

# 친환경 원가 절감형 바이오투인더를 이용한 다층 도공지 제조(제2보)

– Top-coating층에 대한 적용 –

안국현<sup>1</sup> · 최기순 · 원종명 · 이용규<sup>†</sup>

접수일(2014년 12월 10일), 수정일(2014년 12월 23일), 채택일(2014년 12월 25일)

## Manufacturing of Multi-Layer Coated Paper with Eco-Friendly BioBinder for Cost Saving(2)

– Application for Top-Coating Layer –

Guk Heon An<sup>1</sup>, Ki Soon Choi, Jong Myoung Won and Yong Kyu Lee<sup>†</sup>

Received December 10, 2014; Received in revised form December 23, 2014; Accepted December 25, 2014

### ABSTRACT

Bio-binder is well known as a promising alternative binder for SB latex because it is eco-friendly and inexpensive, compared to synthetic latex. SB latex in top coating color was substituted with starch-based bio-binder to investigate its effects on the coating color and its coated paper properties. Bio-binder contributed to the increase of coating color viscosity, and the improvement of water retention. Most optical properties except opacity were deteriorated by the increase of bio-binder dosage. It was also found that the increase of bio-binder substitution in top coating color brought about the increase of roughness, and decrease of coated paper gloss, print gloss, dry and wet pick strength. However the stiffness and the ink set-off of the bio-binder coated paper were improved. Overall, mostly adverse effects of bio-binder on the properties of coating color and its paper were observed. Therefore, it is not recommended to use bio-binder as top coating color.

**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)

<sup>1</sup> 비즈캡(주)(Kumgang Venturitel Bldg. #1207 1108, Bisan-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Korea)

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

# 1. 서론

또한 국제적으로 석유자원의 매장량은 한정되어 있어 지속적인 유가 상승을 초래할 것이다. 유가 상승으로 인해 석유 관련 제품 가격이 상승하였고, 이는 pulp, latex 및 에너지 가격이 상승되는 결과를 가져왔다. 우리나라의 제지 산업은 펄프 및 주·부원료의 해외 수입 의존도가 높은 상황으로 유가 상승에 의한 원자재 가격의 상승은 더욱 더 제지산업의 침체를 야기 시킬 수 있다. 뿐만 아니라 외국의 신흥 제지업체의 등장으로 인한 국제 경쟁이 심화된 상황에 놓여 글로벌 경쟁력 강화를 위한 대책이 필요하다. 따라서 환경문제, 유가 상승 및 외국의 대규모 신흥제지업체에 따른 경쟁력 약화 문제를 해결하기 위해 국내 제지산업의 이산화탄소 및 원가 절감을 위한 해결 방안이 시급히 필요하다.<sup>3-6)</sup>

코팅용 도공액에 사용되는 바인더의 비중을 살펴보면 석유 기반 라텍스가 차지하는 비중이 매우 높은 것을 알 수 있다. 이러한 석유 기반의 기존 SBR 라텍스를 자연에서 얻을 수 있는 전분을 이용하여 생성한 바이오 바인더로 대체한다면 탄소 배출량 및 생산 원가 모두 줄일 수 있을 것이라고 사료된다.<sup>7)</sup>

따라서 본 연구에서는 현재 top 코팅에서 사용되는 SBR 라텍스를 바이오바인더로 대체하여 도공액과 도공지의 물성을 비교하고 인쇄 실험을 통해 바이오 바인더와 SBR 라텍스의 대체 가능성 및 원가절감 가능성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 도공원지

본 연구에는 국내 H사에서 분양 받은 평량 75 g/m<sup>2</sup>, 두께 100 μm의 백상지를 원지로 사용하였다.

**Table 1. Properties of pigments**

Pigments	%<10 <sub>μm</sub>	%<25 <sub>μm</sub>	%<50 <sub>μm</sub>	%<75 <sub>μm</sub>	%<90 <sub>μm</sub>	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

#### 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(Biz Biocat-Top, Bizchem)를 사용하였고, 라텍스의 물성은 Table 2와 같으며 바이오 바인더의 물성은 Table 3과 같다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 도공액 제조

Pre 코팅 및 top 코팅용 도공액의 고형분 농도는 각각 60%, 64%로 제조하였다. Pre 코팅층은 Table 4와 같이 제조하였으며 top 코팅층은 Table 5와 같이 점착 바이오바인더의 대체율을 높이면서 다섯 가지 배합비로 제조하였다.

