

친환경 셀룰로오스 섬유(리오셀 섬유)

조성무

한국과학기술연구원 고분자하이브리드센터

Ecofriendly Cellulose Fibers (Lyocell Fiber)

Seong Mu Jo

PolymerHybrid Center, Korea Institute of Science and Technology

레이온(인견)은 1891년에 처음 개발된 후, 1904년에 영국 코틀즈 섬유 회사에 의해 상업화에 성공한 재생 셀룰로오스 섬유로 인류 최초의 인조섬유이다. 셀룰로오스는 광합성에 의해 합성되는 천연 고분자로서 목재 펄프나 면 린터의 형태로 인견섬유 제조 원료로 사용된다. 레이온은 표면이 매끄럽고 외관 광택 및 촉감이 실크처럼 좋으며 드레이프성이 우수하고, 흡습성이 좋아 정전기 발생이 적으므로 착용시 안락감을 주는 우수한 섬유소재이다. 그러나, 보온성이 적어 찬 느낌과 쉽게 구김이 가고, 마찰에 약하고 습윤시 강도가 크게 저하되고 탄력성이 떨어지며 염색견뢰도가 약하고 형태안정이 불안정한 단점도 지니고 있다. 그러나, 인견은 고급 의복, 안감, 레이스, 타올, 침대 커버, 담요, 커튼, 공업용필터, 부직포, 병원용품 등 다양한 섬유 분야에서 지난 100년 이상 매우 요긴하게 활용되어 왔다.

대표적 인견인 비스코스 레이온은 <그림 1>에서 보듯이, 정제된 펄프를 17.5%의 가성소다 용액에 침지하여 알카리 셀룰로오스로 변환시켜 일정한 온도와 시간 동안 노성시킨 후, 이황화탄소와 반응시켜 크산테이트로 만들고 이것을 묽은 가성소다 용액에 숙성시켜 방사용액을 제조한 후, 노즐을 통해 응고액속으로 압출 후 응고시켜서 섬유형태로 셀룰로오스를 재생시켜 제조한다. 그러나 기존의 레이온 제조공정은 셀룰로오스를 용해시키기 위해 셀룰로오스 크산테이트산 나트륨 같은 유도체(비스코스)를 합성하여 섬유형태로 성형 후 재생하므로 유독한 화학 약품을 많이 사용하므로 인체에 유해할 뿐만 아니라 공해를 유발시키는 경

우가 많아 선진국에서는 이미 대부분 생산공장을 폐쇄하였거나 후진국(동유럽, 또는 아시아)쪽으로 공장을 이전시켜 생산하고 있다. 최근 일본 또한 자국내 레이온 공장을 폐쇄하였으며, 우리나라도 유일한 공장인 원진 레이온 공장을 폐쇄하였다. 따라서, 레이온 생산량은 지난 90년대 이래 10 여년 동안 미국, 유럽, 일본은 40~60% 정도 감소되었으나, 후진국에서는 오히려 약 100% 가량 증산되었다. 지역별 생산 비중을 살펴보면 미국, 서유럽, 일본 등 선진국에서의 인견생산 비중이 80년대 70~80%에서 94년에 50%, 98년에는 40%대로 급격히 감소되어 후진국으로 공해산업인 비스코스 공정이 빠르게 이전되었다.

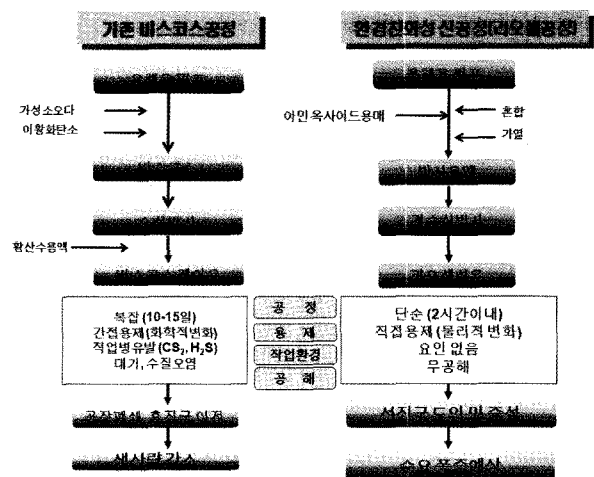


그림 1. 비스코스 공정과 리오셀 공정의 비교

이와 같이 비스코스 레이온은 인류 섬유 역사에서 매우 중요한 위치를 차지하였으나, 환경오염이 극심하고 에너지 소모가 큰 비스코스 공정을 대체할 수 있는 신공정에 의한 셀룰로오스 섬유의 개발이 강력히 요구되어 왔다. 따라서, 섬유제조 과정에서 대기오염 등 환경오염을 피하고 에너지 소모를 최소화하면서, 환경 친화적이면 인체친화적인 고감성의 새로운 셀룰로오스 섬유의 개발연구가 진행되어 왔다.

폴리노직은 비스코스 레이온의 물성을 개선하고자 셀룰로오스에 대한 덜 가혹한 화학 처리 조건을 부여하는 공정을 채택함으로써 원료인 전나무의 아황산 펄프로부터 생기는 공해 물질을 줄일 수 있었으나, 셀룰로오스에 화학 처리과정에서 발생하는 공해 물질의 완벽한 회수는 근본적으로 불가능하고, 공해 물질을 처리 하는 비용이 너무 과다하여 생산 원가가 너무 비싸져서 생산 중단되었다. 이에 비하여 렌쟁사의 모달은 처음부터 공해 물질 회수 공정에 관심을 두고 개발되었기 때문에 아직까지는 생산이 지속되고 있다.

