

친환경 헴프섬유의 최근 기술개발 동향

지동선, 황민수, 이정진

단국대학교 파이버시스템공학과

1. 서 론

최근 지구온난화로 인해 여름이 길어지고 온실가스 배출로 세계기온이 1880년 이후 0.8°C 상승하였으며 한반도의 평균기온도 '80년대 12.5°C, '90년대 13.2°C, 2000년대 13.5°C로 증가하여 제주도에 서만 생산되던 한라봉이 전북 김제에서도 생산이 가능해지고 벼 2기작이 시도되는 등 한반도 아열대화가 빠르게 진행되고 있다. 또한 오존층 파괴로 2008년 사상 최대인 2700만 km²의 오존구멍의 생성에 따른 자외선 조사량의 증가 및 주 5일제 정착으로 등산과 골프의 대중화로 남녀노소의 야외활동이 증가되면서 자외선으로 인한 피부노화가 심해지고 있다. 특히 2010년 4월 기상청 발표에 의하면 전남 신안군 흑산도 관측 미세먼지 농도가 m³당 2712 μ g (참고: 1시간 평균 미세먼지농도 800 μ g/m³ 이상 2시간 지속 예상시 황사경보 발령)으로 나타나 2000년 이후 황사 및 환경오염에 의한 피부 질환이 심각한 수준에 이르고 있음을 알 수 있다. 이러한 원인으로 최근 5년간 아토피성 피부염 발병률은 760% 증가했으며 우리나라 아토피성 피부염 환자수도 1000명당 94명으로 보고되고 있다.

이러한 지구온난화 및 환경오염의 영향으로 세계 의류시장은 EU 등 선진국을 중심으로한 환경규제, 세계 패션 트렌드 및 소비자 선호에 부응한 친환경 섬유소재 개발, 웰빙 시대에 적합한 기능성 및 고감성 제품개발을 통한 차별화가 요구되고 있다. 최근의 섬유산업의 동향도 기존의 화학섬유에 대한 유해성 및 거부감 때문에 인체에 무해한 천연적인 섬유소재에 많은 관심이 증대됨에 따라 웰빙을 뛰어넘어 개인의 건강 뿐만 아니라 사회의 지속적 성장과 환경을 생각하는 생활패턴인 LOHAS(Lifestyles of health and sustainability)가 이슈화되면서 그에 따른 인체친화적인 친환경섬유의 개발이 새로운 트렌드로 떠오르고 있는 실정이다.

친환경(eco-friendly) 섬유란 환경학적으로 만족스러운 혹은 환경에 유해하거나 위협을 주지 않는 섬유를 말하는데 비슷한 용어로 인체친화성(human-friendly) 섬유, 피부친화성(dermatropic) 섬유, 생체적합성(biocompatible) 섬유 등도 사용되고 있다. 최근 국내에서 친환경 섬유소재로 소개되고 있는 헴프(대마)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 일년생 식물로서 학명은 *Cannabis sativa L.*이다. 헴프식물은 자웅이주이며(Fig. 1 참조), 자마(winter hemp)는 보통 높이가 1.8~2.5m이고 종자채취가 목적이다. 옹마(summer hemp)는 자마보다 작으며 섬유채취가 목적이다. 헴프는 인도, 페르시아 등 중앙아시아가 원산지이며, 우리나라에서는 삼이라 불리어지며 안동(경북), 평창(강원), 명천(함북) 등이 명산지이다. 주로 줄기의 인피로부터 섬유를 얻을 수 있는 식물로 열대지방과 온대지방에서 널리 재배된다. 생산량은 중국 및 러시아가 가장 많으며 품질은 이탈리아산이 가장 우수하나 최근에는 중국 내몽고 지방(Nm 60 방적가능) 및 카스피해 연안(Nm 70 방적가능)에서 생산되는 것이 우수한 것으로 알려지고 있다.

헴프섬유의 장점으로 내구성 및 내수성, 항균성 등 우수한 것으로 보고되고 있으나 양질의 원료 확보, 세섬도 추출 기술 및 combing 기술 등의 부족으로 100% 세번수 방적사의 제조가 어려워 주로 면섬유와의 혼합소재로 제조되어 왔다. 또한 유연성 부족 및 염색성 문제 등 고급제품으로 개발하기 어려운 단점과 수의, 상복에 국한된 소비자의 인지도 부족으로 용도전개에 어려움이 있어 온 것도 사실이다.

