

# 면 수초지의 지력 및 보류 향상을 위한 첨가제의 적용(제2보)

첨가제에 따른 면 수초지의 내구성 시험

조유제<sup>1</sup> · 김강재 · 엄태진<sup>†</sup>

접수일(2013년 10월 4일), 수정일(2014년 2월 14일), 채택일(2014년 2월 18일)

## Improvements of Strength and Retention of Cotton Handsheet by Additives(II)

The durability test of cotton handsheet with additives

Yu-Je Cho<sup>1</sup>, Kang-Jae Kim and Tae-Jin Eom<sup>†</sup>

Received October 4, 2013; Received in revised form February 14, 2014; Accepted February 18, 2014

### ABSTRACT

Guar gum is added to the pulp suspension at the suction side of the fan pump just before the sheet is formed on either a fourdrinier or cylinder machine. Guar gum replaced and supplements these hemicelluloses in paper bonding with many advantages, which include improved sheet formation with a more random distribution of pulp fibers. But, guar gum has serious storage problem. This material has easily decayed after High-temperature conditions such as summer. In this study, various properties of cotton handsheet were measured to solve the problem of deformation while storing guar gum and to improve the durability. After aging, which is one of the durability tests, cotton handsheet with 0.2% and 0.3% of A-PAM showed improved mechanical properties and bursting index and folding endurance of cotton handsheet with 0.3% of A-PAM were similar to those with guar gum. The yellowness loss of cotton handsheet with synthetic polymers was lower than those with guar gum.

**Keywords:** cotton handsheet, banknote, durability, anionic PAM, guar gum

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)

1 한국조폐공사 제지본부(Korea Minting Security Printing & ID Card Operating Corp., 67, Yeomchang-ro 180beon-gil, Buyeo-eup, Buyeo-gun, Chungcheongnam-do)

† 교신저자(Corresponding author) :E-mail: tjeom@knu.ac.kr

## 1. 서론

면섬유는 전 세계적으로 많이 사용되는 식물 섬유 중 하나이다. 종이 제조용으로 사용되는 면섬유는 린트(lint)와 린터(linter)가 있다. 린트는 씨와 섬유를 분리하는 조면공정을 거치고 실면에서 씨를 제거한 면섬유를 말하며 스테이플(staple)이라고도 한다. 실면에서 제거된 씨에도 많은 면섬유가 존재하는데 특수한 기계장치(delinting machines)를 이용하여 얻는 면섬유를 린터라고 한다.

면섬유의 표면은 cuticle 형태이며, 가운데 루멘(lumen)이 존재하고 겉모습은 리본형태의 꼬임이 있다. 면섬유는 95%의 셀룰로오스, 1.3%의 단백질, 1.2%의 회분, 0.3%의 당류 등으로 구성되어 있다. 섬유장은 린트의 경우 2 - 5 cm의 장섬유로 구성되어 있고, 린터의 경우 2 - 5 mm로 침엽수의 섬유장과 유사하다. 하지만, 침엽수보다 2배 많은  $\alpha$ -cellulose를 가진다. 그리고 다른 어떤 섬유보다 리그닌의 함량이 가장 적다.<sup>1)</sup> 이처럼 다른 섬유보다 다양한 장점을 가진 면섬유는 화폐 용지 외에도 편지지, 용해용 펄프 등 특수지에 사용되고 있다.

은행권 용지는 일반적으로 수분에 견딜 수 있는 습윤강도, 지폐의 특성상 접었다 폈다를 반복하여도 찢어지지 않는 내절도 등 강한 내구성을 지녔다. 은행권 용지의 내구성은 용지의 강도를 증가하여 향상시킬 수 있다. 건조지력증강제는 건조된 용지의 물리적 성질을 개선하기 위하여 첨가되는 고분자물질이며 그 종류는 다양하다. 대표적인 건조지력증강제는 천연 및 변성 전분과 검이다. 현재는 라텍스와 PAM과 같은 합성 고분자만을 사용하거나 전분이나 검과 함께 사용하는 경우가 증가하고 있다.<sup>2)</sup>

종이가 수용액과 접촉하면 특별한 상호 작용 때문에 정상적인 섬유간 결합이 파괴된다. 습윤지력증강제의 작용은 물에 의해 분리되지 않도록 부가적 결합으로 섬유들을 결합시키는 것이다. 이러한 기능을 가진 대표적인 습윤지력증강제 중 하나인 PAE(polyamidoamine-epichlorohydrin)는 화장지, 종이수건, 액상용기 등에 사용되고 있다. PAE는 양이온 전하를 띠는 가교 결합된 이중 중합체이며, 음전하를 띠는 섬유와 높은 친화성을 가진다. 그리고 지필이 열 건조 공정을 거치면서 충분한 습윤지력을 발현한다고 알려져 있다.<sup>3,6)</sup>

