

## Lyocell 섬유를 함유한 종이의 제조 및 적용에 관한 연구(I)

김종열<sup>\*</sup> · 류운형<sup>1</sup> · 유성종 · 김정열 · 신창호 · 김영호  
한국인삼연초연구원, <sup>1</sup>신호제지(주)연구소  
(2000년 6월 15일 접수)

### A study on the application and manufacture of paper sheet containing lyocell fiber(I)

Jong-Yeol Kim<sup>\*</sup>, Woon-Hyung Yoo<sup>1</sup> and Sung-Jong Yoo<sup>1</sup>, Chung-Ryul Kim,  
Chang-Ho Shin, and Young-Ho Kim  
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute Shinho Paper Co. R&D Center<sup>1</sup>  
(Received June 15, 2000)

**ABSTRACT** : In order to investigate the applicability of lyocell fiber to filter paper, paper sheets were manufactured with the addition of lyocell fibers in various length(1.5 denier: 2, 3, 4mm) and content(10, 30, 50%) and their physical characters, such as fibrillation rate, adsorption efficiency of methylene blue(MB), paper formation, and crimping ability, etc, were tested. The level of main fibrillation from lyocell fiber was higher in wet beating process than that in free beating because of the higher strength of lyocell fiber compared with wood fiber. Fibrillation could be observed at the degree of beating over 30° SR in wet beating with Valley beater. The air permeability and tear factor of the paper increased and the paper formation index decreased according to the increase of fiber length. The weak binding force of lyocell fiber in spite of its higher fiber strength, might be a limiting factor in addition of lyocell fiber to the natural wood pulp in manufacturing the paper having the needed physical properties. High contents of wood pulp decreased air permeability, the breaking length, tear factor, the bursting strength, and paper formation index in paper sheets. As the contents of lyocell increased from 10% to 100%, the adsorption efficiency of MB was elevated to 1.7-7.9 times compared with that in 100% wood pulp. But the length of lyocell fiber did not affect the MB adsorption.

담배시장은 광고의 제한, 흡연장소의 제한, 연기성분 이행량에 대한 규제 등에 시달리고 있다. 특히 타르의 양을 법으로 제한하는 나라가 많아지고 있다. 유럽연합에서 볼 수 있듯이 이런 규제는 지속적으로 강화되고 있어서 1998. 1. 1 이후는 타르 함량을 12mg/cig. 이하로 제한하였을 뿐만 아니라 연기중 니코틴 양에 대한 규제도 뒤따를 것으로

추측할 수 있을 것이다. 이러한 변화 속도는 점차 더욱 많은 나라에서 빠른 속도로 진행될 추세에 있다(임광수, 1998). 또한 발생된 폐기물에 대해서는 포괄적인 생산자 책임(Extended Producer Responsibility, EPR)을 지도록하고 원료의 취득과 완제품의 출하에 이르는 생산의 전공정과 생산방식에서 오염물질의 발생을 규제하는 공정 및 생산

\* 연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302번지, 한국인삼연초연구원

\* Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinsung-Dong, Yusong-Ku, Taejeon 305-345, Korea

방식(PPMS), 환경경영체제 및 규격(ISO-14000, 14001)이 이미 국내에도 적용되어 담배에 의한 환경부담금을 이미 부과하고 있는 실정이다.

이런 상황속에서도 우리 담배산업은 제품에 대한 소비자의 만족을 가능한 한 최고의 수준으로 유지하면서 보다 더 환경 친화적 소재를 발굴하는 것이 당면한 과제이다. 이렇게 하기 위해서는 필터 회석율과 염조의 개선, 필터의 구조를 달리하는 등 여러 가지 방법이 있으며 흡연자의 입장에서 모든 요인들을 가장 균형있는 형태로 조합할 때 진정한 혁신이 가능하다. 의심할 바 없이 필터의 성질은 최고의 만족도를 가진 저타르 담배제품의 설계에 있어서 아주 중요한 것이다.