**Table 2. Properties of latex**

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

**Table 3. Properties of biobinder**

Properties	Biz Biocat-Top
Appearance	White slurry
Moisture(%)	50 ± 1
pH(10% sol.)	8.5 ~ 9.5
Brookfield viscosity (at 50℃, 25%, cPs)	138

**Table 4. Formulations of Pre-coating**

	Pre coat
GCC 60	100
Latex	12
DS-coat	-
NaOH	0.12
Dispersant	0.2
Insolubilizer	0.2
Structure Reformer (CV-5001)	0.33
TSC	60%

2.2.2 도공지 제작

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print Coat Instrument Ltd, U.K)를 사용하여 제작하였다. Pre-coating 도공량을 편면 8±1 g/m<sup>2</sup>으로 하여 도공 후, 105 °C의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, KOREA)에서 20초간 건조하였다. 제조된 도공지를 다시 편면 12±1 g/m<sup>2</sup>으로 top-coating 하였다. 그 후, 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70 °C, 압력 300 psi에서 도공지가 steel면으로 향하게 한 후 2회 통과시켰다.

2.2.3 도공지 물성 측정

Top 코팅층까지 처리한 도공지의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 광택도(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), Stiffness(Taber stiffness tester, Toyoseiki), 백색도, 백감도 그리고 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.) 값을 측정하였다.

**Table 5. Formulations of Top-coating**

	A	B	C	D	E
GCC HG			80		
Clay			20		
Latex	12	9	6	3	-
Biobinder	-	3	6	9	12
NaOH			0.12		
Dispersant			0.2		
Lubricant			0.5		
Insolubilizer			0.3		
Structure Reformer (DV-5300)			0.4		
TSC			64%		

2.2.4 도공지 인쇄 평가

도공지의 인쇄적성 평가 및 광택은 RI(RI-Ⅱ, KRK, Japan) 인쇄적성시험기로 평가하였다. 인쇄 광택은 2 가지 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 Top 코팅층의 바인더 대체에 따른 도공액 물성

3.1.1 도공액의 점도 및 보수성

Table 6은 pre 코팅층 도공액의 점도 및 보수성을 나타낸 것이며, Fig. 1과 2는 top 코팅층 도공액의 점도 및 보수성 측정 결과를 보여주고 있다. 바이오바인더의 대체 비율에 따라 점도가 상승하는 경향을 보이지는 않

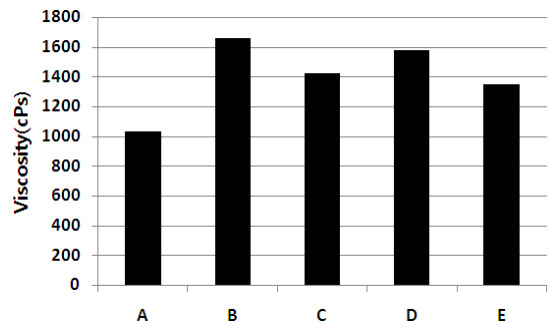


Fig. 1. Viscosity of top-coating color.

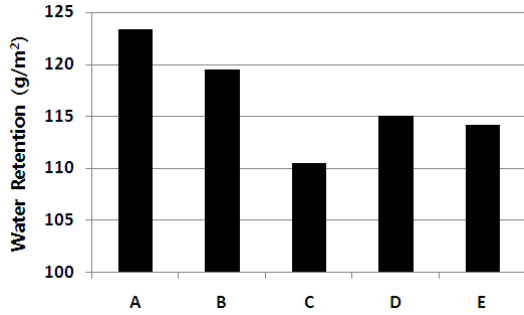


Fig. 2. Water retention value of top-coating color.