그러나 양이온 전하를 띠는 PAE를 과량 사용하게 되면 보류시스템에 영향을 주어 용지의 물리적 성질이 떨어지며, 섬유 자체가 응집되어 지필도가 불량하게 된다. 보류항상제는 PAE와 같은 이온성 고분자들의 효과가 극대화될 수 있도록 지필형성 과정에서 첨가되는 약품이다. 보류항상제의 선정은 비용적인 문제와 직결되는 항목으로서, 보류되지 않은 미세분과 충전제 등이 반복적으로 순환하여 지료 탈수성의 저하, 각종 첨가제의 효율 저하 및 용지의 양면성 심화 등 많은 문제점이 발생할 수 있다. 대표적인 고분자는 검류, PAM, 전분 등이 있다. 구아검은 mannose와 galactose의 두 당으로 구성되어 있고 비이온성이다. 두 당의 구성 비율은 약 2 : 1이다(mannose : galactose). 그리고  $\beta$ -1,4 결합된 D-mannopyranosyl 단위를 가지는 선형 구조를 가진다. 펄프에 흡착되는 galactomannan의 기작은 mannan 부분과 섬유표면간의 상호작용과 관련이 있다.<sup>6)</sup> 구아검은 이와 같이 셀룰로오스와 결합력이 우수한 장점이 있지만 천연고분자의 단점인 불균일한 분자구조와 온도, 습도 등 환경에 변하기 쉬운 불안정성을 가지는 문제점들이 있다.<sup>7,9)</sup>

이에 반해 합성고분자는 위와 같은 문제점들이 없으며 가공특성이 우수한 장점이 있다. 본 연구에서 사용된 합성고분자는 PAM과 CMC이다.

따라서 본 연구에서는 전 보<sup>10)</sup>에 이어 구아검의 단점인 저장상의 변질 문제를 해결하고자 합성고분자인 PAM과 CMC를 처리하여 면 수초지를 제조하여 강도, 색도, oxidation index 및 morphology 분석 등을 통한 내구성 시험으로 합성고분자의 은행권 용지에 적용 가능성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 면섬유

본 연구에 사용된 면섬유는 린터(linter)로써 평균 섬유장이 3 - 4 mm이며 KOMSCO(한국조폐공사)에서 분양받았다. 면섬유에 대한 일반적인 특성들은 전 보<sup>5)</sup>와 같은 특성을 보이고 있으며 Table 1과 같다.

은행권 용지의 원료인 linter는 valley beater를 이용하여 7.75 kgf로 15분간 고해시켰으며 고해된 섬유는

**Table 1. Characteristics of linter**

Ash, %	Organic extractives, %	Brightness, %	Freeness, mL CSF	Viscosity, cPs
0.5	0.5	74	580	42

**Table 2. The additives for improvement of strength and retention**

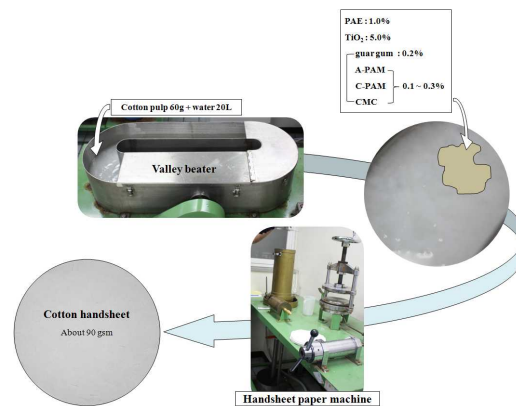
Agent	Viscosity, cPs	Solid content, %	Added content, %	Manufacturer
Guar gum	400 - 800	2.0 ± 0.3	0.2	Warsol Co.
A-PAM	200 - 300	8.0 ± 0.5		Hercules Co.
C-PAM	50 - 100	4.0 ± 0.2	0.1 - 0.3	Hercules Co.
CMC	-	-		Sigma-Aldrich Co.

평균 섬유장 측정용 위해 image analyzer(i-solution, iMT)를 이용하여 100회 이상 반복 측정하였다. 이때의 평균 섬유장은 1.975 mm이다.

렇게 제조된 펄프 슬러리에 각각의 약품을 농도별로 투입하고 5분간 교반을 진행시킨 후 완료하여 평균 평량 90 g/m<sup>2</sup>의 면 수초지를 제조하였다(Fig. 1).

**2.1.2 습윤지력증강제 및 충전제**

은행권 용지용 수초지를 제작하기 위해 사용된 습윤지력증강제와 충전제는 각각 PAE(Kiryung Industry Co.)와 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>, Cosmo Chemicals Co.)를 사용하였으며 각각 전건펄프 대비 1.0%와 5.0%를 투입하였다. 습윤지력증강제로 사용된 PAE는 점도가 33-35 cPs를 보이고 고형분 함량이 12.5±1.0%가 되는 것을 사용하였다.



**Fig. 1. Preparation method of handsheet with additives.**

**2.1.3 지력 및 보류향상제**

기존 은행권 용지에 투입되는 지력 및 보류 향상제인 구아검을 대체할 합성고분자 3종을 본 연구에 사용하였으며 기존 구아검의 투입량인 0.2%를 기준으로 하여 대체 첨가제인 3종은 0.1 - 0.3%로 투입농도를 달리하여 본 연구에 사용하였으며 고분자들에 대한 제반 사항을 Table 2에 나타내었다.

