

## 친환경 고강도 인견사용 종이 제조

황성준 · 김형진<sup>†</sup> · 배백현<sup>1</sup>

접수일(2015년 11월 27일), 수정일(2015년 12월 16일), 채택일(2015년 12월 18일)

### Preparation of Eco-friendly and High Strength Paper for Viscose Rayon Yarn

Sung-Jun Hwang, Hyoung-Jin Kim<sup>†</sup> and Paek-Hyun Bae<sup>1</sup>

Received November 27, 2015; Received in revised form December 16, 2015; Accepted December 18, 2015

#### ABSTRACT

Because of acute or chronic intoxication by carbon disulfide, viscose rayon industry is strictly subjected to environment regulatory approval. Recently, non-wood fibers are frequently considered as a raw materials for the manufacture of specialty paper for the higher physical strength and functionality. Among the non-wood fibers, hemp bast fiber is one of the most widely used materials in viscose rayon yarn industries.

In this study, the handsheet for manufacturing the viscose rayon yarn was prepared with wood pulp fibers and hemp bast fibers. The proper mixing ratio of wood fibers and hemp bast fibers with dry-strength agent and nano-celluloses was analysed in terms of physical and mechanical strength of sheet for viscose rayon yarn. The papermaking conditions for high mechanical strength of sheet were obtained by mixing the SwBKP and HwBKP fibers with freeness level of 200 mL CSF. The dual polymer system by controlling the addition ratio of PVAm and anionic PAM was also important. The addition of nano-cellulose into wet-end furnishes increased the physical strength of sheet, and improved the paper structure for the production of viscose rayon yarn.

**Keywords:** *Hemp, viscose rayon yarn, non-wood fibers, PVAm, A-PAM, nanocellulose*

---

• 국민대학교 삼립과학대학 임산생명공학과(Department of Forest Products & Biotechnology, College of Forest Science, Kookmin University, Seoul, 02707, Korea)

<sup>1</sup> 우백인견코리아(#411-9, Daechon-ri, Bonghyeon-myeon, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do, Korea)

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding Author): E-mail: [hyjikim@kookmin.ac.kr](mailto:hyjikim@kookmin.ac.kr)

## 1. 서론

이황화탄소는 독성이 매우 강한 화학물질로서 1851년 성냥 제조업에서 인에 대한 용제로 처음 사용되었으며, 국내에서는 1966년 이전에 고무공업이나 화학공업에 소량 수입되어 사용되다가 인견사 제조공장의 준공에 따라 이황화탄소의 사용량이 급증하게 되었다. 인견사란 인조(人造) 견사(絹絲)로서 셀룰로오스계 재생섬유로 분류되며 비스코스 레이온(viscose rayon)이라고도 한다. 인견사 제조에 사용되는 이황화탄소는 습식방사법에 의한 인견사 제조 시에 발생되며 건강에 유해한 영향을 줄 정도의 양이 방출된다. 일본에서는 1916년 인견사 제조업이 처음 시작되었고 1938년 Tokuhara<sup>1)</sup>에 의해 이황화탄소 중독이 처음 보고된 바 있으며, 우리나라에서는 1962년 인견사 제조업이 시작되었으며 1989년 Kim<sup>2)</sup>에 의해 이황화탄소 중독이 처음 보고된 바 있다. 국내의 중독 사례 보고에 따르면 1987년 3월부터 1988년 9월까지 인견사 제조업체에 근무했던 환자 8명을 대상으로 검사를 실시하여 이황화탄소에 의한 기관별 영향을 분석한 결과 대부분 중추신경, 말초신경 및 눈에서 공통적인 소견을 보였고 이외 신장, 지질대사 이상, 빈혈, 고혈압, 당뇨병 등의 소견을 나타냈다.<sup>3)</sup>

천연 셀룰로오스를 원료로 제조되는 인견사는 인조 섬유와 달리 흡습성이 우수하여 통풍이 우수하며 피부와의 정전기 발생량이 적고 표면이 매끄러워 착용 시 안락감을 준다.<sup>4)</sup> 이러한 장점을 이용해 기존의 습식 방사법으로 생산되던 인견사와 다른 건습식 방사법으로 제조하는 텐셀(tencel)이 개발<sup>5)</sup>되었으며, 국내에서도 기존의 인견사 제조과정에서 초지공정인 증해, 해리, 고해, 초지, 건조공정을 도입하여 제조된 박막의 종이를 슬리팅 한 후 꼬임 수를 조절하여 인견사를 제조하기도 하였다.<sup>6)</sup> 또한 인견사 제조용 펄프 원료로서 목재 펄프 외에도 인장강도 및 신장율을 개선하기 위하여 대마 섬유를 검토하기도 하였다. 대마는 60-90일 정도 생장하면 수확이 가능하고 리그닌 함유량이 적으며 수율이 높다. 특히 섬유장이 길고 강도가 우수하며 우리나라의 기후, 토양, 강수량 등 대마의 생육 조건이 적합하다. 또한 항균성이 뛰어나며 면보다 질기고 통풍성이 우수하여 오랫동안 우리 민족에게는 일상적인 의복 재료로서 민족의 전통문화가 스며있는 상징이기도 하다.

