

수초지 구조변화에 따른 흡수 · 흡습 특성 변화 연구

성용주 · 김동성 · 이지영^{†1}

접수일(2016년 5월 16일), 수정일(2016년 6월 8일), 채택일(2016년 6월 14일)

Effects of the Changes in Handsheet Structure on the Water Absorption and Moisture Absorption

Yong Joo Sung, Dong Sung Kim and Ji Young Lee^{†1}

Received May 16, 2016; Received in revised form June 8, 2016; Accepted June 14, 2016

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the influence of the changes in handsheet structure by beating, wet pressing and the addition of wood flour spacer on the water absorption and the moisture absorption properties.

The higher beating treatment of BKP resulted in the denser structure of handsheet samples, which led to the lower water and moisture absorption. The wet pressing showed the similar effects by reducing the bulk of handsheets. In case of the handsheet samples with similar bulk structure made of different beaten pulps, the severer beating treatment increased the water absorption and the moisture absorption. The addition of the wood flour spacer resulted in the higher bulk following the higher water and moisture adsorption.

Since the water and the moisture absorption properties of paper products could greatly affect on not only the product quality but also the process runnability, the control of the water response of paper product has been considered as very important technology. The results of this study might be useful for control of water and moisture absorption properties of paper products.

Keywords: Bulk, water absorption, moisture absorption, beating, wet pressing, spacer

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ. Daejeon, 34134, Republic of Korea)

1 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science/ IALS, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: paperyjy@gnu.ac.kr

1. 서론

최근 사회발전과 생활방식의 급격한 변화 등으로 상품의 유통 및 포장 방식도 더욱 다양하게 변화되고 있다. 특히, 신선제품을 포함한 다양한 제품들이 인터넷을 통해 개별 소비자에게 직접적으로 유통되는 경우가 많아지고 이에 따라 개별포장 및 소포장이 주요한 상품포장 방식으로 대두되고 있다. 이에 따라 포장재의 자체 크기는 작아지는 추세를 나타내지만 포장소재에 대한 수요는 증대되고 있다. 현재 다양한 포장소재가 개발되어 활용되고 있지만 발포 폴리스티렌이 가장 일반적으로 활용되고 있는 포장소재라고 할 수 있다. 발포 폴리스티렌은 상대적으로 가볍고, 단열, 완충, 방수 특성이 우수하기 때문에 다양한 용도로 활용되고 있다. 하지만 사용 후 적절하게 수거되어 재활용되지 못하는 경우 생분해가 거의 일어나지 않는 단점으로 환경오염의 주요한 원인물질이 되고 있는 상황이다.

특히 최근 상품 판매자가 상품의 포장 소재까지 책임을 져야하는 생산자책임 재활용제도(EPR : Extended producer responsibility, 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 제16조 (제조업자 등의 재활용의무))가 확대 시행되면서, 활용 포장재의 회수 및 재활용 등에 대한 추가적인 비용이 발생하게 되는데, 이러한 과정들은 추가적인 가격 상승에 요인이 되고 있고 그 영향으로 재활용과 폐기가 용이한 생분해성 포장소재에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

재활용특성과 생분해성이 우수한 대표적인 친환경포장소재인 종이는 발포 폴리스티렌 등의 플라스틱 포장재와 같이 난분해성 소재를 대체할 수 있는 주요 포장소재로서 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 골판지 상자 및 펄프보드 등 다양한 지류제품들이 포장소재로 활용되고 있고 적용 분야가 더욱 확대되고 있는데 이러한 종이기반 포장소재의 가장 큰 특징은 수분의 흡수 및 흡습 특성이라고 할 수 있다. 포장되는 제품에 따라서 포장재의 흡습과 흡수 특성의 조절 및 활용은 제품의 신선도 유지 및 상품보전 최적화를 위해 중요한 기능이라고 할 수 있다^{1,2)}.

