

# 닥섬유 함량에 따른 기계한지의 보존성 및 인쇄성

권오훈<sup>1</sup> · 김현철<sup>†</sup>

접수일(2013년 3월 27일), 수정일(2013년 4월 26일), 채택일(2013년 5월 10일)

## Preservation and Printability Property of Machine-made Hanji by Different Contents of *Paper Mulberry*

Oh-Hun Kwon<sup>1</sup> and Hyun-Chel Kim<sup>†</sup>

Received March 27, 2013; Received in revised form April 26, 2013; Accepted May 10, 2013

### ABSTRACT

Hanji has been used mainly for preservation paper because of superior mechanical properties. However, it was not used in printing for inkjet and laser printer-printed letters. In this study, machine-made Hanji was prepared with five different contents of *paper mulberry* 20, 40, 60, 80 and 100% and managed by same pressure calendering. By increasing of *paper mulberry* contents, tearing index and folding endurance of machine-made Hanji increased because of increased fiber-to-fiber bonding. Printability property of machine-made Hanji improved by decreasing of *paper mulberry* contents. After 20 hours accelerated aging, the initial folding endurance of machine-made Hanji was reduced by approximately one-fourth degree. Between 40 and 100% contents of *paper mulberry* was showed similar levels about preservation property. The machine-made Hanji of *paper mulberry* 60% content was suitable for permanence and printability properties using preservation paper and printer-printed letters.

**Keywords** : *Paper mulberry, hanji, printability, physical properties, preservation*

## 1. 서론

최근의 생활패턴은 개인의 정신적 육체적 건강뿐만 아니라 환경까지 고려한 친환경적인 소비 형태를 보이고 있다. 또한 소비자들의 LOHAS 삶의 패턴은 원료에

서부터 최종제품까지 친환경적인 요소들을 고려한 제품생산을 유도하고 있다. 그 중에서도 대표적 친환경 소재인 닥섬유는 향균, 소취, 원적외선 방사 등의 기능성 보유로 한지벽지, 장판지, 포장지, 명함지, 필터, 인쇄용지 등 다양한 제품으로 개발되어 이용되고 있

• 청운대학교 패션디자인섬유공학과 (Dept. of Fashion Design & Textile Engineering, Chungwoon University, Hongseong, Chungnam, 350-701, Korea)

<sup>1</sup> 한국니트산업연구원 (Korea Institute for Knit Industry, Iksan 560-330, Korea)

<sup>†</sup> 교신저자 (Corresponding Author) : E-mail : adhckim@hanmail.net

다.<sup>1-4)</sup> 그러나 기능성과 심미성을 보유한 한지 응용제품들은 높은 제조원가와 품질에 대한 심리적인 불안감 등으로 인해 수요가 높지 못한 실정이다.<sup>1)</sup> 인쇄용지는 산업화와 더불어 지식정보가 대량으로 발생하고, 이를 문자화 할 수 있는 인쇄매체의 발달로 인해 고급용지의 수요 또한 급증하고 있다.<sup>5)</sup>

인쇄용 기계한지의 경우 원료 특성상 거친 표면과 급속한 잉크 흡수성에 의한 번짐으로 인쇄적성이 현저히 낮아져 이를 개선하고자 많은 연구가 진행되어 왔다.<sup>1,3)</sup> 일반적인 한지의 인쇄적성을 향상시키기 위한 방법에는 원료 자체에 균일성을 확보하는 방법, 사이즈제 등의 약품으로 표면처리 하는 방법 그리고 한지 제조 후에 캘린더링과 같은 물리적 처리방법 등이 있다. 특히 로진 사이징 시스템의 적용은 취급은 용이하지만 종이의 보존성을 급격하게 저하시켰다.<sup>6)</sup>

