

# SB latex 대체용 친환경 전분계 바이오바인더 및 합성바인더의 적용 기술 개발 (제1보) - 대체용 바인더의 Pre-coating 적용 -

이용규<sup>†</sup> · 김선구 · 원종명 · 김영훈<sup>1</sup>

접수일(2015년 10월 5일), 수정일(2015년 10월 22일), 채택일(2015년 10월 23일)

## Application Technology of Environmental-friendly Starch-based Biobinder and Synthesized Binder in order to Substitute SB Latex for Paper Coating (1) - Application of Substitute Binder for Pre-coating Layer -

Yong Kyu Lee<sup>†</sup>, Sun-Goo Kim, Jong Myoung Won and Young-Hun Kim<sup>1</sup>

Received October 5, 2015; Received in revised form October 22, 2015; Accepted October 23, 2015

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate whether EVAc, acryl latex and biobinder could substitute the part of SB latex for pre-coating color formula or not. Different coating colors prepared through the substitution of 30% SB latex with EVAc, acryl latex, and biobinder were applied for pre-coating layer. 100% SB latex is used as a binder for top coating color. The optical properties, gloss, roughness, stiffness, dry- and wet-pick strength were measured. There were no significant differences in the brightness, whiteness, opacity, roughness, ink set-off and gloss of paper coated with 5 different coating colors. However the stiffness, dry- and wet-pick strength were somewhat lower than those of conventional coating color which 100% SB latex was used as a binder. Although the part of SB latex could be substituted with EVAc, acryl latex and biobinder without sacrificing the qualities of coated paper. Further researches on the improvement of stiffness, dry- and wet-pick strength, and the optimization of rheology of coating color in order to improve the qualities of coated paper are strongly recommended.

**Keywords:** SB latex, biobinder, synthesized binder, pre-coating, roughness, ink set-off, dry- and wet-pick strength

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

<sup>1</sup> 깨끗한나라 주식회사(Kleannara)

<sup>†</sup> 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. 또한, 바인더의 물성 중 입자경에 따라 바인더의 접착성 및 분포가 변화되며 겔 함량(gel content)에 따라 바인더의 물성이 도공층에 미치는 영향이 크다고 알려져 있다.

이렇게 서로 다른 물성을 지닌 바인더를 pre 코팅층에 각각 적용하면 다른 특성을 가진 pre 코팅층을 형성할 수 있다. 그리고 pre 코팅층 위에 동일한 top 코팅층 도포 시 서로 다른 특성의 pre 코팅층에 의하여 서로 다른 특성의 다층 코팅층이 형성된다.<sup>1,2)</sup>

현재 종이코팅용으로 사용되는 바인더의 대부분은 스티렌-부타디엔 공중합체(styrene-butadiene copolymer)로 일반적으로 SB 라텍스라고 불리고 있다. SB 라텍스는 생산 공정에서의 안정성과 우수한 접착력 및 인쇄적성을 바탕으로 제지 업계에서 코팅용 바인더로 오래 동안 널리 사용되어 오고 있다. 이러한 SB 라텍스의 기본 원료인 스티렌과 부타디엔은 석유화학 물질로부터 얻어진다.

하지만 전 세계적으로 석유자원의 매장량은 한정되어 있어 지속적인 유가상승을 초래할 것이다. 이에 따라 미래 지속적인 개발이 불명확한 석유계 합성바인더 시장은 제지산업에 막대한 영향을 끼칠 것으로 사료된다.<sup>3-6)</sup> 또한, 환경문제가 크게 대두되고 교토의정서가 발표된 현 시점에서 탄소배출 감소를 통한 친환경적이 개발이 필요한 시점이다. 아울러 전 세계적으로 이루어지고 있는 탄소배출권 제한은 향후 제지산업이 풀어야할 숙제일 것이다.<sup>3)</sup> 여기서 우리는 기존 SB 라텍스를 새로운 제지코팅

용 바인더로 대체 및 혼용 사용으로 제지산업에서의 가격 경쟁력을 높이고 환경문제를 개선시킬 수 있을 것이라고 사료된다.<sup>7)</sup>

따라서 본 연구에서는 더블도공지의 pre 코팅층에 사용되는 SB 라텍스를 친환경 바이오바인더 및 합성바인더로 대체하여 도공액과 도공지의 물성을 비교하고 인쇄 실험을 통해 친환경 바이오바인더 및 합성바인더를 SB 라텍스의 대체 가능성 및 원가 절감 가능성에 대해 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 도공원지

본 연구에 사용된 원지는 해외 O사의 평량 80 g/m<sup>2</sup>의 백상지를 사용하였다.