목재섬유와 같은 천연섬유로 이루어져 있는 종이는 주로 셀룰로오스로 구성되어 있는데 셀룰로오스는 1,4 글루코시드 결합에 의한 선형 고분자로서 기본 단위 분자마다 세 개의 수산기를 가지고 있어서 수분의 흡수 및 친화력이 높은 특징을 가지고 있다³⁻⁵⁾. 또한 이러한 섬유의 네

트위크 구조로 이루어진 지류제품의 경우 원료섬유의 전처리 및 다양한 원료의 배합, 공정조건, 후처리 방법 등에 따라 구조 및 공극성 변화 등이 발생되고 이로 인해 수분의 흡수, 흡습 특성 등이 크게 달라질 수 있다. 실제 종이의 수분흡수 특성, 특히 종이표면에서의 수분흡수성 조절을 위한 표면사이징, 내침사이징 처리 등 다양한 연구 개발이 지속적으로 이루어지고 있다⁶⁻⁹⁾.

본 논문에서는 종이기반 포장소재의 수분 흡수 및 흡습특성의 조절 및 개질을 위한 기본자료의 확보를 위해서 수초지의 구조변화를 통해 그 영향 및 상관관계 등을 평가 분석하였다. 특히 포장소재의 벌크향상을 위해 적용가능한 스페이서의 투입에 의한 영향성 등을 분석하여 향후 새로운 포장지류품 제조를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 원료펄프의 고해처리, 압착탈수(wet press) 공정에서의 압력, 그리고 스페이서의 첨가를 통해 수초지의 구조변화를 유도하고 이에 따른 영향을 평가하였다. 이를 위해 활엽수 표백 펄프(Hw-BKP)를 주 펄프원료로 사용하였으며, D사에서 제공받은 100 mesh 이하의 크기의 목재분말을 스페이서로 적용하여 그 영향을 평가하였다. 스페이서의 첨가 시 강도저하 등의 보안을 위하여 양이온성 PAM(분자량 500-700만, 전하밀도 +5 meq./g, CIBA Chemical)을 적용하여 수초지를 제조하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 고해 처리

고해 처리를 통해 적용 펄프섬유의 비표면적 증가, 섬유의 피브릴화 등을 부여함으로써 종이 구조의 변화를 유도하고 이에 따른 수분의 흡수 및 흡습의 영향을 평가하였다. 본 실험에서는 활엽수 표백 펄프(Hw-BKP)를 실험실용 valley beater를 이용하여 해리 후 고해처리를 실시하여 여수도 300, 400, 500, 600±10 mL CSF 의 수준으로 지료를 고해처리 하였고, 수초지의 제조 조건을 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Experimental conditions of handsheets

Sample #	CSF (mL)	Wet pressing pressure (kg/cm ²)	Addition amount of C-PAM (%)	Addition amount of Spacer (%)
1	300±10	500		
2	400±10	500		
3	500±10	500		
4	600±10	500		
5		500		
6		1000		
7		1500		
8	500±10	2000		
9		500	0.1	
10		500	0.1	10

2.2.2 수초지 제조

고해처리 조건별로 평량 100 g/m²의 수초지를 KS M ISO 5269-1에 의거하여 제조하였고 이때 압착탈수공정은 실험실용 롤프레스를 적용하여 실시하였다. 이때의 압착압력은 500 kg/cm², 압착속도는 70 mm/sec로 실시하였다. 압착탈수공정 조건에 따른 수초지 구조변화에 따른 영향을 평가하기 위하여 롤프레스 압착조건을 500, 1000, 1500, 2000 kg/cm²의 네 단계로 조정하여 수초지를 각각 제조하고 그 특성을 비교 평가하였다.

목분 스페이서는 투입전에 충분히 수화를 실시한 후 전건대비 10% 로 투입하고 양이온성 PAM 0.1%를 첨가하여 수초지를 제조 하였다.

2.3 종이물성 평가

제조된 수초지는 TAPPI T 402에 의거하여 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%의 조건에서 최소 24시간 동안 조습처리 하였으며, 조습 처리된 수초지를 이용하여 밀도, 벌크를 측정하였다.

2.4 수초지의 수분특성 평가

2.4.1 흡수성 측정

각각의 조건별로 제조된 수초지의 수분흡수특성 평가를 위해 조습처리된 수초지를 이용하여 200 mL의 물이 들어있는 비커에 5×5 cm의 수초지 시료를 투입하여 30 초간 침적시킨 후, 꺼내어 표면의 물을 여과지로 제거하고 종이의 투입 전 후의 무게를 측정하여 그 비율을 계산하였다¹⁰⁾.