“리오셀” 공정은 비스코스 레이온 공정을 극복하기 위한 환경 친화적인 무공해 공정을 추구로 개발되었으며, 셀룰로오스에 화학 처리를 거치지 않고 직접 용매에 녹이는 방법으로 섬유를 제조하게 됨으로서, 공해 물질 발생을 근본적으로 차단할 수 있었다. 리오셀 섬유는 인공 조립된 삼림에서 만들어지는 목재펄프를 화장품 원료로도 이용되고 있는 무독성 용제인 삼급 아민옥사이드 수화물로 용해하여 방사용액을 제조하고 이를 방사하여 제조한 새로운 셀룰로오스 섬유이다. 리오셀 섬유는 60년대 이후 급격히 팽창한 저가의 화학섬유, 생산비의 상승과 화학섬유의 생산으로 발생하는 각종 환경 공해와 인체의 유해한 성분으로 인한 심각한 환경문제를 극복하기 위한 노력 끝에 탄생되었다. 유럽의 여러 회사들이 환경과 인체에 해가 없으며 물성 또한 기존의 여타 섬유보다 뛰어난 섬유의 개발연구에 몰입하게 되었다. 상기 <그림 1>에서 보듯이, 삼급 아민옥사이드 수화물이 리오셀 섬유를 제조하는데 사용되며, 제조 공정과정에서 거의 완벽하게 회수 되어 재사용된다. 용해용 목재 펄프는 삼급 아민옥사이드 단일수화물에 용해되어 방사용액을 형성하고, 이를 필터를 통과시켜 여과시킨 후, 방사노즐로 압출하여 삼급아민옥사이드 수용액인 응고액속에서 응고되고 수세 후, 건조시켜 크립 처리하여 스테이플사로 제조되거나, 화학적 처리공정을 거쳐 필라멘트사로 제조된다. 방사용액 제조 및 응고액에 사용된 아민옥사이드 그리고 수세액에서 발생하는 아민옥사이드는 거의 99.6% 이상이 회수되어 재사용되고, 외부로 방출되는 양은 매우

미약하며, 삼급 아민옥사이드는 인체에 무해한 화합물이다. 그리고, 리오셀 섬유 제조에 사용되는 펄프는 100% 생분해되는 천연 재료이므로, 리오셀 제품은 사용 후 폐기된 후에 땅 속에서의 생분해성도 탁월한 것으로 알려져 있다. 이와 같이, 리오셀 섬유는 화학적 공정을 거치지 않고 물리적 방법으로 셀룰로오스의 용해와 섬유형성 후 용매를 추출하는 공정으로 제조되기 때문에 그 제조과정에서 어떠한 인체에 해로운 또는 자연을 파괴하는 물질을 배출하지 않으며, 주 원료인 특수 용해용 펄프에서 최종 리오셀 섬유가 얻어지기 까지 총 2시간이라는 짧은 시간만 필요하다. 이는 종래의 비스코스 레이온 섬유를 제조하는 데 수일이 소요되는 비스코스 공정에 비하여 훨씬 공정이 단순하여 에너지 소모가 적다. 제조과정에 독성이 강한 제반 화학물질을 사용하는 일반 비스코스 레이온과 크게 구분되므로, 리오셀 섬유를 “친환경 셀룰로오스 섬유(Ecofriendly Cellulose Fibers)”로 불리우고 있으며, 의류 뿐만 아니라 메디칼 및 산업용 섬유로 사용되는 셀룰로오스 신섬유로, 21세기 꿈의 섬유 소재로 불리우고 있다.

리오셀 섬유는 스팅텍스가 개발된 이래 근 30 여년 만에 새로이 탄생된 섬유 신소재이며, 천연 펄프를 주원료로 하여 만들어진 용제방사 셀룰로오스계 섬유라 하여 1989년 섬유표준 용어를 제정하는 국제적인 기구인 BISFA로부터 새로운 속명인 “리오셀(Lyocell)”이란 명칭은 부여 받았고 또한 미국의 FTC로부터도 새로이 개발된 섬유로 공인받은 섬유의 명칭이다. 일본의 경우는 “정제 셀룰로오스 섬유”라 분류하고 있다.

1. 리오셀 섬유의 개발 및 생산 현황

1939	아민옥사이드 용제에 셀룰로오스 용해 특허 출원
1969-1980	미국 엔카/약조나 : 셀룰로오스의 아민옥사이드 용액의 방사로 섬유제조 및 공정특허 출원
1979	코틀즈: 텐셀® 제조하기 위한 새로운 셀룰로오스 섬유 연구 시작
1983-1984	코틀즈: 영국 코벤트리에 토우/스테이플사 파일럿 건설 및 생산개시
1988	코틀즈: 스테이플사 상용화 시 제품 생산
1989	코틀즈: 영국 그림스비에 소규모 상용공장 건설
1989	BISFA (Bureau International pour la

- Standardisation de la Rayonne et des Fibres Synthétique) : “lyocell” 명명
- 1992 코틀즈: 미국 알라바마 모빌에 풀 스케일 공장 가동
- 1996 코틀즈: 2 단계 모빌공장 확장
- 1997 오스트리아 렌징: 리오셀 생산 개시
- 1998 코틀즈: 영국 그림스비에 신규 공장 가동