그러나 아직까지 전통방식에 의해 생산되는 대마 섬

유 즉 삼베는 높은 인건비와 낮은 생산량으로 인해 가격 경쟁력이 취약하며 중국이나 동남아시아로부터 대량 수입이 이루어지고 있는 실정이다.<sup>7,8)</sup> 또한 대마섬유는 세 포벽이 두껍기 때문에 섬유의 유연성이 낮아 섬유간 결합력이 약해 시트화 시 강도적 성질이 낮은 특성을 지닌다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 Lee 등<sup>9)</sup>은 대마 인피섬유와 목재 kraft 펄프를 혼합하여 강도적 특성을 요구하는 보존지와 drip mat지, 외적응력에 대한 저항 및 외부 충격으로부터 포장물을 보호하는 포장재에 관한 연구결과를 보고한 바 있다. 또한 Choi 등<sup>10)</sup>은 목질계 크라프트펄프의 혼합비율에 따라 시멘트 복합체의 취성을 보강하고 인장강도, 휨강성, 인성 향상 및 동결 융해 저항성 개선 등 고성능 복합소재로서의 응용에 대한 결과를 보고하였다.

또한 마이크로 단위의 목질계 셀룰로오스 섬유를 기계적, 화학적 처리를 통해 나노 단위로 개질시킨 나노셀룰로오스(nanocellulose)를 제조하여 복합필름, 의료용 첨단 신소재, 강화복합 소재를 제조하기 위한 연구도 진행되고 있다. 나노셀룰로오스는 높은 중형비와 비표면적을 갖게 되어 나노섬유들 사이의 강한 수소결합과 네트워크를 형성하게 되므로 셀룰로오스 사이의 강한 분자 간 결합을 형성하게 된다.<sup>11)</sup> 나노셀룰로오스는 수소결합으로 강하게 결정화되어 있기 때문에 금, 아연, 알루미늄 및 주석과 같은 비철금속 보다 높은 인장강도를 나타낸다.<sup>12)</sup>

본 연구에서는 인견사 제조용 친환경 고강도 시트개발을 목적으로 목재펄프와 대마섬유를 혼합한 시트를 제조하고자 하였으며, 공정 첨가제로서 지력증강제 및 나노셀룰로오스를 이용하여 물리적·기계적 강도를 개선하고자 하였다. 이를 위해 침엽수 표백크라프트펄프(soft-wood bleached kraft pulp, SwBKP)와 활엽수 표백크라프트펄프(hardwood bleached kraft pulp, HwBKP)의 혼합비율 및 고해도 조절을 통한 인견사 제조용 시트의 적용성을 평가하고자 하였다. 또한 상업용 양이온성 PVAm(cationic polyvinyl amine)<sup>13)</sup>과 음이온성 PAM(anionic polyacrlamide)을 이용한 이중공분자시스템의 최적 첨가비율 및 나노셀룰로오스를 적용하여 시트의 물리적 특성을 개선하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

## 2.1 공시재료

목재펄프는 J사로부터 상업용 침엽수 표백크라프트펄프(softwood bleached kraft pulp, SwBKP)와 활엽수 표백크라프트펄프(hardwood bleached kraft pulp, HwBKP)를 분양받아 사용하였으며, 대마섬유는 전남 보성군에서 생산한 대마 인피부를 구입하여 사용하였다.

지력증강제 및 보류제는 S사로부터 양이온성 PVAm과 A-PAM을 분양받아 사용하였으며, dual polymer system을 적용하였다. 이 때 사용한 PVAm은 점도 21 cPs, 전하밀도 7.1 meq/g로써 높은 양전하 특성을 지녔으며, A-PAM은 점도 4300 cPs, 전하밀도 -4.35 meq/g의 물성을 나타냈다.