Table 6. Properties of pre-coating color

Formulation	Viscosity(cPs)	Water retention (g/m <sup>2</sup> )
Pre-coat	52	112.9

지만 SB 라텍스만 사용한 샘플 A에 비해 바이오바인더가 배합된 도공액의 점도가 높은 것을 알 수 있다. 보수성이 역시 뚜렷한 경향을 보이는 것은 아니지만 바이오바인더가 배합된 도공액에서 보수성이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

### 3.2 Top 코팅층의 바인더 대체에 따른 도공지 물성

#### 3.2.1 거칠음도 및 광택

Fig. 3과 4는 각각 도공지의 거칠음도와 광택 측정 결과를 보여주고 있다. 바이오바인더의 대체가 없는 샘플 A의 경우를 살펴보면 낮은 거칠음도 및 높은 광택이 나타났고 바이오바인더 대체 비율이 높아짐에 따라 거칠음도는 상승하고 백지광택은 낮아지는 경향이 나타났다. 안정성이 뛰어난 라텍스는 점차 건조가 되면

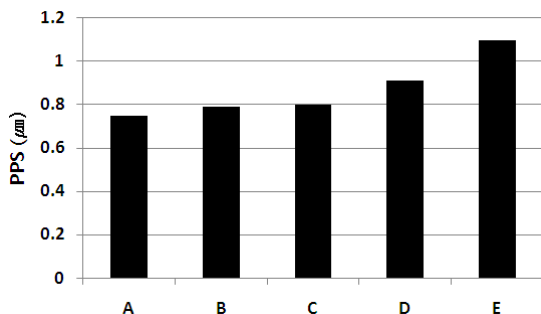


Fig. 3. Roughness of coated paper.

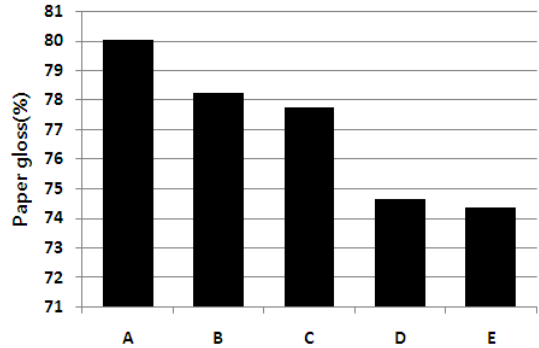


Fig. 4. Paper gloss of coated paper.

서 완전하게 밀집 충전이 되어 필름이 형성되지만, 바이오바인더의 경우 전분으로써 내수성이 약하고 열가소성이 아니기 때문에 캘린더 처리에 있어 평활성 및 광택 발현성이 떨어진 결과라고 사료된다.

#### 3.2.2 백색도, 백감도 및 불투명도

Fig. 5와 6은 각각 도공지의 백색도와 백감도를 나타내고 있다. 바이오바인더의 대체 비율이 증가함에 따라

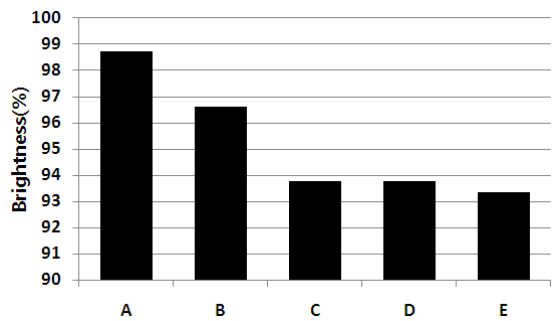


Fig. 5. Brightness of coated paper.

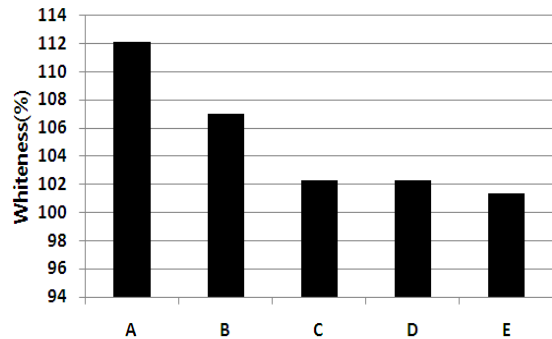


Fig. 6. Whiteness of coated paper.

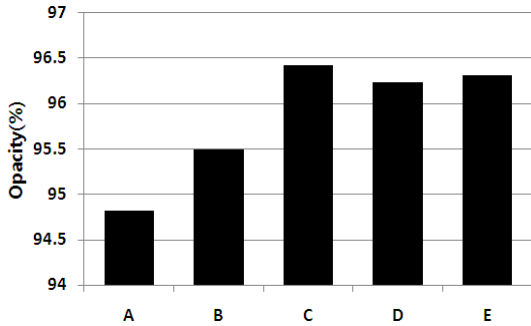


Fig. 7. Opacity of coated paper.