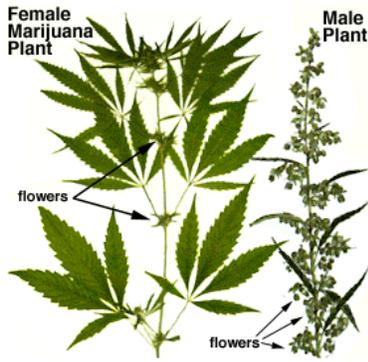


Fig. 1. 헴프식물.

미국, 유럽을 비롯한 선진국에서는 2000년 이후에 헴프의 중요성이 부각되어 재배면적을 급속도로 넓혀가고 있으나 화장품, 의약품, 자동차내장재, 내장용 단열재, 특수필프, 바이오디젤연료 등의 개발이 대부분을 차지하고 있는 상황으로 의류용 섬유로는 전체 헴프 생산량(82,950톤/년, 2003년 기준)의 5%미만(1000톤/년)의 수준에 머물고 있으며, 그 중 대부분이 혼방제품으로 개발되고 있어 100% 헴프의류제품은 거의 없는 실정이다.

본 기술논고에서는 친환경 섬유산업을 고부가가치 신성장동력산업으로 거듭나고자 새로운 인체친화적인 Cool & Warm 천연소재로 각광받고 있는 헴프소재의 특성에 대한 고찰과 최근 기술개발 동향에 대하여 소개하고자 한다.

2. 헴프섬유의 제조 및 특성

2.1 헴프사의 제조

헴프는 늦봄에 심으면 m²당 150~200그루의 밀도로 8월까지 3m이상 성장한다. 7월말 개화가 시작되면 성장이 멈추므로 수확을 하고 헴프생경을 3~4주 동안 들판에 얇게 펴서 널어놓으면 비나 이슬에 의해 습윤과 건조과정의 반복을 거친 후 제선공정으로 이송한다.

헴프 Top을 제조하기 위한 전처리 방법에는 침전법, 화학처리법, 생물학적 방법 등이 있으며 일반적으로 Fig. 2에서 보인 제조공정을 거쳐 헴프 Top을 제조한다. 이때의 제선수율은 섬유의 품종 및 섬도에 의해 크게 좌우되며 섬도 18~20 μm는 수율 약 25%, 섬유 16~18 μm는 약 35% 내외이다. 이 헴프 Top을 원료로 사용하여 헴프방적사를 제조하는데 세섬도일수록 세번수 방적사를 제조하는데 유리하다.



Fig. 2. 헴프 Top 제조공정.

2.2 헴프섬유의 특성

헴프섬유는 셀룰로스 계통의 천연섬유로서 Fig. 3의 X-선 회절곡선에서 보는 바와 같이 $2\theta=22.6^\circ$

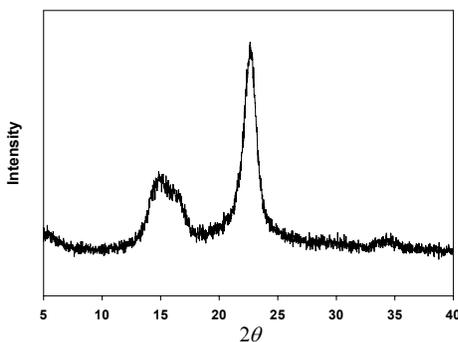


Fig. 3. 헴프섬유의 X-선 회절곡선.

부근에서 셀룰로스 I의 (002)면, $2\theta=14.6^\circ$ 와 16.7° 부근에서 셀룰로스 I의 (101)면과 (101)면의 회절이 나타남으로써 셀룰로스 I의 결정구조 형태임을 알 수 있다. Fig. 4는 헴프섬유의 단면과 측면사진으로 헴프섬유의 단면은 주변에 각이 없고 둥글며 중공이 넓은편이다. 측면에는 종방향의 다수의 조선(node)과 횡방향의 착선(cross-link)을 가지고 있다. 또한 헴프섬유의 다공성 구조는 숨쉬는(breathe) 섬유로서의 역할 뿐만 아니라 흡습성(공정수분율 12%) 및 염색성 등에 많은 영향을 주며 특히 따뜻한 기후에서는 cool한 소재로, cool한 기후에서는 warm소재로 작용하는데도 중요한 역할을 한다.