**2.2 면 수초지의 제조**

면 펄프 60 g에 물 20 L를 넣어 0.3%의 농도로 혼합하여 valley beater로 고해 한 후 여수도를 330 ± 5 mL CSF로 조절하였다. 제조된 펄프 슬러리에 우선 PLA를 전건펄프 대비 1.0%를 투입하여 150 rpm으로 3분간 교반을 실시하면서 여기에 TiO<sub>2</sub>(전건펄프 대비 5.0%)를 투입하여 동일 rpm으로 1분간 교반하였다.이

**2.3 내구성 평가**

**2.3.1 내구성 시험**

제조된 면 수초지의 내구성 평가를 위해 KS M 5630-1에 의거하여 105℃ 오븐 건조기(dry oven)에서 5일간 건식 인공열화시험을 실시하였다.

**2.3.2 내구성 측정**

인공 열화시킨 면 수초지의 내구성을 측정하기 위하여 Table 2에 기술된 9가지 항목의 분석을 실시하였다.

**Table 3. ISO standards for durability measurement of cotton handsheet**

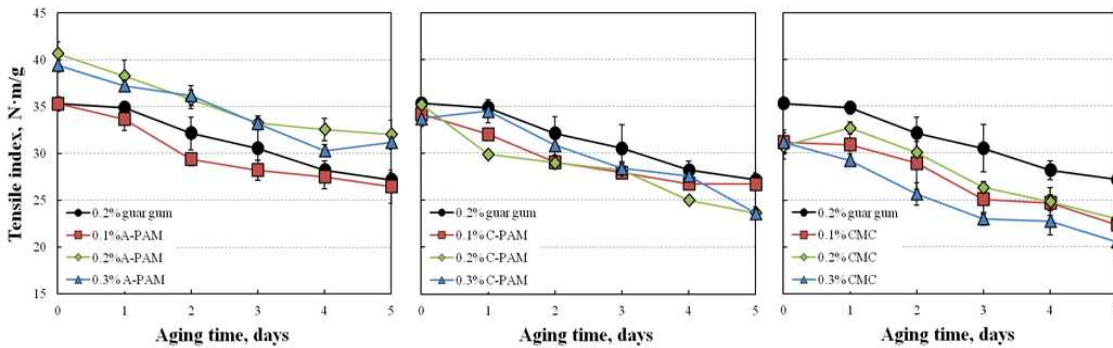
Measurement	Standard	Instrument	Unit
Tensile index	ISO 1924-1	Hounsfield H-500M, England	N · m/g
Tear index	ISO 1974	Elmendorf tear tester, USA	mN · m <sup>2</sup> /g
Bursting index	ISO 2758	Mullen tester, Korea	kPa · m <sup>2</sup> /g
Folding endurance	ISO 5626	MIT tester, Korea	log <sup>10</sup> N
Porosity	ISO 5636-3	SSM-081, Korea	sec.
Brightness	-	JX-777, Japan	%
L* .a* .b* value	-	JX-777, Japan	-
Oxidation index	-	ATR-IR, Germany	-
FE-SEM	-	S-4300, Japan	×500

### 3. 결과 및 고찰

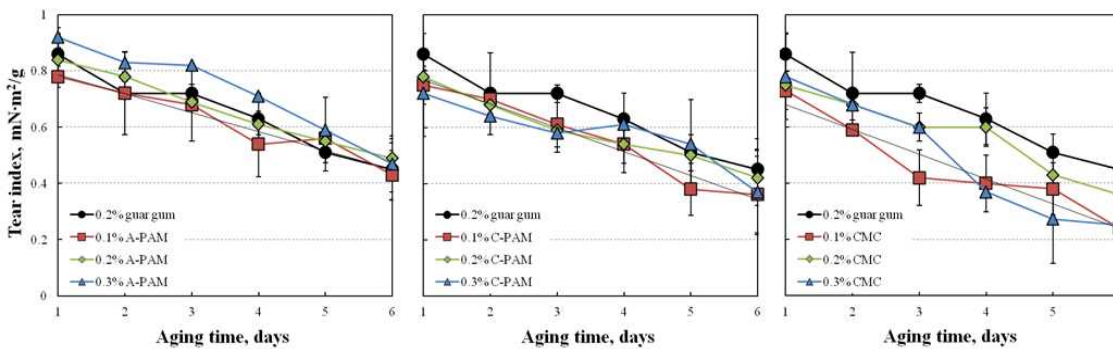
#### 3.1 인장지수

Fig. 2는 첨가제를 투입하여 제조한 면 수초지를 5일간 인공열화에 따른 인장지수 변화를 나타낸 것이다.

기존의 첨가제인 구아검과 3종류의 첨가제를 비교하여 보면, C-PAM을 처리한 면 수초지의 초기 인장지수는 기존의 구아검과 유사하였으나 열화 시간이 경과함에 따라 강도의 감소 차이가 나타났다. CMC에서는 초기뿐만 아니라 열처리 경과 시, 모두 기존의 첨가제보



**Fig. 2. Tensile index of cotton handsheet with additives after aging.**



**Fig. 3. Tear index of cotton handsheet with additives after aging.**

다 낮은 강도를 보였다. 하지만 A-PAM을 처리한 면 수초지에서는 0.1%를 처리하였을 때 구아검과 거의 유사하였으며 0.2% 이상 첨가되었을 때 구아검보다 높은 강도를 보였으며 내구성 또한 높게 유지되었다. 이는 PAE(+)와 A-PAM(-) 간의 다른 전하에 의해 높은 결합력을 보였기 때문으로 예상할 수 있다.

