

대나무 섬유

이정인

한국생산기술연구원

1. 머리말

대나무의 응용은 오랜 역사를 가지고 있다. 대나무는 일상생활에서 식품용기, 수저, 수공예품, 완구, 가구, 악기, 종이 등 다양한 용도로 사용되었으며, 제지용인 죽펄프도 역사가 길다. 현재 일본 및 중국의 섬유업계에서 크게 화제가 되고 있는 대나무(竹) 섬유는 각종 공정처리에서 대나무가 함유하고 있는 본질성분(木質成分) 등을 제거하여 섬유소재로서 직접 추출한 천연 대나무섬유가 만들어지고 있다. 최근 해외의 연구에서 성능을 향상시킨 복합재료의 생산에도 대나무나 대나무섬유가 이용되고 있다.

중국은 세계적으로 대나무의 종류가 제일 많은 나라다. 대나무의 재원도 풍부해 광범위한 지역에서 자라고 있다. 대나무는 자란지 4~5년부터 섬유 재원으로 활용이 가능하며, 성장이 매우 빨라 고생 산성 섬유원료에 속한다. 이처럼 대나무는 임업 및 섬유산업에서 경제적 활용가치가 매우 높다.

대나무 섬유를 이용한 직물은 경질로 안정성이 양호하고 흡·투습 및 통기성이 양호하다. 또 시원한 느낌을 가지고 있으며, 특수한 광택이 있다. 기타 염색물의 색조가 선명한 특징이 있다. UV 차단, 살균효과, 방취성, 방곰팡이성 등 보건성능도 있다. 특히 여름에 착용하면 청량감을 느낄 수 있다.

대나무섬유는 환경친화적이고 쾌적성이나 건강소재를 추구하는 시대조류에 맞는 새로운 그린 환경 대책의 섬유소재이다.

대나무의 종류, 성장하는 지역, 생장기, 추출공정

을 함유하는 불순물에 의해 천연셀룰로스의 구조나 성능에는 큰 차이가 있다. 이 차이가 천연셀룰로스의 방사, 방직, 염색, 가공에 영향을 미치기 때문에 천연 셀룰로스 섬유의 구조와 성능을 연구할 필요가 있다.

2. 의류용 대나무 섬유

중국 길림(吉林) 화섬그룹의 하북(河北) 고성북공사(藁城北公司)는 대나무를 원료로 한 재생섬유를 개발하여 규모는 작지만 공업화하여 “천죽(天竹)”이라는 브랜드로 판매하고 있다고 한다.

식물성 재생섬유에는 여러 가지 있지만 그 중에서 레이온(rayon)이 가장 많이 사용되고 있어 제일 주된 섬유로 알려져 있는데, 원료는 펄프(pulp)와 코튼 린터(cotton linter)로서, 제지(製紙)용 펄프보다도 α -셀룰로스가 많이 들어있는 침엽수펄프가 섬유용으로서 품질이 좋으며, 코튼 린터는 α -셀룰로스의 순도(純度)가 높고 고급이라서 나무펄프에 적당히 섞어 사용하고 있는데, 높은 품질을 요구할수록 많이 섞어 사용하고 있다.

재생섬유의 원료인 펄프는 중국의 경우 삼림을 무계획하게 벌목함으로써 수해나 사막화의 비난을 받고 있어 삼림 보호가 강화되면서 펄프의 생산이 줄어들 것이며, 목화를 조면(縲綿)한 면실(綿實)에서 부산물로 생산되는 코튼 린터도 식량 생산을 우선하다보니 경작지가 삭감되어 면화의 생산이 점차 감소되는 추세이므로 이들 목재나 면화의 대체원료가 중국 화섬업계의 큰 과제가 되어 있었다.

중국은 그 동안 대두(大豆)의 단백질(protein: 단백질)으로 새로운 섬유를 뽑고 이의 품질향상과 상품화를 위한 연구를 추진 중에 있다. “천죽” 브랜드의 섬유는 셀룰로스 섬유로서 2000년 9월에 최초로 1.5 d의 섬유를 뽑고 방직업체나 의류업체와 공동으로 상품개발을 추진하고 있다.