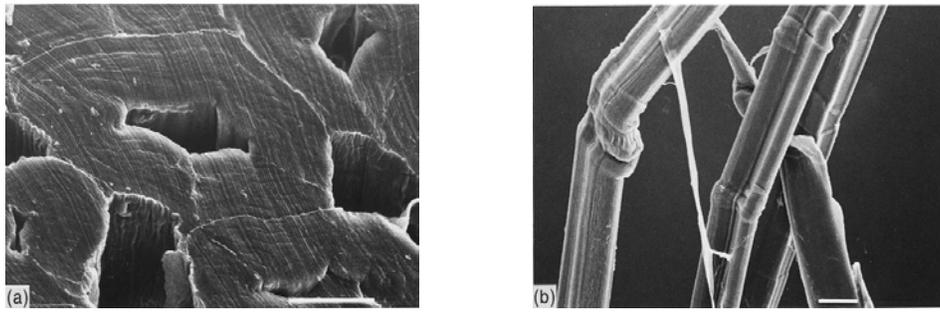


Fig. 4. 헴프섬유의 SEM 사진 (scale bar: 10 μ m); a: 단면, b: 측면.

Fig. 5 헴프의 항균성 시험결과에서 보는 바와 같이 staphylococcus aureus ATCC 6358 (황색포도상구균: 접종균 농도 1.3×10^5 CFU/mL) 와 klebsiella pneumoniae ATCC 4352(폐렴균: 접종균 농도 1.0×10^5 CFU/mL)를 사용하여 18시간 후의 정균감소율은 99.9%로 나타나 매우 우수한 항균성을 보임을 알 수 있다. 이러한 자체의 천연적인 항균성으로 인하여 100% 헴프섬유로 만든 옷은 아토피를 비롯한 각종 피부염 예방에 탁월한 효과를 보여 피부친화성 천연소재로 각광받고 있다.

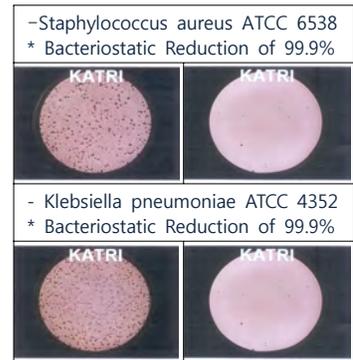


Fig. 5. 헴프의 항균성.

Fig. 6은 헴프의 흡수속건성을 나타낸 것으로 쿨론(coolon)보다 약간 낮거나 거의 비슷한 정도이나 면섬유보다는 매우 우수하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 UV Transmittance Analyzer를 이용하여 파장 315~400 nm의 UV-A 및 파장 290~315 nm의 UV-B를 사용하여 측정한 헴프의 자외선 차단율이다. 태번수 직물과 세번수 직물의 자외선 차단율을 비교한 결과 대체로 비슷한 경향을 보였고, 특히 UV-A의 차단율은 약 62~73%, UV-B의 차단율은 약 68~79%로 나타나 UV-B에 대한 차단율이 UV-A보다 평균적으로 약 13%정도 높게 나타남을 알 수 있다.

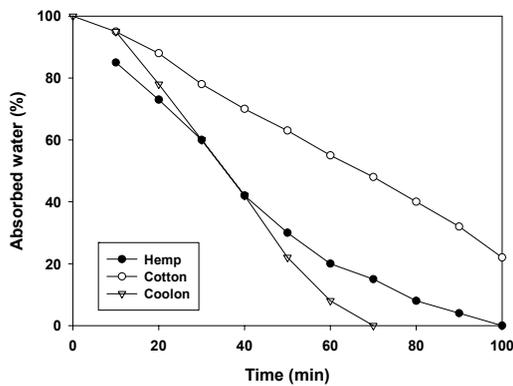


Fig. 6. 헴프의 속건성.

