

닥 섬유제품 및 기능성 평가

김현철 · 김우영 · 김수봉 · 오영수

한국니트산업연구원

1. 서 론

최근의 섬유소재는 생활수준의 향상과 문명의 발달로 친환경적이고 인체에 무해한 의복 착용 및 생활용품의 수요가 증가하고 있는 실정이고, 그에 따른 천연섬유의 개발과 기능성 강화에 대한 연구 개발이 중심을 이루고 있다.

전통적 천연섬유 소재로 닥펄프를 이용하여 제조 되는 한지는 pH가 7.5~9.0인 중성지로 양지(pH4.5.5)에 비하여 수명이 길고 보존성이 우수하여 일본의 화지를 제외하고는 세계적으로 유례가 없을 정도이다¹⁾.

현재 한지의 국내 생산 기술은 전통적으로 전해 오는 손으로 뜨는 수초지 제조방식과 양지 제조기술을 접목시켜 대량생산 가능한 기계한지 제조방식으로 구분할 수 있다.

한지의 용도는 이전의 기록(종이) 기능 이외에도 서화, 창호지, 벽지, 차광지, 명함지, 포장지, 공예품 등의 용도 확대가 이루어지고 있으나 저가 중국산 제품 유입, 연구투자 미흡, 닥나무 경작지 감소에 따른 원료수급문제, 환경규제 강화 등으로 한지업체 및 종사자의 감소를 나타내고 있다²⁾.

전통한지를 이용한 지의(紙依)의 착용은 조선시대에는 보편화 되어 있었고 겨울철에 솜을 대신하여 한지를 넣어 만든 옷을 입었다고 하며, 한지로 만든 갑옷 착용과 비옷을 대신한 한지에 기름을 먹여 만든 지유삼을 입었다고 한다³⁾.

한지는 인체에 무해한 대표적 친환경적 천연 섬유소재로 황토수준의 원적외선 방출, 항균성, 소취 성능, 흡한속건성, 용이한 염색성 등 다양한 기능성을 보유하고 있다.

종래의 한지를 이용한 섬유제품에의 적용은 한지 자체를 재단하여 섬유제품을 제조하거나 패션공예가들에 의해 전통방식으로 제조된 한지를 이용하여

한지원단 자체를 재단하여 수작업에 의해 한지를 잘라서 꼬임을 부여한 실을 만들어 제품화하였으나 염색성 및 세탁성의 문제와 대량생산에의 한계에 봉착하였으나 최근에는 국내 대표적 한지의 고장인 전북지역의 연구소, 한지제조기업, 섬유제조기업, 대학 등의 유기적 협력 하에 대량생산 지사 개발에 따른 섬유제품화에 성공하여 의류용 뿐만 아니라 인테리어용, 생활용품, 산업용 등 다양한 용도 창출이 가능하고 고기능성 닥 섬유제품의 대중화 및 실용화가 기대되고 있다.

본 고에서는 닥 섬유제품의 대중화를 위하여 한지원료(닥나무) 현황, 한지제조방법, 지사(Paper yarn) 제조방법, 닥 섬유제품 개발현황 및 닥 섬유제품의 기능성 분석에 대하여 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 한지원료 및 전통한지 제조방법

2.1.1 한지원료(닥나무) 현황

한지의 주원료인 닥나무(Paper mulberry)는 과거에는 전국에 분포되어 재배되었으나 오늘날에는 집약재배가 이루어지지 않고 있어 90% 이상이 동남아 및 중국 등의 수입에 의존하고 있는 실정이다. 최근에는 한지의 우수성 인식과 닥 섬유제품 개발에 따른 대량소비 가능성으로 전북지역을 중심으로 지자체의 닥나무 식재 사업이 추진되고 있고 닥펄프 공정의 자동화 등 다양한 검토가 이루어지고 있어 국내산 닥펄프의 소비는 점차 증가할 것으로 예상된다.

닥나무는 잎의 성상에 따라 진저, 적저, 요저, 흑저 등으로 구분하나 국내 한지업체에서는 통상 참닥과 부닥으로 구분하고 있고 닥나무 인피섬유와 관련된 연구는 다양하게 연구되어 왔다^{4,6)}.

