

친환경 원가절감형 바이오바인더를 이용한 다층 도공지 제조 (제3보) - 친환경 원가 절감형 바이오바인더의 공장 적용 실험 -

이용규[†] · 안국헌¹ · 김창수² · 원종명

접수일(2015년 9월 21일), 수정일(2015년 10월 21일), 채택일(2015년 10월 22일)

Manufacturing of Multi-layer Coated Paper with Eco-friendly Biobinder for Cost Saving (3) - Mill Trial of Eco-friendly Biobinder for Cost Saving -

Yong Kyu Lee[†], Guk Heon An¹, Chang Su Kim² and Jong Myoung Won

Received September 21, 2015; Received in revised form October 21, 2015; Accepted October 22, 2015

ABSTRACT

Recent worldwide trends are to develop the environmental friendly chemicals and processes in order to reduce the global warming and climate change phenomena. One of similar efforts in paper industry is to substitute the petroleum-based SBR latex by starch-based biobinder. The disadvantage of biobinder found through laboratory scale study was the lower dry pick strength than SBR latex. The objective of this study is to confirm the substitutability of SBR latex with biobinder through mill trial. Although biobinder itself gave lower dry pick strength, it was found that the use of SBR latex and biobinder mixture (50:50) could improve the dry pick strength. The introduction of biobinder into coating binder system improved the opacity of coated paper. Optical properties (brightness and whiteness), ink trapping, print gloss and mottling level of paper coated with biobinder system were similar to those of SBR latex.

Keywords: *SBR latex, starch based biobinder, roughness, opacity, dry-pick, print mottle, ink set-off*

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Korea)

1 비즈캠(주)(Kumgang Venturitel Bldg. #1207 1108, Bisan-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Korea)

2 청우테크(주)(489-11, Songdu-ri, Jincheon-eup, Jincheon-gun, Chungcheonbuk-do, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

현재 인류는 이산화탄소의 증가에 따라 지구 온난화 및 사막화 등 많은 환경 문제를 가지고 있다. 따라서 제지 산업을 비롯한 여러 산업에 친환경적인 제품개발이 화두로 대두되고 있다. 더욱이 세계는 시장 경쟁, 에너지 및 원료 가격인상, 새로운 환경 규정 등의 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 원가를 절감하면서도 친환경적인 제품을 생산해야 한다. 석유는 그 매장량이 제한되어 있는 자원으로 미래 석유자원의 발굴은 언제까지 가능할 것인지 예측하기 매우 힘들다. 그러므로 향후 석유 값의 상승은 불가피 할 것이다. 따라서 석유를 기반으로 하는 스틸렌과 부타디엔의 공중합으로 생산되는 SBR 라텍스의 경우 그 비용이 상당히 오를 것으로 전망된다.¹⁻⁴⁾

코팅용 도공액의 구성을 살펴보면 pre 코팅용 도공액은 탄산칼슘의 비율이 높고 SBR 라텍스와 전분을 바인더로 사용하며, top 코팅용 도공액은 pre 코팅용 도공액 대비 클레이 비율이 높으며 바인더로는 SBR 라텍스를 사용한다. 이와 같이 도공액중에서 바인더로 사용하는 SBR 라텍스가 차지하는 비중이 매우 높은 것을 알 수 있다. 이러한 석유 기반의 기존 SBR 라텍스를 친환경 천연재료인 전분을 이용하여 제조되는 바이오바인더(biobinder)로 대체하면 환경문제를 야기 시키는 탄소배출량 및 비용을 모두 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

바이오바인더와 관련된 연구를 살펴보면 해외의 경우 주로 ECOSYNTHTIX사가 주도했으며,⁵⁻⁸⁾ 브라질에서는 이 회사에서 개발한 biolatex를 현장에 적용하는 시도를 통하여 석유계 라텍스를 충분히 대체할 수 있을 정도로 성능이 우수했음을 보고한 바 있다.⁹⁾ 그 외에도 Laine 등¹⁰⁾은 목재에서 추출한 xylan을 화학적으로 개질하여 도공용 바인더로 적용한 결과 우수한 표면강도를 얻을 수 있다고 하였다. 한편 국내에서는 본 연구팀이 전분계 바이오바인더를 개발하여 이미 실험실적 성능 평가를 통하여 다소 미흡한 부분이 있기는 하지만 충분히