이 섬유는 어느 정도의 강력이 있고 부드러워 옷을 만들어 입으면 옷이 몸에 편할 뿐만 아니라 대나무가 갖고 있는 항균효과나 흡습성, 방습성을 인정받고 있어 관심의 대상이 되고 있다고 한다.

대나무는 3~5년이면 크게 성장하여 펄프원료로서 유망하며, 재생섬유를 뽑아도 성능면에서 다른 섬유에 비하여 큰 손색이 없어 이미 연간 5,000톤 규모의 생산을 시작하였다고 한다.

2.1. 용도 및 특징

2.1.1. 건강기능

대나무 자체가 갖고 있는 영구 청량감 보유, 영구 항균 소취 효과, 자외선 차단 기능, 마이너스 이온 발생 기능 → 마이너스 이온은 혈액을 약알칼리성으로 하고, 혈액의 순환을 양호하게 하며, 신진대사가 잘되게 해서 자율신경을 정상화하기 때문에, 신체의 차가움 방지와 피로회복에 효과

2.1.2. 섬유 기능성 측면

가. 대나무 섬유는 자체가 이형단면으로 표면적이 크고 측면에 기늘고 긴 공동이 있어 그 구조에 의하여 경량이며, 수분을 아주 빠르게 흡수하고 발산하는 성질이 있으며, 우수한 통기성

나. 구김방지 성능(방추성) 보유

다. 제전성 양호

라. 접촉 냉감특성이 있고 열전도성이 높으며 상쾌한 감촉 보유

마. 우수한 치수안정성 및 wash & wear 성능 보유

2.1.3. 패션성 측면

가. 상쾌한 태와 품질을 발현

나. 촉감이 부드럽고 드레이프성이 우수

다. 염색성이 면보다 우수하고 심색발현이 가능

라. 어떠한 섬유와도 혼방, 교직이 가능

마. 하리(Hari), 고시(Koshi)감 보유

2.1.4. 대나무섬유의 용도

가. 내의, 잠옷, 침장류, 타월 등 특히 여름철 내의에 적합

나. 면, 양모, 텐셀 등 타섬유와의 혼방으로 드레스셔츠, 블라우스, 편직의류 underwear는 물론 양장지나 양복지에 응용하면 경량감 및 청량감 발휘

다. 스포츠용 내, 외의에 적용시 땀을 쉽게 흡수하고 소취기능이 있으며 가볍고 부드러워 운동효과를 높여줌

라. 니트소재로서 용도전개가 용이, 티셔츠, 내의, 양말 등에 적용

2.2. 대나무의 항균성

대나무의 줄기나 껍질, 조릿대의 잎에는 살균작용이 있으며, 벼과의 다른 식물보다 탁월한 항산화성과 방부력을 발휘한다. 죽림 속에서는 동물이 죽더라도 잘 썩지 않는 것으로 알려져 있으며, 고기를 낚을 때 다래기 바닥에 조릿대 잎을 깔아 두면 비린내를 없앨 수 있다. 또 물고기를 선물로 할 때 조릿대 잎을 1장 넣어 두면 신선도는 오래 간다.

옛날 사람들은 여행을 나설 때 죽순 껍질로 도시락밥을 싸고 대나무통에 마실 물을 넣어 다녔다. 문명의 발달로 이러한 모습들이 우리들 눈앞에서 사라져 버렸지만 인도네시아나 말레이시아 등 동남아시아의 원주민들은 아직도 대나무통을 잘라 물통으로 사용하고 있으며, 일본에서는 최고급 생과자나 금방 만든 찰떡의 포장에 이용하고 있다.

오늘날에도 대나무나 조릿대는 식품을 오래가게 하는 순 천연의 보존제로서 이용되고 있다. 이것은 대나무나 조릿대에 들어 있는 규산이나 염면에서 발산되는 테르펜이라 불리는 물질과 함께 항균성과

항산화성이 탁월한 성분인 폴리페놀이 함유되어 있기 때문이다. 적포도주나 녹차에도 이 폴리페놀 성분이 다량 함유되어 있다.