아민옥사이드 용제에 셀룰로오스를 용해시키는 최초 특허는 1939년에 출현되었으나, 리오셀 섬유를 제조하는 연구의 시작은 1969년 다국적 화학회사인 악조노벨(Akzo Nobel)사의 자회사인 엔카(미국)에 의해 시작되었다. 엔카는 비스코스 레이온을 생산하는 회사로, 레이온 생산공정에서 발생하는 공해 및 유독 가스 배출로 주변지역과 인체에 치명적인 상해를 입히는 환경문제로 심각한 규제를 받고 있었기에 이를 극복하기 위하여 비스코스 레이온을 대체하는 새로운 셀룰로오스 섬유를 개발에 착수하였다. 엔카의 연구진이 생산공정뿐만 아니라 폐기시에도 생분해하여 다시 자연으로 돌아가는 환경친화적인 섬유개발에 몰두한 끝에 리오셀 섬유를 개발하여 1978년 최초로 섬유제조 공정특허를 획득하였다. N-메틸폴리피롤리돈 N-옥사이드(NMMP) 수화물을 용매로 하여 셀룰로오스를 용액방사하여 만든 셀룰로오스 신섬유를 일컫는 학명이 리오셀(Lyocell)이며, 리오셀계 섬유를 21세기 환경친화성 품의 섬유라고 칭하고 있다.

영국의 코틀즈 사는 악조사로 부터 리오셀 신기술에 대한 라이선스를 취득하여 1989년 그림스비에 2000 톤/년 규모의 준상용 공장을 건설하여 리오셀 생산을 개시하였으며, 1992년 12월에 미국 알라바마주 모빌에 1개 상용 라인 공장을 건설하여 1994년 부터 이 공장에서 18,000톤/년 규모의 리오셀 섬유를 최초로 상용생산에 성공하여 텐셀®이란 상품명으로 현재까지 상용생산하면서, 1996년 2월에 증설하여 총 현재 40,000톤/년 규모의 생산능력을 갖추고 있다. 또한, 1998년에 영국 그림스비에 42,000톤/년 규모의 공장을 건설하여 텐셀® 섬유를 생산하고 있다. 1998년 7월 악조 노벨과 코틀즈사는 합병하여 아코디스(Acordis)를 설립하여, 텐셀을 생산하여 왔으나 <그림 2> -<그림 3>, 이후, 텐셀 사업부는 오스트리아 렌징사에 인수되었다 오늘날, 렌징사는 세계에서 유일한 리오셀 섬유 생산기업이 되었다.

오스트리아 렌징사 역시 비스코스 레이온을 주력으로 생산하는 회사로 환경오염 문제를 극복하기 위하여 1984년부터 셀룰로오스를 용해시키는 새로운 용제에 대한 연구를

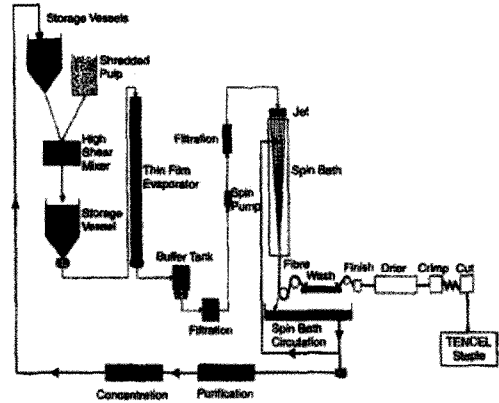


그림 2. 아코디스 텐셀® 제조공정

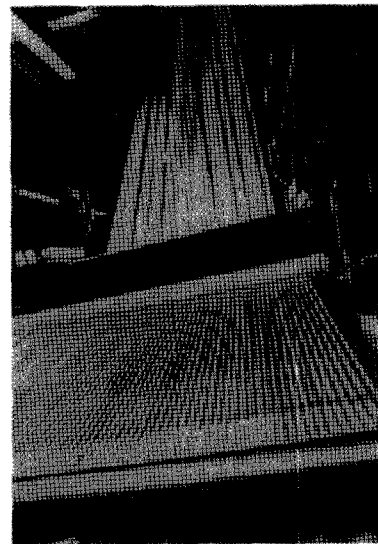
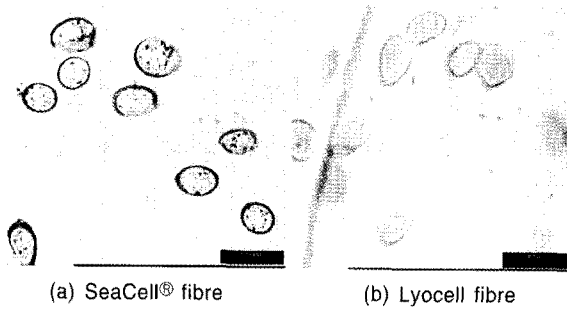


그림 3. 리오셀 투우사 생산공정(아코디스)

시작하였으며, 1990년 악조사로부터 아민옥사이드 용제를 사용하는 신기술에 대한 라이선스를 취득하고, 1997년 7월에 오스트리아 Heiligenkreuz에 12,000 톤/년 규모의 공장을 가동하여 “렌징 리오셀®” 이란 상품명으로 리오셀을 생산하면서, 2000년에는 Heiligenkreuz의 1개 라인 생산능력은 20,000톤/년 규모로 확장되었으며, 2004년에 600만 유로를 투자하여 20,000톤/년 규모의 생산설비를 증설하였고, 2008년 추가 증설하여 현재 렌징 리오셀®은 50,000톤/년 규모로 생산되고 있다. 따라서, 오늘날 렌징사의 리오셀 섬유 세계 총생산량은 130,000톤/년 규모에 이르고 있다.

또한, 1999년에 악조 노벨과 렌징은 조인트 벤처를 설립하여, 독일 Obernburg 지역에 5,000톤/년 규모의 리오셀 필라멘트사 공장을 건설하고, 이로부터 “Newcell®” 이란 상품명으로 리오셀 장섬유를 생산하고 있다.