석유계 라텍스를 대체할 수 있음을 보고한 바 있다.^{11,12)}

본 연구에서는 도공용 바인더로 사용되는 SBR 라텍스를 천연재료로 제조한 바이오바인더로의 대체 가능성을 평가하기 위하여 인도네시아 서부 자바섬 소재의 아트지 제조공장에서 현장 적용 실험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 도공용 안료로 탄산칼슘(CaCO_3)을 사용하였으며 바인더로는 SBR 라텍스, 바이오바인더 및 바이오라텍스 3종을 사용하여 도공액의 물성 및 도공지의 품질을 평가하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

도공액은 다음 Table 2와 같이 SBR 라텍스, 바이오바인더를 단독 및 혼합 사용하여 제조하였으며, 비교를 위하여 ECOSYNTHTIX사에서 생산되어 시판되고 있는 바이오라텍스를 SBR 라텍스와 혼합 사용하였다. 전분 접착제는 모두 동일하게 6%를 적용하였으며, 도공액의 최종 고형분 농도를 68%로 하였다.

2.2.2 도공지 제조

친환경 바이오바인더의 현장 적용 실험을 위해 인도네시아 서부 자바섬의 Karawang 소재의 Pindo Deli Pulp & Paper에서 mill trial을 실시하였다. 오프머신 코터를 사용하였으며, 운전 속도는 800 m/min를 적용하였다. 도공지 제조에는 평량 150 g/m²의 원지를 사용하였으며, blade coater를 사용하여 pre-coating에 17 g/m²을, top-coating에 13 g/m²의 도공액을 도포하여 도공지를 제조 하였다.

Table 1. Formulation of pigment and binder

	A	B	C	D
Pigment			CaCO ₃	
Binder			Starch binder	
Freeness	SBR 100%	Biobinder 100%	SBR:Biobinder 50:50	SBR:Biolatex 50:50

Table 2. Formulation of pre coating color

(Unit : Part)

Parameter	A	B	C	D
CaCO ₃	100			
Clay	0			
SBR Latex	8	0	4	4
Biobinder	0	8	4	4
Starch binder	6			
Dispersant	0.18			
NaOH	0.1			
Blue dye	0.0015			
Violet dye	0.0015			
Defoamer	0.025			
Biocide	0.05			
Thickener	0.05	0	0	0
Solids content (%)	68			

Table 3. Properties of coating color

Parameter	Unit	SBR 100%	Biobinder 100%	SBR:Biobinder 50:50	SBR:Biolatex 50:50
pH	-	9.6	9.5	9.4	9.5
Viscosity	cPs	1300	1400	1500	1350
Water retention	g/m ²	50	25	40	35

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액의 물성

도공액의 pH는 9.5 전후로 비슷하였으며, 점도는 바이오바인더와 SBR 라텍스를 50%씩 혼합하였을 때 바이오바인더보다 높은 수치를 나타내었는데 이는 SBR 라텍스와 바이오바인더의 상호작용에서 비롯된 것으로 사료된다. 도공액의 보수성을 평가하는 탈수량의 경우 SBR 라텍스가 50 g/m²로 가장 높았고, 바이오바인더가 가장 낮은 25 g/m²를 나타내었다.

3.2 도공지의 물성

도공지의 광학적 성질 중 whiteness와 brightness를 측정된 결과 바이오라텍스와 SBR 라텍스를 50:50으로 혼합하여 적용한 경우 가장 낮은 값을 나타내었으며, 100% 바이오바인더 및 SBR 라텍스와 50%씩 혼합한 경우에는 SBR 라텍스 100%를 사용한 도공지와 거의 비슷한 값을 나타내었으며, 바이오라텍스가 가장 낮은 값을 나타내었다(Figs. 1과 2).

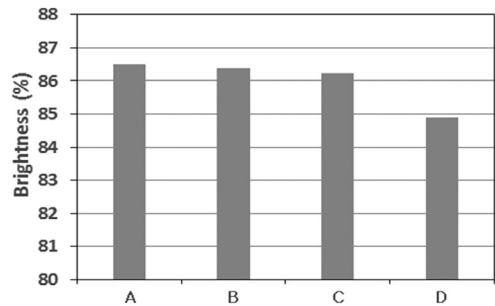


Fig. 1. Brightness of coated paper.

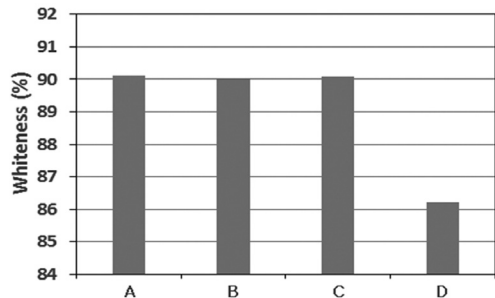


Fig. 2. Whiteness of coated paper.