### 3.2 비인열강도

Fig. 3은 5일간의 열화 시 첨가제를 처리한 면 수초지의 비인열강도 변화를 나타낸 그래프이다. 구아검을 처리한 면 수초지의 초기 강도는  $0.86 \text{ mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 를 보였으며 열화 시간이 경과함에 따라 서서히 감소하여 5일 후에는  $0.45 \text{ mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 로 약 48%의 감소율을 보였다. 이와 비교하여 보면 A-PAM을 처리한 면 수초지는 0.2%를 투입하였을 때 초기강도가 구아검의 것과 유사하였으며 그 이상(0.3%)을 투입하면  $0.92 \text{ mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 로 구아검보다 높은 강도를 보였다. 또한 열화가 진행됨에 따라 강도 유지의 효과 비교적 우수하여 5일의 열화 후에도 기존의 것보다 높은 강도(평균  $0.48 \text{ mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ )를 보였다. 따라서 0.2% 이상의 A-PAM을 처리하는 것이 가장 적합할 것으로 보인다. 반면 C-PAM과 CMC를 처리한 경우에는 초기강도도 기존의 구아검보다 낮은 강도를 보였으며 열화에 따른 강도 저하도 비교적 많이 나타났다 특히, CMC를 처리하였을 때에는 열화에 따른 투입 농도에 따른 평균 감소율 약 67%로 강도감소가 급격하게 일어나 내구성이 약하다는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3 비파열강도

Fig. 4는 인공열화 전·후 면 수초지의 비파열강도를 측정된 값들이다. 열화 전에는 구아검을 첨가하여 제조한 면 수초지의 비파열강도( $10.96 \text{ kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ )가 A-PAM, C-PAM, CMC의 것들 보다 높은 비파열강도를 보였으며, A-PAM은 투입량이 증가할수록 비파열강도가 증가하며 C-PAM과 CMC는 투입량이 증가할수록 비파열강도가 감소하였다. 열화 후에는 A-PAM 0.3%를 처리하였을 때가  $8.85 \text{ kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 로 구아검( $8.18 \text{ kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ )보다 높은 강도를 유지하고 있어 열화에 의한 내구성이 좋은 것으로 관찰되었다. C-PAM과 CMC의 비파열강도는 PAE와 같은 전하를 보여 결합력의 상승효과를 보지 못해 투입량 증가에 따라 내구성이 저하되는 요인으로 작용하였다.

### 3.4 내절도

내절도는 은행권 용지의 내구성을 결정짓는 아주 중요한 요소이다. 지폐의 특성상 사용 중 접었다 폈다 하는 과정을 자주 반복하기 때문이다. 따라서 본 연구에서 가장 중요한 기계적 특성이라 할 수 있다. Fig. 5는 열화 전(0일)과 후(5일)의 첨가제를 투입한 면 수초지의 내절도를 측정된 결과이다. 구아검을 처리한 면 수초지의 내절도는 열화 전(2.59)과 열화 후(2.21) 모두 A-PAM, C-PAM, CMC의 면 수초지보다 높게 나타났다. 열화 전 A-PAM과 C-PAM의 내절도는 비슷한 값을 나타냈으며, CMC는 가장 낮은 값을 보이며 투입량이

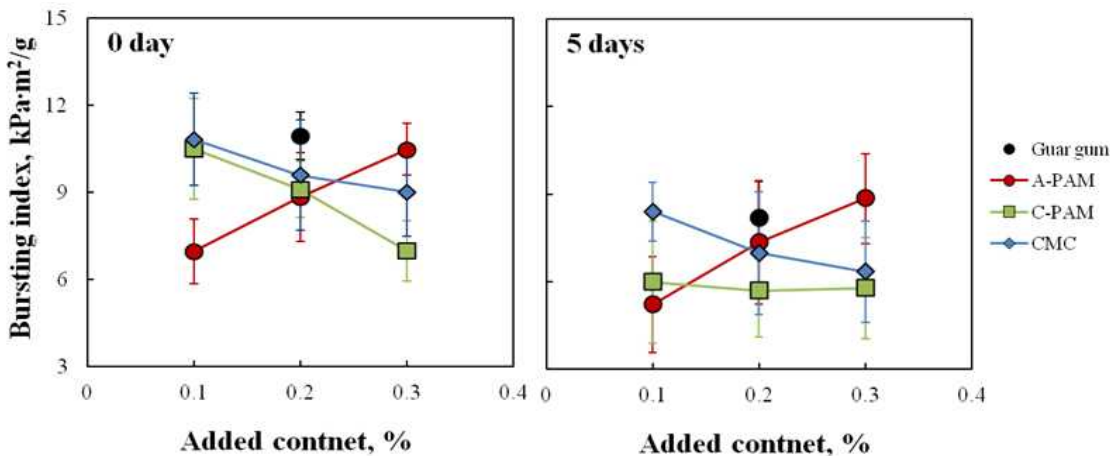


Fig. 4. Bursting index of cotton handsheet by aging.