(a) SeaCell® fibre (b) Lyocell fibre

그림 4. SeaCell® 섬유 단면에 균일하게 분포된 Algae 입자들

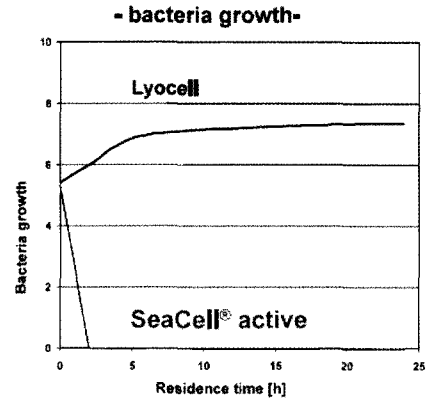


그림 6. 15% SeaCell® active 섬유의 강력한 항균효과

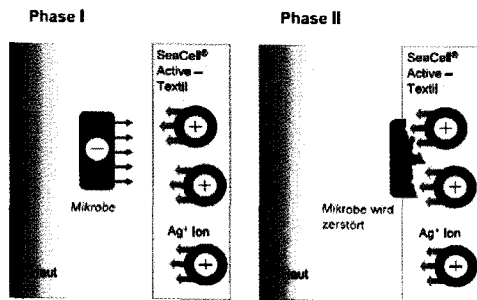


그림 5. SeaCell® active 섬유 항균작용 메카니즘

독일의 TITK와 엔지니어링 전문회사인 짐머사는 리오셀 섬유 연구를 시작하여, 파일럿 테스트를 마친 “Alceru®” 공정이라는 리오셀 제조 신공법을 개발하였다. 1998년 중반에 짐머사의 Alceru®를 스케일-업 하고자 Alceru Schwarza GmbH를 설립하였다. 또한, 독일 짐머사는 다년간 차세대 리오셀 개발에 투자하여, 건강 기능성 섬유인 SeaCell® 및 SeaCell® active 섬유를 개발 완료 및 특허 등록하고 신상품 개발에 성공하여, 2000년 이래 상용생산하고 있으며, 2004년에 SeaCell GmbH로 회사명을 변경하였다. SeaCell®은 리오셀 생산 공법을 기초로 하고, 기존의 셀룰로오스 원료 외에 해조류 성분을 첨가해 생산된 것으로서, 해조류 성분이 지닌 칼슘, 마그네슘 등의 각종 미네랄 및 아미노산 그리고 비타민 등 건강 성분을 그대로 유지하고 있는 건강 기능성 리오셀 섬유소재로 알려지고 있다. SeaCell® 섬유의 특성은 전통적인 리오셀 섬유처럼 환경친화적 공정에 의해 제조되고 전통 리오셀의 물성과 비슷한 물성을 지니고 있다. 기능성 물질은 섬유제조과정에서 파괴되지 않고, 섬유 가공구조에 도입된다. 따라서, 미네랄 및 비타민 등이 습윤 환경하에서 섬유로부터 방출된다. SeaCell® active 섬유는 SeaCell® 섬유 내부에 은이온을 주입함으로써 영구적 항균기능까지도 실현시킨 소재이다. 이 섬유는 별도의 유기 살균제대신, 무해하고 피부와 친화적인 은이 함유되어 있으며, 셀룰로오스 섬유의 쾌적한

착용성을 지니며, 항균성을 지닌 최초의 셀룰로오스 섬유이다.

현재, 유럽 내에서만 방적되어 스위스의 내의 전문사인 ‘한로’ 등 유명 브랜드를 통해서 이미 상품화가 되기 시작하였다. 국내 SFT사는 독일 짐머사와 SeaCell® 및 SeaCell® active 섬유 일체에 대한 아시아 시장 전체를 대상으로 한 판매권 계약 체결하고 국내 공급을 준비하고 있다. 현재, SeaCell®은 일반 리오셀 가격의 10배에 달하는 고가이지만, 원사제조에서 타섬유와 혼섬으로 15% 투입만으로도 충분히 기능성을 발현할 수 있어, 상품화가 가능할 것으로 전해지고 있다.

중국에서도 1990년대 초반부터 리오셀 섬유 방사공정에 대하여 청두대 및 스촨대 등을 중심으로 방사공정, NMMO 합성 및 회수/재사용 연구를 시작하였으며, 1999년에 50톤/년 규모의 소규모 NMMO 생산설비 갖추었다. 1994년에는 동화대에서 100톤/년 규모의 홈-메이드 설비를 갖추었으며, 이후 동화대학은 Shanghai textile holding group 및 독일 TITK와 협력연구를 통해 리오셀 생산기술을 확보를 추진하였다. 이로부터, 상해 리오셀 섬유개발공사가 설립되고, 2005년말 1000톤/년 규모의 리오셀 생산 설비를 갖추었다. 또한, 2006년 말에 상해 리오화학 사는 1000톤/년 규모의 생산라인을 갖추었으며, 중국 섬유과학연구소도 2005년부터 리오셀 기술에 대한 연구를 시작하여, 2006년 5L 규모의 방사용액제조를, 2007년에 100L 규모의 방사용액제조와 연속공정기술을 확보하였다. 2008년에는 방사용액제조를 위한 박막증류기술 등 리오셀 섬유제조 기술을 확보하고, 현재는 10톤/년 규모의 리오셀 생산설비를 갖추고 안정된 생산기술을 연구중이다. 중국섬유과학연구소와 xinxiang 화학회사는 합자하여 2009년까지 1000톤/년 규모의 리오셀 섬유 생산설비 건설을 추진하였다.

