

친환경 전분계 바이오 바인더를 이용한 다층 도공지 제조(제1보)

– 바이오 바인더의 적용 가능성 –

안국헌¹ · 최기순 · 원종명 · 이용규[†]

접수일(2012년 9월 24일), 수정일(2012년 10월 10일), 채택일(2012년 10월 12일)

Manufacture of Multi-Layer Coated Paper with Eco-Friendly Starch Based Bio-Binder(1)

– Application Possibility of Bio-Binder –

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

Received September 24, 2012; Received in revised form October 10, 2012; Accepted October 12, 2012

ABSTRACT

This study was carried out to elucidate the potential in substitution of SB latex with eco-friendly starch based bio-binder as a coating binder. The part of SB latex in coating color of pre- and top layer was substituted with starch based bio-binder in order to evaluate the characteristics of coating color and coated paper, and printability. The viscosity and water retention of coating color were increased by substitution of SB latex with starch based bio-binder. Roughness of coated paper was increased by substitution with starch based bio-binder, although there was not significant changes in roughness when SB latex is used as a binder in pre-coating color. Brightness and whiteness of coated paper were not affected, but opacity and print mottle were improved by substitution with starch based bio-binder. The interesting result observed was that dry-pick did not affected significantly, and ink set-off was improved by starch based bio-binder. It is expected that starch based bio-binder can be commercialized if the systematic further research works are carried out.

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. 비즈캡(주)(Bizchem Co. Ltd)

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

1. 서론

일지속적이고 급속한 산업화 및 도시화 추세로 말미암아 이산화탄소(CO₂)의 배출이 크게 증가됨에 따라 지구온난화, 기후 급변화, 사막화 및 생태계 변화 등 심각한 지구 환경 악화 문제에 직면하게 되었다. 이러한 문제의 심각성을 인식하여 지구온난화 감소와 방지를 위한 국제 협약인 교토 의정서가 2005년에 공식 발효되어 1990년을 기준으로 2008~2012년까지 평균 5.2%의 온실가스를 감축하기로 하였다. 우리나라는 2002년 11월에 비준했으며 아직 법적인 온실가스 배출 감축 의무는 없지만 OECD회원국으로서 멕시코와 더불어 온실가스 감축 압력을 받고 있다. 우리나라는 2차 의무감축 대상국이 될 가능성이 높으며, 이에 따라 2013~2017년까지 온실가스를 감축해야 할 것이다. 따라서 우리나라 정부는 교토 의정서의 의무 이행으로 저탄소 친환경 정책을 추진하고 있으며, 제지 산업 또한 그 대상에서 제외될 수 없다.

또한 국제적 유가 상승으로 인해 석유 관련 제품 가격이 상승하였고, 이는 펄프, 라텍스 및 에너지 가격이 상승되는 결과를 가져왔다. 우리나라의 제지 산업은 펄프 및 주·부원료의 해외 수입 의존도가 높고 외국의 신흥 제지업체의 등장으로 인한 국제 경쟁이 심화된 상황에 놓여 글로벌 경쟁력 강화를 위한 대책이 시급한 상황이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 제지산업의 이산화탄소 배출 감축 및 원가 절감을 위한 해결 방안이 시급히 필요하다.¹⁻⁴⁾

코팅용 도공액 제조에 사용되는 바인더의 비중을 살펴보면 석유 기반 라텍스가 차지하는 비중이 매우 높은 것을 알 수 있다. 이러한 석유 기반의 기존 SB 라텍스를 자연에서 얻을 수 있는 천연의 전분을 이용하여 생산한 바이오 바인더로 대체한다면 탄소 배출량 및 제품의 생

산 원가 모두 줄일 수 있을 것이라고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 다층도공용 주요 바인더로 사용되고 있는 SB 라텍스를 천연의 친환경적인 전분계 바이오바인더로 대체하여 도공액과 다층 도공지의 물성을 검토하여 기존의 석유 제품을 기반으로 하는 SB 라텍스를 전분계 바이오 바인더로의 대체 가능성 및 원가절감 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지