#### 2.1.2 도공용 안료

Pre 코팅층에 GCC(KFMT-60HS, 태경산업)와 PC-C(Syncarb F0474-On45%, 오미아), top 코팅층에는 GCC(Setacarb-K, HG, 오미아)와 1종의 clay(Gloss, 정원화학)를 사용하였다.

#### 2.1.3 바인더 및 기타 첨가제

바인더는 pre 코팅층에 SB 라텍스(SBL SL 703 Bulk, LG화학), biobinder(Starch S-5931, 비즈캡), 아크릴 베이스 합성바인더(EPL-5010, 이피텍), 앞선 실험에서 사용했던 약품에 표면강도를 개선시킨 ethylene vinyl acetate(EVAc 1, 개선품) 계열 합성바인더(PS-806, 한국종합화학), 앞선 실험에서 사용하던 ethylene vinyl acetate(EVAc 2, 기존품) 계열 합성바인더(PS-806, 한

Table 1. Properties of latices

	Gel content (%)	Particle size (Å)	pH	Viscosity (cPs)
SB latex (703)	50.1	1212	8.00	322
SB latex (760)	50.0	851	8.15	230
Acryl latex	50.0	180	4.5	80
EVAc binder-1	50.0		5.69	64.5
EVAc binder-2	50.0		5.68	49.5

Table 2. Properties of biobinder

Properties	Biobinder (S-5931)
Appearance	White powder
Moisture content (%)	11 ± 1
pH (30℃)	6.54
Brookfield viscosity (cPs, 50℃)	806

국중합화합)를 사용하였고 top 코팅층에는 SB 라텍스 (SBL SL 760 Bulk, LG화학)를 사용하였다. 기타 첨가제로 분산제(WY-117, 정원화학), 내수화제(LUB REX-55), 윤활제(SUPERCOTE-500, 정우정밀화학) 및 유동성 개량제 (STERO-FD, DR-5311, 정원화학), 도공량 상승제(STERO-BL, WS-3000(BL), 한국중합화학)를 사용하였다.

2.1.4 바이오바인더의 호화

바이오바인더와 촉매(Biocat-11, 비즈켄) 그리고 물을 혼합하여 중탕기에서 90℃에서 30분간 교반을 시켜 50%의 고형분 농도로 호화시켜 도공액에 배합 하였다. 그 구성은 Fig. 1과 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

Pre 코팅용 및 top 코팅용 도공액의 고형분 농도는 각각 63%, 65%로 제조하였다. Pre 코팅층은 기존의 SB

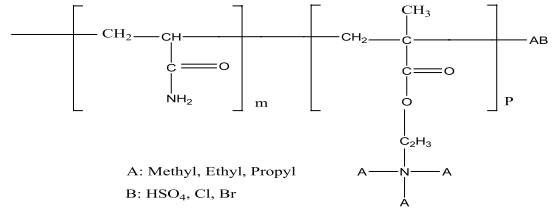


Fig. 1. Biocat-11 component.

라텍스를 사용한 것과 친환경 소재인 biobinder와 합성 바인더인 아크릴 베이스 합성바인더(아크릴 + PVAc), ethylene vinyl acetate(EVAc 1, 개선품) 계열 합성바인더, ethylene vinyl acetate(EVAc 2, 기존품) 계열 합성바인더를 각각 30% 대체하여 조제한 코팅갈라를 사용하였다. Top 코팅층은 기존의 SB라텍스를 사용하여

Table 4. Formulations of top-coating (Unit : Part)

	Top coating
GCC	90
Clay	10
SB latex	12
STERO-FD	0.05
NaOH	0.12
Dispersant	0.2
Lubricant	0.4
Insolubilizer	0.4
TSC (%)	65