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 목재펄프 및 지력증강제 조건 최적화

본 연구에서는 친환경 고강도 인견사용 시트를 제조하기 위해 목재펄프의 최적 혼합조건을 설정하였다. Table 1의 조건에 따라 SwBKP와 HwBKP의 고해도 및 혼합비율을 달리하여 수초지를 제조하여 물리적 특성을 분석하였다. 지력증강제에 의한 영향을 평가하기 위해 수초지 제조 시 양이온성 PVAm과 A-PAM으로 구성된 이중고분자 시스템을 적용하였으며 최적 투입 조건을 설정하기 위해 Table 1에서와 같이 첨가비율을 조절하였다.

고해처리하는 KS M ISO 5264-1에 따라 실험실용 Valley beater(Metrotec, Spain)를 사용하였고, KS M ISO 7024에 따라 캐나다표준여수도시험기(Canadian standard freeness tester)를 이용하여 여수도를 측정하였다. 수초지 제조는 RDA(retention and drainage analyzer, GIST, Korea)를 사용하였고, 각 초지조건에 따라 제조된 수초지의 인장강도, 신장률, TEA (KS M ISO 1924-2) 및 지합(Micro-Scanner, OpTest Equipment Inc., Canada)을 측정하였다. 모든 수초지 시료는 물성 분석 전 KS M ISO 187에 따라 항온항습실

Table 1. Handsheet-making conditions using SwBKP and HwBKP

Mixing ratio of SwBKP to HwBKP	10:0, 9:1, 8:2, 7:3
Grammage, g/m <sup>2</sup>	60
Freeness, mL	400, 200
PVAm:A-PAM*	1:1, 1:0.675, 1:0.5

\* Based on 100% SwBKP.

(온도 23±1℃, 상대습도 50±2%)에서 24시간 이상 조습처리 하였다.

### 2.2.2 대마 인피섬유의 증해조건 최적화

친환경 고강도 인견사용 시트를 제조하기 위해 대마 인피섬유의 소다 증해를 실시하였다. 최적 증해 조건을 설정하기 위해 알칼리도, 증해 온도 및 증해 시간을 변화시켜 증해를 실시하였으며, 각 조건에 따른 α-cellulose, Klason 리그닌 및 정선 수율 등을 분석하였다.

대마 인피섬유의 증해는 실험실용 다이제스터(GIST, Korea)를 이용하여 Table 2의 조건에 따라 알칼리 증해를 실시하였다. 증해가 끝난 대마 펄프는 물로 충분히 세척 한 후 표준해리기(L&W, Sweden)를 이용하여 해리하였으며 Somerville screen(0.15 mm slot type)을 이용하여 reject를 제거한 후 정선 펄프 양을 측정하여 수율을 분석하였다. 또한 KS M ISO 7045에 의거하여 Klason lignin함량을 측정하였으며, KS M ISO 7044에 의거하여 α-cellulose 함량을 측정하였다.

### 2.2.3 목재펄프와 대마 인피섬유의 혼합조건 최적화

친환경 고강도 인견사용 시트를 제조하기 위해 목재펄프와 대마 섬유의 최적 혼합조건을 설정하였다. Table 3의 조건으로 대마섬유와 목재펄프의 혼합비율을 달리하여 수초지를 제조한 후 각 조건에 따른 수초지의 인장강도 및 지합 등을 비교분석하였다.

Table 2. Soda pulping conditions for hemp bast fiber

NaOH dosage, % on dry hemp	15, 20, 25
Liquor to hemp ratio	8 : 1
Chipping length, cm	3-5
Cooking temperature, °C	130, 150, 170
Time at temperature, min	90

Table 3. Handsheet-making conditions using a hemp bast fiber and wood pulp

Mixing ratio of wood to hemp bast fiber	10:0, 8:2, 6:4, 4:6, 2:8, 0:10
Grammage, g/m <sup>2</sup>	60
Hemp bast fiber freeness, mL	200
Wood pulp freeness, mL	200

본 연구에 사용된 목재펄프는 침엽수종을 혼합한 펄프로서 2.2.1항의 목재펄프 혼합조건 최적화 결과에 따라 200 mL CSF로 고해된 SwBKP와 HwBKP를 8:2의 비율로 혼합하였으며, PVAm과 C-PAM을 1:0.675의 비율로 첨가하였다. 대마 인피섬유는 2.2.2항의 대마 인피섬유 증해조건 최적화에 따라 150℃, NaOH 20% 조건에서 증해시켜 얻은 대마 인피섬유를 200 mL CSF 까지 고해한 후 사용하였다. 수초지는 상기 언급한 바와 같이 RDA(retention and drainage analyzer)를 이용하여 제조하였으며, KS M ISO 187에 의거하여 항온항습실(온도 23±1℃, 상대습도 50±2%)에서 24 시간 이상 조습 처리한 후 시트의 인장강도(KS M ISO 1924-2) 및 지지 등 물리적 특성을 측정하였다.