본 연구에 사용된 원지는 국내 H사에서 분양 받은 평량 75 g/m², 두께 100 μm의 백상지를 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 L사에서 분양받은 SB계열 라텍스 및 전분계 바이오 바인더(S-5931, Bizchem)를 사용하였고, 라텍스의 물성은 T_g가 -8~2 °C, Gel content가 49.5~50.5%, 입자경이 70~90 nm였고, 바이오 바인더의 물성은 Table 2와 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 전분 및 바이오 바인더의 호화

도공용 전분은 33%의 고형분 농도로 호화하여 Pre

Table 1. Properties of pigments

Pigments	%.<10μm	%.<25μm	%.<50μm	%.<75μm	%.<90μm	Mean particles diameter(50%)
GCC1 (Setacab-K)	1.020	1.501	2.267	3.781	6.108	2.267
GCC2 (Hydrocarb 60)	0.203	0.298	0.722	1.147	1.526	0.722
Clay	0.144	0.203	0.293	0.586	2.090	0.293

Table 2. Properties of starch based bio-binder

Properties	Bio-binder(S-5931)
Appearance	White powder
Moisture(%)	12 ± 1
pH(10% sol.)	6.5 ~ 7.5
Brookfield viscosity (at 50 °C, 25%, cPs)	70.5

코팅용 도공액에 배합하여 도공액을 제조하였으며, 전 분계 바이오 바인더는 촉매(Biz Biocat-11, Bizchem 사)와 물을 혼합하여 50 %의 고형분 농도로 호화시켜 도공액에 배합하였다

2.2.2 도공액의 제조

Pre 코팅 및 Top 코팅용 도공액의 고형분 농도는 각각 58%, 64%로 제조하였다. Pre 코팅층은 Table 3과 같이 바이오 바인더를 일부 대체한 것과 그렇지 않은 두 조건으로 제조하였으며, Top 코팅층은 Table 4와 같이 바이오 바인더의 대체율을 점차 높이면서 다섯 가지 배합비로 제조하였다.

2.2.3 도공지 제조

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK Print Coat Instrument Ltd, U.K)를 사용하여 제조하였다. Pre-coating 도공량을 편면 8±1 g/m²으로 하여 도공 후, 105 °C의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin

Table 3. Formulations of pre-coating color (TSC: 58%)

	unit:pph	
	PA	PB
GCC 1	100	100
Clay	-	-
SB latex	8	4
Bio-binder	-	4
Starch	4	
NaOH	0.12	
Dispersant	0.2	
Rheology modifiers	0.1	
Lubricant	-	
Insolubilizer	0.2	
Structure reformer	0.33	

Electronics, KOREA)에서 20초간 건조하였다. 제조된 도공지를 다시 편면 12±1 g/m²으로 top-coating 하였다. 그 후, 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70 °C, 압력 300 psi에서 도공지가 금속면으로 향하게 한 후 2회 통과시켰다.

2.2.4 도공지 물성 측정

Top-coating까지 처리한 도공지의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 광택도(Gloss meter, Model T480A,

Table 4. Formulations of top-coating color (TSC: 64%)

	unit:pph				
	TA	TB	TC	TD	TE
GCC 1			-		
GCC 2			80		
Clay			20		
SB latex	8	7	6	5	4
Bio-binder	-	1	2	3	4
NaOH			0.12		
Dispersant			0.2		
Rheology modifiers			0.1		
Lubricant			0.5		
Insolubilizer			0.3		
Structure reformer			0.4		

Technidyne corp. U.S.A.), 백색도, 백감도 그리고 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.) 값을 측정하였다.