또한, 최근 2010년 1월에 북한에서도 “자체의 원료에 의거한 리오셀 섬유 개발에 성공하였다고 발표하였다. 그리고, 대만의 포모사, FCFC, Acelon 사 등에서도 리오셀 섬유에 대한 연구를 하고 있으며, 러시아 및 일본에서는 각각 “Acell® 및 Orcel®” 이란 상품명으로 소규모 배치 생산을 하고 있는 것으로 알려지고 있다.

그러나, 리오셀 생산을 위한 중국을 비롯한 후발국들의 리오셀 생산기술은 약조사 및 독일 TITK 기술을 극복하는 독자기술을 확보하지는 못하였다. 따라서, 리오셀 생산 기술을 확보하였어도 약조 특허기술을 극복할 수 없었기에 상용생산 규모의 리오셀 설비를 건설할 수 없었으며, 소규모 파일럿 시설만 가동하고 있는 상황이다.

한국에서도 1988년부터 한국과학기술연구원(KIST)에서 리오셀 섬유 개발연구를 시작하여 리오셀 섬유인 “Cocel” 독자공정기술을 확립하였고, 한일합섬과 공동연구로 리오셀 섬유를 세계 세 번째로 개발하고, 하루 평균 7.5톤, 연간 2,700여톤의 리오셀을 생산할 수 있는 공장을 완공해 양산체제를 갖추었다. 약조나 렌징 사 및 TITK의 리오셀 기술은 <그림 1>-<그림 2>에서 보듯이, 78 중량% 이하의 NMMO 수용액(셀룰로오스 비용매)으로 목재 펄프를 슬러리 상태로 팽윤하고, 이어서 과량의 수분을 박막증류기를 사용한 증발에 의하여 슬러리를 농축하여 방사용액을 제조하는 공정이다. 이 외국 공정의 단점은 펄프 셀룰로오

스 존재 하에서 농축하기 때문에 많은 시간이 소요되고, 박막 증발기 등의 복잡한 공정 장치가 필요하고, 에너지 소모가 많으며, 셀룰로오스와 용매의 분해가 심하기 때문에 인건의 품질이 낮아지고, 용매 회수가 어렵다. 그러나, KIST 기술은 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 과냉각 상태의 87 중량%의 NMMO 수용액을 사용하여 펄프 셀룰로오스를 팽윤하고 용해하여 방사용액을 제조함으로써 상기의 외국 공정의 단점을 완전히 극복하는 새로운 공정이다(그림 7). 87 중량%의 NMMO 수용액의 용점은 78°C 인데, 과냉각 상태는 용점이하에서 액상을 유지하는 상태이며 이 과냉각 상태의 액상 용매는 셀룰로오스 분말을 거의 용해시키지 않기 때문에 용매가 그 분말 내부 중심까지 침투하지만, 용점 이상의 액상용매는 셀룰로오스 분말을 잘 용해하기 때문에 그 분말 표면에 막을 형성하여 분말 내부로 침투되지 않는다. 본 기술은 크게 방사용액 제조 공정, 방사 공정, 후처리 공정 그리고 용매 회수 공정 등으로 구성되어 있으며 외국기술을 극복하는 독자적인 기술이다. 이 기술을 바탕으로, 일산 100kg의 리오셀 생산 파일럿을 건설하여 운영하면서, 2700톤/년의 준상용 생산규모를 마산에 소재하는 (주)한일합섬 내에 2001년 10월에 준공하여 2년 8개월 동안 생산 가동함으로써 이 기술의 산업화를 성공적으로 입증하였다. 이 국내 리오셀 섬유의 제조기술은 산업자원부로부터 2001년 개발된 기술 가운데 세계 최초로 이거나 최고 수준인 ‘2001년 대한민국 10대 신기술’의 하나로 선정되는 쾌거를 이뤘다. 한일합섬에서 2001년부터 2,500톤/년 규모로 “한일 리오셀®”이란 상품명으로 생산하였으나 회사의 누적된 경영사정 악화로 이 신산업의 추진력이 없어 2004년 사업을 포기하였다. 그러나, 효성에서 이 기술을 인수하여 기존의 타이어 코드를 대체하려는 목적으로 고성능 타이어 코드용 리오셀 장섬유 연구를 수행하여, 리오셀을 이용한 필라멘트 타이어코드를 “효성연구소”에서 세계 최초로 개발하였으며, 향후, 이를 상용생산할 계획이다.

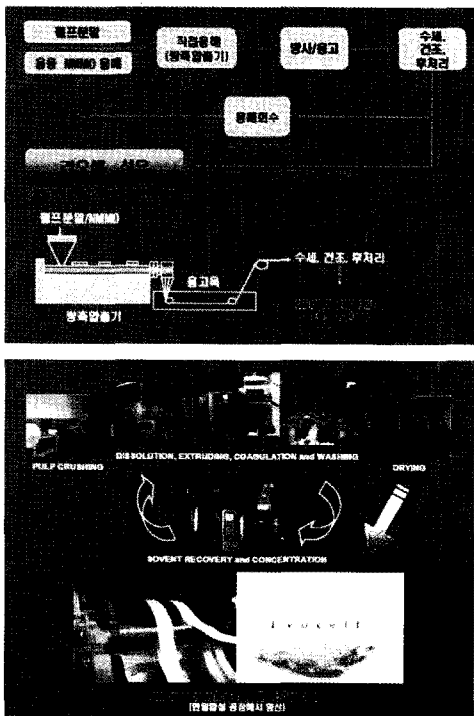


그림 7. 한일 리오셀 생산공정

2. 리오셀 섬유의 특성 및 용도

리오셀은 주원료로 용해 펄프를 사용하여 제조된다. <표 1>에서 보듯이, 리오셀 섬유는 건조상태에서 비스코스 레이온 뿐만이 아니라 면섬유를 포함한 다른 어떤 섬유보다 강하여 거의 폴리에스터 강도에 근접하며, 면 보다도 우수한 흡습성과 치수 안정성 등 뛰어난 물성을 지니고 있다. 그리고, 비스코스 레이온이 물에 약한 것과 달리 리오셀은 물에 강