현재 이용되고 있는 momo acetate 및 종이 필터보다 tar 흡착능이 좋은 것으로 알려져 있는 lyocell 섬유는 분쇄된 목재 섬유에 N-methyl morphine-n-oxide(NMMO)을 이용 용해시켜 제조하는 것으로 기능성 옷감의 재료로 사용되고 있다. 이러한 특성을 갖는 lyocell 섬유는 아세테이트 섬유보다 생분해성이 우수하고 일반섬유보다는 유연성 및 염색력이 우수하며, 특히 fibrillation이 발달되고 있다.

본 연구에서는 lyocell 섬유(Shepherd, 1993)를 이용하여 필터에 적합한 적용방법을 조사하고 lyocell 섬유 자체의 물리적성질과 고해도에 따른 흡착능을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

Lyocell 섬유(1.5 denier)는 섬유의 길이가 2, 3, 4, 5mm의 staple 상으로 제조된 상태로 영국 Courtaulds사에서 구입하여 사용하였고 고해는 Valley beater를 사용하여 wet beating 법으로 20, 30, 40, 50°SR 까지 변화 시켰고 지류농도 1%를 유지하여 실시하였으며 또한 분리 고해하였고 펄프는 NBKP(Cariboo)를 이용하여 lyocell 함량별(10, 30, 50%)로 제지하여 시험에 이용하였다.

### 물리적 특성 분석 및 Fibrillation 관찰

인장강도(KS M7014) 및 인열강도(KS M7016)는 Sweden의 AB Lorentzen & Wettre사 기기를 이용하여 측정하였으며 기공도는 화학산업의 기공도 측정기를 사용하였고, 지합 시험기는 Canada의 Paprican Micro Scanner Optic Equipment Inc.사 제품을 이용하여 분석하였으며, 비인열도와 열단장은 아래와 같은 식을 인용하여 분석하였다. 또한 fibrillation 관찰은 일본 Nikon사의 현미경 S-2400을 이용하여 60배로 확대 관찰하였다.

$$\text{비인열도} = \frac{\text{인열강도(gf)}}{\text{평량(g/m}^2\text{)}} \times 100$$

$$\text{열단장(Km)} = \frac{\text{인장강도(kg/m)} \times 1000}{\text{평량(g/m}^2\text{)}}$$

### 흡착능 측정

0.0025% Methylene blue(MB) 200ml 용액에 5 x 5cm의 시편을 넣고 10분간 자연흡착 시킨후 농도의 변화를 Hach사 DR-2000 single beam UV로 측정하여 sheet 무게(g) 당 흡착된 MB의 양을 계산하였다(Silverstein, 1981)

## 결과 및 고찰

### 고해도 및 섬유길이, 함량에 따른 비인열강도 및 기공도의 변화

아래 표 1은 고해도 및 섬유길이, lyocell 함량에 따른 비인열도 및 열단장, 기공도의 변화를 나타낸다. 비인열도는 필터제조시 크림핑 과정을 통하여 때문에 중요한 물성 인자로서 고해도 30°SR까지는 비인열도가 증가하였으나, 그 이상에서는 감소하였다. 또한 섬유길이가 증가 할수록 비인열도가 증가하였으나, 20°SR, 5mm에서 감소하는 것은 지합의 영향인 것으로 생각된다.

Lyocell 섬유의 함량이 증가할수록 비인열도는 감소하는 경향을 보였는데, 이것은 lyocell 섬유의 섬유간 결합력이 목재펄프에 비해 약하다는 것을 나타낸다(Lyocell fiber, 1994).

고해도와 lyocell 섬유의 길이 증가 즉 섬유의 길이가 길고 고해도가 상승할수록 섬유간 수소결합

Lyocell 섬유를 함유한 종이의 제조 및 적용에 관한 연구(1)

Table 1. The change of tear factor, breaking length and air permeability with the contents of lyocell