2.2.5 도공지의 인쇄적성, 광택 및 mottle 평가

도공지의 인쇄적성 및 광택은 RI 인쇄적성시험기(RI-II, KRK, Japan)로 평가하였다. 인쇄광택은 2가지 색상의 잉크(Magenta, Cyan)로 인쇄 후 인쇄면을 광택도 측정기(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.)를 이용하여 평가하였다. 인쇄 mottle은 Croda ink test를 실시하여 평가하였다. 인쇄 후 잉크농도 측정기(D196, GRETAG)를 이용하여 여러 차례 측정 후, 측정값의 표준편차를 구하여 도공지의 인쇄 mottle을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액의 물성

도공액 물성은 Table 5와 같다. Pre층용 도공액 및 Top층용 도공액 모두 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체할 경우 점도가 점차 상승하였고, 보수성이 향상되어 탈수량이 적어지는 경향을 나타내었다. 이와 같이 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체 시 도공액의 보수성 향상을 통하여 도공층의 부동화가 촉진되기는 하지만 그 영향으로 도공액의 level off가 SB latex 사용 시보다 불량해지기 때문에 도공지의 평활성이 다소 악화될 것으로 예상된다.

3.2 도공지의 물성

Figs. 1과 2는 도공지의 거칠음도 및 백지광택의 결

과를 보여주고 있다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 pre 코팅용 도공액의 바인더를 SB latex만 사용한 Pre-A와 SB latex의 50%를 전분계 바이오 바인더로 대체한 Pre-B에 대하여 top층 코팅용 도공액 구성 중 SB latex의 일부를 점차적으로 전분계 바이오 바인더로 대체하여 도공을 실시한 결과 pre층에 SB latex만 사용한 경우에는 top층용 도공액의 바인더인 SB latex의 25%를 전분계 바이오 바인더로 대체하였을 때까지는 거칠음도의 차이가 크지 않았으며, 그 이후에도 단지 다소 높은 거칠음도를 나타내었다. 그러나 pre층 코팅용 도공액의 50%를 전분계 바이오 바인더로 대체하였을 경우에는 전반적으로 거칠음도가 높은 값을 나타내었다. 이것은 유동성이 우수한 라텍스는 비교적 치밀하고 균일한 구조의 필름이 형성되어 비록 top층의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체를 하여도 그 영향이 그리 크지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 pre층 SB latex의 50%를 대체할 경우 Table 5에서 보는 바와 같이 점성이 증가되어 라텍스를 사용한 도공지 보다 부동화가 일찍 이루어짐에 따라 균일성 및 평활성이 악화되어 top층 코팅용 도공액 SB

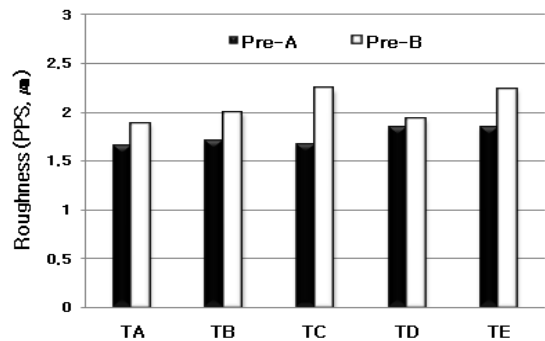


Fig. 1. Roughness of coated paper.

Table 5. Properties of coating color

	Formulation	Water retention(g/m ²)	Viscosity(cPs)	pH
Pre	PA	44.88	1010	10.48
	PB	34.63	1140	10.58
Top	TA	89.63	939.8	10.86
	TB	85.75	1510	10.90
	TC	80.13	1860	10.91
	TD	74.38	2459	10.92
	TE	69.50	3149	11.00

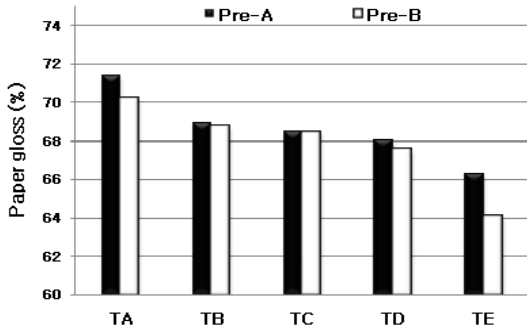


Fig. 2. Paper gloss of coated paper.

latex를 전분계 바이오 바인더로 대체함에 따른 영향이 커져서 거칠음도가 전반적으로 높게 나온 것으로 사료된다. 그러나 백지광택의 경우는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 예상과는 달리 pre층용 도공액의 바인더 대체에 따른 영향이 크지 않았으며, top층 코팅용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더 대체량이 증가됨에 따라 전반적으로 감소되는 경향을 나타내었다.