2.4.2 흡습도 측정

수분의 흡습도 평가를 위해 각각의 조건에서 제조 및 조습처리 된 수초지를 KS K 0220 에 의거하여 조습처리하여 무게를 측정 한 후 105℃의 건조기에 24시간 동안 충분히 건조시킨 후 무게를 측정하여 흡습도를 측정하였다¹¹⁾.

$$\text{Moisture absorption}(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad [1]$$

W₁ : weight of sample after conditioning

W₀ : dried weight of sample

2.4.3 수분흡수속도 측정

수초지의 제조 조건에 따른 종이의 표면 구조 변화의 영향이 수분흡수속도에 미치는 영향을 파악하기 위해 S사의 접촉각 측정기(Phoenix 150, contact angle : 0-180 ± 0.1°, frame : 70 frame/sec, CCD Camera resolution : 640 × 480 pixels)를 이용하여 수분흡수시간 측정 평가를 실시하였다. 수초지의 표면에서 약 1 cm 이내의 높이에서 0.1 mL 물방울을 낙하시켜 수분이 흡수되어 접촉각이 0° 될 때까지의 시간을 측정하여 수분흡수시간을 측정 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 고해처리에 의한 수초지의 수분특성변화

3.1.1 고해처리에 의한 수분흡수특성 평가

수초지 제조 시 고해처리 조건에 의한 펄프섬유특성 변

화에 따른 종이구조변화가 수분흡수특성에 미치는 영향을 평가하고 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 고해처리가 증가할수록 수초지의 벌크는 감소하였으며, 벌크가 감소하면서 수분흡수성이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

3.1.2 고해처리에 의한 수분흡습특성 평가

고해처리가 수분의 흡습특성에 미치는 영향을 평가하고 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 수분흡습특성의 경우에는 고해처리 증가에 의해 수초지의 벌크가 감소할 때 흡습량은 증가하는 경우를 나타내는 것을 볼 수 있었다. 수분의 흡수에 있어서는 수초지 구조내의 공극이 많을 경우에 많은 흡수량을 나타냈지만 흡습의 경우에는 종이의 벌크 보다는 섬유의 피프릴화 정도가 더 크게 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 즉, 고해처리시간이 증가할수록 섬유의 피브릴화가 증가되고, 미세분 함량이 높아지게 되면서 비표면적이 상승하여 벌크는 감소하나 수분흡습성은 상승하는 것으로 보인다.

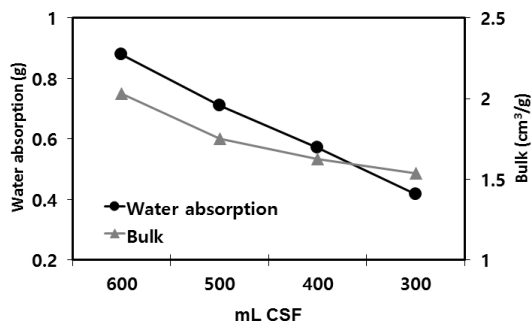


Fig. 1. Changes in water absorption and bulk of handsheets depending on the beating treatment.

3.2 습식압착탈수공정 조건에 의한 수초지의 수분특성변화

3.2.1 압착탈수에 의한 수분 흡수 특성 평가

수초지 제조시 압착탈수 공정에 의한 종이구조변화가 수분흡수특성에 미치는 영향을 평가하고 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 압착탈수 압력의 증가에 따라 수초지의 벌크가 감소하면서, 수분흡수성도 감소하는 경향을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

3.2.2 압착탈수에 의한 수분 흡습 특성 평가

압착탈수 공정에 의한 종이구조변화가 수분흡습에 미치는 영향을 평가하고 그 결과 Fig. 4에 나타내었다. 고해도 증가로 인해 벌크가 감소했을 때의 수분 흡습량 변화를 나타낸 Fig. 2의 결과와는 달리 습식압착 압력 증가로 인한 벌크의 감소는 수분 흡습량의 감소를 가져오는 것을 볼 수 있었다. 수초지 제조 시 적용된 펄프섬유의 특성이