Table 3. Formulations of pre-coating color

(Unit : Part)

Parameter	A	B	C	D	E
GCC 95	100				
SB latex	12	8.4	8.4	8.4	8.4
EVAc 1	-	3.6	-	-	-
EVAc 2	-	-	3.6	-	-
Acryl latex	-	-	-	3.6	-
Biobinder (50%)	-	-	-	-	3.6
STERO-BL	0.01	0.005	0.02	0.015	0
STERO-FD	0.08				0
Dispersant	0.2				
Lubricant	0.4				
Insolubilizer	0.4				
NaOH	0.12				
TSC (%)	63				

제조하였으며 5 조건의 도공지를 제조하였다. Table 3에서 STERO-BL의 첨가량을 조절하여 각 도공액의 점도를 200-300 cPs로 보정하였다.

### 2.2.2 도공지 제조

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control, RK Print Coat Instrument Ltd, UK)를 사용하여 pre 코팅층의 도공량을 편면 13±1 g/m<sup>2</sup>으로 하여 도공 후, 105℃의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, Korea)에서 20초간 건조하였다. 제조된 pre 코팅한 도공지에 14±1 g/m<sup>2</sup>에 해당하는 top 코팅을 실시하였다. 도공지는 항온항습실에서 1일 동안 항습처리를 실시하고 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, USA)를 사용하여 온도 70℃, 압력 300 psi,에서 도공지가 steel면으로 향하게 한 후 2회 통과시켰다.

### 2.2.3 광학적 특성

Top-coating까지 처리한 도공지의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 광택도(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, USA), stiffness(Taber stiffness tester, Toyoseiki, Japan), 백색도, 백감도 그리고 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor International, USA) 값을 측정하였다.

### 2.2.4 인쇄물성 측정

도공지의 인쇄적성 평가 및 광택은 RI(RI-II, KRK, JAPAN) 인쇄적성시험기로 평가 하였다. 2 가지 색상의 잉크(Magenta, Cyan)를 사용하여 인쇄면의 광택도(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, USA)와 dry-pick 및 wet-pick을 측정하였다.

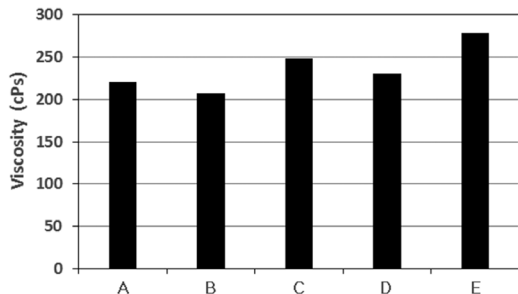


Fig. 2. Viscosity of pre-coating color.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 도공액의 점도 및 보수성

Figs. 2와 3은 pre 코팅층 도공액의 점도 및 보수성을 나타낸 것이며, Table 5는 top 코팅층 도공액의 점도 및 보수성의 결과를 나타내고 있다. 유동성 개량제와 코팅량 상승제의 첨가량을 각각 다르게 첨가하여 비슷한 수준의 점도로 보정을 시킨 후 보수성을 측정한 결과 SB 라텍스 30%를 바이오바인더로 대체한 경우 보수성이 가장 우수하였고, 다른 합성바인더를 대체한 경우는 SB 라텍스 100% 사용한 경우와 비슷한 값을 나타내었다.

### 3.2 도공지 물성평가

#### 3.2.1 거칠음도 및 광택

Figs. 4와 5에서 보는 바와 같이 도공지 표면의 거칠음도는 캘린더링 전에는 EVAc 2를 30% 대체한 경우에 가장 높은 값을 나타내었고 SB 라텍스 사용 시 가장 낮은 값을 나타내었다. 그러나 캘린더를 거친 후에는 5 종류의 도공지가 비슷한 결과를 나타내어, 거칠음도 측면에서는 본 연구에 사용한 대체 바인더 모두 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 한편 도공지의 백지 광택의 경우에는 캘린더링 전에는 바이오바인더 사용 시 가장 높은 값이 얻어졌으나 캘린더링 후에는 모두 비슷한 값을 나타내어 SB 라텍스 대신 본 연구에 사용한 대체 바인더 사용 시 백지 광택의 경우 전혀 문제가 없음을 알 수 있었다.