		Lyocell length(mm)															
		2				3				4				5			
the degree of beating the content of lyocell		50	40	30	20	50	40	30	20	50	40	30	20	50	40	30	20
		Tear factor	100	40.5	43.9	45.1	33.5	66.4	87.6	91.7	81.4	84.5	93.5	115.0	99.6	121.1	118.3
50	113		118	128		136	143	157		140	151	163		157	163	170	
30	129		133	136		151	154	162		154	162	168		163	171	173	
10	135		138	140		156	160	171		163	168	177		168	172	180	
Breaking length (km)	50	1.52	1.45	1.40		1.74	1.65	1.52		1.95	1.86	1.60		2.25	1.98	1.68	
	30	2.29	2.05	1.86		2.45	2.14	1.96		2.68	2.34	2.12		2.79	2.42	2.33	
	10	3.23	3.17	2.87		3.45	3.19	2.97		3.63	3.31	3.12		3.80	3.46	3.37	
Air permeability (ml/cm <sup>2</sup> .min)	100	2516	3353	4389	12398	2645	3383	4538	12777	2786	3421	4698	13124	2963	3527	4894	17439
	50	1464	1754	2333		1549	1921	2461		1635	2016	2652		1724	2356	2824	
	30	975	1101	1398		1097	1189	1487		1186	1201	1611		1206	1332	1865	
	10	879	929	962		956	1081	1200		1006	1187	1345		1189	1265	1489	

의 증가로 열단장은 증가하였으나, lyocell섬유는 함량이 증가할수록 이 섬유의 특징인 섬유간 결합력이 약하기 때문에 반대의 경향을 보였다.

또한 lyocell섬유 및 함량별 기공도는 섬유의 길이가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 이는 단 섬유가 많을수록 지층구조가 치밀해져 종이의 밀도를 증가시킨다고 한 Waterhouse의 연구결과와 부합되었다. 그러나 고해도가 증가함으로써 기공도가 감소하였는데 이는 미세섬유의 발달로 인하여 지층구조가 치밀해져 기공이 감소하기 때문으로 볼 수 있다.

길이 및 고해도, 함량별 지합의 변화

다음 그림 1, 2는 종이의 형성 정도를 측정하기 위해 지합을 image analyzer로 섬유장에 따라 관측한 분석이다. 하얀색으로 나타난 부위는 섬유

가 모여있는 부위이며, 검은색으로 나타난 부위는 섬유가 부족한 부위이다. 따라서, 하얀색과 검은색이 균일하게 분포하면 지합이 우수한 것으로 평가할 수 있는데 두 그림에서와 같이 lyocell 섬유와 NBKP(Caliboo) 펄프에 혼합한 섬유 모두에서 섬유장의 길이가 증가할수록 지합이 나빠지는 경향을 보였으며 이는 신동수 등(1996)의 결과와 일치하였다.

고해도 및 섬유장에 따른 지합지수를 표 2에 나타내었다. 상기의 image analyzer에서 관측된 바와 같이 장섬유 일수록 섬유간 멩치는 경향이 두드러져 지합지수의 값은 감소하는 경향을 보였으며 고해도가 높을수록 지합지수는 증가되는 경향이었으나, 고해도는 Caliboo 펄프를 사용한 경우가 lyocell 섬유만을 사용한 것과 같은 경향을 보였으나 지합지수는 lyocell 함량이 증가함에 따라 감소