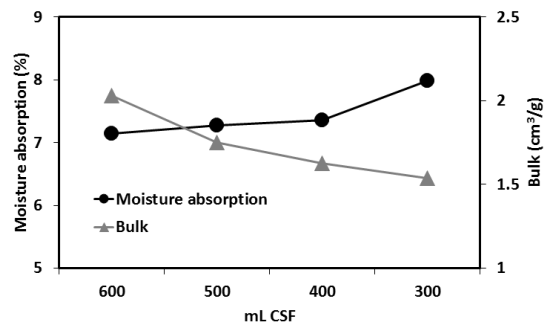


Fig. 2. Changes in moisture absorption and bulk of handsheets depending on the beating treatment.

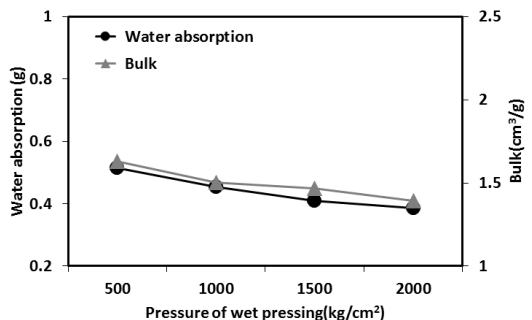


Fig. 3. Changes in the water absorption of handsheets depending on the pressure of wet pressing.

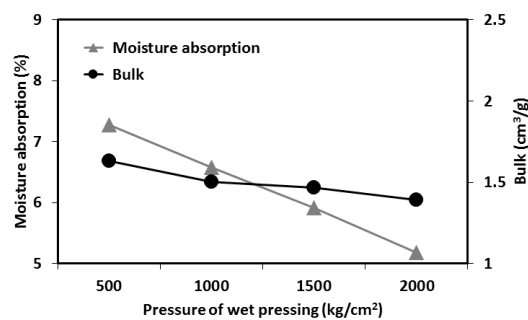


Fig. 4. Changes in moisture absorption of handsheets depending on the pressure of wet pressing.

유사한 경우에 수분의 흡습은 수초지의 구조에 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

3.2.3 수분흡수 종합 평가

활엽수 표백 펄프의 고해 처리를 각각 CSF 300±10, 500±10 mL 로 다르게 한 후 수초지 제조 시 압착탈수 압력을 조절하여 유사한 벌크(1.53, 1.54)값을 가지는 수초지를 제조한 후 고해처리 조건별 수분흡수 및 흡습평가를 실시하였다. Fig. 5에서 보이는 바와 같이 고해처리 시간이 증가할수록 수분흡수성 및 흡습성이 모두 증가하는 것으로 볼 때, 앞에서 전술한 바와 같이 수분의 흡수성은 종이의 벌크에 크게 영향을 받으나, 유사한 벌크를 가지는 경우에는 원료섬유의 고해처리 등에 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

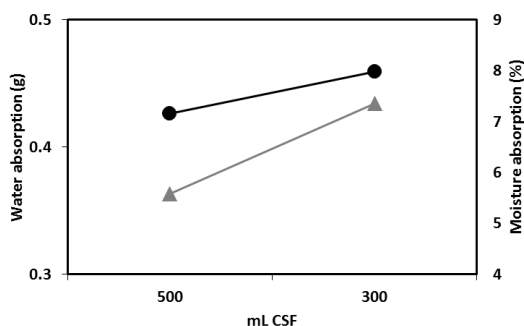


Fig. 5. Changes in water absorption of handsheets with the same bulk structure by the beating treatment.

3.3 종이 표면의 수분흡수시간 평가

3.3.1 고해 처리 조건에 의한 표면 수분흡수시간 평가

고해처리에 의해 변화된 구조를 가지는 수초지의 표면에서 수분흡수 속도를 평가하여 Fig. 6에 나타내었다. 실제 고해처리가 많이 된 목재섬유로 제조된 수초지일수록 수분흡수가 상대적으로 느리게 이루어지는 것을 알 수 있는데, 고해처리에 의해 섬유유연성 및 미세화가 증가되어 표면의 공극 등이 막히는 등의 영향인 것으로 판단되었다.

