

친환경 원가 절감형 바이오바인더를 이용한 다층 도공지 제조(제1보)

– Pre-coating층에 대한 적용 –

안국현¹ · 최기순 · 원종명 · 이용규[†]

접수일(2014년 12월 9일), 수정일(2014년 12월 19일), 채택일(2014년 12월 22일)

Manufacturing of Multi-Layer Coated Paper with Eco-Friendly Bio-Binder for Cost Saving (1)

– Application for Pre-Coating Layer –

Guk Heon An¹, Ki Soon Choi, Jong Myoung Won and Yong Kyu Lee[†]

Received December 9, 2014; Received in revised form December 19, 2014; Accepted December 22, 2014

ABSTRACT

Part of SB latex in pre-coating color was substituted with newly developed starch-based bio-binder in order to investigate the effect of starch-based bio-binder in pre-coating color on the properties of coating color and coated paper. Smoothness and gloss of coated paper were decreased with the increase of bio-binder substitution ratio. Brightness and whiteness did not show the significant changes, but stiffness was improved with bio-binder. Ink set-off, dry-pick and wet pick were decreased with the increase of bio-binder substitution ratio. In general, when all SB latex is substituted with bio-binder, ink set-off, dry- and wet-pick were deteriorated. However, it was found that if the bio-binder substitution ratio is controlled below 50%, similar qualities with coated paper manufactured by the use of SB latex binder can be obtained.

Keywords: *SB latex, starch based bio-binder, viscosity, water retention, roughness, gloss, opacity, dry-pick, print mottle, ink set-off*

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과 (Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest & Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea)

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

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

1. 서론

도공액은 주원료인 안료와 바인더로 구성된다. 그 중 바인더는 보통 도공액 내 안료 기준으로 8~20 part 정도 사용되어진다. 바인더는 도공층 내에서 안료와 안료 및 안료와 원지의 접착 역할을 하고 있으며 바인더의 첨가량 및 특성에 따라 도공층의 특성이 달라진다고 알려져 있다. 이에 도공용 바인더의 종류 및 특성에 따라 최종 인쇄적성에 영향을 미친다는 연구가 많이 수행되었다.

현재 도공용 바인더로는 천연계 바인더와 아크릴계 그리고 스티렌-부타디엔계의 합성 바인더가 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 아크릴계 그리고 스티렌-부타디엔계의 합성 바인더가 주를 이루는데 이러한 합성 바인더는 석유자원을 기반으로 합성된다. 전 세계적으로 석유자원은 그 매장량이 한정되어 있어 앞으로 지속적인 유가 상승을 야기시킬 것이다. 따라서 미래 지속적인 개발이 불명확한 합성바인더 시장은 제지산업에 막대한 영향을 끼칠 것으로 사료된다. 또한 환경문제가 크게 대두되고 교토의정서가 발표된 현 시점에서 이산화탄소의 발생을 최소한으로 하는 친환경적인 개발이 필요하다. 구성비의 98% 이상이 탄소로 이루어져 있는 합성바인더의 사용을 줄이고 천연계에서 얻을 수 있는 전분을 이용한 바인더를 개발하여 상용화 한다면 원가절감과 친환경적인 이점을 동시에 얻을 수 있을 것이다.¹⁻⁴⁾

본 연구실에서는 도공용 바이오 바인더의 도입 가능성을 평가하기 위한 연구를 수행한 결과⁵⁾ 전분을 이용하여 제조한 초기 버전의 바이오 바인더를 SB 라텍스와 혼합 사용함에 따라 도공액의 점도가 상승하고 보수

성이 향상되었으며, 비록 거칠음도가 다소 증가되기는 했으나 불투명도와 인쇄모틀의 개선 효과가 확인되었고, dry-pick이 큰 영향을 받지 않음으로써 SB 라텍스의 일부를 친환경적이고 경제적인 전분계 바이오-바인더로 대체하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.⁵⁾

이에 본 연구에서는 코팅용 전분계 바이오-바인더 실용화를 위한 문제점 파악 및 해결을 위한 일환으로 pre 코팅층에 사용되는 SB 라텍스를 새로 개발한 바이오-바인더로 대체하여 도공액 및 도공지의 특성 변화를 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지

본 연구에는 국내 H사에서 분양 받은 평량 75 g/m², 두께 100 μm의 백상지를 원지로 사용하였다.

