

미생물 셀룰로오스를 이용한 한지의 인쇄적성 개선에 관한 연구

강진하[†] · 박성철^{*1}

(2008년 7월 12일 접수: 2008년 8월 29일 채택)

Printability Improvement of Hanji using Microbial Cellulose from *Saprolegnia ferax*

Jin-Ha Kang[†] and Seong-Cheol Park^{*1}

(Received July 12, 2008; Accepted August 29, 2008)

ABSTRACT

This study was performed to improve the printability of Hanji using a microbial cellulose from *Saprolegnia ferax* through investigating the printability of Hanji sized with the mixture of the microbial cellulose and various kinds of sizing agents. Conclusions obtained from the results of this study were as follows.

The proper concentration of a microbial cellulose in sizing a printable Hanji with it was 0.5%. In general, there was no remarkable effect but some effect on the opacity and ink density. Hanji was sized with the mixture(5:5) of microbial cellulose(0.5%) and AKD(1.0%). As a result, ink spread was remarkably improved by the girth reduction of ink spot. There was remarkable effect because the mixture(5:5) of a microbial cellulose(0.5%) and CMC(1.0%) improved not only the gloss but also the density and girth of ink spot. Mixing(7:3) with corn starch(3.0%) showed the smallest girth of ink spot among applied sizing agents. Mixing(7:3) with PVA(5.0%) also showed some effect in the density and girth of ink spot.

Keywords : Microbial cellulose, *Saprolegnia ferax*, Hanji, sizing, printability

• 전북대학교 농업생명과학대학 산림과학부 (Division of Forest Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Republic of Korea)

*1 천양제지주식회사(Chunyang Paper Co., Ltd., 16-8, 3Ga, Pungnam-Dong, Wansan-Gu, Jeonju, 560-033, Republic of Korea)

† 주저자 (Corresponding author) : E-mail ; kjh@chonbuk.ac.kr

1. 서론

한지(韓紙)는 우리 고유의 전통종이로 '문방사우(文房四友)'라 불리울 만큼 우리 민족과 가장 가깝게 지내온 귀한 존재로서, 우리민족 생활사 속에서 매우 중요한 자리를 차지하여 오늘날까지도 그 명맥을 유지하며 세계 속에 한지의 우수성을 떨치고 있다. 또한 한지는 통기성, 유연성, 방음성, 단열성, 습도조절능력 등이 우수한 특성을 가지고 있고 자연에 가깝고 고급스러우며 현대의 지중에서 느낄 수 없는 독특한 심미성을 가지고 있다. 그런데 한지는 과거 농한기의 유희 노동력을 이용하여 생산되었으나, 경제발전과 더불어 농촌의 노동력 부족 및 고령화로 사양화되고, 양지 및 플라스틱 제품에 밀려 점차 그 설자리를 잃어가고 있는 추세이며 최근에는 가장 많은 비중을 차지하는 화선지가 수요 감소와 외국으로부터 저가품의 수입으로 인하여 국내생산이 위협받고 있는 실정에 놓이게 되었다. 이러한 어려움을 타개하기 위하여 최근에는 한지의 질적·미적 우수성과 강인함을 장점으로 한지장판지, 한지벽지, 포장지, 명함지 등^{1,4)}의 제품들이 개발되어 생활 속에 존재하는 하나의 문화로서 자리 잡고 있고, 더불어 기능성 섬유와 캡슐을 한지에 적용하고자 하는 연구,^{5,6)} 전통 소재인 옷을 이용한 연구⁷⁾ 등이 행해지고 있다. 그러나 수요의 한계로 인하여 한지 산업의 부흥을 이끌기에는 여전히 부족한 것이 현실이다.