닥펄프 제조과정은 닳나무 채취, 피닥의 조제, 백피의 제조, 펄프화 및 세척의 공정을 거치나 각 공정에서의 수작업을 탈피한 대량생산 체계의 구축이 필요한 실정이다.

국내 닳나무의 재배지 격감으로 인하여 국산 닳 공급이 한계점에 이른 점을 고려하여 국산 닳나무 재배지를 확대하고 수확의 기계화 및 펄프공정의 기계화로 국내산 닳 생산원가를 절감이 가능하고 닳나무 조성에 따른 생산농가의 수익 창출에도 일조 가능하다.

위와 같은 기계화되고 집적화된 생산지 조성의 경우 타 농작물에 비하여 높은 수익창출이 가능하나 4년차부터 닳나무 수확이 가능한 것을 감안하면 쌀과 비교하여 2~3배의 수익이 가능할 것으로 예상된다.

Table 1에 닳나무(흑피기준)와 기타 농작물과의 수익성을 비교하였다.

Table 1. 닳나무 및 농작물 수익성비교(300평기준)

구분	닥나무	벼	양파	고추	인삼
소득	4,050	545	1,297	1,571	6,000
순수익	1,785	291	860	715	2,800

※ 전북발전연구원 및 통계청(2005년)(단위:천원)



Fig. 1. 한지원료 닳나무(Paper mulberry).

국내산 닳나무 생산의 확대를 전통한지 및 기계한지의 품질향상과 닳 섬유제품화에 따른 대량소비로 1차산업(닥나무경작), 2차산업(한지 및 섬유제조업), 3차산업(패션 및 마케팅)의 연계된 산업 활성화가 기대된다.

2.1.2 전통(수록)한지제조

2.1.2.1 거두기 및 닳무지

매년 12월부터 다음해 상순경에 그 해 자란 1년생 닳나무 가지를 베어내고 닳무지를 하여 수피를

벗겨내면 흑피가 되고, 다시 겉껍질을 벗겨내면 백피가 된다.

2.1.2.2 닳삶기

1~2일 동안 물에 충분히 불린 백피를 적당한 크기로 자른뒤 솥에 넣어 2~3시간 정도 삶는다. 이때 삶는 액으로 잣물을 이용하는데 옛날에는 벗짚, 메밀대, 콩대 등을 태운 재로 우려낸 잣물을 사용하였으며, 최근에는 가성소다, 소다회 등을 많이 사용하고 있다.

2.1.2.3 씻기 및 씻우기

삶아진 백피를 흐르는 물에 담가 잣물기를 씻어낸 후에 2~3일정도 골고루 뒤집어주면 원료 전체에 햇빛이 고루 내려 짝어져 하얗게 표백이 된다.

2.1.2.4 티고르기

원료속에 남아있는 표피, 티꺼리 등의 잡티를 손으로 제거해 주는 공정으로 매우 정성을 들어야하며, 한사람의 작업량이 1kg에 불과하므로 한지 제조공정 중에서 가장 시간이 많이 소요된다.

2.1.2.5 두드리기

티를 골라 낸 원료를 물을 짜낸 후 닳돌이나 나무판등과 같은 평평한 곳에 올려두고, 1~2시간 정도 골고루 두들겨 주면 섬유질이 물에 잘 풀어지는 상태로 된다.

2.1.2.6 원료넣기

잘 두들겨진 원료를 종이 뜨는 지통에 넣은 후, 막대기로 잘 저어 고르게 분산시키고 이 때 섬유끼리의 분산과 종이 뜰 때 발에서 물 빠짐을 잘 조절할 수 있도록 닳풀즙을 넣은 후 고르게 잘 저어준다.