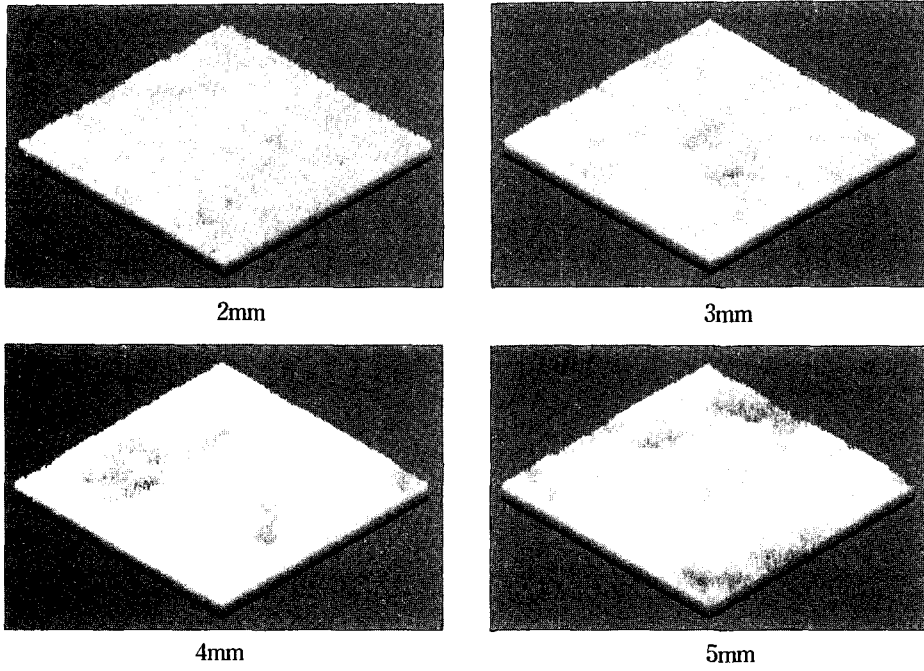


Fig. 1. Image analyzer of sheet formation with fiber length at 100% lyocell

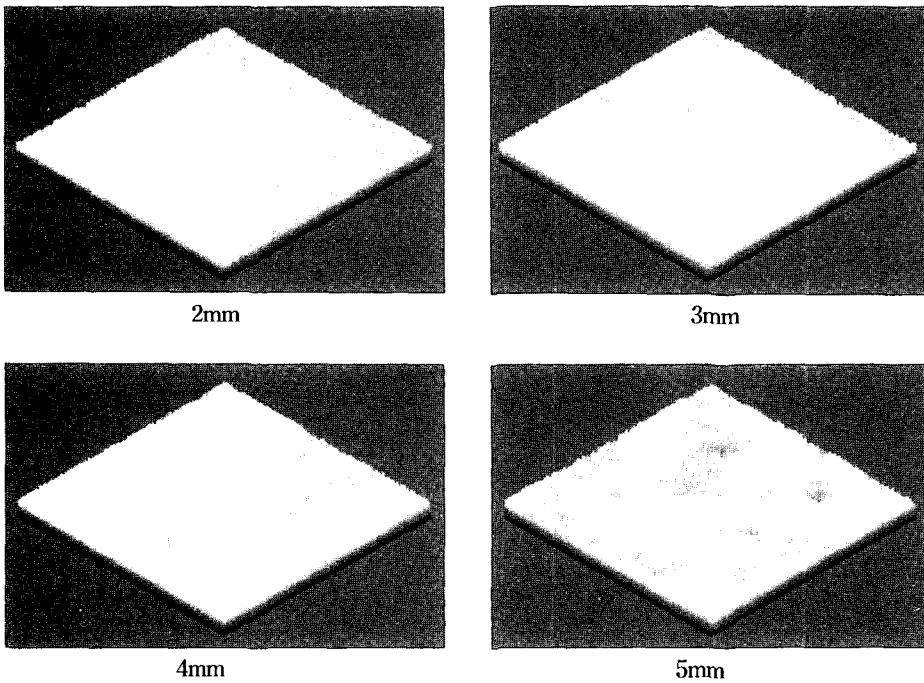


Fig. 2. Image analyzer of sheet formation with fiber length at constant contents of 50% lyocell

Table 2. Sheet formation index of fiber length and the degree of beating and the contents of lyocell

		Lyocell length(mm)											
		2			3			4			5		
the degree of beating( <sup>0</sup> SR)		50	40	30	50	40	30	50	40	30	50	40	30
the contents of lyocell(%)	100	190	185	175	182	179	171	176	168	166	160	154	145
	50	159	153	143	150	142	136	131	121	115	124	106	91
	30	165	160	155	158	149	144	146	135	132	138	124	108
	10	182	173	168	175	167	164	168	163	159	160	157	141

하였는데 이는 lyocell 섬유가 일반 제지용 pulp보다 장섬유이기 때문이다.

**고해도 및 함량별 fibrill화 관찰**

그림 3은 반합성 섬유인 lyocell 섬유를 고해도 별로 제조하여 fibrill화 정도를 현미경으로 관찰한 그림이다. 아래에 제시한 그림과 같이 fibrill화 정도를 관찰한 결과 고해도가 30°SR이상에서 fibrill화가 가속화된다는 것을 확인할 수 있었으며, 미세섬유의 수가 증가함에 따라 표면적이 커지므로 담배 필터에 이용시 연기성분 흡착능을 크게할 수 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 목재펄프는 50°SR에서 섬유의 절단(free beating)이 주로 발생하지만, lyocell섬유는 자체강도가 강하기 때문에 주로 fibrill화(wet beating)가 일어난다.