2.1.2 도공용 안료

도공용 안료는 입자크기가 서로 다른 2종의 GCC (Setacarb-K, Hydrocarb 60, Omya) 및 1종의 clay (Hydragloss, Engelhard사, U.S.A.)를 사용하였으며, 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.3 도공용 바인더

도공용 바인더는 1종의 SB계열 라텍스와 1종의 바이오 바인더(S-5932, Bizchem)를 사용하였고, 라텍스의 물성은 Table 2와 같으며 바이오바인더의 물성은 Table 3과 같다.

Table 1. Properties of pigments

Pigments	%<10μm	%<25μm	%<50μm	%<75μm	%<90μm	Mean particles diameter (50%)
GCC1	1.020	1.501	2.267	3.781	6.108	2.267
GCC2	0.203	0.298	0.722	1.147	1.526	0.722
Clay1	0.144	0.203	0.293	0.586	2.090	0.293

Table 2. Properties of SB latex

	Tg	Gel content	Particle size (nm)	pH
Latex	-3	50	1200	7.5 ~ 8.5

Table 3. Properties of bio-binder

Properties	Bio-binder (S-5932)
Appearance	White powder
Moisture (%)	11 ± 1
pH (10% sol.)	6.5 ~ 7.5
Brookfield viscosity (at 50 °C, 25%, cPs)	89.5

2.1.4 바이오바인더의 호화 촉매

바이오바인더 호화시 1종의 촉매(Biocat-11. Bizchem)를 사용하였고 그 화학구조는 Fig. 1과 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 제조

Pre 코팅 및 top 코팅용 도공액의 고형분 농도는 각각 60%, 65%로 제조하였다. Pre 코팅층은 Table 4와 같이 점차 바이오-바인더의 대체율을 높이면서 다섯 가지 배합비로 제조하였으며, top 코팅층은 Table 5와 같이 제조하였다. 또한 바이오-바인더는 Bizchem사

의 촉매(Biz Biocat-11) 및 물과 혼합하여 30%로 호화시킨 후 투입하여 도공액을 제조하였다.

2.2.2 도공지 제조

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK Print Coat Instrument Ltd, U.K)를 사용하여 제작하였다. Pre-coating 도공량을 편면 8±1 g/m²으로 하여 도공 후, 105℃의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, Korea)에서 20초간 건조하였다. 제조된 도공지를 다시 편면 12±1 g/m²으로 top-coating하였다. 그 후, 슈퍼캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70℃, 압력 300 psi에서 도공지가 steel면으로 향하게 한 후 2회 통과시켰다.

2.2.3 도공지 물성 측정

Top-coating까지 처리한 도공지의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 광택도(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), stiffness(Taber stiffness tester, Toyoseiki, Japan), 백색도, 백감도 그리고 불투

Table 4. Formulations of pre-coating color

	A	B	C	D	E
GCC 60	100	100	100	100	100
Latex	12	9	6	3	-
Biobinder (30%)	-	3	6	9	12
NaOH			0.12		
Lubricant			-		
Insolubilizer			0.2		
Structure reformer (CV-5001)			0.33		
TSC (%)			60		

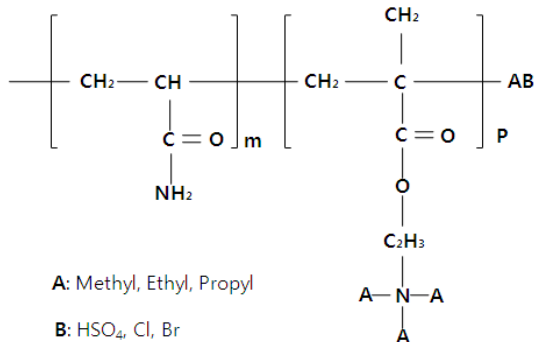


Fig. 1. Chemical structure of Biocat-11 component.