이에 따라 수요를 증대시킬 수 있는 새로운 제품 개발이 절실히 요구되어 최근의 정보통신과 인터넷의 발달로 인하여 수요가 급증하고 있는 인쇄용지로의 접근이 중요한 의미를 부여할 것으로 판단된다. 하지만 한지는 태생적으로 거친 표면과 급속한 잉크 흡수성으로 번짐과 인쇄적성이 현저히 떨어짐으로 대중적으로 보급되고 있는 잉크젯 프린터에 인쇄용지로 이용하기 위해서는 풀어야 할 많은 과제를 안고 있다. 이에 따라 기 보고된 연구^{8,9)}에서와 같이 기계한지에 인쇄적성을 개선하기 위하여 각종 사이즈제로 표면처리 후 인쇄적성을 시험하여 양호한 결과를 얻은 바 있고, 한지를 대상으로 하지는 않았지만 인쇄적성을 개선하기 위한 또 하나의 방법으로 미생물 셀룰로오스를 적용하여 산화전분이나, 양성전분보다 더욱 우수한 인쇄적성 및 물리적 성질을 개선한 사례도 보고¹⁰⁾ 되고 있다. 이러한 미생물

셀룰로오스는 99% 이상이 glucose의 β -1,4 결합만의 순수한 셀룰로오스로 20~50 nm의 microfibril이 수소결합에 의한 3차원 망상구조를 이루고 있으며 결정화도가 매우 높은 특징을 가지고 있고, 보수성 및 흡착성이 우수하며 고강도 고타력의 특징으로 방위산업, 의료, 음향 및 제지분야 등 다양한 분야에 이용할 수 있다.^{11,12)}

따라서 본 연구는 한지의 미려함과 강인함을 유지하면서 기계한지 위에 일반적인 박테리아 셀룰로오스가 아닌 곰팡이에서 셀룰로오스를 생산·정제하여 한지에 표면처리 함으로써 한지의 단점을 보완하여 새로운 인쇄용 한지를 개발하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 미생물 셀룰로오스의 생산

공시균주로 사용한 *Saprolegnia ferax* ATCC 36051은 전남 소재의 대학에서 분양받았으며, 균주의 보관을 위해서 YG배지(0.25% yeast extract, 1% glucose, 2% agar)에 접종 후 25°C에서 7일간 배양하여 균체의 증식 정도를 확인하고 4°C에서 냉장 보관하였고, 2개월마다 계대배양하여 사용하였다. 미생물 셀룰로오스는 셀룰로오스 생산의 최적조건인 전보¹³⁾의 결과를 토대로 *S. ferax*를 YPSS(0.4% yeast extract, 0.1% K_2HPO_4 , 0.05% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 1.5% soluble starch, pH 7.0)배지에서 26°C, 11일 동안 정지배양하여 단리·정제한 후 동결·건조시켜 제조하였다. 이와 같이 제조된 미생물 셀룰로오스는 이하에서 SFC라 칭한다.

2.1.2 사이즈제와 인쇄용 한지

Alkyl ketene dimer(AKD, HE-201, Hercules Korea Chemical Industries Ltd.)는 80°C에서 1시간 용해하여 사용하였으며, 옥수수 전분(주) 대상)은 95°C에서 30분 호화시켜 사용하였고, Carboxymethyl cellulose(CMC, HAYASHI Pure Chemical Industries Ltd.)와 Polyvinyl alcohol(PVA, YAKURI Pure Chemicals Co., Ltd.)를 사용하였다. 인쇄용한지는 평량 100 g/m²의 것을 전북 소재의 J한지에서 구입하여 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 미생물 셀룰로오스를 이용한 사이징

기계한지에 SFC으로 사이징하는데 있어서 최적의 농도를 구명하기 위하여 SFC의 농도를 0, 0.25, 0.5, 0.75, 0.1%로 하여 코터(PI-1210, Sangyo, Japan)를 이용, RDS 16 bar, 사이징 속도 13mm/sec.로 사이징하였다. 사이징 후 50℃, 10분동안 열풍건조하였고 각종 물리적성질 측정 및 인쇄적성의 결과를 토대로 하여 SFC의 적정 사이징 농도를 구명하였다.

2.2.2 미생물 셀룰로오스와 각종 사이즈제와의 혼합제를 이용한 사이징

2.2.1에서 구명된 SFC 사이징의 적정 농도와 기 보고⁸⁾된 바 있는 각종 사이즈제의 최적 사이징 농도를 이용하여 SFC를 AKD(0.1%), CMC(1.0%), 옥수수 전분(3.0%), PVA(5.0%)와 10:0, 9:1, 7:3, 5:5, 3:7 1:9, 0:10의 비율로 사이즈제를 제조한 후 2.2.1에서와 같은 방법으로 한지에 사이징, 건조하였다.