대나무나 조릿대는 울창한 산림을 집으로 하는 동물에게도 귀중한 영양원이다. 곰이 겨울잠에 대비하여 음식을 끊기 전이나 겨울잠에서 깨어나 맨 처음 음식을 먹을 때는 대잎 외에는 먹지 않는다고 한다. 영양분도 섭취하고 빈속에 먹어도 탈이 없기 때문이다. 또, 소나 말이 병이 들어 음식을 먹지 못하게 된 때도 약제보다도 조릿대의 잎을 주는 것이 회복이 빠르다고 한다.

실제로 대나무의 항균성을 증명하기 위하여 일본의 한 유명식품회사에서는 맹종죽의 짙은 녹색의 표피로부터 항균성분을 추출하여 항균작용이 미치는 범위를 조사한 결과, 맹종죽 중의 항균성분이 퀴논유도체임을 밝혀냈다. 퀴논이란 동식물과 미생물계에 널리 분포하고 있는 화합물로 일반적으로는 염료로 알려져 있다. 맹종죽 중의 항균성분은 벤조퀴논의 분자내 일부가 변화한 유도체인데, 천연물로 매우 강력한 항균작용을 가지고 있다.

특히 그람양성균, 효모, 백선균에 커다란 효과를 지니고 있음이 밝혀져 있다. 또한 맹종죽 추출물의 급성독성(급성독성의 평가단위는 반수치사량 LD50으로 표기한다. 실험용 쥐 등에 약제를 경구 투여하여 반수가 치사한 양을 체중 1 kg당으로 산출한 수치로, 이 수치가 높을수록 안정성이 높은 것으로 평가된다) 및 변이원성(일정 조건 하에서 돌연변이를 일으키는 지의 여부를 조사하는 시험으로 직접적인 독성보다는 오히려 장기적, 유전적으로 해가 있는지 여부를 확인하는 지표로 이용된다)에 대한 안정성을 조사한 결과, 맹종죽추출물의 급성독성치는 LD50 5,000 mg/kg을 초과하여 식염의 급성독성 LD50 4,500 mg/kg, 커피의 카페인 LD50 1,950 mg/kg에 비하여 높은 안정성을 나타내고 있다. 또한 3종류의 균체를 이용한 변이원성 시험결과 맹종죽 추출물에서는 변이원성이 전혀 관찰되지 않았다.

2.3. 제조공정 및 물성

대나무로부터 섬유를 얻기 위한 방법으로는 레이온 제조기술을 이용하거나 텐셀 제조 방법을 사용한다. 제조방법에서의 문제점으로는 다른 식물성 섬유보다 리그닌의 양이 많고(35~40%), 셀룰로스의 양이 작다는 것(40% 정도)이다. 따라서 리그닌 등의 불순물을 충분히 제거하여 주어야 한다. 방사된 대나무 섬유는 면방적 설비를 이용하여 방적한다.

대나무 섬유의 표면은 Figure 1과 같이 축 방향으로 줄 모양 및 홈을 갖고 있으며, 섬유축의 수직 방향으로 마디를 나타내기도 하며 섬유가 갈라지는 형상을 나타내기도 한다.

현재 방사, 방적되어 시판되고 있는 대나무 섬유의 물성은 다음 Table 1과 같으며, 다른 재생 셀룰로스로 섬유보다 높은 결정화도(70% 정도)를 갖고 있다. 그러나 이러한 높은 결정화도에도 불구하고 Figure 2에서와 같이 다른 셀룰로스로 섬유보다 흡진속도가 상당히 빠르기 때문에 불균열이 발생하기 쉬우며, 다른 재생 섬유와 혼용하여 사용할 경우 색차가 발생하기 쉬운 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 Figure 3에서와 같이 반응성 염료 염색시 사용되는 망초의 양을 줄여 주면 초기 염착속도를 낮추어 줄 수 있다. 정련, 표백 등은 레이온을 기준으로 하면 큰 문제는 되지 않는다. 대나무 섬유의 가공은 면, 레이온 가공과 유사하며 유연가공, 효소가공 등을 통하여 태를 향상시킬 수 있다. 효소가공시 사용되는 효소의 양의 면 섬유 가공시 보다 많이(셀룰라아제 10 g/l 사용시 10% 감량) 사용하여야 하며, 유연가공제의 사용량은 면 섬유 가공 보다 작아도 유연성을 부여할 수 있다.