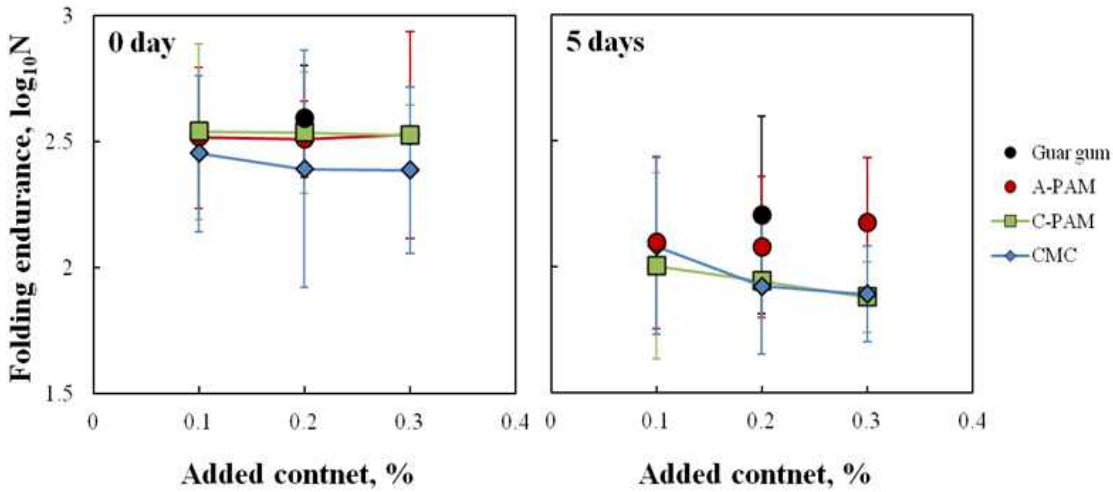


Fig. 5. Folding endurance of cotton handsheet by aging.

증가할수록 다소 감소하는 경향을 보였다. 열화 후 A-PAM 0.3%를 투입하였을 때가 감소율(13.82%)이 가장 낮아 내절도에 대한 내구성이 가장 좋으며, C-PAM 0.3%를 투입하면 열화 후부터 내절도가 급격히 감소하여 가장 높은 감소율(25.48%)을 보였다.

3.5 투기도

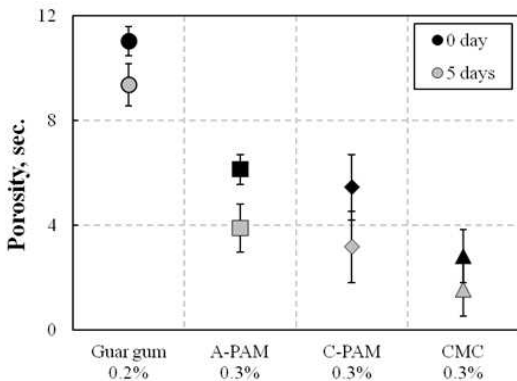


Fig. 6. Porosity of cotton handsheet by aging.

Fig. 6은 열화 전(0일)과 후(5일)의 투기도 변화를 나타내었다. 구아검은 열화 전·후 투기도의 변화가 1.67초로 나타났으나 A-PAM, C-PAM 및 CMC는 모두 열화 후 투기도가 크게 증가하는 것으로 나타내었다. 열화 후에는 A-PAM 0.3%(3.50초)를 처리하였을 때 투기도가 가장 낮았으며 구아검(9.37초)과는 다소 차이

를 보였다.

열화 전에는 C-PAM의 투기도가 가장 낮았으나 투기도의 상승폭은 가장 컸다. 반면, CMC를 처리하였을 경우, 초기 투기도가 가장 높았고 열화 후에는 0.1%를 제외한 2 종류의 첨가량에서는 투기도가 1.54초로 모든 첨가제 중 가장 높은 공극량을 보였다.

이러한 결과는 열화 전 수초지에서는 첨가제들이 섬유사이의 공극에 얇은 피막을 형성하여 공극이 메워져 있었으나 열화가 진행됨에 따라 이러한 피막들이 손상을 입어 제거되는 등 공극의 양과 범위가 넓어졌기 때문이다.

3.6 백색도

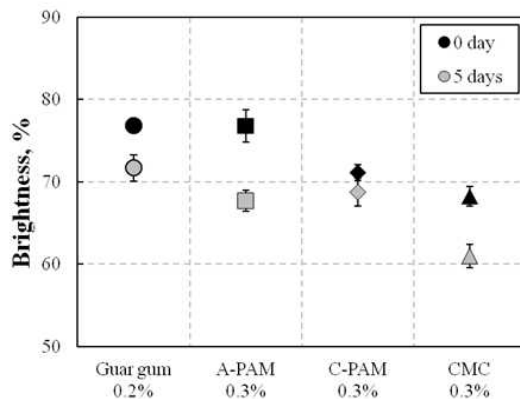


Fig. 7. Brightness of cotton handsheet by aging.