표 1. 리오셀 섬유 물성비교

구분	Lyocell	SeaCell®	비스코스 레이온	폴리노직	모달	면	폴리에스터
강도(g/d)	4.3-4.8	3.7-4.5	2.3-2.5	3.8-4.1	3.5	2.3-2.7	4.5-7.5
신도(%)	14-17	10-15	20-25	13-15	14	7-9	25-35
습윤강도(g/d)	3.9-4.3	-	1.0-1.2	2.1-2.4	1.8	2.7-3.1	4.2-5.2
습윤신도(%)	16-19	10-17	25-30	13-15	18	12-14	25-35
습윤팽창율(%)	65	-	90	75	73	50	3
물세탁	가능	-	불가	불가	불가	가능	가능

하므로, 세탁 후에도 형태안정성이 우수하다. 습윤 상태에서의 리오셀은 건조상태 강도의 85%를 유지하며 습윤상태의 면섬유 강도를 능가하는 유일한 인조섬유이다. 이와 같이, 리오셀의 건조 및 습윤상태에서의 우수한 물성은 특히 강한 물성을 지닌 안과 직물 제조를 가능하게 하고 있다.

리오셀 섬유의 또 다른 독특한 물리적 특성상 가장 중요한 요소는 세섬유화(fibrillation)이다. 리오셀 섬유 제조에 사용되는 방사용액인 펄프가 용해된 삼급 아민옥사이드 용액은 액정용액 특성을 지니고 있다. 따라서, 리오셀 섬유는 셀룰로오스 고분자쇄의 고배향 및 고결정성 특성을 지니고 있다. 이로 인해 리오셀 섬유는 건조 및 습윤상태에서의 우수한 기계적 특성을 나타내고 있으며, 또한 세섬유화 특성도 발현되고 있다.

피브릴화란 <그림 8>에서 보듯이, 습윤상태에서 반복되는 마찰로 인하여 섬유 표면의 단섬유가 길이방향으로 미세 섬유로 갈라져, 섬유표면에 아주 섬세한 피브릴이 발생하는 현상이다. 리오셀 섬유의 이러한 특성을 적절히 제어하게 되면 다양한 형태의 부드러운 직물을 구현할 수 있다. 발생하는 피브릴을 제거시키거나 증가시키는 것은 효소처리 및 러빙이나 비팅등의 물리적 방법에 의하여 할 수 있으며 이를 통하여 리오셀 직물의 독특한 촉감인 “피치 스킨”의 섬유표면효과를 얻을 수 있다. 그러나, 리오셀 섬유는 무겁고, 차갑고, 주름이 잘 가는 단점도 지니고 있으나, 새로운 가공기술을 개발로 해결될 수 있을 것으로 기대된다. 리오셀 섬유의 피브릴화의 제어는 효소가공에 의해 제어되는데, 일반적인 전처리, 염색가공 등의 진행 중에도 피브릴화가 진행되므로, 수세 표백 염색 등에 의해 자연적으로 섬유의 외층에서 발생하는 지저분한 잔모는 필링처럼 되므로 염색전에 효소로 완전히 제거하고, 염색 후의 표면이 깨끗한 상태에서 섬유내층에서 교차점에서만 매우 규칙적이고 집중적으로 피브릴화를 일으켜 특유의 고운 피치스킨을 외관을 얻게 된다. 대표적인 리오셀 섬유인 텐셀®에 이러한 효소가공은 모달보다는 2배 정도의 긴 가공시간이 소요되어 가격 상승의 원인이 되고 있다. 따라서, axis란 약제로 섬유를 가교화시켜 피브릴 발생 특성을 억제시키므로서 피브릴화로 잔털이 발생되지 않는 매끈한 특성을 지닌 리오셀 섬유가 텐셀® A-100이며, 피브릴을 제거하기 위한 별도의 효소가공이 필요가 없다. 그러므로, 염색 및 가공비를 비교 해 보면 텐셀®이 100일 때, 텐셀® A100은 60이고 모달은 68 면은 88 정도이다. 텐셀® A-100은 기존 텐셀®과는 다른 외관 특징 및 우아한 광택과 아름다운 드레이프성 그리고 실용성, 특히 뛰어난 염색성과 세탁성을 지니고 있어, 아직은 주로 니트제품에 쓰이고 있지만 이미 대만에서는 직물제품으로 개발 하여 상품화 단계에 있는 상태이고 미국시장에는 이미 상품이 출되었다. 그러나, 아직은 초기단계이므로 향후 큰 시장 확대가 전망된다.