라 백색도와백감도가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 백색도 및 백감도는 원지의 영향을 많이 받는데 모두 동일한 원지를 사용하였기 때문에 원인이 될 수 없다고 판단된다. 따라서 일반적으로 알려져 있는 합성 바인더가 천연계 바인더 보다 색조면에 뛰어난 성능을 가지고 있기 때문이라고 사료된다.

Fig. 7은 도공지의 불투명도를 결과를 보여주고 있다. 바이오바인더 대체율에 따라 불투명도 값이 높아지는 경향을 보였다. 불투명도를 지배하는 인자에는 굴절율과 캘린더 처리 효과에 관계되는 열가소성이 있는데 열가소성이 상대적으로 떨어지는 전분의 경우 표면의 거칠음도가 높아 빛에 대한 굴절율을 높였을 것이라 사료된다.

3.2.3 Stiffness

Fig. 8은 도공지의 stiffness 측정 결과를 나타내고 있다. 명확한 경향성을 보이지는 않지만 바이오바인더가 첨가되지 않은 샘플 A보다 바이오바인더가 첨가된 대부분의 샘플들에서 stiffness가 향상된 것을 볼 수 있다. 바이오바인더 첨가량이 많아지면서 전분의 겔화가 일

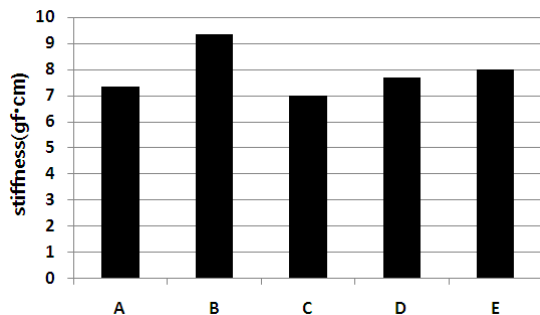


Fig. 8. Stiffness of coated paper.

어나 강도를 향상시킨 것이라 사료된다.

3.3 Top 코팅층의 바인더 대체에 따른 인쇄 평가

3.3.1 Ink set-off 평가

Fig. 9는 RI 테스트용 인쇄기를 이용하여 Ink set-off를 실시한 인쇄샘플의 사진이며 Fig. 10은 인쇄샘플을 5점법을 통해 평가한 결과이다. 잉크세트성이 빠르면 인쇄광택의 저하가 발생하며, 느리게 되면 인쇄 시 뒷물음이 발생 한다. Cyan 잉크가 묻어날수록 잉크세트성이 불량한 것으로 잉크세트 능력의 차이가 확실하게 나타났다. 바이오바인더 대체 비율이 높아질수록 잉크

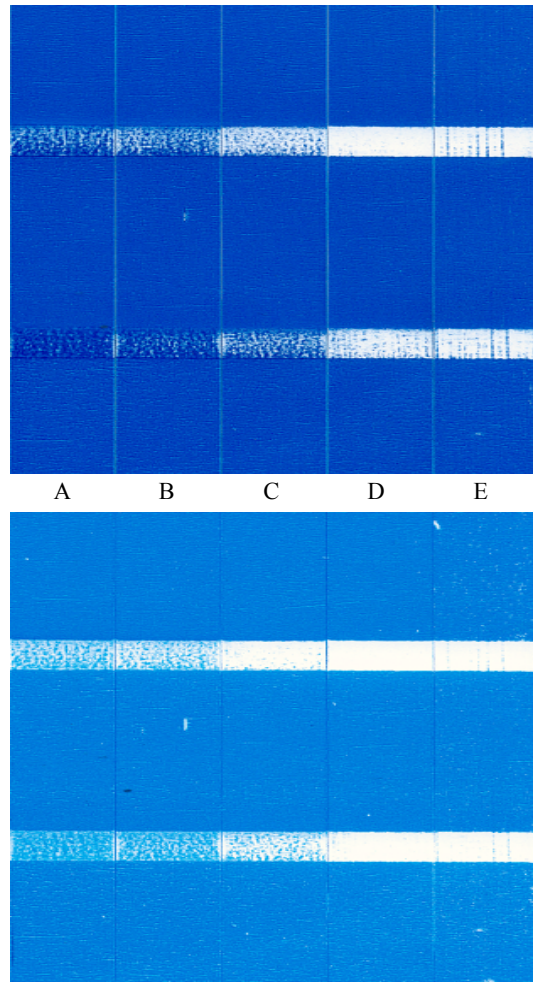


Fig. 9. Image of RI printed samples.