담배 종이필터에 이용되고 있는 Caliboo펄프에 fibrill화가 가속화되는 고해도 30°SR에서 lyocell 섬유가 30% 함유되어 있을 때의 미세섬유 발달 상황을 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 보는바와 같이 일정 고해도에서 미세섬유가 발달한 lyocell 함량이 증가함에 따라서 미세섬유가 발달되어 감을 볼 수 있으며, 이는 lyocell 섬유의 단점인 인장강도와 인열도를 보완하면서 고흡착능의 필터지로 이용 가능함을 나타낸다(Shepherd, R., 1994).

**고해도 및 함량별 MB 흡착능 변화**

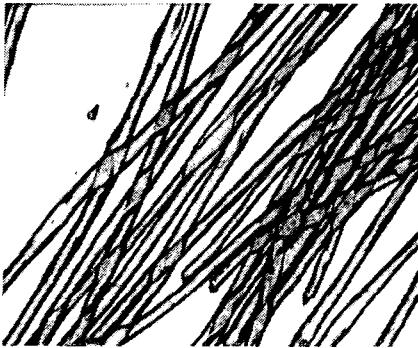
상기에 고해도 및 lyocell 함량별로 섬유의 fibrill

화 정도를 논의하였는데 과연 이들이 흡착능에 얼마나 영향을 미치는지 알아보하고자 MB의 흡착력을 분석하여 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서와 같이 고해도 및 흡착 보류시간이 증가할 수록 lyocell섬유의 fibrill화에 의한 표면적의 증가로 인해 흡착력이 증가한다는 사실을 확인할 수 있었다.

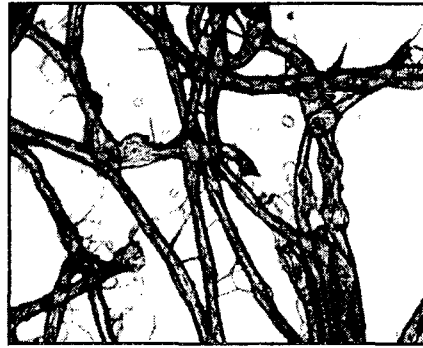
필터제조시 중요한 물리성 인자인 인장강도 및 인열도에서 우수한 특성을 보인 caliboo를 선정하여 lyocell 함량을 10, 30, 50%로 증가시키면서 MB를 이용하여 흡착시간 10분에서 흡착능을 분석하여 그림 6에 나타내었다. Lyocell의 함량이 증가함에 따라 Caliboo펄프만을 사용하는 경우에 비해 10% lyocell 함유시 1.7배에서 100% lyocell로 증가함에 따라 7.9배까지 흡착능이 상승하였는데 이는 lyocell 섬유의 미세섬유가 발달하여 표면적이 증가하기 때문으로 생각된다.

**결 론**

Lyocell 섬유를 함유한 종이필터의 적합한 적용 방법을 조사하기 위하여 먼저 스테플상의 lyocell 섬유의 제지 적성을 고해 및 초저 거동을 중심으로 고찰하였다. Lyocell 섬유자체의 물리적 특성을 관찰하고자 Valley beater로 고해 후 수초지를 제조하여 섬유길이별(1.5denier : 2, 3, 4mm-4종)로 고해도의 변화에 따른 fibrillation의 정도를 현미경 사진을 통하여 관찰하였으며, lyocell 섬유의 fibril