Table 5. Formulations of top-coating color

	Top coat
GCC HG	80
Clay	20
Latex	12
NaOH	0.12
Dispersant	0.2
Lubricant	0.5
Insolubilizer	0.3
Structure Reformer (DV-5300)	0.4
TSC (%)	65

명도(Elrepho 3300, Datacolor International, U.S.A.) 를 측정하였다.

2.2.4 도공지 인쇄적성 평가

도공지의 인쇄적성 및 광택 평가를 위하여 RI(RI-II, KRK, Japan) 인쇄적성시험기를 사용하였다. 인쇄광택은 2가지 색상의 잉크(Magenta, Cyan)로 인쇄 후 인쇄면을 광택도 측정기(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.)를 이용하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Pre 코팅층의 바이오-바인더 대체에 따른 도공액 물성

3.1.1 도공액의 점도 및 보수성

Table 6은 top 코팅층 도공액의 점도 및 보수성을 나타낸 것이며, Fig. 2와 3은 pre 코팅층 도공액의 점도 및 보수성 측정 결과를 보여주고 있다. 바이오-바인더의 대체 비율이 높아짐에 따라 An 등⁵⁾에 의하면 점도가 상

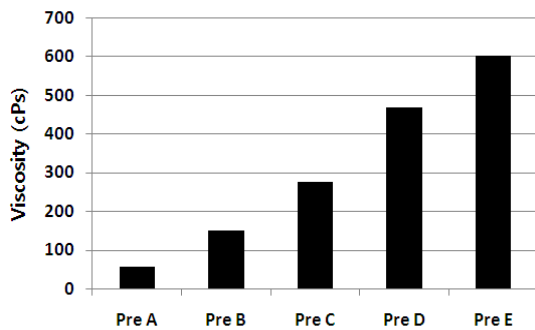


Fig. 2. Viscosity of pre-coating color.

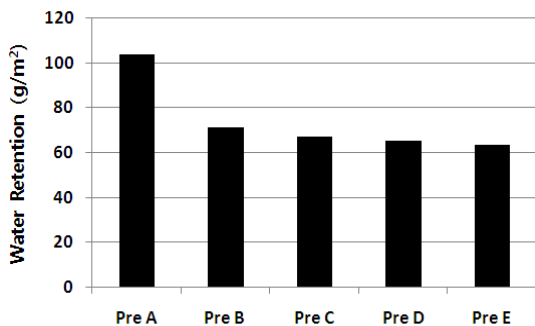


Fig. 3. Water retention of pre-coating color.

Table 6. Properties of top-coating color

Formulation	Viscosity (cPs)	Water retention (g/m ²)
Top-coat	759.8	115

승하고 보수성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 도공액의 점도 상승에 의해 원지 모세관으로의 침투 속도가 감소한 때문이라고 사료된다.

3.2 프리 코팅층의 바이오-바인더 대체에 따른 도공지의 물성

3.2.1 거칠음도 및 광택

Fig. 4와 5는 각각 도공지의 거칠음도와 광택 측정 결과를 보여주고 있다. SB 라텍스만을 바인더로 사용한 샘플 A의 경우 낮은 거칠음도 및 높은 광택을 나타낸 반면, 바이오-바인더 대체 비율이 높아짐에 따라 거칠음도가 상승하고 백지광택은 낮아지는 경향을 나타내었다. 안정성이 뛰어난 라텍스는 점차 건조가 되면서 완전하게 밀집 충전이 되어 필름이 형성되지만, 바이오-바인더의 경우 주성분이 전분으로써 내수성이 약하고 열가소성이 아니기 때문에 캘린더 처리에 있어 평

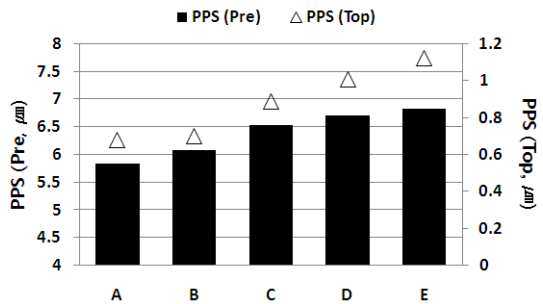


Fig. 4. Roughness of coated paper.