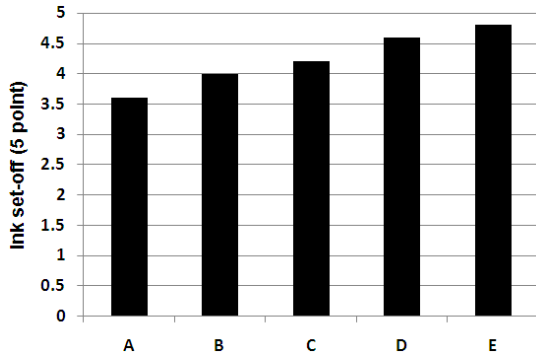


Fig. 10. Ink set-off of coated paper.

세트 능력이 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

### 3.3.2 인쇄광택

Fig. 11는 인쇄 광택 측정 결과 값이다. Top 코팅층의 바이오바인더 대체 비율이 증가함에 따라 광택이 감소하는 경향을 보였다. 이 결과는 앞서 서술한 백지광택 과도 비슷한 경향을 보이는 것인데, 인쇄광택은 일반적으로 백지광택에서 영향을 많이 받기 때문이라고 사료된다.

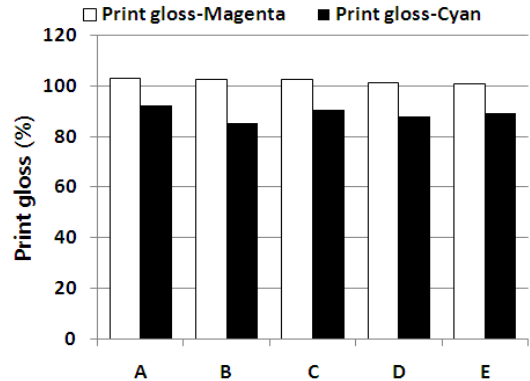


Fig. 11. Print gloss of coated paper.

### 3.3.3 Dry pick 및 Wet pick

Fig. 12은 RI 테스트용 인쇄기를 이용하여 dry pick 및 wet pick 평가를 실시한 인쇄샘플의 사진이며 Fig. 13는 인쇄샘플을 5점법을 통해 평가한 결과이다. 바이오바인더 첨가량이 증가할수록 pick 강도가 약해지는 것을 확인할 수 있었다. Dry pick 및 wet pick 강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 바인더의 첨가량이며 같은