Table 5. Properties of top-coating color (TSC: 65%)

Formulation	Viscosity (cPs)	Water retention (g/m <sup>2</sup> )
Top-coat	295.4	118.75

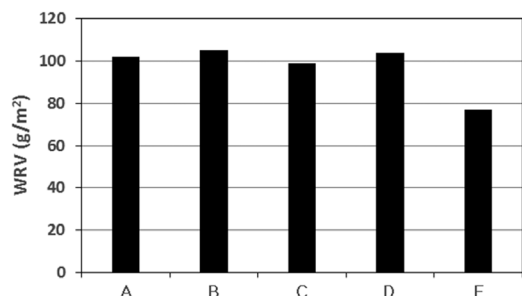


Fig. 3. Water retention of pre-coating color.

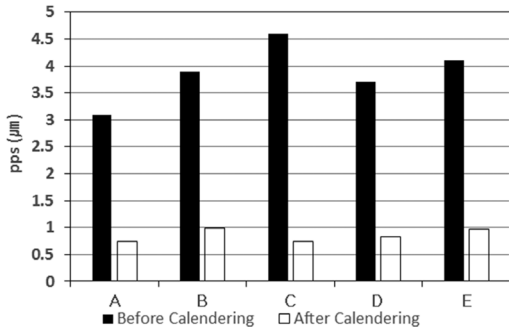


Fig. 4. Roughness of coated paper.

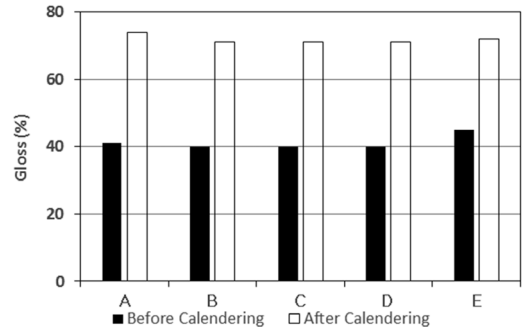


Fig. 5. Paper gloss of coated paper.

### 3.2.2 백색도, 백감도 및 불투명도

Figs. 6-8은 각각 도공지의 백색도, 백감도, 불투명도를 측정 한 결과이다. 백색도와 불투명도는 캘린더 처리 여부에 관계없이 모든 조건에서 거의 유사한 수준의 경향을 나타내었고 백감도는 캘린더 처리 후 근소하게 상승하는 경향을 보였다. 5 종류의 도공지가 백색도, 백감도 및 불투명도가 모두 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타나어 합성바인더 및 바이오바인더 모두 광학적 성질의

손실 없이 대체 바인더로 사용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

### 3.2.3 Stiffness

Fig. 9는 도공지의 stiffness 측정 결과를 나타내고 있다. 캘린더링 전에는 본 연구에 사용된 합성바인더 및 바이오바인더 사용 시 더 높은 stiffness가 얻어졌으나, 캘린더링을 할 경우에는 SB 라텍스만 사용했을 때 보다 다소 낮은 값이 얻어졌다.

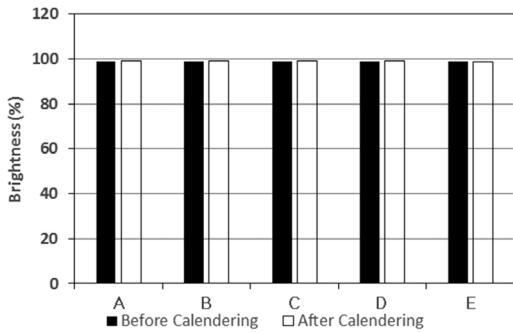


Fig. 6. Brightness of coated paper.