### 2.2.4 나노피브릴화 셀룰로오스(NFC) 제조

그라인더(Super Masscolloider, Masuko sangyo Co., Ltd, Japan)를 사용하여 나노피브릴화 셀룰로오스를 제조하였다. NFC 제조를 위해 실험실용 Valley beater(Metrotec., Spain)를 이용하여 HwBKP를 여수도 200 mL CSF 까지 고해한 다음 1.0% 농도로 조절하여 그라인더에 투입하였다. 그라인더의 전류량은 2-2.5 A가 되도록 유지하였고 처음 서로 마찰되기 시작하는 그라인더 내 스톤 간격을 0 μm로 조절 한 후 210-270 μm 사이로 20회까지 셀룰로오스 섬유를 통과시켜 나노셀룰로오스를 제조하였다.

### 2.2.5 나노피브릴화 셀룰로오스(NFC) 혼합조건 최적화

목재펄프와 대마 인피섬유를 혼합한 인견사용 시트 제조 시 NFC 첨가에 따른 강도적 개선효과를 분석하기 위해 NFC 첨가율을 0-8%까지 달리하여 수초지를 제조한 후 인장강도 및 TEA(KS M ISO 1924-2) 등 각각의 조건에 따른 수초지의 특성을 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 목재펄프 혼합조건 최적화 연구

#### 3.1.1 고해도 및 목재펄프 혼합비율에 따른 수초지 특성

친환경 고강도 인견사용 시트 제조를 위한 목재펄프

혼합조건을 설정하기 위해 침엽수와 활엽수 펄프의 물리적 특성을 고려하여 시트화 시 강도 특성을 최적화하기 위해 분리고해<sup>14)</sup>를 실시했으며, 고해 후 혼합비율을 달리하여 수초한 시트의 물리적, 강도적 특성을 분석하였으며, 그 결과를 Figs. 1-3에 나타냈다.

Fig. 1에서와 같이 혼합 비율에 상관없이 SwBKP와 HwBKP 모두 고해도가 높은 200 mL CSF로 고해된 펄프로 제조한 조건이 400 mL CSF로 고해된 펄프로 초지한 수초지 보다 인장지수가 높게 나타났다. 이는 고해 시 야기된 섬유의 소섬유화로 인한 세포벽 내 팽윤, 외부 소섬유화에 의한 결합력 및 결합면적 개선에 따른 시트의 치밀한 구조 형성 때문으로 사료된다. SwBKP와 HwBKP의 혼합비율에 따른 수초지의 인장지수는 고해도에 따라 다른 경향을 보였는데, 400 mL CSF로 고해된 펄프의 경우 HwBKP 혼합비율을 20%까지 증가했을 때 시트의 인장지수는 SwBKP만으로 초지한 시트에 비해 증가되었으나, 이후 30%의 HwBKP를 혼합한 수초지의 인장지수는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과로 볼 때 낮은 비율의 HwBKP를 혼합할 경우 HwBKP가 고해에 의한 소섬유화가 덜 발생된 SwBKP 수초지 내에 충전되어 섬유간 결합을 증가시키는 것으로 판단된다. 반면 고해도가 높은 여수도 200 mL CSF인 펄프의 경우에는 HwBKP 혼합에 의해 인장지수가 감소되었는데 이는 소섬유된 SwBKP가 HwBKP보다 강도적 특성이 우수하에서 기인하는 것으로 판단된다. 일반적으로 SwBKP의 섬유장과 비교하여 HwBKP는 섬유장이 짧고, 세포벽이 두꺼운 특성을 가지고 있다.<sup>15)</sup> 결과적으로 SwBKP와 HwBKP를 여수도 200 mL CSF까지 고해한 다음 8:2의 혼합 비율로 초지한 시트의 인장지수가 가장 우수한 것으로 판단된다.