2.2.3 물리적 성질 및 인쇄적성 측정

사이징된 한지는 항온항습실(온도: 20±1℃, RH: 65±5%)에서 24시간 이상 조습한 후, 조습된 한지를 TAPPI Test Methods에 의거 밀도, 백색도, 불투명도, 광택도, 거치름도, 투기도를 측정하였고, 인쇄적성은 지름 1cm 크기의 점을 잉크젯 프린터(Cannon S100SP)를 이용하여 인쇄한 후 화상분석기(BMI Plus)를 이용하여 잉크점의 농도, 잉크점의 둘레 길이를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 미생물 셀룰로오스를 이용한 사이징

인쇄용 한지의 인쇄적성 개선을 위한 SFC의 최적 사이징 농도를 구명하기 위하여 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0%로 농도를 조절하여 사이징 한 후 물리적 성질 및 인쇄적성을 측정된 결과는 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

사이징 시 미생물 셀룰로오스(SFC)의 농도가 증가하면 밀도, 백색도, 광택도, 평활도는 점차 낮아지는 경향이었는데, 이는 섬유상 물질인 SFC가 사이징 과정에서 서로 엉키어 표면을 거칠게 하는 현상에 기인하는 것으로 사료된다. 반면 불투명도는 점차 증가하여 인쇄용 한지의 가장 큰 단점중의 하나인 불투명도의 개선에는 상당한 효과가 있었다. 투기도 역시 원지에 비교하면 SFC의 농도가 증가할수록 약간 감소하는 경향이었으나 큰 차이는 없었다. 그러나, 전¹⁰⁾의 연구에 따르면 *Acetobacter xylium*에서 단리한 셀룰로오스로 사이징했을 때 이들 미생물 셀룰로오스가 종이 표면의 공극을 메워 거치름도가 상당히 개선되었을 뿐만 아니라 광택에서도 큰 효과가 있었다는 결과와는 상당한 차이를 나타내었다.

한편 인쇄 후 Image analyzer에 의한 분석 결과를 살펴보면 사이즈제 농도가 증가하여도 잉크점의 농도는 큰 변화가 없고, 잉크점의 둘레는 약간 증가하는 경향을 보였는데, 상기의 결과들을 종합적으로 판단하여 볼 때 SFC 사이징 농도 0.5%에서 가장 양호한 인쇄적성을 얻어 미생물 셀룰로오스의 사이징은 0.5%가 적정 농도이었다.

Table 1. Physical properties and printability of surface sized Hanji with microbial cellulose

Properties	SFC Concentration (%)				
	0	0.25	0.5	0.75	1.0
Density (g/cm ³)	0.43	0.42	0.39	0.36	0.36
Brightness	75.7	76.2	75.6	74.9	74.5
Opacity (%)	90.75	92.43	92.96	93.15	94.67
75° Gloss (%)	5.83	5.62	5.62	5.53	5.47
Roughness (μm)	1487	1557	1772	1799	1960
Air permeability (sec.)	6.5	5.9	6.1	6.6	7.2
Ink density	1.27	1.37	1.32	1.31	1.30
Ink girth (cm)	3.67	3.71	3.67	3.70	3.72