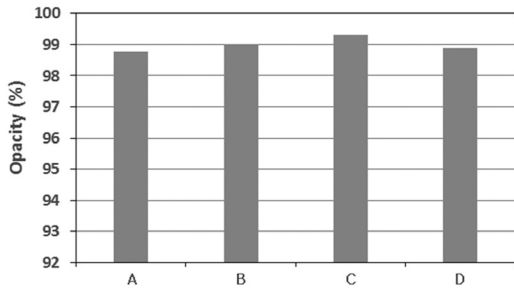


Fig. 3. Opacity of coated paper.

한편 불투명도의 경우에는 바이오바인더와 SBR 라텍스를 50:50으로 배합한 도공지의 경우 가장 높은 값을 얻을 수 있었으며, 100% 바이오바인더를 사용한 경우와 SBR 라텍스와 바이오라텍스를 50%씩 혼합한 경우가 100% SBR 라텍스 사용 시보다 다소 높은 값을 나타내었다(Fig. 3). 불투명도는 바인더의 종류에 따라 크게 영향을 받지 않음에도 불구하고 이와 같은 결과가 얻어진 것은 불투명도에 영향을 미치는 인자인 빛의 굴절률과 칼렌더 처리에 대한 반응과 관계되는 열가소성 때문이라고 사료되어진다.

인쇄적성에서 roughness와 상응하는 평활도는 중요한 인자 중에 하나이다. 100% SBR 라텍스계의 평활도는 열가소성이 떨어지는 전분의 첨가에 의해서 크게 저하되는 것으로 알려져 있다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 100% SBR 라텍스의 평활도가 가장 우수하였으며, 바이오바인더와 바이오라텍스가 낮은 평활도를 나타내었지만, SBR 라텍스와 바이오바인더를 배합하였을 경우에는 평활도의 감소가 그리 심하지 않아 SBR 라텍스와 바이오바인더를 혼합 사용할 경우 기존 SBR 라텍스를 대체하더라도 인쇄품질에 크게 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

Dry pick 강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 바인

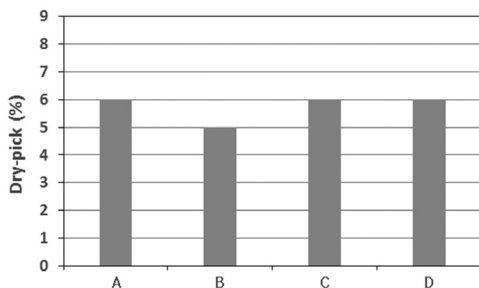


Fig. 5. Dry pick strength.

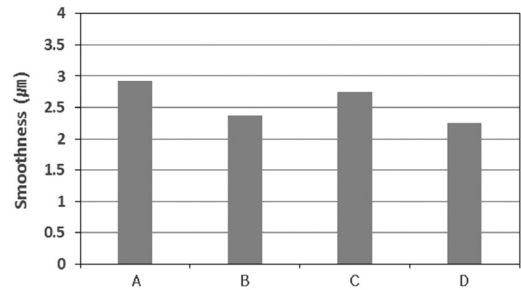


Fig. 4. Smoothness of coated paper.

더의 첨가량이다. 같은 양이 도포 되었어도 전분이 포함된 바인더의 경우 pick 강도가 약해진다고 알려져 있다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 100% 바이오바인더가 가장 낮은 수치를 나타내고 있지만 SBR 라텍스를 50% 혼합할 경우 거의 같은 값의 dry pick 강도가 얻어졌다.

K&N 잉크 수리성은 주로 도공층의 공극에 의해 결정되는 것으로 알려져 있지만 바인더와 안료의 종류 및 건조온도 등에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 일반적으로 바인더 레벨의 상승과 더불어(즉 공극율의 저하에 따라) K&N 잉크 수리성이 저하 된다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 100% 바이오바인더의 K&N 잉크 수리성이 가장 높은 것으로 확인되었으며, SBR 라텍스가 가장 낮은 값을 나타내었다. K&N 잉크 수리성은 비히클 침투성의 지표이기 때문에 그 값은 인쇄광택과 관계가 있다. 하지만 Fig. 7의 인쇄광택을 보면 대체로 비슷한 경향이 나타난 것을 확인 할 수 있다. 잉크 트래핑도 인쇄광택과 마찬가지로 잉크용제의 흡수성과 밀접한 관련이 있는데 인쇄광택과 마찬가지로 거의 동일한 수준의 잉크 트래핑이 관찰되었다. 이와 같이 잉크의 흡수성에 차이가 있음에도 불구하고 인쇄광택과 잉크 트래핑이 모두 동일하게 나온 것은 바이오바인더의 높은 점도 및 우수한 보수성에서 비롯된 것으로 사료된다.