2.1.2.7 종이뜨기

원료와 닳풀이 잘 혼합되어 있는 지통에 종이뜨는 발을 담구어 전후좌우로 흔들며 종이를 떠낸다. 떠낸 종이 사이사이에는 베게로서 왕골을 끼워서 나중에 떼내기 쉽게 해준다. 전통기법인 외발뜨기는 하나의 줄에 발틀 끝 부분을 매단 후, 먼저 앞물을 떠서 뒤로 버리고 좌우로 흔들며 떠낸 옆물을 떠서 반대쪽으로 버리는 동작을 반복하여 종이를 떠낸 후, 2장을 반대방향으로 겹쳐서 1장의 종이로 만들어내는 방법이다.

2.1.2.8 물빼기

떠낸 종이를 쌓아가다가 일정한 높이가 되면 널판자 사이에 넣은 후, 무거운 돌을 올려두거나 지렛대를 사용해 하룻밤 동안 눌러서 물을 빼준다.

2.1.2.9 말리기

물기를 빼낸 종이를 한 장씩 떼어내어 말리는 공정으로 옛날에는 방바닥, 흙벽, 목판등에 널어서 말렸으나, 최근에는 대부분 철판을 가열하여 말리는 방식을 사용한다.



Fig. 2. 전통한지 제조공정.

말린 종이는 그대로 사용하기도 하지만 도침이나 염색과 같은 가공을 한 후에 사용하기도 한다.

2.2 기계한지 및 지사제조방법

2.2.1 기계한지제조

한지의 대량생산을 위한 기계한지 제조공정은 고해 공정, 초지공정, 탈수공정 및 건조공정으로 구성되고 벽지, 필터지, 인쇄지 등 다양한 용도로 사용되고 있다.

양지의 원료인 목재펄프와 달리 닥나무 인피섬유 같은 장섬유를 사용하면 일반적으로 결속섬유가 발생하여 지합이 나빠지는데, 초지시 첨가하는 닥풀은 섬유간 응집을 방지하고 지합이 우수한 종이를 만들 수 있다. 또한 한지는 양지제조와 달리 종이의 섬유간 결합촉진제를 사용하지 않고 닥나무 인피섬유와 접제인 닥풀의 상호작용만으로도 건조 및 습윤강도가 발현된다⁶⁾.

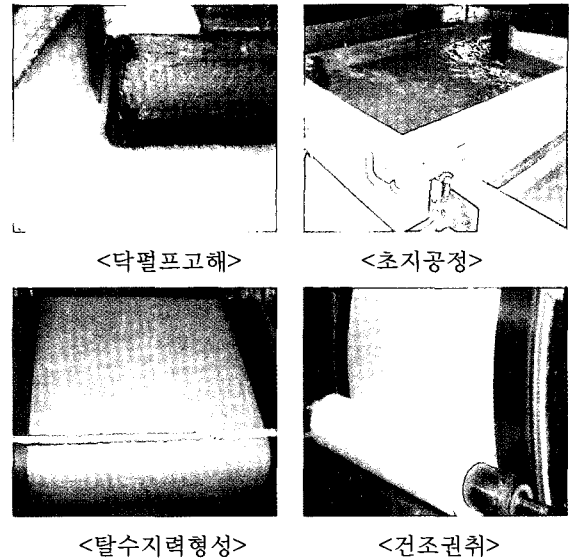


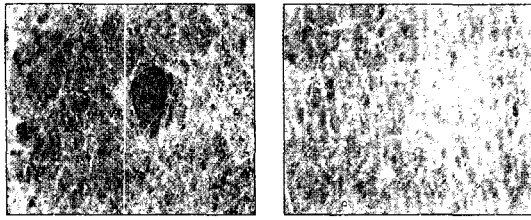
Fig. 3. 기계한지 제조공정.

기존의 기계한지는 닥 섬유가 일정한 방향성을 갖지 못하고 랜덤하게 배열되어 지사로 제조 시 강도 등 물성의 부족과 15g/m² 이하의 저 평량 종이의 제조 시 원지의 물성 및 형태안정성이 저하되고 한지 내 닥 섬유의 분포가 불균일한 특징을 나타내었으나 고해 및 초지공정에서의 특수 Hopper 및 Shaker의 채용과 저 평량 한지제조와 평활성 및 제품결점을 최소화하기 위한 고밀도 메쉬로 된 와이어 및 금망의 채용으로 일정 길이방향으로 섬유배열을 통한 기존 기계한지 대비 70~80%의 강도향상과 10g/m² 이하의 저 평량 한지제조 및 조롱 등의 결점이 없는 지사용 한지제조가 가능하였다.