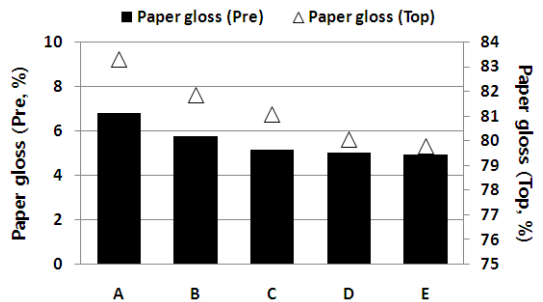


Fig. 5. Paper gloss of coated paper.

활성 및 광택 발현성이 떨어진 결과라고 사료된다.

3.2.2 백색도, 백감도 및 불투명도

Fig. 6은 도공지의 백색도 결과를 보여주고 있다. Pre 코팅층의 경우 대체 비율이 높아질수록 백색도가 증가하다가 100% 바이오 바인더를 사용한 샘플 E의 경우 다시 감소하여 SB 라텍스와 비슷한 수준을 나타내었다. 그러나 top 코팅을 한 후에는 pre 코팅에서 바이오 바인더로 소량 대체 시 증가하다가 그 이후 감소하여 SB 라텍스와 비슷하거나 다소 낮아지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과가 얻어진 것은 다른 성질을 지닌 2종의 바인더가 혼합됨으로서 빛을 산란시킬 수 있는 부위가 다소 증가되었으며, 프리 코팅층의 광학적 특성이 top 코팅 후에도 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다. 백감도의 경우는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 대체로 pre 코팅 및 top 코팅 후에 비슷한 경향을 나타내었으나, 단지 top 코팅 후의 백감도 감소가 현저하였다.

Fig. 8은 도공지의 불투명도 결과를 보여주고 있다. Pre 코팅의 경우에는 바이오 바인더의 대체율 변화에 따른 일정한 변화를 나타내지 않았으며, 톱 코팅 후의

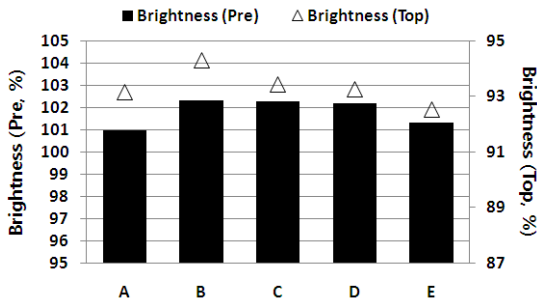


Fig. 6. Brightness of coated paper.

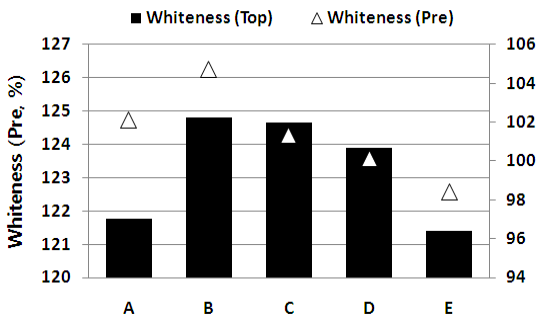


Fig. 7. Whiteness of coated paper.

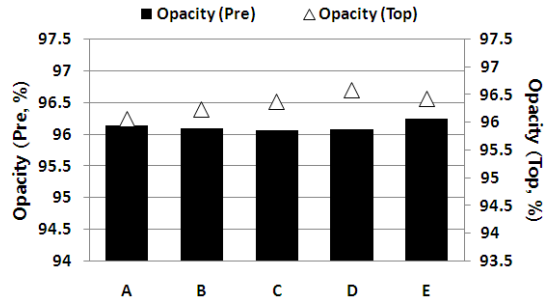


Fig. 8. Opacity of coated paper.