Fig. 7은 인공열화에 의한 면 수초지의 백색도 변화를 나타낸 그래프이다. 구아검을 첨가한 면 수초지는 열화 전 76.8%의 백색도를 보이다가 열처리 5일 후에는 71.7%로 5.1%의 백색도 감소를 보였다. 이와 비교하여 다른 첨가제(A-PAM, C-PAM, CMC)를 첨가한 면 수초지는 이보다 낮은 백색도를 보였는데 이 값은 전보<sup>10)</sup>에서 설명한 것과 유사하다. 일반적으로 백색도는 충전제(filler)의 영향을 많이 받는데 본 연구에서는 충전제의 함량 차이가 최고 0.38%(구아검 대비 A-PAM 0.3%의 회분 함량 차이)밖에 나지 않기 때문에 큰 영향을 받지 않았으며 오히려 미색을 띠는 첨가제들이 투입되면서 백색도의 저하가 나타난 것으로 예상되나 더욱 정확한 결과를 위해서는 첨가제의 투입량에 따른 백색도 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 열화 전·후의 백색도 변화를 비교해 보면 첨가제의 투입량이 높아짐에 따라 점차 백색도 변화가 커진 것을 알 수 있었다.

### 3.7 색도(L\*, a\*, b\* value)

Fig. 8은 첨가제를 투입하여 제조한 면 수초지의 열화 기간에 따른 색상 변화를 관찰한 것이다. 일반적으로 종이는 노화되면서 lightness(L value)가 낮아지고 yellowness (b value)가 높아진다.<sup>11)</sup> 본 연구에서도 이와 마찬가지로 열화 시간에 따라 lightness가 감소하고 yellowness가 증가하는 것을 그래프에서 확인할 수 있다. b value를 보면 열처리 전의 값은 A-PAM 0.3%가 가장 낮았으며 열화 후에도 그 값이 가장 낮기 때문에

구아검을 대체할 수 있을 것으로 보인다.

### 3.8 Oxidation index

Oxidation index는 열에 의한 산화 정도를 판단하는 것으로 IR spectrum을 통해 제시된 그래프 중 methylene group (3,000 - 2,800 cm<sup>-1</sup>) intensity에 대한 carbonyl group(1,750 - 1,700 cm<sup>-1</sup>) intensity의 값을 나타낸 것이다. 이 값은 열이 진행되면서 산화가 일어나 발생되는 carbonyl group의 양을 측정하는 비교적 간단한 측정법이며 이를 이용하여 산화 정도를 예측할 수 있다.<sup>6)</sup>

Fig. 9는 열화 따른 첨가제를 투입하여 제조한 면 수

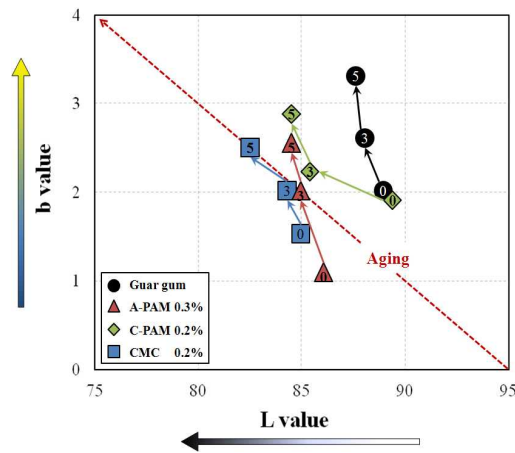


Fig. 8. Color changes of cotton handsheet by various additives, numbers in diagram (ex. [0], [3], [5]) : aging days.

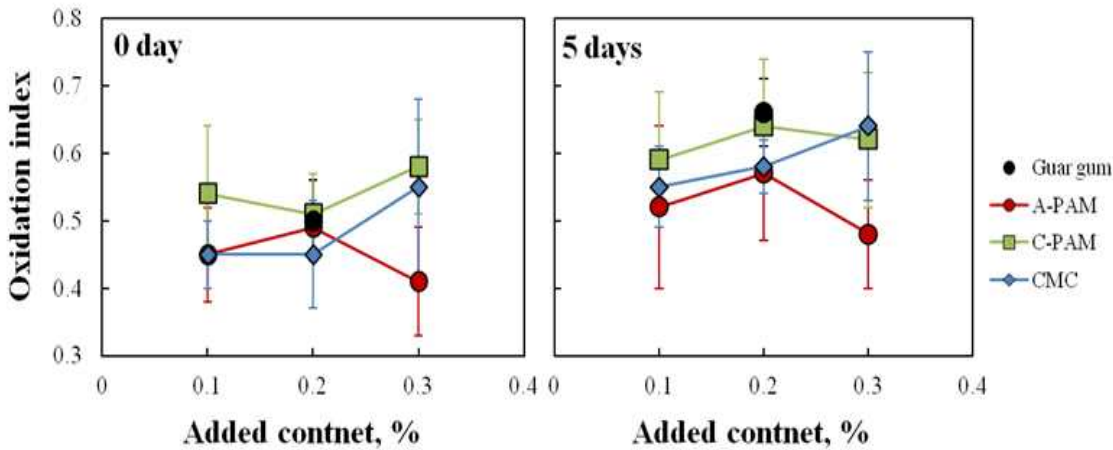


Fig. 9. Oxidation index of cotton handsheet by aging.