보존용지(permanent paper)란 국가기록원, 도서관 등의 통상적인 보관 및 사용 조건에서 수백년이 경과해도 외관과 물성이 심각하게 변화되지 않고 유지될 수 있는 종이를 의미하고<sup>6-8)</sup> 요구 특성으로는 pH 7.5~10.0, 인열강도 중량 70 g/m<sup>2</sup>에서 350 mN, Kappa가 5 이하의 종지로 정의된다. 수록방식의 고대의 종이는 대부분 중성 또는 약알칼리성 조건에서 제조되었고 아마, 삼, 면, 닥섬유 등 장섬유의 특성을 보유한 천연섬유를 원료로 사용하여 강도의 손실이 적고 보존성이 대체로 우수하였다.<sup>6)</sup>

본 연구에서는 기계한지 제조공정에서 약품사용 없이 친환경 원료인 닥섬유의 함량에 따른 기계한지를 제조하고 양면 평활도 향상을 위한 캘린더링 처리로 사무용 프린터에 적합한 인쇄적성과 보존성을 보유한 기록용지로의 가능성을 고찰하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서는 목재펄프(섬유장 3~4 mm, 섬유폭 30~50  $\mu$ m)에 해리를 주목적으로 하여 20분간 칼비터(knife beater)처리한 태국산 닥섬유(섬유장 21~22 mm, 섬유폭 20~21  $\mu$ m, 백색도 81.2)<sup>9)</sup>의 함량을 20, 40, 60, 80, 100% 범위에서 변화시키며 기계한지를(국내 한지 업체 D사) 제조한 후, 양면 평활도 향상 및 양면차 감소를 위해 60 kgf 압력의 Nip type 건조 캘린더링 장치로 처리하였고 Table 1은 닥섬유 함량에 따른 기계한지 시료의 기초 물성을 나타내었다.

### 2.2 실험 및 방법

#### 2.2.1 물리적 분석

각 시료의 비인열도는 KS M ISO 1974에 의거하여 인열강도 시험기(Elmendorf tearing tester)를 이용하여 분석하였다. 평활도는 KS M 5627에 의거하여 평활도 측정기(automatic Bekk's smoothness tester, Sejin Tech)를 사용하여 유리 표준면과 고무로 된 누름판 사이에 1 kgf/cm<sup>2</sup> 하중으로 공기가 통과하는 시간을 분석하였다. 내절도는 KS M ISO 5626:2006에 의거하여 MIT 시험기를 이용하여 측정하였다.

#### 2.2.2 광학적 분석

주관적 인쇄상태 비교분석은 샘플을 레이저프린터(P2035, HP)로 출력하여 현미경(Camscope, Sometech)을 이용하여 광학적 특성을 분석하였다. 불투명도는 KS M 7038에 의거하여 불투명도 측정기(Opacity meter, Gist)를 사용하여 측정하였다.

#### 2.2.3 화학적 분석

기계한지의 Kappa가는 KS M ISO 302에 의거하여 측정하였고, KS M ISO 6588-1에 의거하여 pH를 측정

Table 1. Basic physical properties of paper sample after calendering

Sample	Paper mulberry Contents, (%)	Grammage, (g/m <sup>2</sup> )	Thickness, (mm)
Machine-made Hanji	A	79.85	0.09
	B	88.07	0.11
	C	76.51	0.11
	D	83.25	0.12
	E	77.54	0.12

하였다.

### 2.2.4 보존성 분석

기계한지의 내후성은 KS M ISO 5630-3:2007의 시험법에 의거하여 80℃ 와 65% 상대습도 상태에서 노화시간(20, 40, 60, 80, 100 Hr)을 변화시키며 가속노화 진행 후 MIT 시험기를 이용하여 내절도를 측정하였다. Table 2에 KS M 7704 보존용지 요구 특성을 나타내었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 특성

Fig. 1은 닥섬유 함량에 따른 기계한지의 MD 및 CD 방향의 비인열도를 나타낸 것으로 닥섬유 함량이 증가할수록 MD 및 CD 방향의 비인열도가 증가하였다. 비인열도는 일반적으로 섬유장이 길수록 증가하며<sup>10)</sup> 종이 파괴부위에 관여된 섬유의 수, 섬유강도, 섬유간 결합, 각종 내첨제 및 함수율<sup>11)</sup> 등의 요인이 작용한다. 기계한지내 장섬유인 닥섬유의 함량이 증가하면서 높은 비인열도를 보였다<sup>12)</sup>.