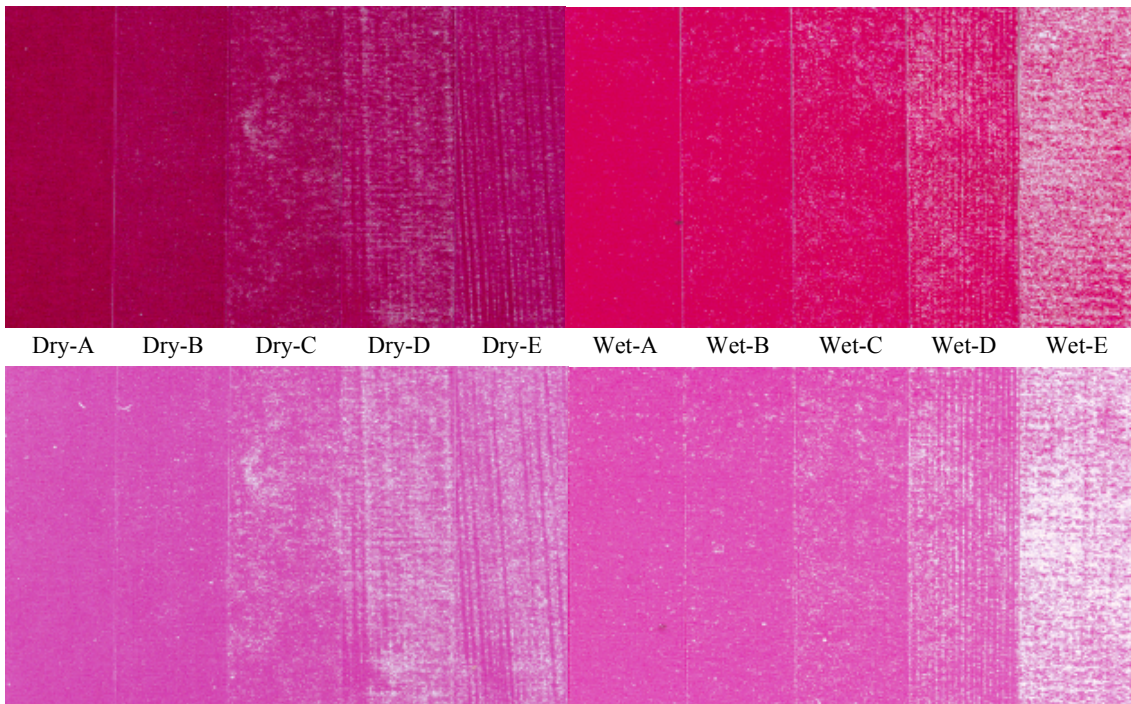


Fig. 12. Image of Dry pick and Wet pick samples.

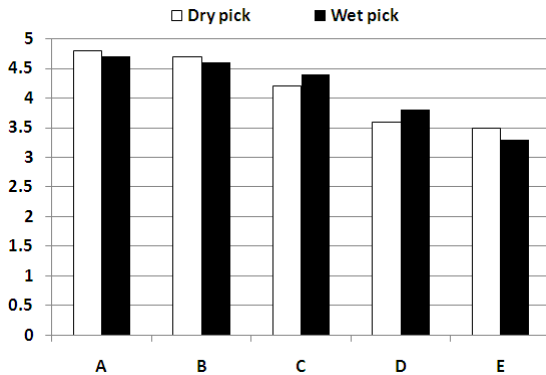


Fig. 13. Dry pick and Wet pick of coated paper.

양이라도 전분이 포함된 바인더의 경우 pick 강도가 약해진다고 알려져 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 SB 라텍스와 바이오 바인더의 대체 비율이 다른 다섯 가지의 탑층 도공액을 적용 시킨 후 도공액의 물성 및 도공지의 물성을 비교 분석해 보았다. 또한 RI 인쇄 테스트를 이용한 인쇄적성 및 인쇄 강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 톱 코팅용 도공액의 점도는 바이오 바인더 사용량이 증가함에 따라 증가하였고 도공액의 보수성은 향상되었다.
2. 광학적인 측면에서 바이오 바인더의 대체 비율이 증가함에 따라 불투명도를 제외한 대부분의 광학적 성질이 떨어지는 것으로 나타났다.
3. 바이오 바인더의 대체 비율이 증가함에 따라 거칠음도가 증가하여 도공지 광택 및 인쇄 광택이 저하되는 것을 확인하였으며, 반면 stiffness가 향상되는 것을 확인하였다.
4. 인쇄 세트성은 바이오 바인더 대체 비율이 증가함에 따라 개선되었으나 dry 및 wet pick에 대한 저항력이

감소되었다.

이상의 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 톱 코팅용 도공액에 바이오 바인더를 사용할 경우 개선할 수 있는 것보다 악영향을 미치는 것이 더 많기 때문에 비록 친환경적이고 가격이 저렴하다고 할지라도 SB 라텍스를 사용하거나 소량 배합하여 사용하는 것이 더 바람직한 것으로 사료된다.

#### 사 사

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

#### Literature Cited

1. 이용규, “종이 도공학”, 강원대학교 제지공학과 (2008) p. 267-310.
2. Van Leeuwen, J., "Update on Biopolymer Nanoparticle Latex Development and Applications." 2007 TAPPI Coating and Graphic Arts Conference, Miami, FL, (2007).
3. 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”, Paper 360°C magazine, p. 46-48, Sept.(2008).
4. 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).
5. Klass, C. P., “New Nanoparticle Latex offers Natural Advantage”, Paper360°C magazine, p. 30-31, Jan.(2007).
6. UK Carbon Trust(2008) “Carbon Footprinting”.
7. Robert L. Kearney, Hans W. Maurer, Starch and Starch products in Paper Coating, TAPPI PRESS(1990).