3. 산업용 대나무 섬유

대나무 섬유는 다른 천연섬유에 비하여 높은 강도를 갖기 때문에 의류용 보다는 산업용으로의 용도전개가 더 활발하다. 대체로 수지의 보강재로 사용되며, 사용되는 대나무 섬유의 제조공정은 의류

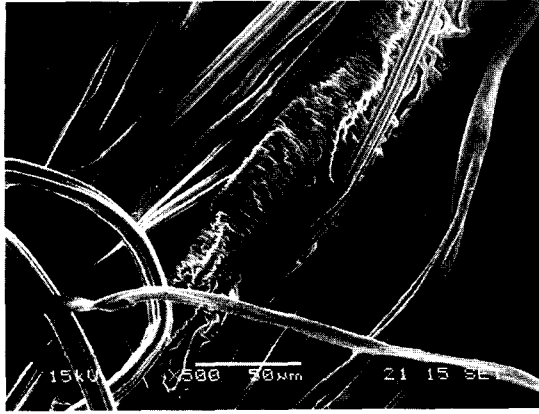


Figure 1. 대나무 섬유의 형태.

Table 1. 의류용 대나무 섬유의 물성

Dry tensile strength (CN/dtex)	2.33
Wet tensile strength (CN/dtex)	1.37
Dry elongation at break (%)	23.8
Linear density percentage of deviation (%)	-1.8
Percentage of length deviation (%)	-1.8
Overlength staple fiber (%)	0.2
Overcut fiber (mg/100g)	6.2
Residual sulfur (mg/100g)	9.2
Defect (mg/100g)	6.4
Oil-stained fiber (mg/100g)	0
Coefficient of tenacity variation(CV, %)	13.42
Whiteness (%)	69.6
Oil content (%)	0.17
Moisture regain (%)	13.03

용 섬유와는 다르다. 일반적으로 알칼리 처리를 한 후 compression molding technique(CMT), 또는 roller mill technique(RMT) 공정에서 리그닌 등을 제거하여 사용한다. 두 방법 모두 공정 중에 압력을 가하게 되며 과도한 압력은 섬유의 절단, 표면의 손상 원인이 되므로 주의하여야 한다.

CMT 제조공정은 두개의 판을 10톤 정도의 압력으로 압축하는 방법으로 압력을 가하는 시간과 판 사이에 놓여지는 대나무 섬유의 두께를 조절하여 섬유를 얻는다. 10톤 정도의 압을 사용할 때에는 압축시간은 10초 정도, 대나무 섬유의 두께는 1.5~2cm 정도가 적당하다.

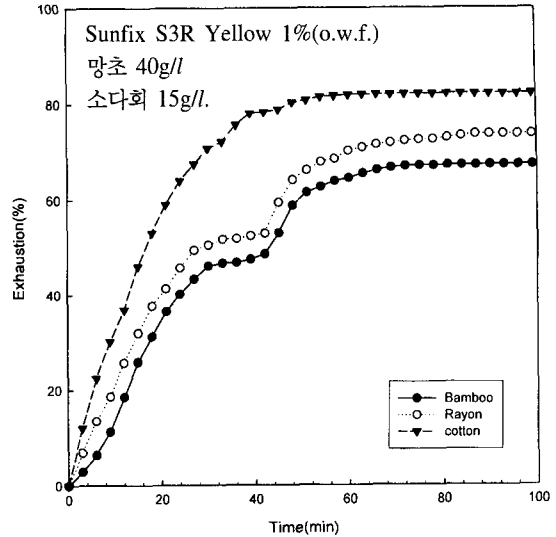


Figure 2. 셀룰로오스계 섬유의 염착곡선.