Figs. 3~5는 각각 백색도, 백감도 및 불투명도 결과를 보여주고 있다. 도공지의 백색도와 백감도는 pre층 및 top층 코팅용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로의 대체 여부에 관계없이 뚜렷한 차이를 나타내었다고 판단하기는 어려웠다. 비록 pre층 코팅용 도공액의 바인더로 SB latex를 사용한 경우 백감도가 다소 높게 나오기는 했지만 그 원인을 알 수 없었다. 그러나 불투명도의 경우는 pre층 코팅용 도공액 바이오인 SB latex의 50%를 전분계 바이오바인더로 대체하였을 때 전반적으로 높은 불투명도를 나타내었으며, top층 코팅용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체할수록 더 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 불투명

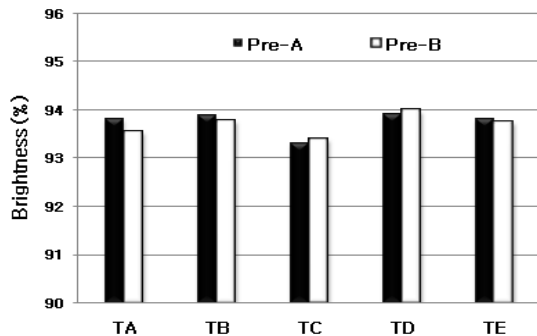


Fig. 3. Brightness of coated paper.

도의 경우 pre층의 구조 형성이 top층의 도공구조 형성에도 영향을 미치며 특히 불투명도에 큰 영향을 미치는 빛의 산란에 결정적인 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 특히 최근 경량화 추세를 보이고 있는 인쇄용지의 경우 특히 불투명도의 개선이 매우 중요한데, pre층 코팅용 바인더의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체함으로써 이러한 문제를 해결하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.

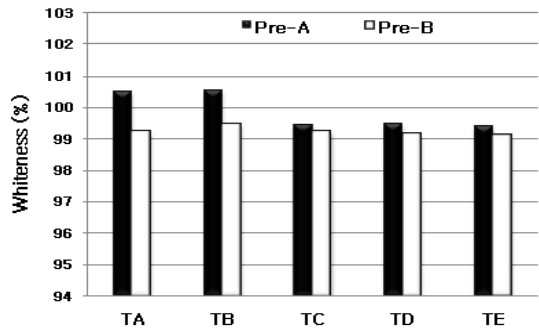


Fig. 4. Whiteness of coated paper.

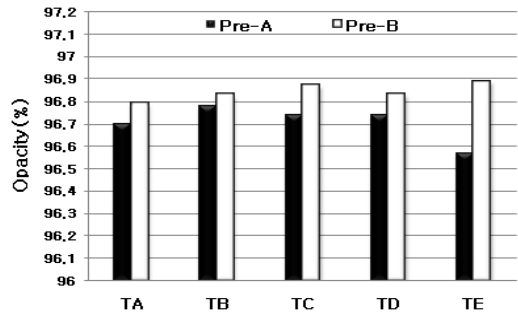


Fig. 5. Opacity of coated paper.

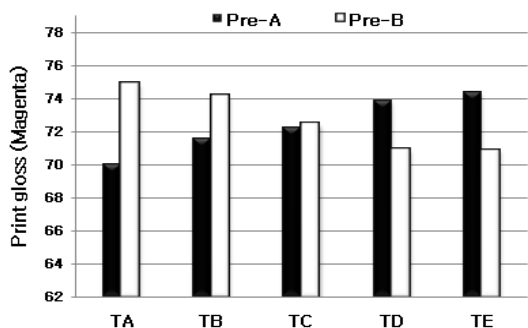


Fig. 6. Print gloss of coated paper (Magenta ink).