피브릴화 제어방법은 효소처리와 약제 가교방법 이외에,

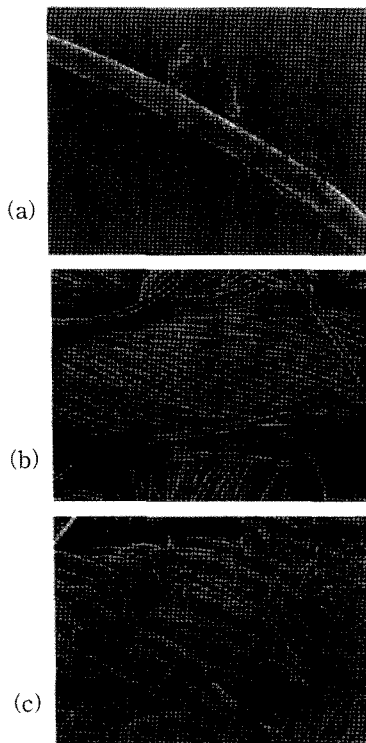


그림 8. 리오셀 섬유 피브릴화 거동(a) 단섬유 피브릴화 (b)전 및 (c) 후의 리오셀 직물

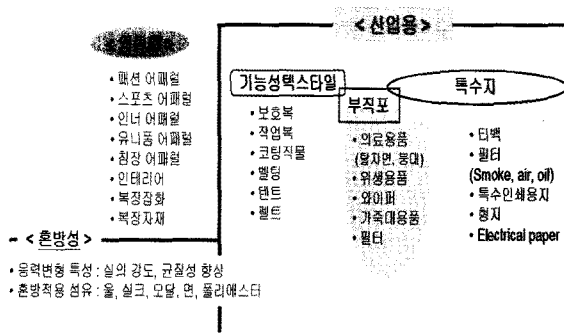


그림 9. 리오셀 섬유의 응용분야

약품을 전혀 사용하지 않고 에머리 물을 이용해 피치 효과를 내는 기모기 방법은 효소 감량법 보다 다소 품질이 떨어지는 경향이 있으나 연속작업이 가능하고 생산성은 높은 잇점이 있으며, 텐셀® 데님에 한해 액체 암모니아 처리해 독특한 터치를 얻을 수도 있다. 리오셀 섬유가 개발 후, 시장에 성공적으로 정착되는 데는 효소가공을 비롯한 일본 업체들이 이룩한 리오셀 가공기술의 활발한 노력이 큰 기여를 하였으나, 우리나라에서도 많은 기술개발 노력 끝에 리오셀 섬유의 가공기술력은 인정을 받고 있다.

리오셀 섬유는 무공해 공정에 의한 환경친화적이며 천연 목재펄프로 제조되는 인체 친화적인 섬유로써, 시각적인 아름다움과 더불어 손끝으로 느끼는 실크에 버금가는 부드러운 촉감은 고급스러운 품격을 나타내주며, 드레이프성이 뛰어난기 때문에 섬유자체에서 연출되는 자연스럽게 부드러운 실루엣으로 고급스러운 멋과 함께 편안함과 안정된 착용감을 가능하게 한다. 면 보다 뛰어난 흡습성, 보온·보냉력이 뛰어난 인체 친화성을 지닌 100% 천연섬유 특성을 지니고 있는 섬유이며, 습윤상태에서도 탁월한 강도를 유지하며 세탁으로 인한 수축현상이 거의 발생하지 않으며, 폴리에스터와 거의 대등한 강한 내구성을 지니고 있어 강도 높은 고품질의 실과 천의 구현이 가능하다. 또한, 표현하고자 하는 다양한 색상을 깊이 있고 쉽게 흡수하는 특성을 가지고 있어 선명한 색상은 물론 다양한 색조와 음영을 자유롭게 표현할 수 있다. 타 천연섬유 및 합성섬유와의 혼방이 가능하며 다른 섬유와의 혼합으로 드레이프성, 편안함, 흡수력, 강도를 증가시킬 수 있으므로, 진, 셔츠 등 캐주얼 룩에서 엘레강스 룩에 이르기까지 다양한 소재로 적용할 수 있다. 따라서, 리오셀 섬유는 아름답고 고급스러운 드레이프성을 지니고 있어 부드러움과 유연함이 필요한, 라인이 잘 살아나는 의류에 적합한 실용적이면서도 고급스러움을 표현하는 최상의 소재입니다. 몸에 감기는 듯 부드럽게 흐르는 것 같은 고급 같은 실루엣이 자연 그대로의 편

안함을 연출하며 신체의 곡선미를 가장 자연스럽게 아름답게 표현하는 섬유로서 여러 가지 형태의 표현이 용이하므로 패션소재로서 적합하기 때문에, 견고하면서도 세련된 질감으로 디자인의 다양한 시도를 가능케 하는 소재이다.

리오셀 섬유는 이와 같은 의류 패션 분야 뿐만이 아니라 <그림 9>에서 보듯이, 산업용 분야에서 기능성 텍스타일, 부직포 및 특수지 분야에서 활발한 응용이 전개될 것으로 전망된다. 현재, 상업화된 리오셀은 모두 스테이플이지만 고 강도·저수축, 높은 습윤 강도 특성을 갖는 셀룰로오스 필라멘트를 이용하면 기존의 나일론이나 폴리에스터의 산업용 소재로서의 역할이 가능하며, 다양한 용도의 산업용 호스나 벨트류에 적용이 가능하고, 치수안정성을 필요로 하는 타이어코드 분야등 산업용 자재에도 적용가능하다. 특히, 타이어코드 분야와 관련하여 리오셀은 높은 건·습강도를 보이며 형태안정성이 우수하고, 특히 고온에서의 물성저하가 나타나지 않는 장점이 있다. 또한, 타이어고무와도 우수한 접착특성을 나타낼 수 있어 타이어코드용에 적합한 소재로 대두 되고 있다. 특히, 레이온에 비교하여 제조방법이 환경친화적이므로 앞으로 레이온을 대체할 만한 신규소재로 기대 된다.