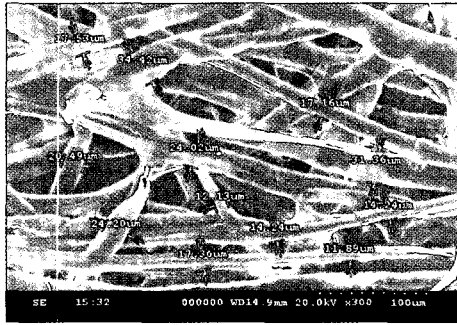
Fig. 4에 동일 평량 13g/m²의 기존 기계한지와 지사용 기계한지의 표면 사진을 나타내었다. 한지 표면의 결점이 적고 섬유 배향도가 향상되어 있음을 알 수 있다.

평량 13g/m²의 지사용 기계한지는 섬유소 굵기가 10~35μm 정도이고 슬리팅 후 꼬임 부여에 의한 지사는 매끄럽고 균일한 표면을 유지하고 있으며 원사의 섬도는 40N_m 정도이고 약 200~240μm 정도의 원사의 굵기를 보였으며 Fig. 5에 지사용 기계한지 및 지사 표면의 SEM 사진을 나타내었다.

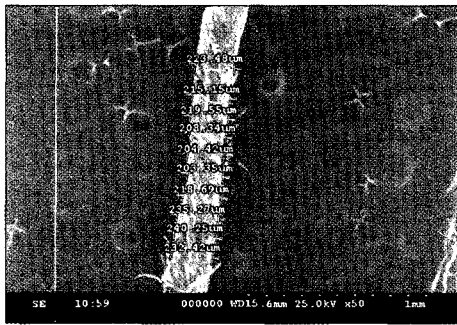
Fig. 6은 기존의 기계한지와 개선된 지사용 기계한지의 비인장강도를 나타낸 것으로 지사용 기계한지의 인장강도 물성이 크게 향상되었음을 알 수 있다.



<기존기계한지> <지사용기계한지>
Fig. 4. 기존 및 지사용 기계한지 표면.



<지사용 기계한지 섬유소형태, 300배>



<지사의 단면형태, 50배>

Fig. 5. 지사용 기계한지 및 지사 SEM 사진.

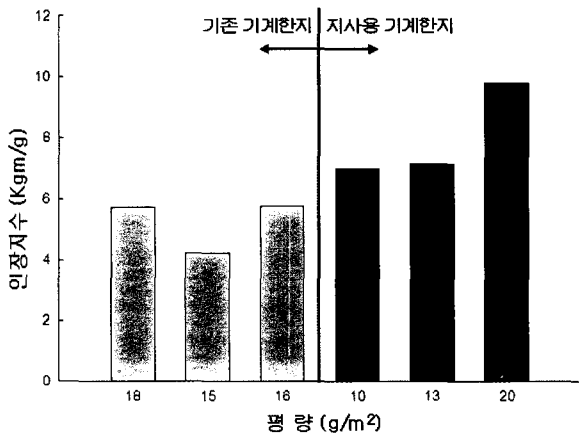


Fig. 6. 기계한지 비인장강도 비교.

2.2.2 (한)지사제조방법

대량권취된 한지원지를 균일한 폭으로 슬리팅 권취 후 연사공정에 의해 지사(Paper yarn)를 제조한다. 지사의 섬도는 한지평량과 슬리팅 폭에 의해 의

존하며 지사의 균제도는 연사공정에서의 적정 꼬임에 영향을 받는다. Fig. 7에 지사의 제조공정에 대해 나타내었다.