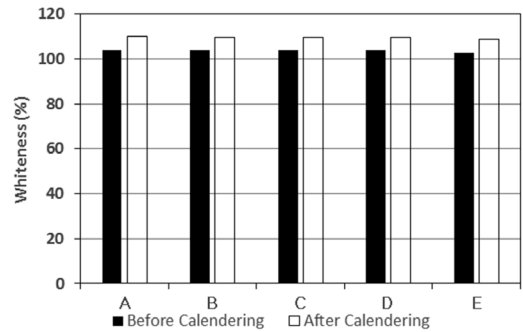


Fig. 7. Whiteness of coated paper.

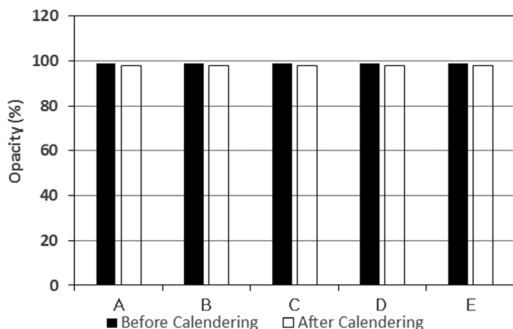


Fig. 8. Opacity of coated paper.

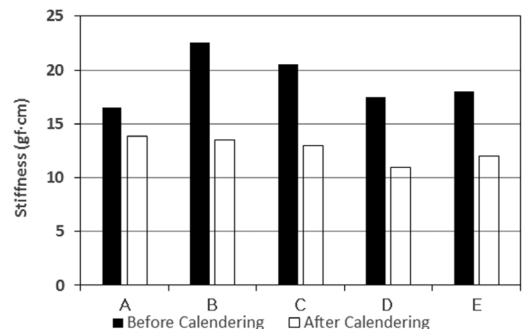


Fig. 9. Stiffness of coated paper.

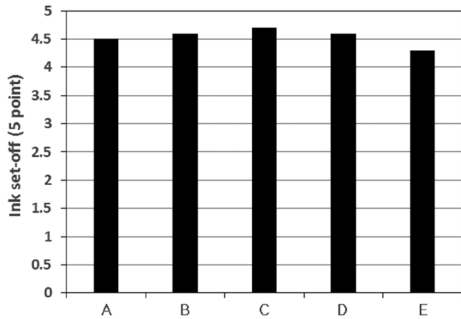


Fig. 10. Ink set-off of coated paper.

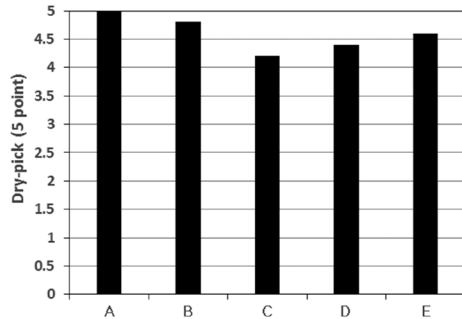


Fig. 11. Dry-pick of coated paper.

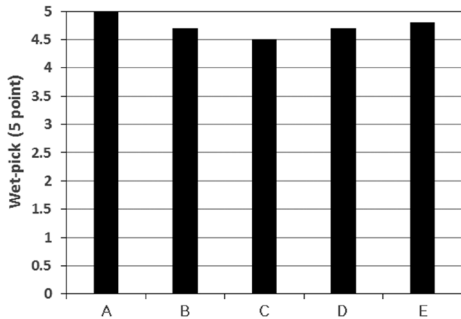


Fig. 12. Wet-pick of coated paper.

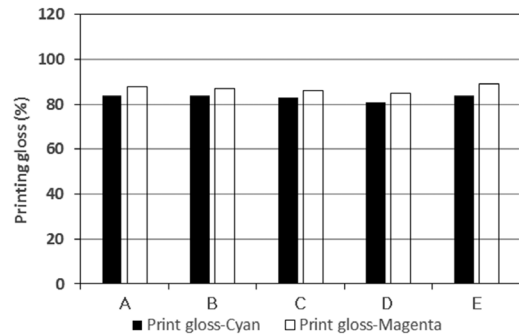


Fig. 13. Print gloss of coated paper.