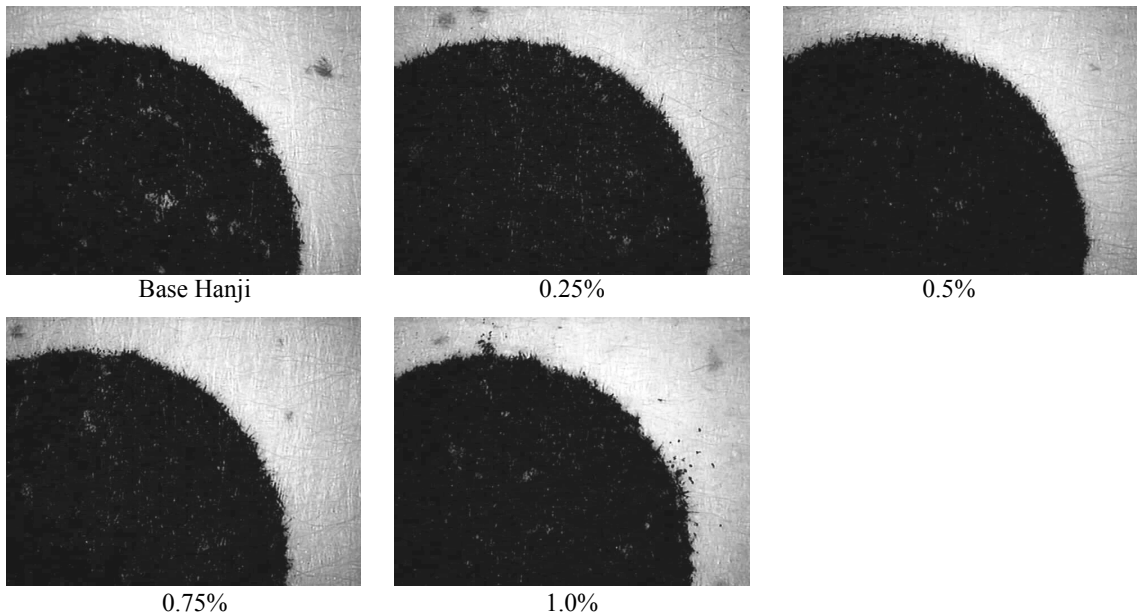


Fig. 1. Inkjet ink image analysis of Hanji sized with microbial cellulose.

3.2 미생물 셀룰로오스와 각종 사이즈제와의 혼합제를 이용한 사이징

3.2.1 미생물 셀룰로오스와 AKD의 혼합

상기에서 구명된 적정 사이즈 농도인 0.5%의 미생물 셀룰로오스와 AKD 0.1%를 다양한 비율로 혼합하여 사이징한 결과는 Table 2와 같다.

미생물 셀룰로오스(SFC)와 AKD를 혼합비율에 따라 사이징 한 결과, 밀도의 경우 원지보다 약 0.01~0.04 g/cm³ 정도 낮은 결과를 나타내어 SFC 및 AKD 모두 단

단한 필름을 형성하지 못했다고 생각해 볼 수 있다. 또한 SFC의 혼합비율이 높을수록 백색도, 광택도, 투기도는 점차 저하되었으나 AKD의 혼합으로 백색도와 광택도는 원지의 수준으로 회복되었다. 불투명도의 경우에는 AKD의 혼합비율이 증가할수록 개선되는 효과가 있었으나 평활도는 혼합비율이 증가할수록 오히려 악화되는 결과를 나타내었다.

그러나 Image analyzer에 의한 사이징 후의 잉크점에 대한 분석에 있어 잉크농도는 AKD의 혼합에 따라 약간 증가하였고, 잉크점의 둘레는 전반적으로 원지보

Table 2. Physical properties and printability of surface sized Hanji with the mixture of microbial cellulose and AKD

Properties	Base Hanji	SFC (0.5%) and AKD (0.1%) mixing ratio						
		10/0	9/1	7/3	5/5	3/7	1/9	0/10
Density (g/cm ³)	0.43	0.39	0.43	0.42	0.42	0.43	0.40	0.40
Brightness	80.2	77.0	78.5	79.4	80.3	79.9	80.0	80.8
Opacity (%)	90.75	91.34	91.86	92.23	91.62	93.14	93.27	92.60
75° Gloss (%)	5.83	5.63	5.65	5.50	5.70	5.57	5.58	5.85
Roughness (μm)	1487	1608	1708	1848	1756	2010	2059	2049
Air permeability (sec.)	6.5	6.4	6.0	5.8	5.0	5.5	5.3	5.6
Ink density	1.32	1.31	1.35	1.34	1.34	1.33	1.35	1.35
Ink girth (cm)	3.52	3.48	3.43	3.39	3.39	3.40	3.41	3.37