3.3.2 압착탈수 압력에 의한 표면 수분흡수시간 평가

압착탈수 압력에 의한 종이 구조변화가 표면 수분흡수에 미치는 영향을 평가하여 Fig. 7에 나타내었다. 압착탈수 압력이 증가할수록 표면에서 수분흡수 속도는 감소하

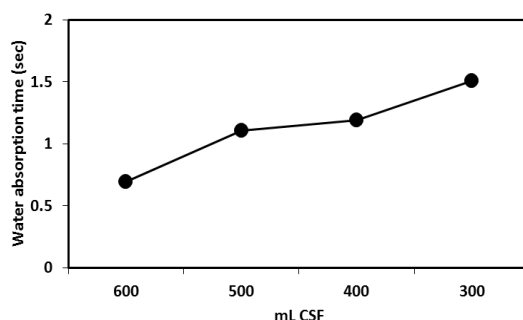


Fig. 6. Changes in water absorption time of handsheets depending on the beating treatment.

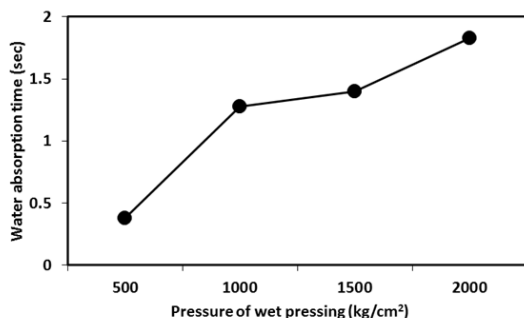


Fig. 7. Changes in water absorption time of handsheets depending on the pressure of wet pressing.

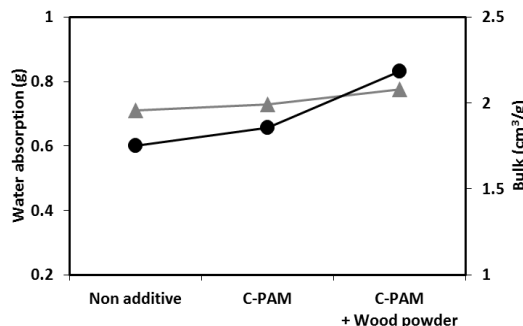


Fig. 8. Changes in water absorption of handsheets depending on the addition of spacer.

는 것을 알 수 있는 데 이는 압착탈수 공정에서 수초지 표면 구조가 더욱 치밀해지기 때문인 것으로 판단되었다.

3.4 스페이서 첨가가 종이의 수분특성에 미치는 영향

3.4.1 스페이서 첨가에 의한 수분흡수특성 평가

종이의 벌크를 향상시키는 목분 스페이서의 첨가로 인한 종이의 구조 변화와 이에 따른 수분흡수성 변화를 평가하고 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 목분 스페이서 자체는 리그닌 성분 등이 다량으로 존재하여 표백펄프 등에 비해 수분흡수량이 낮음에도 목분 첨가에 의한 벌크의 향상으로 수분흡수량이 증가하는 것으로 판단된다.

3.4.2 스페이서 첨가에 의한 수분흡수특성 평가

스페이서 첨가로 인한 종이 구조변화가 수분흡수성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 흡수성평가와 동일한 조건으로 수초지를 제조 한 후 흡수특성평가를 실시하여 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 목분 스페이서를 적용한 수초지에서 수분흡수성이 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 활엽수 표백 펄프에 비해 상대적으로 수분흡수성이 낮은 목분 스페이서의 첨가에도 수분흡수성이 상승하는 것으로 볼 때, 수분의 흡수성은 시료의 벌크에 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다.

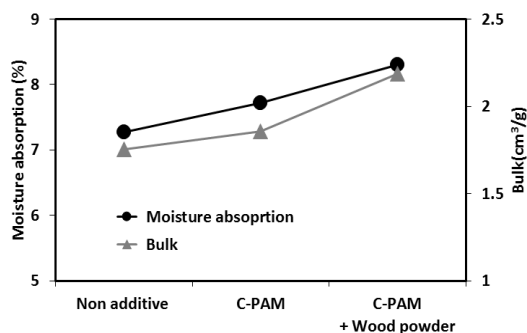


Fig. 9. Changes in moisture regain of hand-sheets on filler.