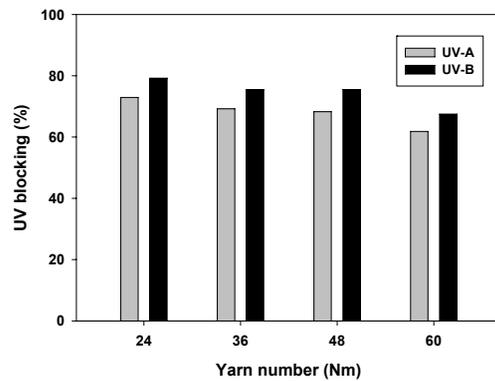


Fig. 7. 헴프의 자외선 차단성.

그러나 헴프직물은 탄성과 레질리언스가 나빠 구김이 잘 생겨 의류용으로 사용하는데 큰 결점이 되고 있다. 이러한 구김회복성을 증진시키기 위해 다관능기를 갖는 가교제로 처리하는 방법이 이용되어 왔으나 가교제 처리는 직물의 구김발생은 억제되지만 강력저하와 환경오염 문제가 크게 수반되기 때문에 강력저하의 감소와 환경친화적 관점에서 액체암모니아(L/A) 처리가 주목받고 있다. 특히 액체암모니아는 높은 쌍극자 모멘트, 수소결합력, 그리고 비교적 높은 염기성을 가지며 비수 반응의 매체로서 많은 관심을 받아 왔다.

Fig. 8은 헴프직물의 방추도에 대한 L/A 가공 및 사번수의 영향을 나타낸 것이다. 세번수와 태번수에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타났고 L/A 가공처리 후 방추성이 약 11~17% 증가되어 L/A

가공이 헴프직물의 구김발생억제에 효과적이라는 것을 알 수 있다. Fig. 9는 헴프섬유의 세탁수축률에 대한 L/A 및 사변수의 영향을 나타낸 것으로 L/A 가공처리 후 1% 미만의 세탁수축률을 보여 L/A 가공처리된 헴프직물은 형태안정성이 매우 우수하다는 것을 알 수 있다.

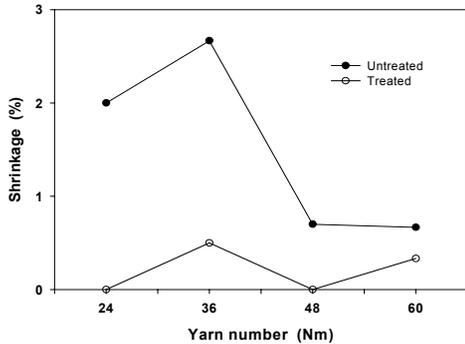


Fig. 8. 헴프의 방추도.

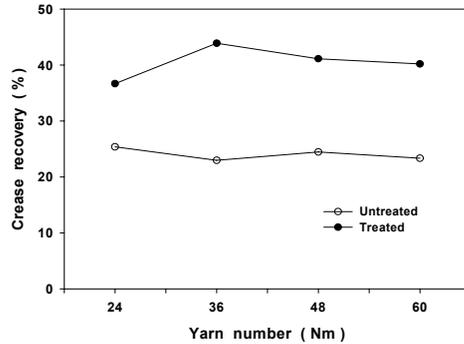


Fig. 9. 헴프의 세탁수축률.

Table 1은 헴프섬유의 성분 조성비를 나타낸 것으로 주로 셀룰로스(70-74%), 헤미셀룰로스(17.9-22.6%), 리그닌(3.7-5.7%), 펙틴(0.9%), 왁스(0.8%) 등으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

Table 2는 천연 셀룰로스계의 헴프섬유를 비롯한 다른 인피섬유 및 면섬유의 물리적 특성을 비교한 것이다.