경우에는 pre 코팅에서 바이오 바인더 대체율이 높아질수록 불투명도가 상승하는 것으로 나타났지만 그 값의 차가 근소하여 거의 비슷한 수준이라고 사료된다.

3.2.3 Stiffness

Fig. 9는 도공지의 stiffness 측정 결과를 나타내고 있다. 값의 차이는 근소하나 바이오-바인더의 첨가로 stiffness가 향상되는 것으로 나타났다. 첨가량이 많아지면서 전분의 겔화로 인해 강도향상에 효과가 나타난다고 사료된다.

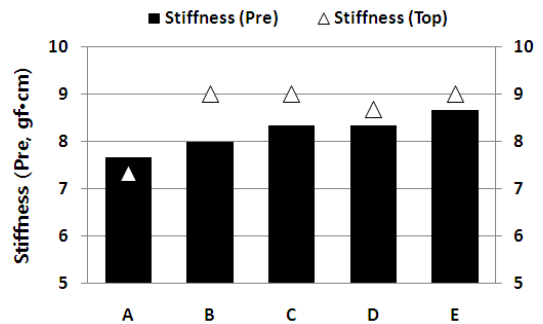


Fig. 9. Stiffness of coated paper.

3.3 Pre 코팅층의 바인더 대체에 따른 인쇄적 성 평가

3.3.1 Ink set-off 평가

Fig. 10은 RI 인쇄시험기를 이용하여 Ink set-off 실험을 실시한 인쇄샘플의 사진이며 Fig. 11은 인쇄샘플을 5점법을 통해 평가한 결과이다. 잉크세트성이 빠르면 인쇄광택의 저하가 발생하며, 느리게 되면 인쇄 시 뒤틀림이 발생하였다. Cyan 잉크가 묻어날수록 잉크

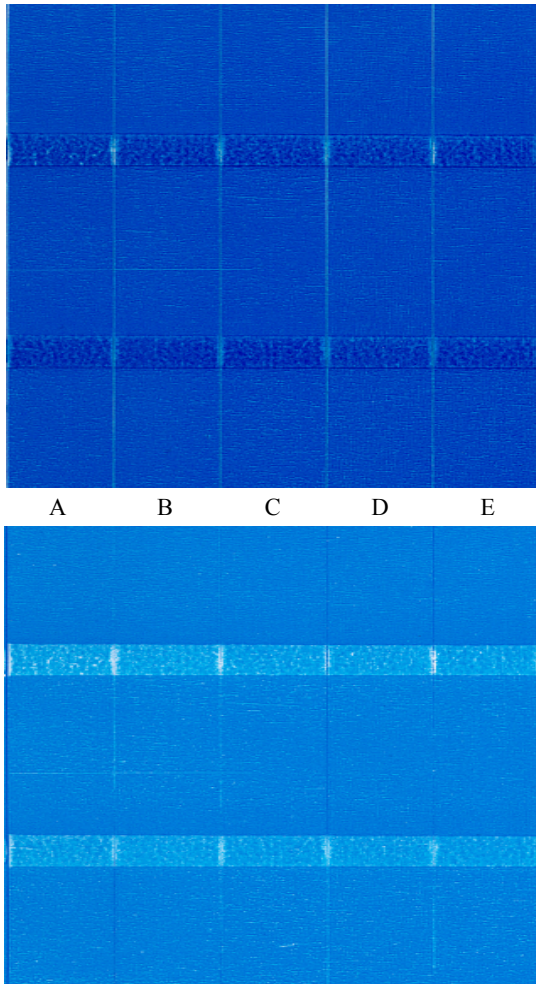


Fig. 10. Image of RI printed samples.