3.3 도공지의 인쇄적성 평가

Figs. 6과 7은 도공면에 2가지 색상의 잉크(Magenta, Cyan)를 인쇄하여 광택을 측정한 결과이다. Magenta의 경우 Pre-A와 Pre-B가 상이한 경향을 보이는데 전분계 바이오 바인더로 대체한 Pre층과 그렇지 않은 Pre층이 Top층의 구조 형성 및 Magenta 잉크의 holdout에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 사료된다. 즉 pre층 코팅용 도공액 SB latex의 50%를 전분계 바이오 바인더로 대체한 경우 top층의 도공층 구조가 더욱 벌키해짐으로써 잉크의 흡수가 수월해짐에 따라 잉크 holdout이 감소되어 인쇄광택이 낮아지는 경향을 나타내었으나, SB latex를 도공용 바인더로 사용한 Pre-A의 경우에는 top층 코팅용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체함에도 불구하고 오히려 인쇄광택이 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 Cyan의 경우 모든 조건에서 Magenta 보다 높은 광택을 보였으며 바이오 바인더로 대체한 Pre-B가 그렇지 않은 Pre-A 보다 거의 높은 결과를 나타냈다. 이상의 결과로부터 다층 도공 시 pre

층의 도공층 구조 형성이 인쇄잉크의 종류에 따라 잉크 흡수에 다르게 영향을 미침을 알 수 있었다.

Fig. 8은 인쇄모틀 평가를 위해 실시한 Croda ink 인쇄 샘플의 잉크 밀도 값의 표준오차 값을 나타내고 있다. Top층 코팅용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로의 대체 비율이 상승할수록 모틀 현상이 심해지는 것을 알 수 있었으며, SB latex를 바인더로 사용한 Pre-A층이 Pre-B층에 비해 더욱 큰 편차를 보여 pre층 코팅용 도공액 바인더의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체함으로써 인쇄 모틀을 개선하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과가 얻어진 것은 pre층의 도공구조를 적절히 조절하여 줌으로써 보다 균일한 top층의 도공구조를 형성할 수 있게 해주었기 때문인 것으로 사료된다.

Figs. 9와 10은 각각 인쇄면의 Dry-pick과 잉크 세트 성 결과를 나타낸 것이다. Dry-pick 강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 바인더의 첨가량이며 같은 양의 바인더라도 전분이 포함된 바인더의 경우 pick 강도가 약해진다고 알려져 있다. 그러나 본 연구 결과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 전분계 바이오 바인더를 pre층 및 top층

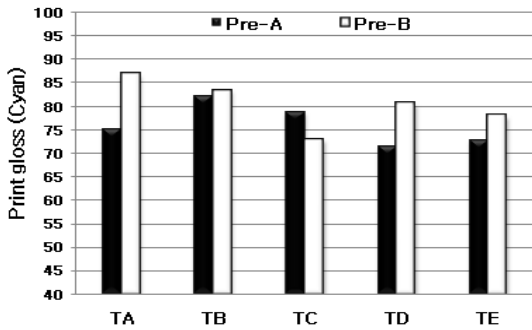


Fig. 7. Print gloss of coated paper(Cyan ink).

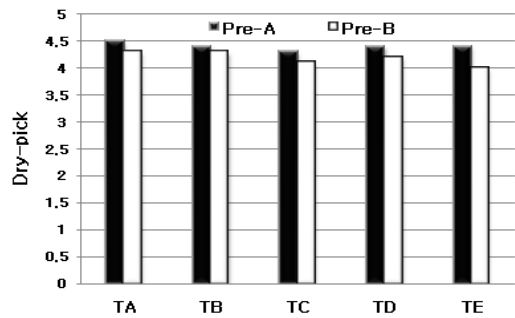


Fig. 9. Dry pick strength of coated paper.