3. 리오셀의 전망

20 세기 초에 비스코스 레이온이 개발된 이래 나일론, 폴리에스터, 아크릴, 스판덱스, 아세테이트 등등 합성섬유소재가 등장한 이래, 인류의 섬유기술은 혁신적 발전을 이룩하였다. 그러나, 합성섬유의 제조 공정에서 많은 환경 공해 문제가 유발되어 왔고, 점차 석탄 및 석유등 화석 자원의 고갈에 직면하게 됨에 따라, 저에너지 소모공정 및 친환경적인 섬유소재의 필요성이 강력히 대두 되고 있다. 그리고, 인류의 소득 수준이 높아 짐에 따라, 친환경적, 인체 친화적 및 고감성 섬유소재에 대한 인류의 욕구가 크게 증대되고 있다. 21세기에 들어 환경에 대한 파괴보다는 보호를 하자는 공감대가 이미 많은 선진국들 사이에 형성되고 있으며, 유럽에서는 오래 전부터 인체에 유해한 원료의 사용을 규제하고 있다.

천연섬유는 자연스런 감촉과 흡습성등 그것이 지닌 장점에도 불구하고 내구성이 약하고 다양한 가공이 어렵다는 단점을 지니고 있어, 섬유업계는 이를 보완한 섬유의 개발에 많은 노력을 기울였다. 그 결과 개발된 합성섬유는 폭발적인 인기를 모았으나, 공해유발, 흡습성 부족 등 몇 가지의 결정적인 단점들을 지니고 있다. 따라서, 섬유업계는

천연섬유의 장점과 합성섬유의 장점을 합한 차세대 섬유의 개발에 관심을 기울이게 되었다.

리오셀 섬유는 현재 전 세계적으로 연간 200만톤 이상 생산되는 비스코스 레이온 섬유와 동일한 원료인 펄프를 사용하지만 비스코스 공법에 비해 제조공정이 간단하고 공해 물질이 전혀 배출되지 않는 등 천연재료 사용과 에너지 문제 및 무공해 용제를 사용하는 친환경적인 요소를 도입한 신개념의 환경친화성 섬유이다. 리오셀 섬유는 소프트한 촉감과 드레이프성, 탄력성 등이 우수하며, 내구성 또한 뛰어나며, 특히 습윤 상태에서 매우 높은 강도유지율을 지니는 등 물리적 특성이 우수하다. 실크에 버금가는 부드러운 촉감과 드레이프, 면과 같은 뛰어난 흡습성, 폴리에스테르에 비견되는 강한 내구성에 불세탁이 가능함으로써 인조견등 셀룰로오스섬유의 결정적인 단점을 해결하였다.

또한, 리오셀 섬유는 천연섬유의 장점과 합성섬유의 내구성을 고루 지니고 있으며, 다양한 천연섬유나 합성섬유와의 혼방성이 뛰어나며 기존의 섬유 단독으로 나타낼 수 없는 독특한 특징을 지니는 제품을 만들 수 있고, 고강도, 고탄성을 등 형태 안정성이 우수하고 연화점, 용점이 없는 열적안정성까지 뛰어난 특징을 이용하여 산업용섬유, 부직포 등에 이르기까지 그 활용도가 광범위한 소재이다.

따라서, 리오셀 섬유는 세계의 섬유업체가 주목하는, 섬유산업에서 21세기 변화를 선도하는 신소재 섬유로 다방면에서 물성이 뛰어나 그린라운드 시대에 걸맞는 21세기의 꿈의 섬유로 각광받고 있다.

세계 섬유시장 규모는 비스코스 레이온 200만톤/년, 폴리에스테르 600만톤/년, 면섬유 2000만톤/년이며 리오셀 섬유시장은 이들에 비하면 아직은 미약한 수준이나, 21세기가 환경친화 제품이 각광받는 시대이고, 인체 친화성 및 고감성 섬유소재를 추구하는 미래 섬유소재 요구에 부응하는 차세대 섬유로서 궁극적으로 현재의 공해 산업 산물인 비스코스 레이온 시장을 대체할 것으로 전망된다. 또한, 펄프는 면화보다 경작재배 단위에서 오히려 더 경제적이고, 세계 기후 변화로 원면은 날로 그 생산량이 줄고 있는 실정으로, 그동안 수출만 하던 중국도 이제 수입국으로 변했고 파키스탄, 러시아등등 여러 나라들도 이제 원면만 수출하는 것보다 직접 방직해 제품으로 수출하는 등 원면 자원의 소수 집중화가 점차 심각해 지고 있다. 그러므로, 리오셀 섬유는 합성섬유와 면섬유 시장을 잠식하는 등 차세대 섬유로 자리매김하여, 환경친화화 기능성에 앞선 제품으로 21세기 대표하는 섬유로 부각될 것으로 전망하고 있다.

참고문헌

- Burrow, T. R. (2005). Recent advances in chemically treated lyocell fibers, *Lenzinger Berichte*, 84, 110-115.
- Carvin Woodings. (2001). *Regenerated Cellulose fiber*, Textile Institute, woodhead publishing Limited, www.seacell.com
- Clarify the truth of new fiber (a) - Lyocell fiber (date : 2009-9-24) from <http://www.qjtex.com/en/newshow/>
- Comparison of fiber physical properties from http://www.eft-fibers.com/prod_lyocell.php, Retrieved December 7, 2002
- Shanghai Lyocell Fibre Development Co., Ltd, from [http://www.chinatopsupplier.com/d-c2457930-Shanghai_Lyocell_Fibre_Development_Co_Ltd_/](http://www.chinatopsupplier.com/d-c2457930-Shanghai_Lyocell_Fibre_Development_Co_Ltd/)

조성무

서울대학교 농화학/화학 전공
 연세대학교 화학 전공(석사)
 연세대학교 화학(고분자) 전공(박사)
 현 한국과학기술연구원 재료연구본부 책임연구원
 E-mail: smjo@kist.re.kr