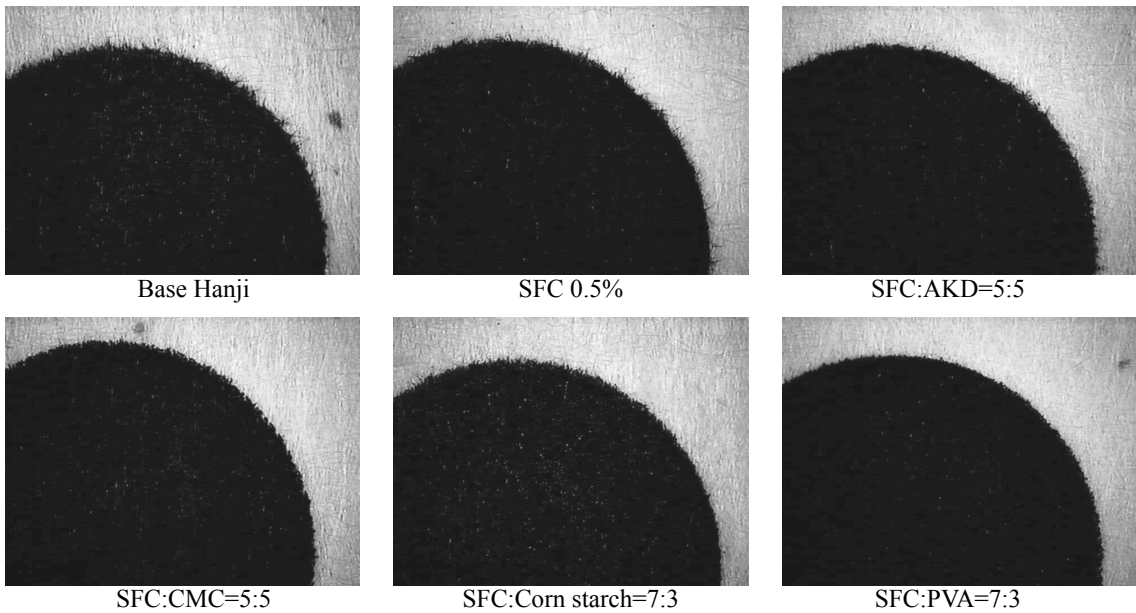


Fig. 2. Inkjet ink image analysis of Hanji sized with microbial cellulose and various kinds of sizing agents.

다 크게 개선되어 백색도, 불투명도를 함께 고려한 최적 혼합비율은 SFC:AKD는 5:5(Fig. 2) 이었다.

3.2.2 미생물 셀룰로오스와 CMC의 혼합

미생물 셀룰로오스의 적정 사이징 농도인 0.5%와 CMC 1.0%를 다양한 비율로 혼합하고 사이징 한 후 물리적 성질과 인쇄적성을 측정할 결과는 Table 3과 같다.

미생물 셀룰로오스(SFC)와 CMC를 혼합비율에 따라 사이징 한 결과 밀도는 혼합비율에 영향을 받지 않고

대체적으로 원지보다 낮아 AKD를 혼합한 경우와 거의 같은 결과를 보였고, 백색도의 경우는 SFC로 인하여 저하되었던 백색도가 CMC의 혼합비율의 증가로 원지 수준으로 회복되었다. 불투명도는 CMC만으로 사이징한 경우를 제외하고는 원지보다 개선되는 효과를 보였고, 광택도는 약간 개선되었으나 투기도는 저하되었다. 평활도는 원지 또는 SFC만의 사이징보다 CMC의 혼합비율이 증가할수록 저하되었다.

한편, Image analyzer의 분석 결과 사이징 후 잉크점

Table 3. Physical properties and printability of surface sized Hanji with the mixture of microbial cellulose and CMC

Properties	Base Hanji	SFC (0.5%) and CMC (1.0%) mixing ratio						
		10/0	9/1	7/3	5/5	3/7	1/9	0/10
Density (g/cm ³)	0.43	0.39	0.42	0.43	0.41	0.41	0.40	0.40
Brightness	80.2	77.0	79.7	79.6	79.7	79.8	80.3	80.2
Opacity (%)	90.75	91.34	92.09	92.51	92.67	91.86	91.71	90.43
75° Gloss (%)	5.83	5.63	6.00	6.03	6.18	6.12	6.22	6.12
Roughness (μm)	1487	1608	2193	2288	2207	2218	2231	2233
Air permeability (sec.)	6.5	6.4	6.5	7.0	8.2	9.6	10.3	11.1
Ink density	1.32	1.31	1.36	1.37	1.40	1.42	1.45	1.41
Ink girth (cm)	3.52	3.48	3.42	3.42	3.40	3.43	3.46	3.44

의 농도는 CMC의 비율이 증가함에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내었고, 잉크점의 둘레는 전반적으로 원지보다 개선되어 백색도, 불투명도, 광택 및 거치름도의 결과를 종합적으로 판단하여 볼 때 SFC:CMC의 최적 혼합비율은 5:5(Fig. 2) 이었다.