Table 1. 헴프섬유의 성분 조성비

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemicellulose (wt%)	Lignin (wt%)	Pectin (wt%)	Waxes (wt%)
Hemp	70-74	17.9-22.6	3.7-5.7	0.9	0.8
Flax	71	18.6-20.6	2.2	2.3	1.7
Ramie	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7	1.9	0.3
Jute	61-71.5	13.6-20.4	12-13	0.2	0.5
Cotton	85-90	5.7	-	0-1	0.6

Table 2. 천연 셀룰로스계 섬유의 물리적 특성

Fiber	Density (g/cm³)	Diameter Range (mm)	Elongation at break (%)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)
Hemp	1.4	10-51	1.6	690	35
Flax	1.5	5-38	2.7-3.2	345-1035	27.6
Ramie	1.5	11-80	3.6-3.8	400-938	61-128
Jute	1.3	10-25	1.5-1.8	393-773	26.5
Cotton	1.5	12-38	7.0-8.0	287-597	5.5-12.6

3. 헴프의 생산량 및 시장규모

Table 3은 국내의 연도별 헴프작물의 생산량을 나타낸 것으로 2009년도 기준으로 재배면적 66 ha, 생산량 138 M/T이어서 1980년도와 비교해 재배면적 11배, 생산량은 6.7배 정도 감소한 것으로 나타났다.

Table 4는 국내의 2009년도 지역별 생산실적을 나타낸 것으로 경북 64 M/T, 강원 57 M/T 순으로 생산실적이 높고 그 밖의 지역은 극히 작은 생산량을 보이고 있는 실정이다.

Table 3. 우리나라의 헴프작물의 연도별 생산실적

년도	면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (M/T)	년도	면적 (ha)	단수 (kg/10a)	생산량 (M/T)
1980	732	128	935	2001	272	233	632
1985	417	117	539	2002	186	204	380
1990	322	157	504	2003	323	236	762
1994	376	327	1,230	2004	188	294	552
1995	353	178	628	2005	137	230	314
1996	281	195	548	2006	97	172	167
1997	338	192	648	2007	117	211	236
1998	557	148	824	2008	68	208	141
1999	498	187	930	2009	66	210	138
2000	423	188	795				

Table 4. 우리나라의 헴프작물의 지역별 생산실적 (2009년도)

	농가수(호)	면적(ha)	단수(kg/10a)	생산량(M/T)
강원	41	27	210	57
충북	1	1	455	3
충남	69	7	143	10
전북	56	2	51	1
전남	15	3	25	1
경북	98	25	260	64
경남	48	1	148	1
계	328	66	210	138

2005년도 기준으로 전 세계 헴프섬유의 생산량은 90,000톤이며 재배지역은 60,000 ha에 이른다. 국가별로는 중국이 41,000톤으로 가장 많은 헴프섬유를 생산하였고 다음으로 유럽지역이 30,000톤이다.

EU 27개국의 헴프 재배지역은 13,000 ha이며 50% 이상이 프랑스에서 재배된다. 다음으로 영국, 독일, 네덜란드에서도 대규모로 재배되고 있으며 폴란드, 체코, 오스트리아, 이탈리아에서도 소규모로 재배되고 있다. European Commission에서는 영국 등에서 축사의 bedding재 수요량의 높은 증가로 2009년도 헴프 재배지역이 18,000 ha이상으로 크게 증가할 것 이라고 예상하고 있다.

한편 헴프제품의 국내·외 시장 규모 및 수출입 현황은 Table 5에서 보는 바와 같이 국내시장은 약 3~5천억원, 세계시장은 2.5~3조원 규모라 할 수 있으며, 우리나라의 헴프제품 수출액은 2008년 기준으로 약 559억원, 수입액은 약 435억원 정도이며 그 이후는 오히려 세계경제전망의 둔화로 오히려 수출입 모두 감소추세가 예상되고 있는 실정이다. Fig. 10은 2005년도 기준으로 전 세계 천연섬유 생산량을 나타낸 것으로 면섬유가 2,457만톤으로 가장 많고, 헴프섬유는 9만톤 임을 알 수 있다.

Table 5. 헴프섬유의 국내·외 시장 규모 및 수출·입 현황

(단위 : 억원)

년도	2010	2012	2014
세계시장 규모	24,700	27,200	30,135
한국시장 규모	3,025	3,510	4,576
년도	2008	2009	2010
한국수출 규모	559	366	271
한국수입 규모	435	283	314

단, 1) 시장규모 자료출처: Textiles Intelligence, 세계편직섬유 및 의류시장 전망(2004), 한국의류산업협회 니트 산업 자료
2) 수입, 수출 자료출처: 한국무역협회(KITA) 2010년 1월 품목별 수출입확정치