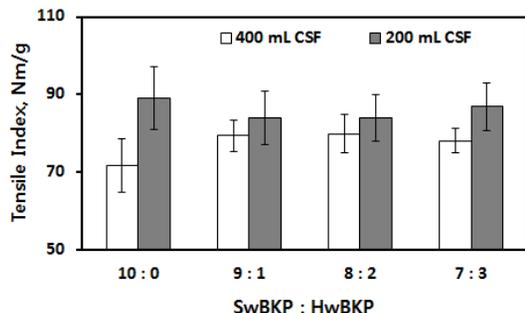


Fig. 1. Changes in tensile index of sheet by mixing ratio of SwBKP and HwBKP.

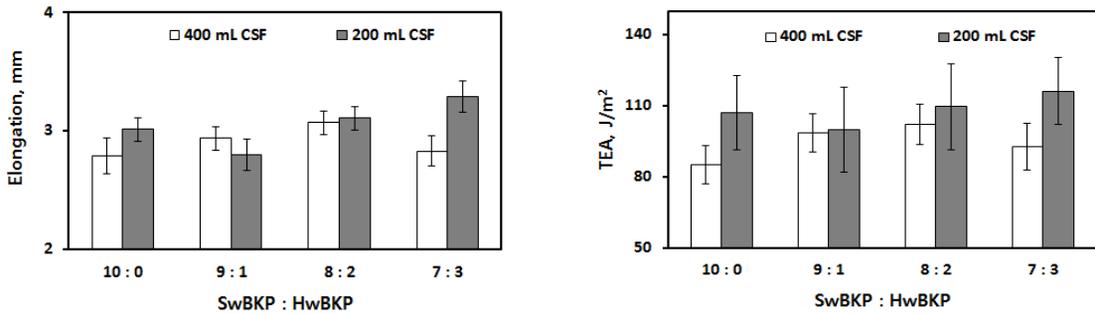


Fig. 2. Changes in elongation (left) and TEA (right) of sheet by mixing ratio of SwBKP and HwBKP.

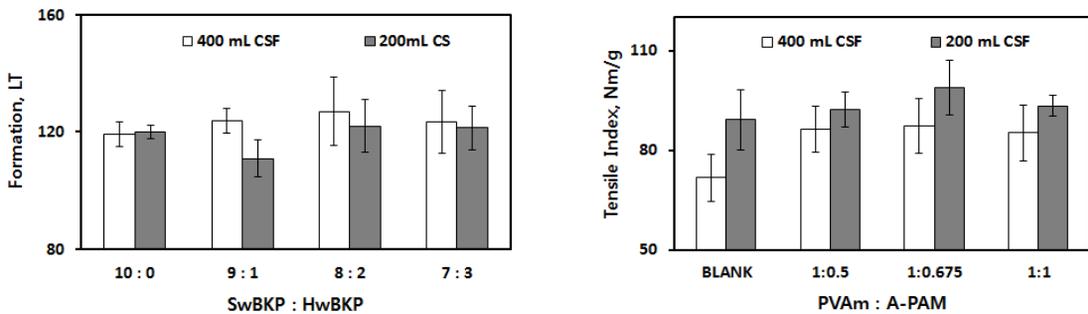


Fig. 3. Changes in formation of sheet by mixing ratio of SwBKP and HwBKP.

Fig. 4. Changes in tensile index of sheet by mixing ratio of PVAm and A-PAM.

인건사 제조용 시트의 특성은 슬리핑에 의한 꼬임수 조절에서 신장률 및 TEA 등 인성 특성이 우수해야 한다. 따라서 고해도에 따른 시트의 신장률 및 TEA 변화를 분석하였으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 침엽수와 활엽수 펄프의 고해도에 따른 신장률 변화는 고해도를 높일수록 증가하는 결과를 나타냈으며 SwBKP의 혼합 비율을 높일수록 시트의 신장률은 감소하는 경향을 나타냈다. TEA 변화는 신장률 특성과 마찬가지로 여수도 400 mL CSF 보다는 200 mL CSF 조건으로 고해하여 초지한 시트가 인건사 제조용으로 사용하기 양호한 결과를 나타냈으며 HwBKP의 혼합비율을 증가 할수록 TEA 특성도 개선되었다.

Fig. 3은 인건사 제조용 시트의 지합 특성을 나타낸 결과로서, 200 mL CSF까지 고해를 실시한 후 침엽수와 활엽수 펄프의 혼합 조건을 9:1로 조절했을 때 가장 우수한 결과를 나타냈다. SwBKP는 고해를 진행할수록 장섬유의 절단에 의한 시트 구조의 치밀화로 인한 결과로 사료된다.