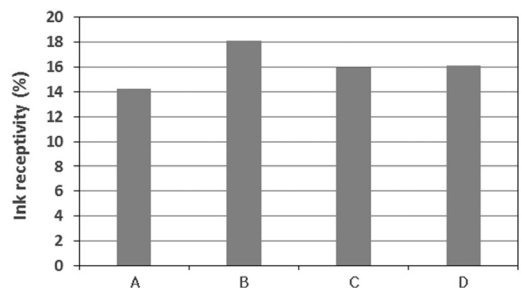


Fig. 6. K&N ink receptivity.

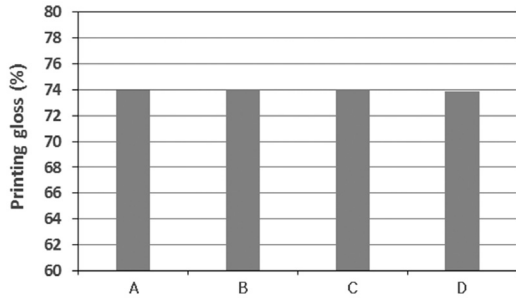


Fig. 7. Printing gloss.

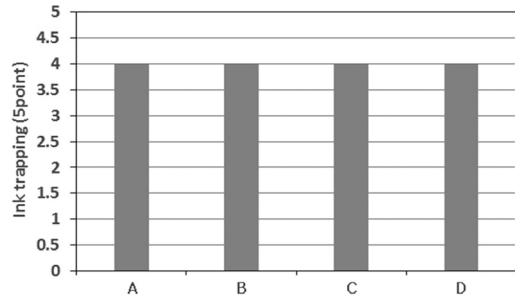


Fig. 8. Ink trapping (Ink dry time).

인쇄 품질을 나타내는 mottling level은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 바이오바인더 사용 시 모두 SBR 라텍스 사용 시와 거의 같은 수준을 나타내어 SBR 라텍스를 일부 또는 100% 대체한다고 할지라도 인쇄품질에 영향을 거의 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과가 얻어진 것은 Figs. 7과 8에서 나타낸 바와 같이 인쇄 광택 및 잉크 트래핑이 모두 mottling level과 직접적인 관계가 있기 때문인 것으로 사료된다.

바이오 바인더의 특성을 조사하고 현장 적용 가능성을 평가하기 위한 일환으로 SBR 라텍스의 일부 또는 전부를 바이오 바인더로 대체하여 제조한 도공액으로 인도네시아 서부 자바섬의 Karawang 소재의 Pindo Deli Pulp & Paper에서 mill trial을 실시한 결과를 Table 4에 요약 정리하였다. 특히 ECOSYNTHITIX사에서 생산

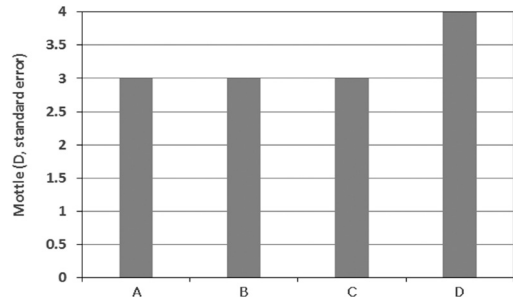


Fig. 9. Mottling level.

시판하고 있는 바이오라텍스를 SBR 라텍스와 혼용한 결과와 비교한 결과 보수성과 K&N 잉크 흡수성은 100% 바이오바인더 사용 시 가장 좋은 결과가 얻어졌다. 또한 도공액의 유동특성과 보수성이 양호한 것을 확인할 수

Table 4. Coated paper properties* obtained by substitution with biobinder and biolatex

Parameter	Biobinder 100%	Biobinder 50%	Biolatex 50%
ISO brightness	Same	Same	Lower
CIE whiteness	Same	Same	Lower
Opacity	Better	Better +	Better
Thickness	Same	Same	Lower
Water retention	Better +	Better	Better
Dry pick	Slight less	Same	Same
Printing gloss	Same	Same	Same
Sheet gloss	Higher	Higher +	Higher
Roughness	Slight worse	Very slight worse	Slight worse
Mottling level	Same	Same	Worse
K&N	Better ++	Better	Better
Ink trapping (Ink dry time)	Same	Same	Same

* Compared to 100% SBR latex.