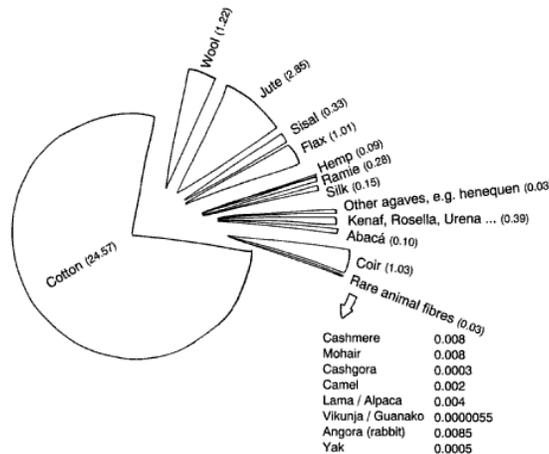


Fig. 10. 전 세계 천연섬유 생산량(백만톤, 2005년도).

4. 헴프섬유의 기술개발동향

국외의 경우 중국 최대 헴프방적공장인 LV Zhou사에서는 헴프섬유를 화학적 방식으로 정련처리하여 중번수 정도의 방적사를 생산하고 있으나, 전반적으로 제반물성(균제도, 강력 등)이 낮은 수준이며, JOC International은 약 100,000 kg/년의 헴프Top을 생산하여 시판 중에 있다.

미국, 유럽을 비롯한 선진국에서는 2000년 이후에 헴프의 중요성이 부각되어 재배면적을 급속도로 넓혀가고 있으며 의류, 화장품, 의약품, 자동차 내장재, 내장용 단열재, 특수필프, 바이오디젤연료 등으로 용도개발이 폭 넓게 이루어지고 있다. 그러나 아직 100% 헴프 세번수화 기술의 미흡으로 Nm 10정도의 태번수 위주로 전개하고 있다.

국내의 경우 일부업체에서 면/헴프 혼방사 제조기술을 확립하여 방적사 및 편직물을 상용화하고 있다. 그러나 세섬도 헴프섬유 분섬화 기술 및 세번수 방적사 제조기술을 확보하지 못하고 있는 실정으로 용도전개가 제한적이어서 헴프섬유시장에 진출을 시도했으나 기술부재로 사업을 포기한 사례가 있다. 그밖에도 안동대마방직(주)은 2003년 평양 5만 7000 m² 부지에 섬유복합단지를 조성키로 하는 북한과 합작사업 계약을 체결한 후 2008년 10월말에 방직, 원단가공, 염색가공 등 15개 섬유 생산라인을 갖춘 공장을 완공하였으나 그 후 남북 경험의 중단으로 현재까지 가동을 못하고 있는 상태에 있는 형편이다. 2007년 교육인적자원부의 지원으로 신라대학교에서 ‘자외선차단성 및 쾌적성 향상을 위한 골프모자 개발에 관한 연구’ 과제를 수행한 바 있다. 강원 동해시는 한중대 매직헴프포럼사업단과의 “삼베”브랜드 사업추진 및 지난 2007년 5월 지역의 대체산업으로 헴프를 선정하고 타당성 조사를 실시하였고, 이어 2008년 4월 (주)헴프코리아와 산업화를 위한 양해각서를 체결하고 시험재배를 시작한 바 있다. 또한 충남 당진군과 건국대 부설 한국헴프과학연구소와의 저마약성 대마 “청삼(Hemp)”연구개발 협약추진 등은 주로 대마성분과 대마기름을 이용한 식품, 화장품 및 바이오 쪽 분야에 치중하고 있다.

한편으로 헴프와 관련된 대략적인 국내외 지식재산권(특허 등) 주요 현황을 소개하면 아래와 같다.

- 대마를 주원료로 하는 대마솜을 제조하는 방법에 관한 것 (출원번호 : 2008-0059904).
- 마사 또는 혼방사 등을 이용하여 마직물을 직조하는 방법에 관한 것(출원번호 : 2003-0057828).
- 대마에 원적외선을 방사하는 합성세라믹스의 배합분체를 접착제로 코팅한 대마사 및 대마직물에 관한 것 (출원번호 : 1999-0005152).
- 대마재봉사 및 그 제조방법에 관한 것 (출원번호 : 2004-0059447).
- 천연 섬유인 대마사 제조에 관한 것 (출원번호 : 1998-0049785).
- 삼베를 포함하는 인조솜 및 그 제조 방법 (특허실용, 출원번호 : 1020000044699).
- 인피섬유를 원료로하는 연초용 필터의 제조방법 (특허실용, 출원번호 : 1019640000689).
- Skein(타래실) 상태의 대마사에 대한 액체암모니아 가공처리한 것 (CN 1487141A).
- NaOH 또는 KOH 용액에서 30~60분간 처리에 따른 마사의 물성개선 방법 (JP 2001-131861A).