세트성이 불량한 것으로 평가되는데 잉크세트 능력의 차이가 근소하기는 하지만 샘플 A의 경우에서 제일 잉크의 색이 연하게 나타났다.

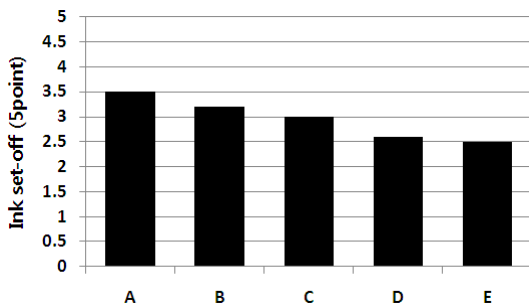


Fig. 11. Ink set-off of coated paper.

3.3.2 인쇄광택

Fig. 12는 인쇄 광택 측정 결과 값이다. Pre 코팅층의 바이오-바인더 대체 비율이 증가함에 따라 광택이 감소하는 경향을 보였다. 이 결과는 앞서 서술한 백지광택과도 비슷한 경향을 보이는 것인데, 인쇄광택은 일반적으로 백지광택에서 영향을 많이 받기 때문이라고 사료된다.

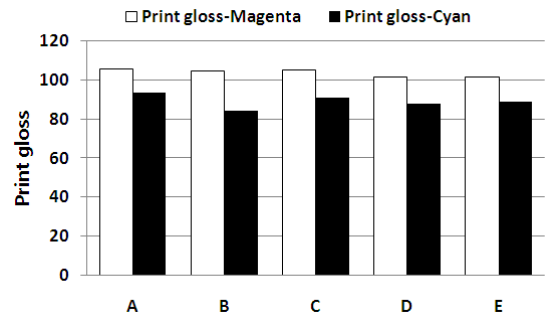


Fig. 12. Print gloss of coated paper.

3.3.3 Dry pick 및 wet pick

Fig. 13은 RI 테스트용 인쇄기를 이용하여 dry pick 및 wet pick 강도 평가를 실시한 인쇄 샘플의 사진이며 Fig. 14는 인쇄샘플을 5점법을 통해 평가한 결과이다. 바이오-바인더 첨가량이 증가할수록 pick 강도가 약해지는 것을 확인할 수 있었다. Dry pick 및 wet pick 강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 바인더의 첨가량이며 같은 양이라도 전분이 포함된 바인더의 경우 pick 강도가 약해진다고 알려져 있다.

4. 결론

본 연구에서는 SB 라텍스와 바이오-바인더의 대체율이 다른 다섯 가지의 pre층 도공액을 적용시켜 제조한 도공지 물성의 변화를 조사하였고 인쇄 실험을 통해 인쇄적성 및 인쇄 강도를 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 바이오바인더의 대체 비율이 증가함에 따라 평활도 및 광택이 저하되는 것을 확인하였다.
2. 백색도, 백감도 및 불투명도에 있어 바이오-바인더로 일부 대체할 경우 기존의 SB 라텍스를 사용할 경