있었으며, 도공지의 광학적 특성과 인쇄적성이 우수하여, SBR 라텍스의 일부 또는 전부를 바이오바인더로 대체하는 것이 가능한 것을 현장 적용 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

4. 결론

바이오바인더의 현장 적용 가능성을 평가하기 위하여 SBR 라텍스를 바이오바인더로 일부 또는 전부 대체하여 mill trial을 시도한 결과 기존의 도공용 바인더로 널리 사용되고 있는 SBR 라텍스를 천연 소재를 기반으로 하는 바이오바인더로 대체가 가능하다는 결론을 도출해낼 수 있었다. 우선 코팅 품질이 개선되었으며 green technology로써 환경오염 문제를 줄일 수 있다. 또한 새로운 장치의 사용이나 개조 없이도 적용이 용이하고, SBR 라텍스를 사용할 때 보다 많은 원가를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

더욱이 바이오바인더의 고형분 농도를 50% 까지 올릴 수 있기 때문에 size press에서 사이즈액의 농도를 올릴 수 있으며, 더블코팅의 경우 pre-coating에 사용되는 전분을 바이오바인더로 대체하여 도공액의 고형분 농도를 올릴 수 있다는 장점이 있다.

이러한 점을 종합해 볼 때 바이오바인더를 SBR 라텍스의 50-100%까지 대체 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 바이오바인더는 친환경 천연소재를 기반으로 하기 때문에 지속적인 개발과 연구를 통하여 제지 산업에 있어서 원가절감 효과와 함께 지구온난화의 주범인 탄소 배출량(carbon footprint)을 상당히 줄일 수 있는 중요한 기회가 될 수 있을 것으로 사료된다.

Literature Cited

1. Bloembergen, S., McLennan, I., Lee, D. I., and van Leeuwen, J., Paper binder performance with biobased nanoparticles, Paper360° Magazine 3(8):46-48 (2008).
2. Bloembergen, S., McLennan, I., van Leeuwen, J., and Lee, D. I., Ongoing developments in biolatex binders with a very low carbon footprint for paper and board manufacturing, 64th

- Appita Annual Conference & Exhibition, Melbourne, Australia, April 19-21, pp. 363-369 (2010).
3. Klass, C. P., New nanoparticle latex offers natural advantage, Paper360° Magazine 2(1):30-31 (2007).
4. Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., and Løkke, S., Carbon footprint: A catalyst for life cycle assessment?, Journal of Industrial Ecology 12(1):3-6 (2008).
5. Van Leeuwen, J. and Klass, C., Paper coating-SBR latex replacement technology, 2006 TAPPI Coating and Graphic Arts Conference, Atlanta, GA (2006).
6. Bloembergen, S., McLennan, I., Lee, D. I., and van Leeuwen, J., Paper binder performance with nanoparticle biolatex: ECOSYNTHEIX develops ECOSPHERE® biolatex for replacement of petroleum based latex binders, ACFS, Montreal, pp. 11-13 (2008).
7. Lee, D. I., Bloembergen, S., and van Leeuwen, J., Development of new biobased emulsion binders, PaperCon2010 Meeting, Talent, Technology and Transformation, Atlanta, GA (2010).
8. Shin, J. Y., Lee, D. I., Fleming, P. D., Joyce, M. K., Dejong, R., and Bloembergen, S., Rheological properties of starch latex dispersions and starch latex-containing coating colors, TAPPI PaperCon 2012, Growing the Future, New Orleans, LA (2012).
9. Figliolino, F. C. and Rosso, F., Reducing carbon footprint with biolatex, Paper360° Magazine 4(6):25-28 (2009).
10. Laine, C., Harlin, A., Hartman, J., Hyvärinen, S., Kammiovirta, K., Jrogerus, B., Pajari, H., Rautkodski, H., Setälä, H., Sievänen, J., Uotila, J., and Vähä-Nissi, M., Hydroxyalkylated xylans. Their synthesis and application in coatings for packaging and paper, Industrial Crops and Products 44:692-704 (2013).
11. An, G. H., Choi, K. S., Won, J. M., and Lee, Y.

K., Manufacturing of multi-layer coated paper with eco-friendly biobinder for cost saving (1) – Application for pre-coating layer, Journal of Korea TAPPI 46(6):63-70 (2014).

K., Manufacturing of multi-layer coated paper with eco-friendly biobinder for cost saving (2) – Application for top-coating layer, Journal of Korea TAPPI 47(1):10-16 (2015).

12. An, G. H., Choi, K. S., Won, J. M., and Lee, Y.