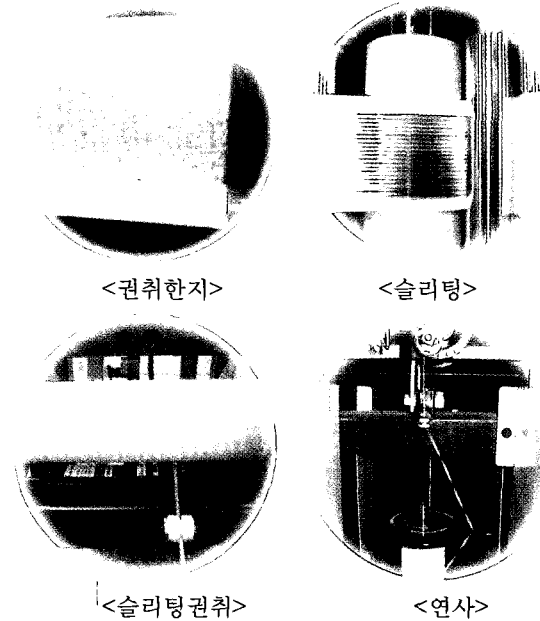


Fig. 7. 지사(Paper yarn)제조공정.

지사의 의류용 적용을 위하여 기계한지 평량은 10g/m², 13g/m², 15g/m²이 적당하고 인테리어용으로는 20g/m² 이상이어도 무방하다. 슬리팅 폭은 1.3~4mm 등으로 다양하고 4mm 이상이 되면 연사기를 사용한대량 원사제조가 어렵고 Fig. 8에 슬리팅 권취상태와 제조된 지사를 나타내고 있다.

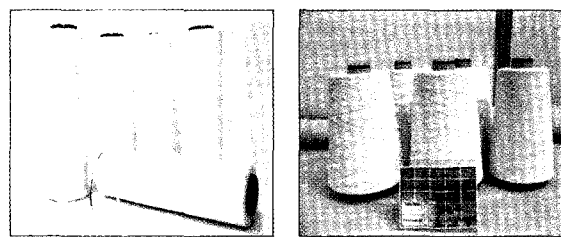


Fig. 8. 슬리팅권취 및 제조 한지사.

이와 같이 제조된 한지사는 섬도 10~60Nm 사이의 원사제조가 가능하고 용도에 따라 한지 평량과 슬리팅 폭을 조정하여 다양한 굵기의 원사제조가 가능하고 내의류, 외의류, 바지류, 개량한복, 수의, 직물제품 이외에도 벽지, 커튼, 침장류 등 인테리어 생활용품, 양말제품, 일부 니트제품 등의 다양한 용도에의 적용이 가능하다.

Fig. 9는 원지 평량 13g/m²이고 슬리팅 폭 2mm인

화지사와 기존의 기계한지(1) 및 장치개선에 의한 지사용 기계한지(2,3)의 강도를 나타낸 것으로 개선된 기계한지 지사는 화지사와 동등 수준의 강도를 나타내었다.

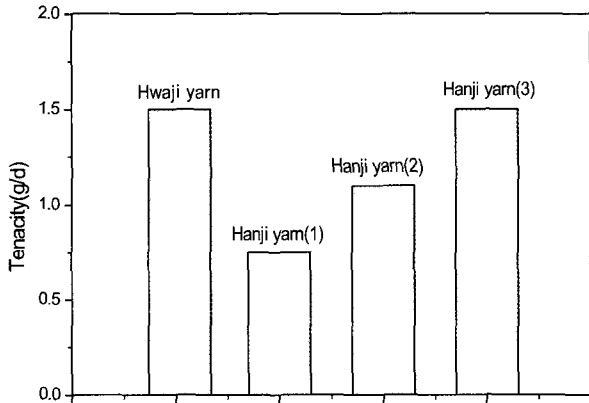


Fig. 9. 스피닝권취 및 제조 한지사.