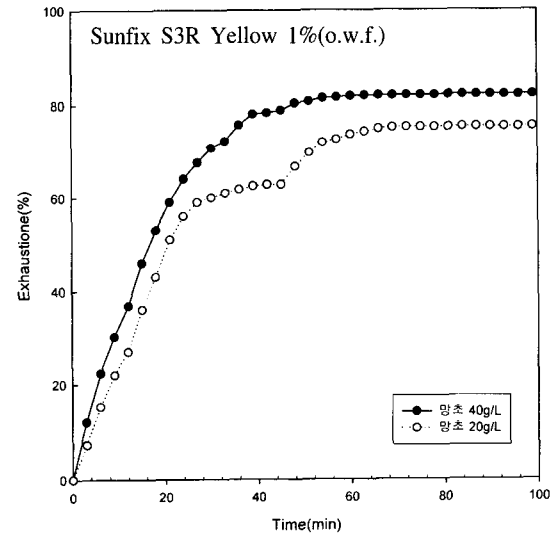


Figure 3. 망초의 양에 따른 염착속도의 변화.

RMT 방법은 두개의 롤러 사이로 알칼리 처리된 대나무 섬유를 통과시키는 방법이다. 이때 사용되는 롤러의 직경은 7 cm, 롤러 간격은 0.1 mm, 알칼리 처리된 대나무 섬유의 두께는 0.75 mm, 롤러 회전속도는 60 rpm이 적당하다.

두 방법중 CMT에 의하여 얻어진 대나무 섬유의 길이(8~20 cm)가 RMT에 의하여 얻어진 대나

Table 2. 공정에 따른 섬유의 직경 및 강도

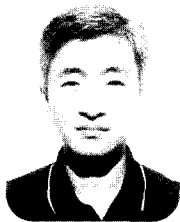
공정	평균 직경(mm)	평균 강도(MPa)
CMT	0.14915	644.8
RMT	0.09336	370.1

무 섬유의 길이(< 8.5 cm)보다 긴 것으로 알려져 있다. 따라서 사용되는 용도에 따라 공정을 택하여야 한다. 또한 Table 2에서 보는 바와 같이 섬유의 직경이 CMT에서 얻어진 결과가 RMT에서 얻어진 섬유 보다 굵으며, tensile strength도 크다. 제조된 대나무 섬유는 대부분 수지(고분자 필름)와 복합 성형재료로 사용된다.

참고문헌

1. S. Jain, R. Kumar, and U. C. Jindal, *J. Master Sci.*, **27**, p.4508(1992).
2. U. C. Jindal, Proc. of International Bamboo Workshop, pp.231-234, 1988.
3. K. S. Bashar, M. A. Khan, and K. M. Idriss Ali, *Polym. Plastic Technol. Eng.*, **35**(4), p.581(1996).
4. F. G. Shin, W. P. Zheng, and M. W. Yipp, *J. Master Sci.*, **24**, p.1481(1989).
5. J. Roe and M. P. J. Anesll, *J. Master Sci.*, **20**, p.4015(1985).
6. P. Ghosh and P. K. Ganguly, *Plastics, Rubbers and Composites Processing and Application*, **24**, p.171(1993).
7. W. H. Zhu, B. C. Tobis, and R. S. P. Coutts, *J. Master Sci. Lett.*, **14**(7), p.508(1995).
8. J. Kuruvilla, T. Sabu, C. Ravithran, and M. Brhmakumaa, *J. Appl. Polym. Sci.*, **47**(10), p.1731(1993).
9. F. Nogota and H. Takahashi, *H. Comp. Eng.*, **5**(7), p.743(1995).
10. S. Amada, Y. Ichikawa, T. Munekata, and Y. Shimizu, *Composites Part B*, **28B**, p.13(1997).
11. P. S. Bangarshetti and C. Rao Lakshmana, National Symposium on Structural Mechanics, Bangalore, 1994.

약 력



이 정 인

1989. 숭실대학교 섬유공학과(학사)
 1992. 숭실대학교 섬유공학과(석사)
 1991-현재. 한국생산기술연구원 환경염색
 가공팀 선임연구원