4. 결론

종이 구조의 영향에 따른 수분흡수 및 흡수특성을 파악하기 위하여 고해처리 별, 수초지 제조 공정 중 다양한 프

레스 압력 조건 및 스페이서 첨가 유무의 조건에서 수초지를 제조 한 후 수분흡수 및 흡수특성 평가를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 종이 구조변화에 따른 수분흡수특성 평가결과 종이의 구조적 특성, 특히 벌크 특성에 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있었으며 동일한 벌크 구조를 가지는 경우에는 섬유의 고해정도가 커질수록 수분흡수특성이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.
2. 수분흡수특성의 경우에는 수분흡수특성과 유사하게 같은 고해수준에서 벌크가 증가할수록 수분 흡수성도 함께 증가함을 나타내었으나, 압착탈수 등에 의해 벌크의 변화보다는 고해처리에 의한 영향이 더욱 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다.
3. 수초지의 제조 조건 별 표면의 수분흡수특성을 파악하기 위하여 수분흡수시간을 평가 한 결과, 압착탈수 공정에 의해 종이의 밀도가 증가하고 표면이 치밀해지면서 수분흡수시간이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.
4. 목분 스페이서를 첨가 후 종이 구조의 변화로 인한 수분흡수 및 흡수특성을 평가한 결과, 스페이서를 첨가하지 않은 경우에 비해 스페이서를 첨가하여 벌크가 상승한 종이에서 수분흡수 및 흡수성이 더 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 실험결과들을 바탕으로 종이의 구조조절 및 섬유의 표면특성 개질 등의 추가적인 연구가 이루어진다면, 지류제품의 수분흡수 및 흡수 특성 조절을 통한 다양한 제품 개발에 적용 및 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Literature cited

1. Kim, H. R., Shin, D. S., Kim, K. M., Yu, S. M., and Kim, J. S., Effect of packaging on quality of stored *gangjung*, Korean J. Food SCI. TECHNOL, 44(1): 48-54(2012).
2. Lee, W. O., Yun, H. S., Jeong, H., Lee, H. D., Cho, K. H., and Kim, M. S., Study on development of a corrugated packaging box for cold-chain distribution(I) - characteristics of moisture absorption of corrugated fiberboard -, Korean journal of food preservation 10(3): 297-301(2003).

3. Rowell, R. M., Property enhanced naturalfiber composite materials based on chemical modification, *Science and Technology of Polymers and Advanced Material*, Springer US 717–732(1998).
4. Snandi, A. R., Caulfield, D. F., Jacobson, R. E., and Rowell, R. M., Renewable agricultrua fibers as reinforcing fillers in plastics : mechanical properties of kenaf fiber–polypropylene composites, *Industrial & Engineering Chemistry Research* 34(5): 1889–1896(1995).
5. Kathleen, V.V., and Kiekens, P., Biopolymer : overview of several properties and consequences on their application, *Polymer testing* 21(4): 433–442(2002).
6. Lee, J. W., Hon, S. I., Son, S. M., and Chang, Y. H., Characterization of antimicrobial polymeric films for food packaging application, *Korean Journal of Food Preservation* 10(4) : 574–583(2003).
7. Sung, Y. J., Kim, H. M., Kim, D. S., and Lee, J. Y., Evaluation of water resistance properties of pulp mold depending on the types of raw materials and the additives, *Journal of Korea TAPPI* 47(5): 112–119(2015).
8. Hill, C.A.S., Norton, A., and Newman, G., The water vapor sorption behavior of natural fibers, *Journal of Applied Polymer Science* 1524–1537(2009).
9. Engleund, E. T., Thygesen, L. G., Svensson, S., and Hill, C.A.S., A critical discussion of the physics of wood water interaction, *Wood Sci. Technol.* 47: 141–161(2013).
10. Cho, J. H., Kim, K. J., Park, S. B., Kim, C. H., and Eon, T. J., Characterization of watermarked hanji prepared with non–mulberry mixed fibers, *Journal of Korea TAPPI* 41(3): 35–41(2009).
11. Park, S. C., Kang, J. H., and Lim, H. A., Study on the change in physical and functional properties of paper by the addition of chitosan, *Journal of Korea TAPPI* 42(5): 37–46(2010).