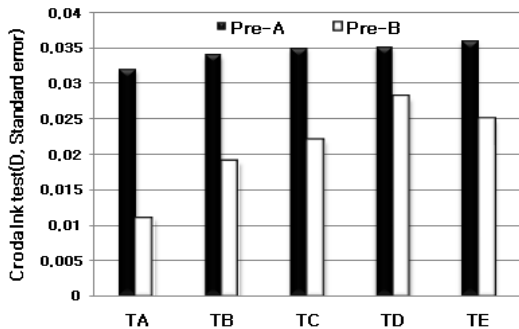


Fig. 8. Standard deviation result of Croda ink test image.

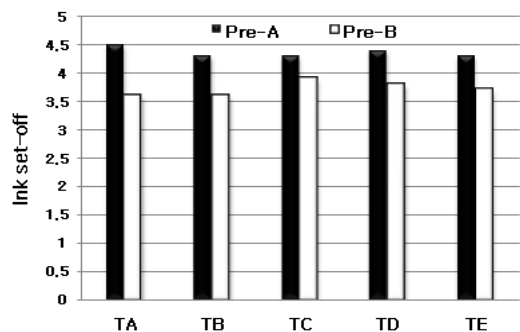


Fig. 10. Ink set-off of coated paper.

에 사용한 결과 SB latex만을 사용했을 때와 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 잉크 세트성의 경우는 이미 예상했던 바와 같이 Pre-A층이 Pre-B층 보다 모든 조건에서 높게 나타났다. 이와 같이 pre층에 SB latex만을 바인더로 사용했을 때가 높은 값을 나타낸 것은 pre층에 사용하던 SB latex의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체함으로써 도공층의 구조가 벌키해짐으로써 잉크의 세팅이 빨라졌기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 도공지 생산원가의 절감 및 온실가스 배출 감소를 위하여 SB latex의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체하여 그 가능성을 확인하기 위한 일환으로 수행되었다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 pre층 및 top층 코팅용 도공액 바인더로 주로 사용되는 SB latex의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체하여, 도공액 및 도공지의 물성과 인쇄 특성에 대하여 평가를 실시하였다.

Pre층 및 Top층용 도공액의 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체할 경우 점도가 상승하였고, 보수성이 향상되어 탈수량이 적어지는 경향을 나타내었다. 도공지의 거칠음도는 pre층에 SB latex만 사용한 경우에 비하여 pre층 코팅용 SB latex의 50%를 전분계 바인더로 대체하였을 경우 전반적으로 높은 값을 나타내었다. 도공지의 백색도와 백감도는 전분계 바이오 바인더로의 대체 여부에 관계없이 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나, 불투명도는 pre층 SB latex의 50%를 전분계 바이오 바인더로 대체하였을 때 높은 불투명도를 나타내었으

며, top층 SB latex를 전분계 바이오 바인더로 대체할수록 더 높아지는 경향을 나타내었다. 따라서 인쇄용지의 불투명도 개선을 하고자 할 경우 pre층 SB latex의 일부를 전분계 바이오 바인더로 대체함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 인쇄 모터를 개선하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다. 특히 흥미로운 결과는 도공지의 dry-pick이 전분계 바이오 바인더 사용 여부에 큰 영향을 받지 않았을 뿐만 아니라, 잉크 세트성이 전분계 바이오 바인더의 대체를 통하여 개선되었다는 사실이다.

이상의 결과로부터 도공지의 품질을 유지하거나 또는 개선시키면서 석유계 SB latex를 친환경 전분계 바이오 바인더로 대체할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었으며, 추가적인 연구를 통하여 충분히 실용화가 가능할 것으로 기대되었다.

인용문헌

1. Bioembergen, S., McLennan, I. J., Lee, D.I. and van Leewen, J., Paper binder performance with biobased nanoparticles. A starch-based biolatex can replace petroleum-based latex binders in papermaking, Paper360^oCmagazine, p. 46-48, Sept.(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, Appita p. 363-369(2010).
3. Klass, C. P., Nanoparticle latex offers natural advantage, Paper360^oCmagazine, p. 30-31, Jan.(2007).
4. UK Carbon Trust, Carbon Footprinting (2008).