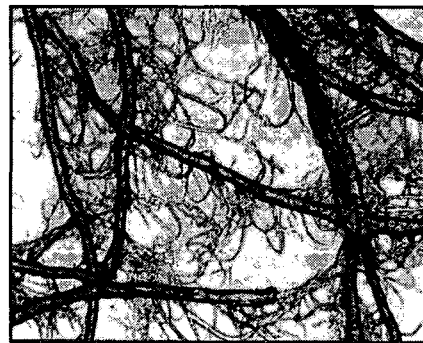
Base



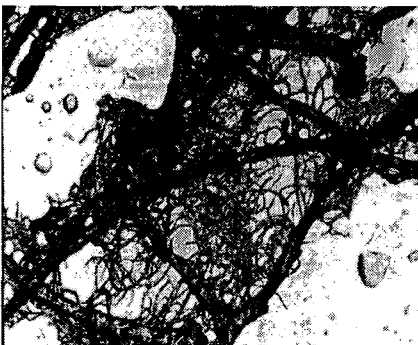
20° SR



25° SR



30° SR



40° SR



50° SR

Fig. 3. Microscope photographs scanned on the wire side of lyocell fiber with valley beaters

Lyocell 섬유를 함유한 종이의 제조 및 적용에 관한 연구(I)

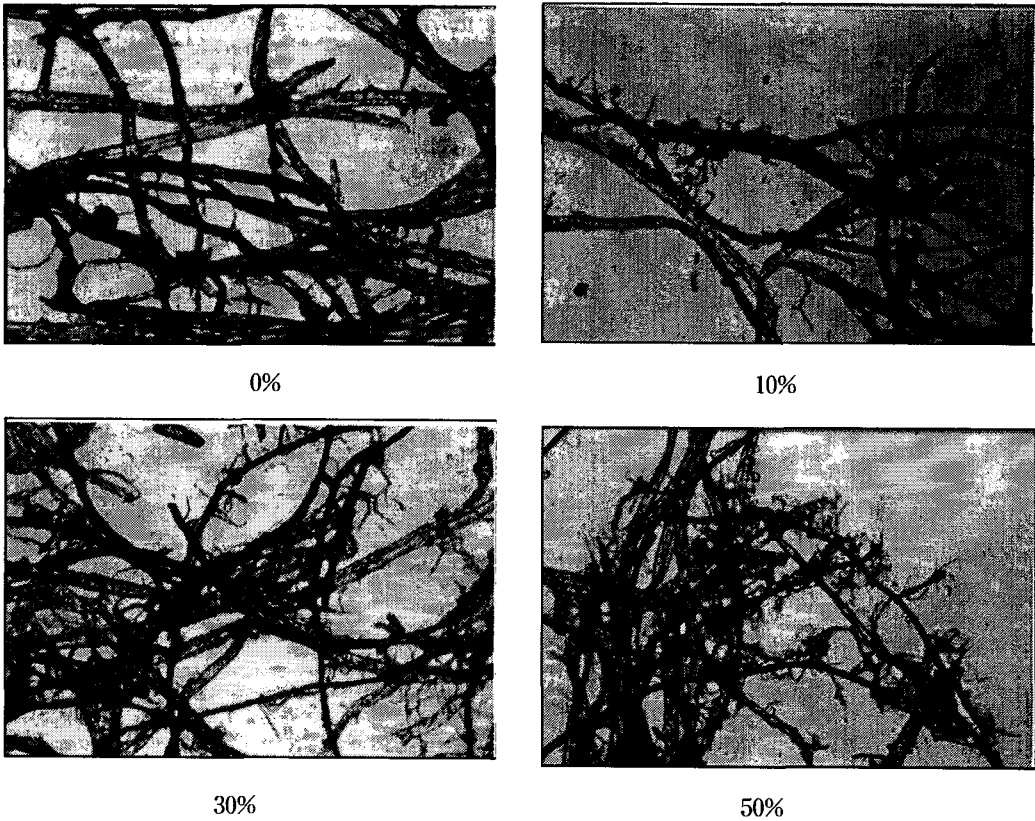


Fig. 4. Microscope photographs scanned on the wire side of mixed fiber with the contents of lyocell fiber at 30 °SR