기계한지 C와 D를 비교해보면 닥섬유 함량이 60%인 C와 80%인 D의 CD 방향의 비인열도는 유사한 수치를 나타내었다. 닥섬유 함량이 100%인 E의 경우 Takamura<sup>13)</sup>가 발표한 35 mN·m<sup>2</sup>/g과 유사한 수치를 보여주었다.

내절도는 종이의 강도 및 유연성을 측정하는 방법의 하나<sup>11)</sup>로서 본질적으로 방향성이 있는 기계적 성질<sup>8)</sup>

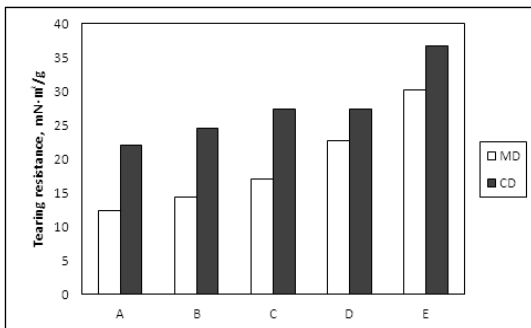


Fig. 1. Tearing resistance of machine-made Hanji manufactured by different contents of paper mulberry.

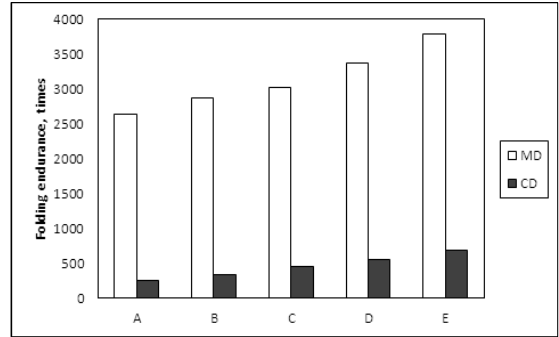


Fig. 2. Folding endurance of machine-made Hanji manufactured by different contents of paper mulberry.

이며, 섬유의 배열상 MD 방향의 내절도가 CD 방향보다 전체적으로 우수한 결과를 보여준다. 닥섬유 함량에 따른 기계한지의 내절도 시험결과는 Fig. 2에 나타내었다.

제조된 기계한지 모두 MD 방향으로 우수한 내절도를 보였고, 닥섬유 함량 100% 기계한지 E가 가장 높은 수치를 나타내었다.

Fig. 3은 닥섬유 함량에 따른 기계한지의 평활도를 나타내었다. 평활도는 종이 표면의 윤곽상태를 나타내는 성질로 필기적성 및 인쇄품질과 밀접한 관계를 지니고 있다.<sup>11)</sup> 닥섬유 함량이 높을수록 평활도는 저하되고, Felt 면의 평활도가 wire 면보다 높은 수치를 나타내었다. 양면 캘린더링 처리한 기계한지의 이면(wire side)의 평활도는 권<sup>12)</sup>등이 발표한 단면 캘린더링 처리된 기계한지 표면(felt side)의 수치와 유사하였다. 닥섬유의 함량이 증가로 인한 표면 불균일성이 높아져 한

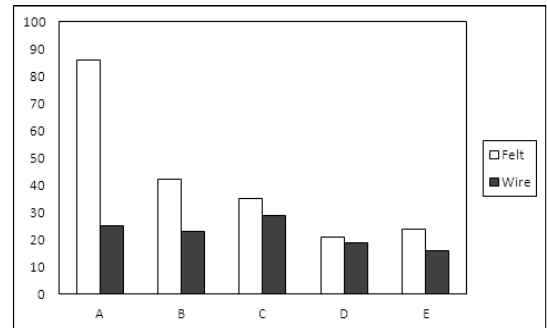


Fig. 3. Smoothness of machine-made Hanji manufactured by different contents of paper mulberry.

지표면 평활도는 감소하는 경향을 나타내었다. 양면 캘린더링 처리한 기계한지의 평활도의 양면차가 낮아 양면 인쇄용지로 사용이 가능하다고 사료된다.