초지의 oxidation index 변화를 관찰한 것이다. 구아검을 투입한 면 수초지는 구아검의 화학구조상 mannose

와 galactose가 2:1로 결합되어 있으므로 열화 의해 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> 및 C<sub>6</sub>이 쉽게 산화될 수 있어 높은 oxidation

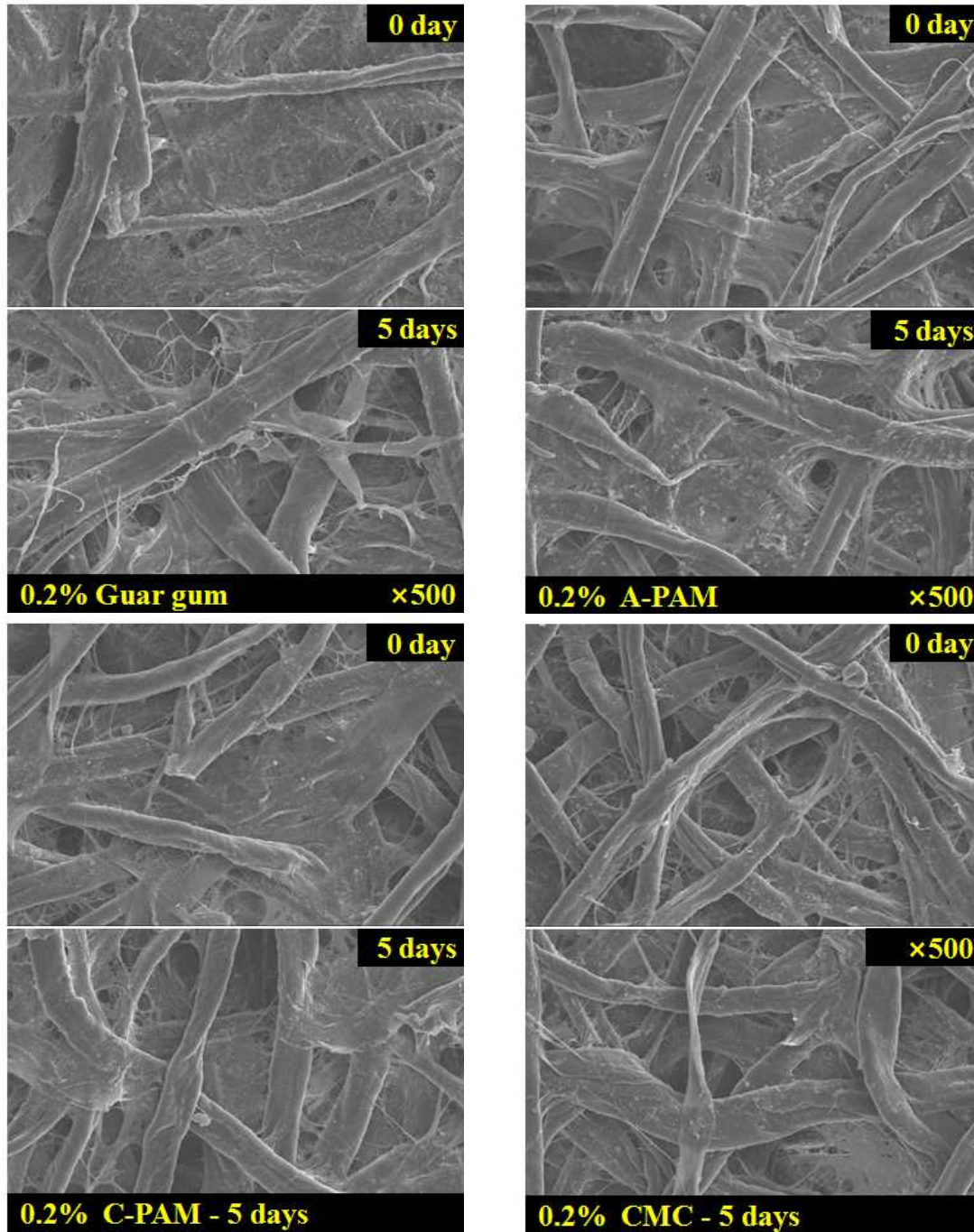


Fig. 10. Surface morphology of cotton handsheet by aging.



index(=0.50)를 보인다. 열화 후에도 0.66의 높은 값을 보여 비교적 빠른 산화속도를 보인다고 할 수 있다.

다른 첨가제들을 투입하여 제조한 면 수초지는 전체적으로 첨가량이 높아짐에 따라 oxidation index가 증가하는 것으로 나타났는데 A-PAM 0.3%의 경우만 더 낮은 값(=0.41)을 보이고 있었다. 이를 열화한 후에는 첨가량에 관계없이 모두 구아검보다 낮은 oxidation index를 보이고 있어 기존의 첨가제(구아검)보다 산화속도가 느리다는 것을 알 수 있다. 그 중에서도 A-PAM을 투입하였을 때 가장 낮은 산화속도를 보여 3 종류의 첨가제 중 A-PAM이 구아검을 대체할 수 있는 첨가제라 할 수 있다.

### 3.9 표면 특성

Fig. 10은 열화에 따른 첨가제를 투입한 면 수초지의 표면 변화를 FE-SEM을 통해 500배율로 관찰한 사진들이다. 열화 전 구아검 면 수초지에서는 TiO<sub>2</sub>의 분산이 섬유 및 결합 부분 위로 고르게 분산되어 있었으나 5일의 열화 후에는 상당량의 TiO<sub>2</sub>가 제거되어 있고 섬유 사이에 결합되어 있던 첨가제들도 일부 분해되어 공극이 발생하기 시작하였다.