3.2.3 미생물 셀룰로오스와 옥수수 전분의 혼합

미생물 셀룰로오스(0.5%)와 옥수수 전분(3.0%)을 다양한 비율로 혼합하여 사이징 한 후 물리적 성질과 인쇄적성을 측정 한 결과는 Table 4와 같다.

미생물 셀룰로오스(SFC)와 옥수수 전분을 혼합 비율에 따라 사이징 한 결과, SFC만의 처리로 원지보다 3 포인트 가량 감소되었던 백색도는 옥수수 전분의 백색도에 의해 혼합비율이 증가할수록 원지와 거의 같은 백색도를 나타내었고, 불투명도와 광택, 투기도 역시 옥수수 전분의 혼합비율이 증가할수록 개선되는 효과를

보였다. 그러나 평활도는 전반적으로 원지보다 감소하는 경향인데 SFC보다 옥수수 전분의 혼합비율이 증가할수록 평활도에 효과는 있었지만 여전히 원지의 수준으로 회복되지는 못하였다.

Image analyzer 분석 결과 잉크농도가 약간 상승하는데 그쳤지만, 잉크점 둘레의 길이는 약간 줄어들어 상기의 혼합 사이즈제인 AKD, CMC보다 작은 둘레의 값을 나타내어 약간의 개선 효과를 보았다고 할 수 있다. 또한 이들의 결과를 종합하여 볼 때 SFC:corn starch의 적정 혼합비율은 7:3(Fig. 2)이라 할 수 있다.

3.2.4 미생물 셀룰로오스와 PVA의 혼합

미생물 셀룰로오스(0.5%)와 PVA(5.0%)를 여러가지 비율로 혼합하여 사이징 한 후 물리적 성질과 인쇄적성을 측정 한 결과는 Table 5와 같다.

미생물 셀룰로오스와 PVA를 다양한 혼합비율로 사

Table 4. Physical properties and printability of surface sized Hanji with the mixture of microbial cellulose and corn starch

Properties	Base Hanji	SFC (0.5%) and Corn starch (3.0%) mixing ratio						
		10/0	9/1	7/3	5/5	3/7	1/9	0/10
Density (g/cm ³)	0.43	0.39	0.42	0.42	0.42	0.43	0.43	0.42
Brightness	80.2	77.0	78.9	78.6	79.0	79.5	79.3	80.0
Opacity (%)	90.75	91.34	91.62	93.14	93.27	92.60	94.16	92.24
75° Gloss (%)	5.83	5.63	5.70	5.57	5.58	5.82	6.08	6.50
Roughness (μm)	1487	1608	2568	2093	2049	2059	1756	1708
Air permeability (sec.)	6.5	6.4	5.0	5.5	6.3	5.6	6.8	7.0
Ink density	1.32	1.31	1.34	1.42	1.37	1.35	1.38	1.36
Ink girth (cm)	3.52	3.48	3.43	3.36	3.39	3.40	3.40	3.35

Table 5. Physical properties and printability of surface sized Hanji with the mixture of microbial cellulose and PVA

Properties	Base Hanji	SFC (0.5%) and PVA (5.0%) mixing ratio						
		10/0	9/1	7/3	5/5	3/7	1/9	0/10
Density (g/cm ³)	0.43	0.39	0.41	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42
Brightness	80.2	77.0	79.0	79.6	79.9	79.5	79.2	79.0
Opacity (%)	90.75	91.34	91.18	91.12	91.74	92.54	92.77	92.11
75° Gloss (%)	5.83	5.63	5.75	5.80	5.77	5.85	5.88	6.00
Roughness (μm)	1487	1608	1807	1914	1995	1989	1999	1797
Air permeability (sec.)	6.5	6.4	6.0	6.6	6.5	6.5	6.1	5.9
Ink density	1.32	1.31	1.37	1.37	1.34	1.34	1.38	1.38
Ink girth (cm)	3.52	3.48	3.37	3.39	3.42	3.44	3.39	3.40

이징 한 결과 밀도, 백색도는 원지보다 낮았고, 불투명도와 광택은 PVA의 혼합비율이 증가할수록 꾸준히 상승하는 경향을 나타내었다. 거치름도는 SFC와 PVA의 혼합의 경우에서 높은 값을 나타내었고 투기도의 경우도 PVA 단독으로 사이징하는 경우를 제외하면 원지와 큰 차이를 나타내지 않았다. 잉크젯 인쇄 후 Image analyzer의 분석을 실시한 결과 잉크점의 농도는 약간 상승하는 경향이었고, 잉크점의 둘레 길이는 감소하여 긍정적인 효과가 있었다.