### 3.2 광학적 특성

다섬유 함량에 따른 기계한지의 캘린더링 처리 전과 후의 시료에 레이저 프린팅 후 표면 및 이면의 인쇄상

태를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 캘린더링 처리 전 잉크의 번짐은 다섬유 함량이 높을수록 점차 증가하여 문자의 외곽이 불분명하였다. 캘린더링 처리 후 표면과 이면에서 모두 인쇄성이 개선된 것을 관찰할 수 있었다. 건조 캘린더링을 통하여 종이의 부피와 공극이 줄어들어 잉크가 급속도로 흡수되어 발생하는 번짐이 줄어들고 표면 평활도의 향상으로 잉크 표면 유지

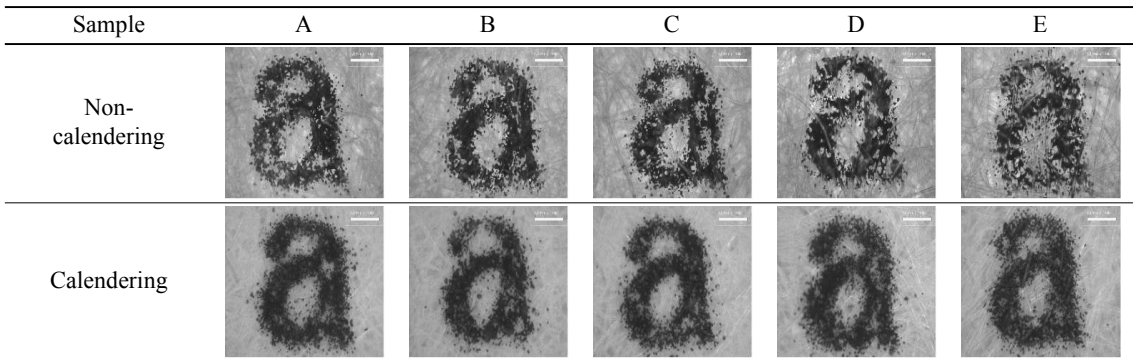


Fig. 4. Image of laser printer-printed letters according to different contents of paper mulberry on felt side.

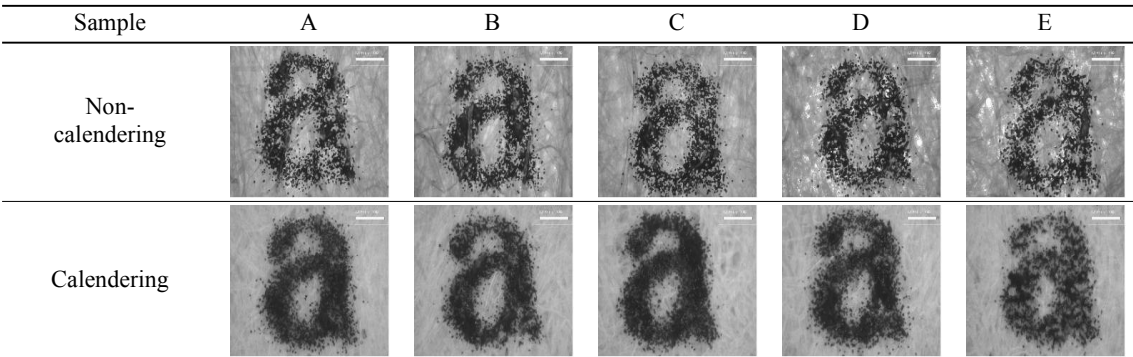


Fig. 5. Image of laser printer-printed letters according to different contents of paper mulberry on felt side on wire side.