이에 비해 0.3% A-PAM 면 수초지는 열화 전·후의 TiO<sub>2</sub> 분산상태가 거의 유사하며 충전제의 흡착이 거의 없어 비슷한 수준의 TiO<sub>2</sub>가 분산되어 있는 것을 확인할 수 있었으나 열화 전에 비해 열화 후 면 수초지의 공극의 양이 많아진 것을 확인할 수 있다. C-PAM 0.2%와 CMC 0.2%의 표면 사진은 열화가 진행되면서 첨가제의 점착 면이 찢어지거나 섬유에서 탈리되는 등 일반적인 열화에 따른 현상이 관찰되고 있으며 이에 따라 공극면적이 넓어지고 섬유 표면이 외부에 노출됨에 따라 산화가 더욱 빨리 진행되게 된다.

이상의 이화학적 분석을 통한 내구성 평가에서 구아검과 유사하거나 그 이상의 특성들을 보이는 A-PAM이 구아검을 대체할 수 있는 적합한 첨가제로 사료된다.

## 4. 결론

은행권 용지에 사용되는 지력증강제인 구아검의 변질 문제를 해결하기 위한 방법으로 3 종류의 합성고분

자로 면 수초지를 제조하여 강도, 색도, oxidation index 및 morphology 분석 등을 통한 내구성 시험으로 합성고분자의 은행권 용지에 적용 가능성을 평가한 결과는 다음과 같다.

1. A-PAM의 투입량이 0.2% 이상일 때 높은 강도적 특성과 우수한 내구성을 보였다.
2. 열화 전·후 구아검을 첨가한 면 수초지의 투기도가 가장 낮았으며 전반적으로 열화가 진행될수록 투기도는 증가하였다.
3. 열화 및 첨가제의 투입량에 따라 백색도는 감소하였으며 A-PAM, C-PAM 및 CMC를 첨가하였을 때 구아검보다 낮은 yellowness를 보였다. 또한, A-PAM의 투입량이 0.3%일 때 열화에 따른 색도 변화가 가장 적은 것으로 나타났다.
4. 구아검의 oxidation index 변화가 다른 첨가제보다 높아 산화속도가 빠르게 나타났으며 A-PAM 0.3%를 투입하였을 때 산화속도가 가장 낮았다.
5. 열화에 강한 내구성을 보이는 0.3% A-PAM이 구아검과 표면 특성이 유사하였으며 C-PAM, CMC를 처리한 면 수초지에서는 열화에 따라 TiO<sub>2</sub>가 많이 제거된 것을 확인할 수 있다.

따라서, 0.2%의 A-PAM을 투입하면 기존의 구아검(0.2%)을 대체할 수 있으며, 0.3%를 투입할 경우 좀 더 향상된 특성을 가지는 면 수초지를 제조할 수 있으며 나아가 은행권 용지에 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 한편, C-PAM을 첨가제로 사용해야 할 경우, 0.3% 이상의 농도를 투입하여야 구아검과 유사한 기능을 가진 면 수초지가 제조될 수 있을 것으로 보인다.

## Literature Cited

1. G. S. Meloy, The establishment of standard grades for American cotton linters, Miscellaneous publication No. 10(1927).
2. M. S. Nasser, F. A. Twaiq, S. A. Onaizi, Effect of poly-electrolytes on the degree of flocculation of paper-making suspensions, Separation and Purification Technology, 103 : 43 - 52(2012).

3. S. Yoon, Analysis on Adsorption Equilibrium of Polyamide-Epichlorhydrin in Aqueous Fibrous Suspension by Colloid Titration, *J. Ind. Eng. Chem.*, 13(3) : 345-351(2007).
4. S. Yoon, X. Chai, Retention Rate Phenomena for Polyamide-epichlorhydrin Polymer in Papermaking Fibrous Colloidal Suspension, *J. Ind. Eng. Chem.*, 13(2) : 237-243(2007).
5. T. Obokata, A. Isogai, Deterioration of Polyamideamine - Epichlorohydrin (PAE) in Aqueous Solutions During Storage: Structural Changes of PAE, *Journal of Polymers and the Environment*, 13(1) : 1-6(2005).
6. T. Lindstrom, L. Wagberg, T. Larsson, On the nature of joint strength in paper, *STFI-PACKFORSK*(2005).
7. R. J. Chudzikowski, Guar gum and its applications, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 22 : 43-60(1971).
8. Q. Wang, P. R. Ellis, S. B. Ross-Murphy, Dissolution kinetics of guar gum powders - II. Effects of concentration and molecular weight, *Carbohydrate Polymers*, 53(1) : 75-83(2003).
9. Q. Wang, P. R. Ellis, S. B. Ross-Murphy, Dissolution kinetics of guar gum powders - III. Effect of particle size, *Carbohydrate Polymers*, 64(2) : 239-246(2006).
10. Y. J. Cho, K. J. Kim, T. J. Eom, Improvements of strength and retention of cotton handsheet by additives(I) - Characteristics of strength and retention by additives, *J. Korea TAPPI*, 45(5) : 23-29(2013).
11. K. J. Kim, T. J. Eom, Ageing behavior of beeswax coated Hanji(I) - Thermal ageing test of beeswax coated Hanji -, *J. Korea TAPPI*, 42(2) : 46-52(2010).