2.2.3 복합사제조

한지사 100%의 경우 저신도 및 신축성의 부족으로 환편, 스웨터, 고급양말의 제조에는 작업성 등의 문제점 발생으로 위와 같은 신축성 보안을 위한 복합사 제조가 필요하다. PTT, Nylon, PET 필라멘트사/닥 섬유 원사 복합을 통해 닥 섬유 원사의 강신도 향상 및 기능성 보완과 Cotton/닥 섬유 원사 복합을 통해 닥 섬유의 유연성 및 강신도를 향상 시켜 제직 및 제편성 향상 및 Metal yarn/닥 섬유 원사 복합을 통해 닥 섬유 원사에 광택을 부여하여 심미적 효과 부여가 가능하다. Fig. 10은 다양한 형태의 원사들과 한지사의 복합사를 나타내고 있다.



Fig. 10. 다양한 형태의 한지 복합사.

2.3 닥 섬유 시제품개발 현황

한국니트산업연구원에서는 친환경 천연 섬유소재인 한지사를 이용하여 다양한 형태의 닥 섬유시제품을 개발하고 있고 다양한 기능성을 보유하고 있는 닥 섬유제품의 용도는 고부가가치 의류용 이외에

도 스포츠분야, 인테리어 등 환경분야, 실버분야, 의료분야, 산업용 분야 등 다양한 제품개발이 가능하다.

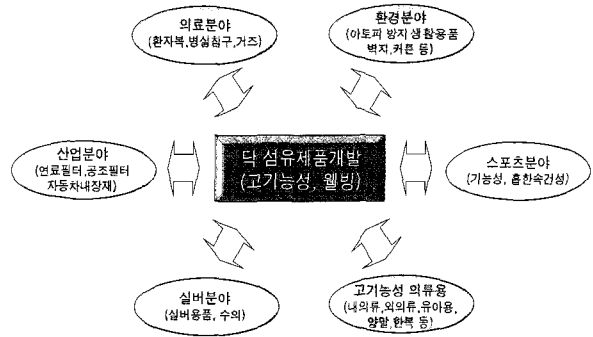


Fig. 11. 닥 섬유제품의 다양한 용도.

한국니트산업연구원에서는 닥 섬유제품의 대중화를 위하여 2005년에는 제1회 국제 한브랜드 박람회에 참가하였고 2006년에는 전주한지문화축제에 참가하여 대중적 관심 유도와 기업에의 기술이전(특허기술)을 추진하고 있다.

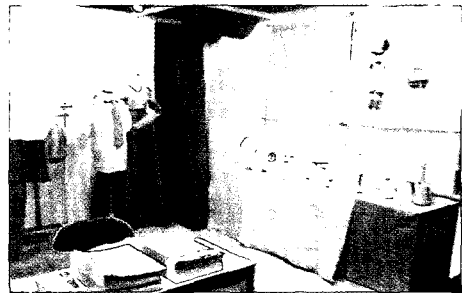


Fig. 12. 2005 국제한브랜드 박람회(COEX).



Fig. 13. 2006 전주한지문화축제.

Fig. 14는 현재 개발 중인 닥 섬유 시제품 현황을 나타낸 것으로 직물제품, 환편제품, 양말 등의 용도와 유아복, 개량한복, 외의류, 여성복 등 다양한 제품군을 보여주고 있다.



Fig. 14. 닥 섬유 시제품개발 현황.

2.4 닥 섬유제품 기능성 평가

2.4.1 원적외선 방사율

원적외선은 인체의 생리작용을 활성화시키고 살균력 등을 지니고 있는 기능성으로 황토, 숯 및 자기 등에서 많이 방출되고 있다. 원적외선 방사율은 FT-IR spectrometer를 이용하여 40℃에서 시험하였으며 닥 섬유 직물원단을 Black body 대비 측정된 결과로 Fig. 15에 한지사 원단과 다양한 재료의 원적외선 방사율을 나타내었고 한지직물은 황토수준의 우수한 원적외선 방사율을 보였다.