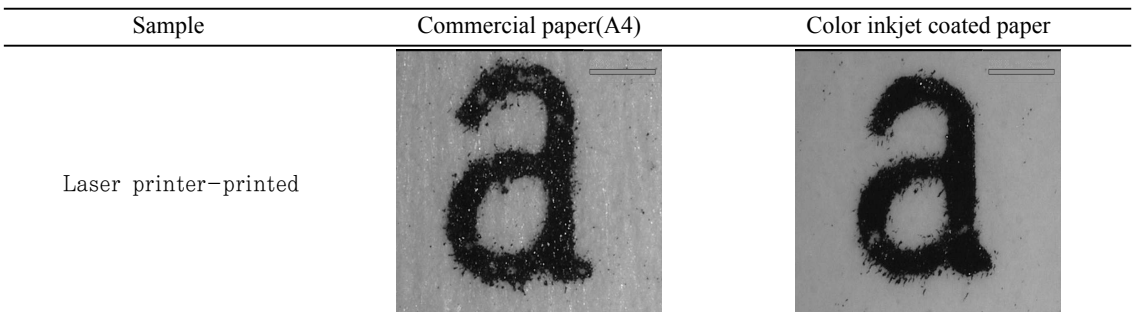


Fig. 6. Image of laser printer-printed letters for commercial paper and color inkjet coated paper.

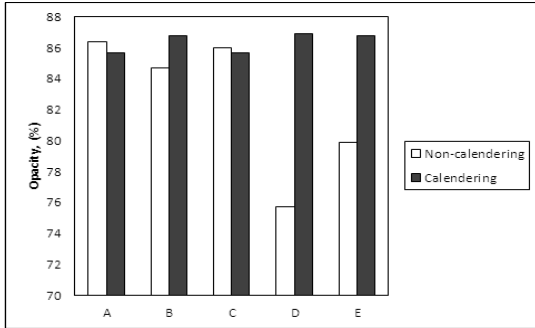


Fig. 7. Opacity of machine-made Hanji manufactured by different contents of mulberry

성(holdout)<sup>14)</sup>을 향상시켜 인쇄적성이 우수한 것으로 사료된다. 백상지와 잉크젯 전용지에 프린트한 Fig. 6의 결과와 비교 시 기계한지가 통상 널리 쓰이고 있는 목재펄프 프린터 전용지와 비교하여 인쇄적성 품질이 조금은 낮으나 프린팅 성능이 개선되어 인쇄용지로의 사용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

Fig. 7은 각 샘플별 캘린더링 처리 전과 후의 불투명도를 나타낸 것이다. 섬유장이 짧으면 인장강도는 낮으나 종이의 불투명도를 향상시키게 된다. 일반적으로 닥섬유의 함량이 60% 미만인 경우에는 캘린더링 처리 전과 후의 변화가 큰 차이를 보이지 않았고 80% 이상의 닥섬유가 함유된 D와 E의 용지에서 급격한 불투명도 향상 효과를 나타내었다. D와 E는 닥섬유 함량이 높아 지합이 불균일하거나 실험 오차 등으로 낮은 수치를 나타내었다. 캘린더링 처리 전 장섬유인 닥섬유가 많이 함유될수록 불투명도는 낮았고, 캘린더링 처리 후 종이의 두께가 균일<sup>3)</sup>해지고 섬유간 공극이 줄어들어 표면압축 등의 개질로 인해 불투명도가 증가한 것으로 사료된다.

### 3.3 화학적 특성

Table 3에 닥섬유 함량에 따른 기계한지의 Kappa가 및 pH를 나타내었고, 닥섬유 함량이 증가하면서

Table 3. Kappa and pH of machine-made Hanji manufactured by different contents of mulberry

	A	B	C	D	E
Kappa	2.0	3.4	3.8	4.0	4.6
pH	8.1	8.0	8.0	7.9	7.6

Kappa가도 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며, pH는 닥섬유의 함량이 증가하면서 점차 낮아지는 결과를 보여주었다. 화학펄프에서는 대부분의 리그닌이 제거되지만 시료로 사용된 태국산 닥펄프는 섬유의 손상을 최소화한 펄핑 조건으로 잔존 리그닌이 상당수 존재하여 Kappa가는 높아졌다. 모든 시료에서 ISO 9706:1994 인 서류, 문서에 적용되는 규격에 준한 결과를 보여주었고 내구성과 보존성이 함께 요구되는 용지 특성을 정의하는 ISO11108의 기준인 Kappa가 5 이하, pH 7.5~10 사이로 만족하는 결과를 보여주었다.