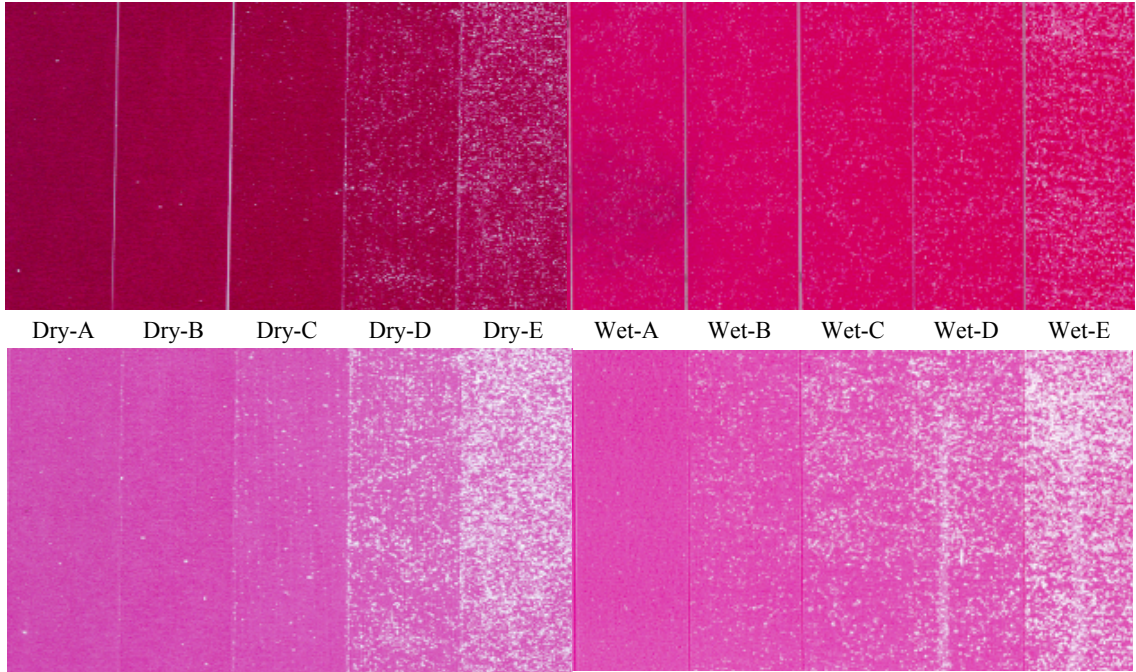


Fig. 13. Image of Dry pick and wet pick samples.

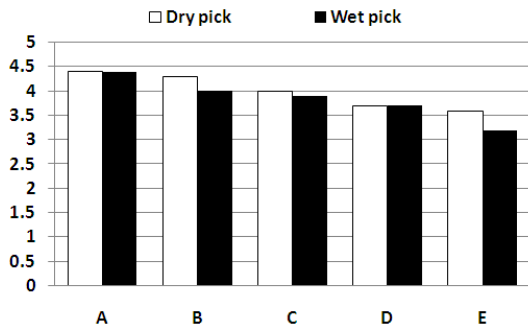


Fig. 14. Dry pick and wet pick of coated paper.

우와 큰 차이를 나타내지 않았다.

3. 바이오바인더의 대체를 통해 stiffness를 향상시킬 수 있었다.
4. 잉크세트성, dry pick 및 wet pick 강도는 기존의 SB 라텍스를 사용하는 것보다 바이오-바인더를 대체할 경우 그 성능이 다소 떨어지는 경향을 보였다.

연구 결과에 의하면 기존의 SB 라텍스를 바이오-바인더로 100% 대체하면 도공지의 성능이 저하되는 결과를 초래하지만, 이번 연구 결과를 통해 50% 이하의 범위에서의 대체라면 SB 라텍스를 바인더로 사용하여

제한된 도공지와 품질이 유사한 제품을 생산하면서도 친환경적인 제품을 생산할 수 있고 더욱이 제품의 생산 원가를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 2013년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-120131266).

Literature Cited

1. Bioembergen, S., McLennan, I. J., Lee, D. I., and van Leewen, J., Paper binder performance with biobased nanoparticles, Paper 360° 3(8):46-48 (2008).
2. Bioembergen, S., McLennan, I. J., van Leewen, J. and Lee, D. I., Ongoing developments in biolatex binder with a very low carbon footprint for paper and board manufacturing, 64th Appita Annual Conference and Exhibition, Melbourne, Appita Inc., pp. 363-369 (2010).
3. Klass, C. P., New nanoparticle latex offers natural ad-

- vantage, Paper 360° 2(1):30-31 (2007).
4. UK Carbon Trust, Carbon Footprinting (2008).
 5. An, K. H., Choi, K. S., Won, J. M., and Lee, Y. K.,
Manufacture of multi-layer coated paper with

eco-friendly starch based bio-binder (1). Application possibility of bio-binder, Journal of Korea TAPPI 44(5):32-38 (2012).