이들 결과를 검토하여 볼 때 인쇄용 한지를 위한 SFC와 PVA의 적정 혼합비율은 7:3(Fig. 2)이라 할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 한지의 인쇄적성을 개선하기 위해 *Saprolegnia ferax*로부터 생산한 셀룰로오스를 이용하여 적정 사이징 농도를 구명하고, 다양한 사이즈제와 혼합한 사이징으로 한지의 인쇄적성을 구명코자 수행되었고 얻은 결론은 다음과 같다.

인쇄용 한지의 미생물 셀룰로오스 사이징의 적정 농도는 0.5%로서 전체적으로 큰 효과는 없었으나 불투명도와 잉크농도에 효과가 있었다. 미생물 셀룰로오스(0.5%)와 AKD(0.1%)의 혼합(5:5) 사이징으로 잉크점의 둘레 길이가 작아져 잉크의 번짐에 대한 개선 효과가 두드러졌다. CMC(1.0%)와의 혼합(5:5)은 광택뿐만 아니라 잉크점의 농도와 둘레의 길이도 개선되어 약간의 효과가 있었다. 옥수수 전분(3.0%)과의 혼합(7:3)은 적용한 사이즈제 중 잉크점의 가장 작은 둘레 길이를 나타내었다. PVA(5.0%)와의 혼합(7:3)에서도 잉크점의 농도 및 둘레 길이에서 약간의 효과를 얻었다.

사 사

이 논문은 전북대학교 지원 연구비 IR 2006 - 10에 의하여 연구되었음.

인용문헌

1. 전철, 닥나무의 인피섬유를 이용한 전통 한지장판지 개발에 관한 연구, 목재공학 18(4):53-64 (1990).
2. 윤승락, 조현진, 박상범, 김재경, 김사익, 조종수, 김효주, 한지 벽지 제조에 관한 연구(I)-벽지용 한지 제조 및 특성-, 목재공학 24(4):15~21(1996).
3. 윤승락, 조현진, 박상범, 김재경, 김사익, 조종수, 김효주, 한지 벽지 제조에 관한 연구(II)-한지벽지 제조 및 특성-, 목재공학 25(4):17~21(1997).
4. 윤승락, 조현진, 박상범, 김재경, 김사익, 조종수, 김효주, 한지 포장지 개발에 관한 연구, 산림과학 논문집, 56:87~94(1997).
5. 민춘기, 조중연, 신준섭, 류운형, 텐셀섬유를 활용한 한지의 제조, 펄프종이기술 33(4):35~41(2001).
6. 조중연, 신준섭, 민춘기, 류운형, 이선호, 추출 방향성 물질을 함유한 마이크로 캡슐의 제조와 한지에의 적용, 펄프종이기술 33(2):74~80(2001).
7. 조현진, 이상극, 노정관, 윗칠한지의 제조 및 특성, 펄프종이기술 39(3):70~76 (2007).
8. Kang, J. H., Seo, S. M., and Park, S. C., Studies on the Printability of Hanji by Sizing and Calendering, J. Korea TAPPI 37(5):70~77 (2005).
9. Seo, S. M., Kang, J. H., and Lim, H. A., Studies on the Printability Improvement of Hanji by Surface Sizing with Mixed Agents, J. Korea TAPPI 38(5):38~46 (2006).
10. 전양, 박테리아 셀룰로오스를 이용한 첨단기능지 제조에 관한 연구, 한국과학재단 연구보고서, (1996).
11. Ko, J. Y., Shin, K. S., Lee, J. S., and Choi, W. Y., Production of Bacterial Cellulose by *Acetobacter xylinum* GS11, Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 30(1):57~62 (2002).
12. Lee, S. Y., Jeon, J. R., and Yang, Y. K., Characteristics of the Physical Function of Biocellulose from *Acetobacter xylinum*, Food Engineering Progress 9(3):182~191 (2005).
13. 강진하, 박성철, 미생물 셀룰로오스의 생산 및 특성에 관한 연구, 펄프종이기술 39(3):77~83 (2007).