- 물 또는 유기용제에 비누, 전분, 왁스, 폴리알칼린 수지 등을 포함하는 복합액을 사용해 섬유 또는 실을 처리한 것 (USP 2002/0142162A).
- Hank 상태의 cellulose섬유에 대한 액체암모니아 가공처리한 것(EP 1 057 919 A3).

최근 신한모방(주), (주)방림, 화흥섬유, (주)나눔플래닝, (주)돌실나이, 단국대학교, 한국생산기술연구원을 중심으로 100% 헴프섬유 제조기술 및 첨단 염색가공기술 등의 개발에 많은 관심을 갖고 컨소시엄형태로 참여하여 지식경제부 2010년 섬유스트림간 협력기술개발사업(과제명: 인체친화성 Must-Have 헴프의류제품 개발, 총사업비 22억 6800 만원)에 선정되어 체계적인 기술개발을 현재 수행중에 있다(Fig. 11).

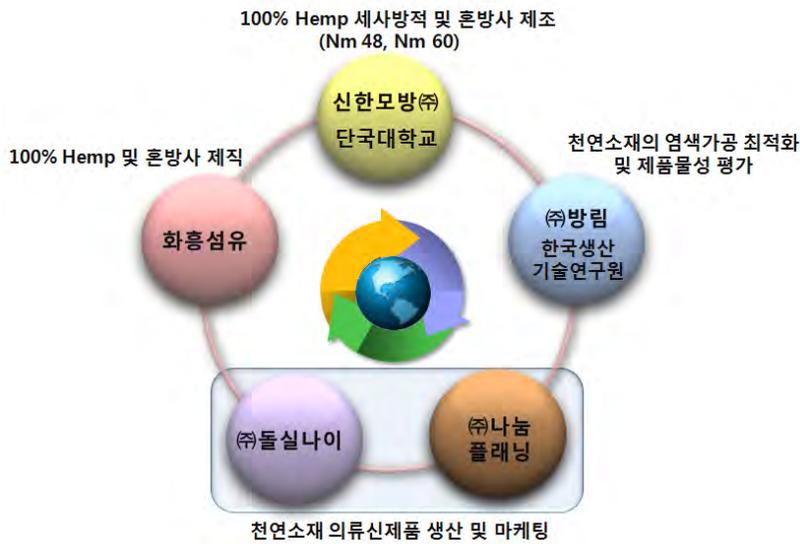


Fig. 11. 섬유스트림간 기술교류협력관계.

헴프의 응용분야는 Fig. 12에 나타난 것처럼 언더웨어, 생활복, 교복, 침장류 등의 의류생활용품과 보호대, 위생마스크, 유아/실버용 제품 등의 건강용품 및 고급 양장, 양복지에도 사용된다. Textile 외에도 자동차내장재 등의 산업용, 플라스틱, 타이어, 의약품, 식품, 종이펄프, 화장품, 로프, 그물, 천막, 연료 등에도 사용되고 있다.



Fig. 12. 헴프의 응용분야.

5. 결 론

친환경 헴프섬유를 이용한 고부가가치 섬유소재의 신상품 브랜드화 제조개발에 따른 국가경쟁력을 제고함으로써 섬유산업 스트림간 뿐만 아니라 관련 어패럴분야 중에서도 유아/실버, 캐주얼 및 생활한복 외에도 신사복, 양장, 속옷류, 침장류, 임산부 및 병원환자복, Out Wear, 스포츠레저 등 각종 의류제조업 분야에서 다양한 파급효과를 크게 확장시킬 수 있을 것으로 기대된다.