### 3.4 보존성 분석

가속노화 후 시료 A, B, C, D, E의 내후성 측정을 위한 내절도 시험 결과는 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 전체적으로 초기 내절도 수치보다 100시간 가속노화 후 약 25%의 수준으로 내절도가 감소하는 경향을 나타내었다. 가속노화 초기 20시간동안 급격한 강도의 감소를 보여주었고, 20시간 이후에는 강도에 미치는 영

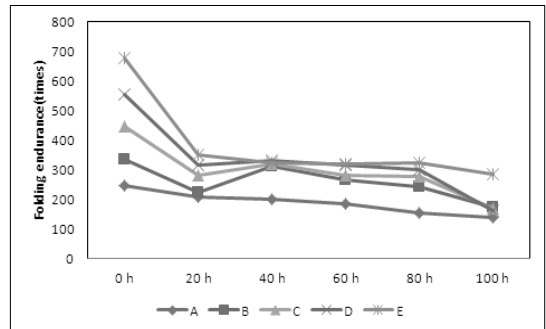


Fig. 8. Folding endurance of cross direction of accelerated aging time at 80°C.

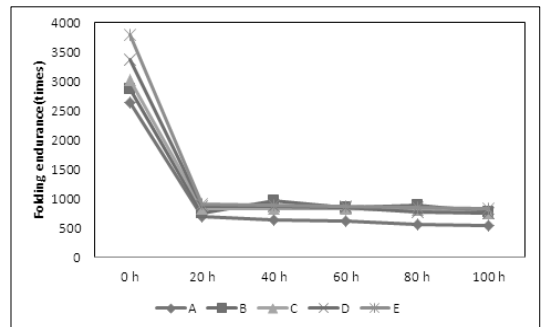


Fig. 9. Folding endurance of machine direction of accelerated aging time at 80°C.

량은 미미하였다. 보존성 및 내구성을 요하는 ISO 11108과 KS M 7704에 의거<sup>6)</sup>하여 내절도를 평가한 결과 MD/CD  $\geq 2.18$ 과 CD 30이상 MD 40이상의 요구 수준을 만족하는 결과를 보여주었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 기계한지의 사무용 프린터에 대한 인쇄적성 및 기록용지로서의 보존성을 위하여 친환경 원료인 닥섬유의 함량에 따른 기계한지를 양면 캘린더링 처리하여 인쇄적성을 개선하고 보존성능을 평가하였다.

닥섬유 함량을 20~100%로 변화시키며 동일한 압력으로 양면 캘린더링 처리한 기계한지를 제조하였고 닥섬유 함량이 증가할수록 MD 및 CD 방향의 비인열도는 증가하였으며 닥섬유 함량이 100%인 경우 CD 방향의 내절도가 MD 방향과 가장 유사한 수치를 보여주었다. 닥섬유 함량 60%와 80%는 CD 방향의 비인열도가 유사하였고, MD 방향의 강도만 소폭 상승하였다. 캘린더링 처리 전 기계한지에서 잉크의 번짐은 닥섬유 함량이 높을수록 점차 증가하여 문자의 외곽이 불분명하였으며, 캘린더링 처리한 기계한지는 닥섬유 함량과 관계없이 인쇄상태의 육안적 분석이 향상되었다. 제조된 기계한지의 육안적 분석결과는 닥섬유 함량 60%에서 가장 우수하였고, 닥섬유 함량 80% 이상의 기계한지에서는 불투명도의 급격한 상승을 관찰할 수 있었다. 닥섬유 함량의 증가로 인하여 Kappa는 증가하였고 pH는 낮아짐을 알 수 있었다. 또한 보존성을 평가할 수 있는 내후성 분석에서는 닥섬유 함량과 상관없이 20시간 가속 후 급격히 감소하다가 20시간 이후부터 100시간이 경과하여도 감소경향이 크지 않았고 닥섬유 함량이 증가할수록 기계한지의 보존성은 증가하는 경향을 나타내었다.

