생물에 의한 정련으로 제거되는 정도가 가장 우수한 것으로 나타났으며 헤미셀룰로오스도 미생물 정련에 의해 상당부분 감소되는 것으로 나타났다.

이에 따라, 최근 화학섬유에 대한 유해성 및 거부감과 인체에 해가 없는 천연섬유 소재에 대한 관심이 증대되고 있는 시점에서 천연섬유의 특성을 잘 살릴 수 있고, 미생물 정련 방식을 활용하여 방적기술의 개발 및 기계화를 통한 생산수율 향상

과 친환경 섬유의 장점을 활용하여 각종 의류(성인용, 아동용, 유아용 등), 기저귀, 생리대 등 제품화 가능성 및 제품 활용도는 무한하다. 또한 다양한 분야(섬유분야, 의료분야, 산업분야 등)에서도 많은 활용을 할 수 있을 것으로 보이며, 특히 정련 과정은 생산비와 생산과정에서 발생하는 환경문제를 개선할 수 있다는 점에서 중요성을 가지므로 정련 방법의 획기적 전환은 대마섬유 산업의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 안동대학교 기본연구지원사업에 의하여 연구되었음.

References

- Andong-si. (2018). *Established a five-year comprehensive plan to foster Andongpo and hemp industries*, p. 43.
- Bai, S. K. (1984). An experimental study on the anti-mildew of Hemp fabrics. *Family and Environment Research*, 22(1), 79-86.
- Bae, Y. D. (2003). The traditional and modern meaning of Andongpo production and consumption. *The Korean Folklore*, 37(1), 72-76.
- Choi, E. G., & Kim, J. H. (2003). Pre-treatment and finishing technique using enzyme. *Fiber Technology and Industry*, 7(3), 292-301.
- Hepworth, D. G., Bruce, D. M., Vincent, J. F. V., & Jeronimidis, G. (2000). The manufacture and mechanical testing of thermosetting natural fibre composites. *Journal of Materials Science*, 35(2), 293-298. doi:10.1023/A:1004784931875
- Ji, D. S., Hwang, M. S., & Lee, J. J. (2010). Recent technology development trend of green Hemp fiber. *Dyeing and Finishing*, 5, 62-69.
- Kim, S. B., Koo, J. W., & Woo, H. S. (2015). Degumming method of bast fiber and degummed bast fiber using the same, *Korea Patent No.1014883740000*. Daejeon: Korean Intellectual Property Office.
- Lee, H. J., Han, Y. S., Yoo, H. J. (2006). The change of Kenaf fiber characteristics by the contents of Noncellulosic material. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(11), 1581-1588.
- Mwaikambo, L. Y., & Ansell, M. P. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, 84(12), 2222-2234. doi:10.1002/app.10460
- Naira, G. R., Lyew, D., Yaylayan, V., & Raghavan, V. (2015). Application of microwave energy in degumming of hemp stems for the processing of fibres. *Biosystems Engineering*, 131, 23-31. doi:10.1016/j.biosystemseng.2014.12.012
- Noh, J. G. (2017). A method degumming bast fibers by using microorganisms, *Korea Patent No.1017615830000*. Daejeon: Korean Intellectual Property Office.
- Park, S. Y., Song, W. S., & Kim, I. Y. (2010). Effect of sodium sulfate on Ramie fabrics treated with pectinase. *Textile Coloration and Finishing*, 22(3), 220-228. doi:10.5764/TCF.2010.22.3.220
- Rosemberg, J. A. (1965). Bacteria responsible for retting of Brazilian flax. *Applied and Environmental Microbiology*, 13(6), 991-992.
- Thomsen A. B., Thygesen A., Bohn V., Nielsen K. V., Pallesen, B., & Jorgensen, M. S. (2006). Effects of chemical-physical pre-

- treatment processes on hemp fibres for reinforcement of composites and for textile. *Industrial Crops and Products*, 24(2), 113-118. doi:10.1016/j.indcrop.2005.10.003
- Wang, J., & Ramaswamy, G. N. (2003). One-step processing and bleaching of mechanically separated kenaf fibers: Effects on physical and chemical properties. *Textiles Research Journal*, 73(4), 339-344. doi:10.1177/004051750307300411
- Woo, J. Y. (2010). *Preparation and properties of ABS/natural fiber composites*. Unpublished master's thesis, Inha University, Incheon.
- Zhang, J., & Zhang, J. (2010). Effect of refined processing on the physical and chemical properties of Hemp bast fibers. *Textile Research Journal*, 80(8), 744-753. doi:10.1177/0040517509342317
- (Received 15 October, 2019; 1st Revised 17 November, 2019; 2nd Revised 2 July, 2020; 3rd Revised 13 July, 2020; Accepted 17 July, 2020)