또한 저탄소 녹색성장이라는 국가정책에 부응하여 친환경 헴프소재에 대한 산학연관이 참여하는 지속적인 R&D 노력 및 기술융합으로 새로운 블루오션산업에 목말라 있는 국내 및 해외 글로벌 섬유시장에서 2020년까지 향후 10년간 신성장동력산업으로서 시장점유율을 획기적으로 증대시킬 수 있도록 모든 섬유인들이 다함께 힘을 모아야 할 것이다.

참고문헌

1. A.K.Mohanty, M.Misra, and L.T.Drzal, "Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites", Taylor&Francis, Boca Raton, 2005.
2. Jörg Müssig, "Industrial Application of Natural Fibres : Structure, Properties, and Technical Applications", Wiley, New Jersey, 2010.
3. C.Garcia-Jaldon, D.Dupeyre, M.R.Vignon, *Biomass Bioenerg*, **14**(3), 251(1998).
4. 2009 특용작물생산실적, 농림수산물부, 2010.
5. Z.Jinqiu, Z.Jianchun, *Text. Res. J.*, **80**(8), 744(2010).
6. B.J.Koh, *Res. J. Costume Culture*, **12**(1), 168(2004).
7. H.Choi, R.Kim, S.H.Hong, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **6**(2), 229(2004).
8. M.S.Hwang, J.J.Lee, D.S.Ji, *Proc. Korean Text. Conf.*, **42**(1), 308(2009).
9. M.S.Hwang, J.J.Lee, D.S.Ji, *Proc. Korean Text. Conf.*, **42**(1), 183(2009).
10. M.S.Hwang, J.J.Lee, D.S.Ji, *Proc. Korean Text. Conf.*, **42**(2), 244(2009).
11. M.S.Hwang, D.S.Ji, *Proc. Korean Text. Conf.*, **43**(2), 179(2010).
12. M.M.Kostic, B.M.Pejic, K.A.Asanovic, V.M.Aleksic and P.D.Skundric, *Ind. Crops and Prod.*, **32**(2), 169(2010).
13. D.Nilsson, B.Svennerstedt, C.Wretfors, *Biosystem Eng.*, **91**(1), 35(2005).
14. M.Kostic, B.Pejic, P.Skundric, *Bioresour. Technol.*, **99**(1), 94(2008).
15. D.H.Jo, *Fiber Technol. Ind.*, **13**(3), 3(2009).
16. S.E.Lee, "UVB Blocking Effect of Natural Hemp Fabrics", M.S Dissertation, Konkuk Univ., 2007.
17. H.M.Wang, R.Postle, R.W.Kessler, W.Kessler, *Text. Res. J.*, **73**(8), 664(2003).
18. H.M.Wang, R.Postle, *Text. Res. J.*, **74**(9), 781(2004).
19. N.Reddy, Y.Yang, *Carbohydrate Polymers*, **77**(4), 898(2009).
20. P.Linger, J.Mussig, H.Fischer, J.Kobert, *Ind. Crops Prod.*, **16**(1), 33(2002).

지 동 선 (현) 단국대학교 파이버시스템공학과 교수



- 주요 경력 -

- 1990 단국대학교 섬유공학과(공학박사)
- 1990 단국대학교 섬유공학과 조교수
- 2000 단국대학교 파이버시스템공학과 교수(현)
- 2010 단국대학교 공과대학장(현) / 그린파이버연구소장(현)

Tel. : 031-8005-3566 / Fax. : 031-8021-7217 / E-mail : dsunji@dankook.ac.kr

이정진 (현) 단국대학교 섬유시스템공학과 조교수



- 주요 경력 -

- 2002 서울대학교 재료공학부(공학박사)
- 2004 NC State Univ., College of Textiles, 방문연구원
- 2005 단국대학교 섬유시스템공학과 조교수(현)
- 2010 단국대학교 섬유시스템공학과 주임교수(현)

Tel. : 031-8005-3565 / Fax. : 031-8021-7217 / E-mail : jjlee@dankook.ac.kr

황민수 (현) 단국대학교 섬유시스템공학과 석사과정



- 주요 경력 -

- 2010 단국대학교 섬유시스템공학과(공학사)
- 2010 단국대학교 대학원 섬유시스템공학과(석사과정)

Tel. : 031-8005-3574 / Fax. : 031-8021-7217 / E-mail : hwangdag@naver.com