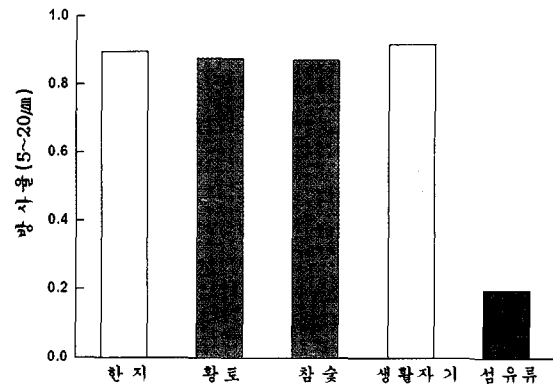


Fig. 15. 각종 재료의 원적외선 방사율.

2.4.2 탈취율(가스검지관법)

닥 섬유 직물원단의 가스검지관법에 의한 탈취율 평가를 Table 2에 나타내었다. 생활속에서 불쾌감을 주는 3대 악취 중 하나인 암모니아에 대한 제거율은 99.5% 이상으로 매우 우수함을 보였고 환경유해 물질인 포름알데이드, 벤젠, 톨루엔에 대하여 15~30%의 제거율을 나타내었다.

Table 2. 닥 섬유제품의 소취성능.

암모니아	>99.5 %
포름알데히드	33.3 %
벤젠	15.0 %
톨루엔	15.0 %

2.4.3 건조성능

닥 섬유제품의 건조성능을 평가하기 위하여 유사한 조직과 중량을 가진 면 및 PET 원단과의 수분에 대한 증산성(보켄법II)을 평가한 결과 닥 섬유 원단은 면섬유의 2배 이상의 발산성을 나타내어 쾌적감을 주고 적절한 수분 함유율을 지니고 있어 보습성이 있음을 알 수 있다.

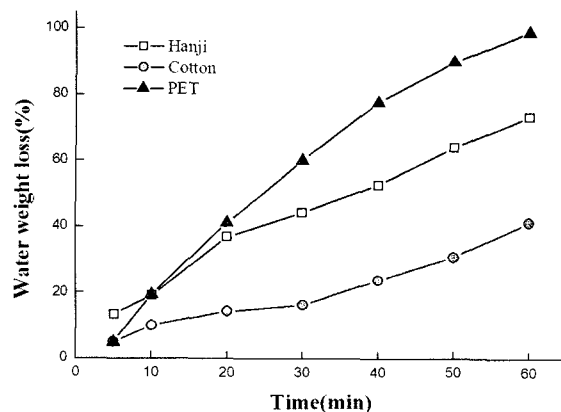


Fig. 16. 닥 섬유제품의 건조성능.

2.4.4 항균성

닥 섬유제품의 항균성 평가는 KS K 0693-2001에 의거하여 시험하였고 균주는 Staphylococcus aureus ATCC 6538과 Klebsiella pneumoniae ATCC 4352를 사용하여 표준포인 면에서의 감소율과 상대적 비교를 통하여 정균 감소율을 시험하였다. 한지원료인 닥펄프 한지사로 섬유제품 제조의 경우 한지자체에 각 균주에 대하여 18시간 후 99.9%의 정균 감소율을 나타내었다.

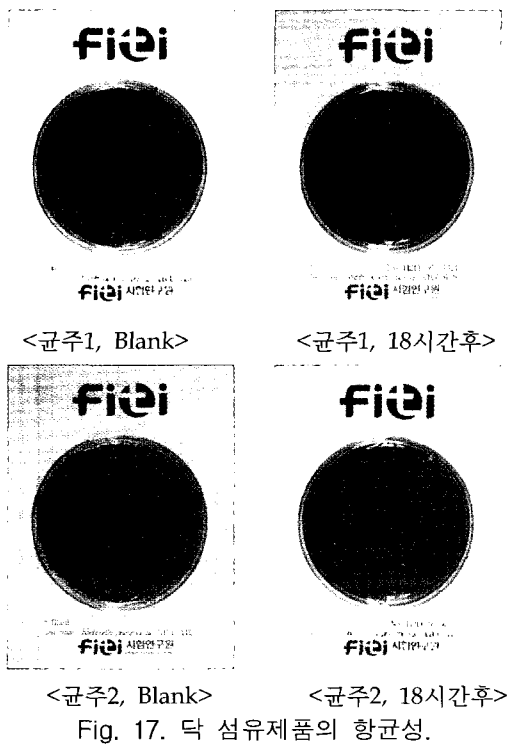


Fig. 17. 닥 섬유제품의 항균성.