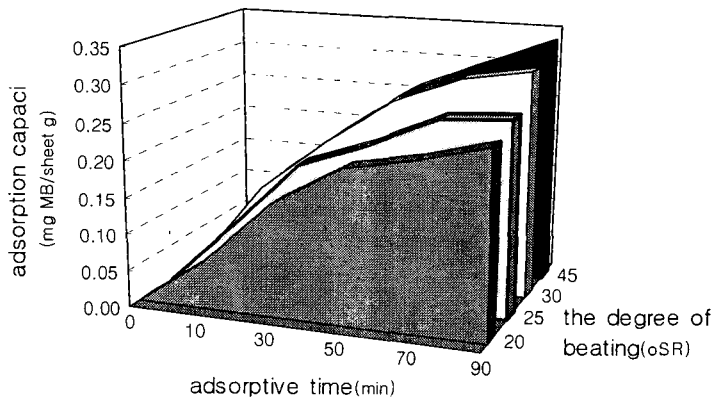


Fig. 5. Adsorption capacity of methylene blue on sheet treated with the degree of beating and adsorptive time

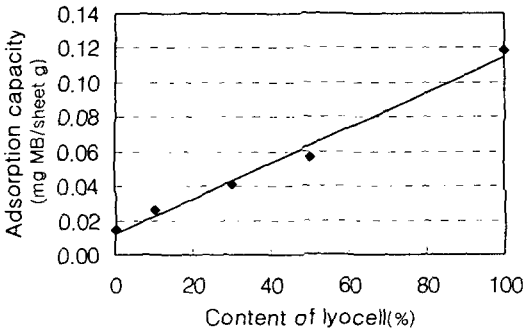


Fig. 6. Adsorption capacity of methylene blue on sheet treated with content of lyocell

화 정도에 따른 methylene blue(MB) 흡착능을 UV spectrometer를 이용하여 측정하였다.

초지 및 크림핑 적성에 요구되는 물성을 부여하고자 일반 목재펄프에 lyocell 섬유를 혼합하여 함량별(10, 30, 50%)로 수초지를 제조한 후 물성의 변화, 고해형태 및 MB 흡착능을 분석하였고, 일정 고해도에서 지합특성을 image analyzer로 관찰하였으며 Paprican 지합측정기로 분석하여 정량화하였다.

이상의 연구결과 lyocell 섬유는 일반 목재섬유보다 섬유자체 강도가 높기 때문에 섬유의 절단(free beating)보다는 fibrill화 되는 점상고해(wet beating)가 주로 발생하게 된다는 사실을 현미경 사진을 통하여 확인하였으며, 30°SR 이상의 고해도에서 fibrillation이 가속화되었다. 비인열도, 기공도는 섬유의 길이가 증가함에 따라 증가하였고, 지합지수는 감소하였다. 그리고 lyocell 섬유는 섬유자체 강도는 강하지만 섬유간 결합력은 약하므

로 sheet 제조시 제반 물리적 특성을 보강하기 위해 천연목재 펄프의 병용이 바람직하였으며, 목재 펄프의 비율이 증가함에 따라 열단장, 비인열도, 파열강도, 지합지수는 증가한 반면 기공도는 감소하였다.

MB 흡착능은 고해도 및 lyocell 섬유의 함유량이 증가할수록 상승하였고, 목재펄프를 사용한 경우에 비해 lyocell 섬유를 혼합사용(10~50%)하면 약 1.7~3.7배 정도 증가하였고, lyocell 섬유만을 사용할 경우 약 7.9배 증가하였으나, 섬유길이에 대한 영향은 구분할 수 없었다.

## 참 고 문 헌

- 신동수(1996), *제지과학*. 광일문화사
- 임광수(1998), 제조담배 시장 동향과 제품개발. *담배·인삼 경영정보*, 12 ; 65-93.
- Lyocell fiber (1994) : Reversing the decline of cellulosics. *Technical textile Int.*, December, 18-24.
- Silverstein, R.M. (1998) *Spectrometric identification of Organic compounds*. 4th Ed., John Willy & Sows, New York
- Shepherd, R. (1994) New filter material for ultra low tar cigarettes. *Tob. J. Int.*, 6 ; 44-47.
- Shepherd, R. J. K., (1993), Green filter. *Tob. Report*, August, 46-50.
- Waterhouse, J. F. and Omori K., The effect of recycling on the fines contribution to selected paper properties. *Products of Paper Making Vol. 2*, 1261-1293