닥섬유가 함유된 기계한지의 캘린더링 처리로 양면 평활도가 향상되어 인쇄적성 및 불투명도 개선과 보존용지의 요구특성을 만족하는 결과를 보여주었으며, 닥섬유 함량이 증가함에 따라 물리적 성질의 상승률이 둔화되는 시점, 인쇄적성 및 보존성을 고려하여 최적 닥섬유 함량은 60% 수준으로 판단되었다. 이상의 결과로 닥섬유가 함유된 기계한지의 사무용 프린터에 적합

한 고급 인쇄용지 및 보존용지 용도의 시장 창출이 가능할 것으로 판단되며 향후에도 국내산 닥섬유 도입 및 펄프 성능 개선 연구로 인쇄용 및 보존용 한지의 품질 고급화가 기대된다.

## 사 사

본 연구는 2013년도 청운대학교 학술연구비조성지원에 의하여 연구가 수행 되었습니다.

## Literature Cited

1. Kang, J. H., and Park, S. C., Printability improvement of Hanji using microbial cellulose from *Saprolegnia ferax*, J. Korea TAPPI 40(5):23-29 (2008).
2. Seo, J. H., and Kim, H. J., Component analysis of paper mulberry bark for the automation of bark peeling process, J. Korea TAPPI 43(1):74-82 (2011).
3. Hyun, K. S., Kim, M. J., and Lee, M. K., Printability Improvement of Hanji, J. Korea TAPPI 37(4):52-59 (2005).
4. Kwon O. H., and Kim, H. C., Preliminary study on automation of bark peeling process for paper mulberry, J. Korea TAPPI 43(4):59-66 (2011).
5. Kim, H. J., Jo, E. K., Choi, H. K., Comparison for quality of domestic printing paper in an attempt to International compliance, Proceeding of Spring Conference of the Korea, p. 32-39 (2004).
6. Youn, H. J., and Cho, H., The requirements for permanent paper and evaluation of permanence of domestic printing and writing papers, J. Korea TAPPI 40(2): 73-79 (2008).
7. ISO 9706: 2009, (Information and documentation-Paper for documents- Requirements for permanence).
8. Hudson, F. L., Permanence of paper, in "The Fundamental Properties of Paper Related to Its Use", Bolam F. (Ed.), P.I.F., pp. 714-720 (1973).
9. Choi, T. H., Lee, S. H., Lee, J. Y., Choi, S. K., The raw material for manufacturing machine-made Hanji of fiber identification, Proceeding of Fall Conference of the Korea, p. 224-230 (2005).
10. Scott, W.E., Abbott, J.C., and Trosset, S. Eds.,

- Properties of Paper: An Introduction 2nd ed., TAPPI PRESS, Atlanta, Georgia (1995).
11. Jo, H. J., etc., Pulp&Paper science, Sun-jin Press, pp.453-456 (2001).
  12. Kwon, O. H., and Kim, H. C., Studies on physical properties and printability of machine-made hanji made by different contents of paper mulberry, J. Korea TAPPI 44(2):1-7 (2012).
  13. Yoon, S. L., and Beak, O. R., Starch treatment for the improvement of physical properties of hanji(I), J. Korea TAPPI 35(3):59-65 (2003).
  14. Lee, H. R., etc., Paper Science, Kwang-il Press, pp.448-451 (2000).
  15. KS M 7704: 2004, (Permanent paper for archives).

## Appendix

**Table 2. KS M 7704 Permanent paper for archives.**<sup>6,15)</sup>

KS M 7704		permanent duplicating paper	permanent wood-free paper
Composition of fiber		cotton, linen or chemical pulp	
MD Tensile index, N/15 mm		above 70	above 80
Folding endurance, (9.8N)	CD	above 30	above 35
	MD	above 40	above 45
Tear index, mN	CD	above 450	above 550
	MD	above 350	above 450
pH		above 7.5	
CaCO <sub>3</sub> , %		above 3	
Folding endurance after accelerated aging at 60±2 °C		More than 80% of the quality standard	
Discoloration, ΔE		below 3.5	
Brightness, %		above 80	