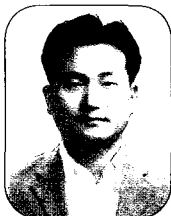
3. 결 론

최근 섬유 소비 시장은 기능성을 보유한 신소재개발이 시급한 실정이고 이에 부합하여 닥나무를 원료로 한 (한)지사는 친환경 생분해성 소재로 원적외선 방출, 항균성, 소취성, 흡한속건성 등 우수한 기능성을 보유하고 있고 한지는 대표적인 우리나라 고유의 종이로 지사의 개발을 통한 섬유제품화로 불황을 겪고 있는 섬유업체와 한지업체의 동시 활성화가 기대되고 있다. 특히 전북지역은 전통적으로 한지의 고장인 동시에 천연섬유(니트)산업이 발달한 지역으로 한국니트산업연구원을 중심으로 한지업체, 섬유업체, 대학 등이 유기적 협력체계 시스템을 구축하여 닥 섬유제품의 대중화 및 실용화를 위하여 지속적인 공정개발과 다양한 용도의 제품개발에 노력 중이고 국내 섬유산업의 활성화에 기여가 예상된다.

참고문헌

1. 조남석, "닥나무과를 이용한 전통한지 제조기술의 개선에 관한 연구", *J. Con. Sci.*, **4**, 122-134(1995).
2. 전철 등, "전통한지와 개량한지의 물성비교", *J. Life Sci. & Nat. Res.*, **21**, 110-124(1998).
3. 이유라 등, "한지의 기능성 제품화 워크샵", 기술 표준원, 2004.
4. 충북대 임산물연구소, "특수임산섬유 이용개발에 관한 연구", 문교부 보고서, 10, 1968.
5. 박병익, "닥나무 섬유의 변이에 관하여", *한국임학회지*, **20**, 1-6(1975).
6. 우지형, "발효에 의한 인피섬유 정련에 관한 연구", *Kor. Tappi*, **4**, 12-17(1972).

저자소개



김 현 철
 1998 전북대학교 섬유공학과 졸업
 1999 동경공업대학 유기재료과 교환학생
 2001 전북대학교 섬유공학과(석사)
 2000~2001 (주)효성섬유연구소 산지연구팀 연구원
 2004 전북대학교 섬유공학과(박사수료)
 2001~현재 한국니트산업연구원 소재공정개발팀 연구원
 Tel. : 063-830-3516; Fax. : 063-830-3540
 E-mail: adhckim@knicenter.re.kr



김 우 영
 1984 단국대학교 섬유공학과 졸업
 1986 단국대학교 섬유공학과(석사)
 1993 단국대학교 섬유공학과(박사수료)
 1991 전북산업대 시간강사
 2001 (주)동광플라스틱 연구개발실장
 2003~현재 한국니트산업연구원 기업지원센터장
 Tel. : 063-830-3515; Fax. : 063-830-3540
 E-mail: kwyeo@knicenter.re.kr



김 수 봉

2002 전북대학교 섬유공학과 졸업
 2004 전북대학교 섬유공학과(석사)
 2003~현재 한국니트산업연구원
 소재공정개발팀 연구원

Tel. : 063-830-3500; Fax. : 063-830-3540
 E-mail : zcbmljga@knicenter.re.kr



오 영 수

1977 서울대학교 섬유공학과 졸업
 1985 미) Tufts univ. 대학원
 졸업(석사)
 1977~1998 SK케미칼 입사 및
 상품기획팀장
 1998~2000 SK케미칼 섬유연구소장
 2000~2004 휴비스 섬유연구소장
 2005~현재 한국니트산업연구원 원장

Tel. : 063-830-3500; Fax. : 063-830-3540
 E-mail : ysoh@knicenter.re.kr