### 3.3 도공지 인쇄적성 평가

도공지의 잉크세트성은 Fig. 10에서 보는 바와 같이 바인더의 종류에 따른 차이를 큰 차이 없이 유사한 수준을 나타내었다. Fig. 11은 바인더의 건조 접착력을 나타내고 있다. 건조 접착력의 경우 SB 라텍스를 바인더로 사용하였을 때 가장 높은 값을 나타내었고, 합성 바인더 및 바이오바인더로 30% 대체 시에는 다소 낮은 값을 나타내기는 했으나 그 차이가 별로 심하지 않아 SB 라텍스의 일부를 대체하는 것이 충분히 가능할 것으로 판단된다.

Fig. 12에서 볼 수 있는 바와 같이 wet-pick의 경우에도 dry-pick의 경우와 마찬가지로 은 비록 SB 라텍스를 바인더로 사용할 때 가장 높은 값을 나타내었지만, 합성 바인더 및 바이오바인더 사용 시와 큰 차이를 나타내지 않았다. Fig. 13은 인쇄광택 측정 결과 값을 나타내고 있다. 인쇄광택은 아크릴 라텍스를 대체한 경우가 다소 낮은 값을 나타내었지만, EVAc와 바이오바인더 대체 시에는 SB 라텍스 사용 시와 유사한 수준의 인쇄광택을 나타내었다.

## 4. 결론

본 연구는 SB 라텍스를 합성바인더 및 바이오바인더로 30% 대체하여 조제한 도공액을 pre 도공층에 적용시키고, top 도공층에는 100% SB 라텍스를 바인더로 사용하여 제조한 도공액을 적용한 후 도공지의 물성의 변화, 인쇄적성 및 도공층의 표면강도를 측정하여 합성바인더 및 바이오바인더를 이용한 SB 라텍스의 일부 대체 가능성을 평가하였다.

2종의 ethylene vinyl acetate(EVAc 1(개선품), EVAc 2(기존품)), 아크릴 라텍스 및 바이오바인더로 SB 라텍스를 30%로 대체할 경우 백색도, 백감도 및 불투명도 등 광학적 특성과 거칠음도, 잉크 세트성 및 광택은 SB 라텍스 사용 시와 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 도공지의 stiffness, dry-pick 및 wet-pick은 100% SB 라텍스 사용 시보다 다소 낮은 값을 나타내어 비록 이들 바인더를 도공지의 품질에 크게 악영향을 미치지 않으면서 대체용 바인더로 사용하는 것이 가능하기는 하지만 품질 향상을 위해서는 본 연구에 사용된 합성바인

더(EVAc, 아크릴 라텍스) 및 바이오바인더를 대체용 바인더로 적용하기 위해서는 도공지의 stiffness, dry-pick 및 wet-pick을 향상시키고 고전단에서 고형분화를 통하여 도공액의 레올로지 특성을 최적화시키는 등의 지속적인 연구가 필요하다.

## 사 사

이 연구는 2014년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-120140220).

## 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 Appi-ta Annual Conference & Exhibition, Melbourne, Australia, April 19-21, pp. 363-369 (2010).
3. Tamai, H., Niino, K., and Suzawa, T., Surface characterization of styrene/sodium styrene-sulfonate copolymer latex particles, *Journal of Colloid and Interface Science* 13(1):1-7 (1989).
4. Bloembergen, S., VanEgdom, E., Wildi, R., McLennan, I. J., Lee, D. I., Klass, C. P., and van Leeuwen, J., Biolatex binders for paper and paperboard applications, *JPPS* 36(3-4) (2011).
5. Kenttä, E., Pöhler, T., and Juvonen, K., Latex uniformity in the coating layer of paper, *Nordic Pulp & Paper Research Journal* 21(5):665-669 (2006).
6. Al-Turaif, H., Unertl, W. N., and Lepoutre, P., Effect of pigmentation on the surface chemistry and surface free energy of paper coating binders, *Journal of Adhesion Science and Technology* 9(7):801-811 (1995).
7. Hermann, W. O. and Haehnel, W., Process for the preparation of polymerized vinyl alcohol and its derivatives, U.S. Patent 1,672,156 and Germany Patent 450,028 (1928).