### 3.1.2 지력증강제 첨가에 따른 수초지 특성

Fig. 4는 SwBKP 수초지 제조 시 펄프 고해도와 PVAm 및 A-PAM의 첨가량 변화에 따른 종이의 인장지수 변화를 나타낸 결과이다. 그림에서와 같이 지력증강제 투입 시 수초지의 인장지수가 미처리 시트보다 높게 나타났으며, 특히 400 mL CSF, 200 mL CSF 모두 PVAm과 A-PAM의 투입 비율 1:0.675 조건에서 가장 우수한 인장강도 개선 효과를 나타냈으며 1:1 첨가조건에서는 다시 감소하는 경향을 나타냈다. 지력증강제 투입시의 고해도에 따른 인장지수는 고해도가 높은 200 mL CSF인 펄프로 제조한 수초지들의 인장지수가 400 mL CSF보다 높게 나타났으나 인장지수의 상승폭은 400 mL CSF 펄프로 제조한 수초지의 경우에 보다 높게 나타났다. Fig. 5에서와 같이 인장지수와 마찬가지로 PVAm 및 A-PAM 첨가에 따라 각 수초지의 신장률 및 TEA가 증가되었는데, 인건사 제조용 시트는 특히 고인장강도 특성뿐만 아니라 고신장률 및 높은 인장흡수에너지를 지녀야 편직, 제직 과정에서 인건사가 절단되지 않고 지사를 유지할 수 있으므로 인성 특성 평가는 매우 중요한 인자로 판단된다.

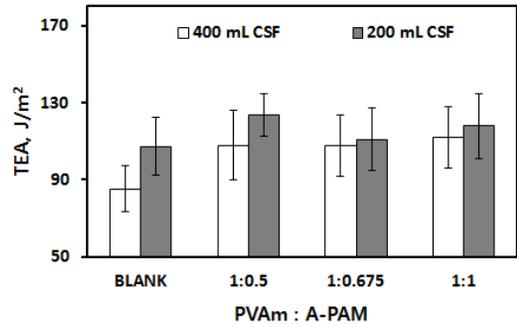
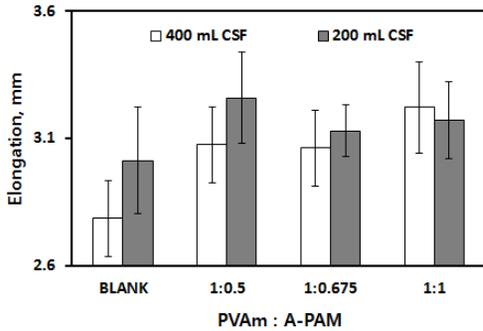


Fig. 5. Changes in elongation (left) and TEA (right) of sheet by mixing ratio of PVAm and A-PAM.

### 3.2 목재펄프와 대마 인피섬유 혼합조건 최적화

#### 3.2.1 소다증해 조건에 따른 대마 인피섬유 증해 효율

소다 증해 조건에 따른 대마 인피섬유의 증해효율을 분석하기 위해 알칼리도 및 증해온도 등 증해조건에 따른 수율, α-cellulose 함량, lignin 함량 변화를 Figs. 6 과 7에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 증해 온도를 170℃, 150℃, 130℃로 조절했을 경우 130℃와 150℃ 조건에서 펄프화 수율 및 α-cellulose 함량이 높았으나 NaOH 첨가량에 따른 변화는 크지 않았다. 또한 증해 온도 170℃ 조건에서는 NaOH 첨가량을 증가 할수록 리그닌 함량은 크게 감소되었으며, 이는 높은 펄프화 온도 조건에서 알칼리와 리그닌과의 반응이 활성화 되어 탈리 리그닌화 분해가 효율적이기 때문으로 사료된다.<sup>16)</sup> 그러나 증해 조건 170℃, NaOH 25% 이상의 조건에서는 그림에서와 같이 대마 인피섬유가 모두 분해되어 측정이 불가능하였다. 따라서 알칼리 증해의 최적 조건으로 증해 온도 150℃, NaOH 20%를 검토하여 증해를 실시하였으며, 동일 조건에서 제조된 대마 펄프를 여수도 200 mL

CSF까지 고해시킨 후 BKP와 일정 비로 혼합하여 수조한 시트의 물리적 특성을 비교하였다.

#### 3.2.2 목재펄프와 대마 인피섬유의 혼합에 따른 수초지 특성

인건사용 시트 제조를 위해 목재펄프와 대마 인피섬유 혼합비율에 따른 수초지 특성을 비교하였다. 본 연구에서는 3.1.1의 연구결과에 의거하여 200 mL CSF

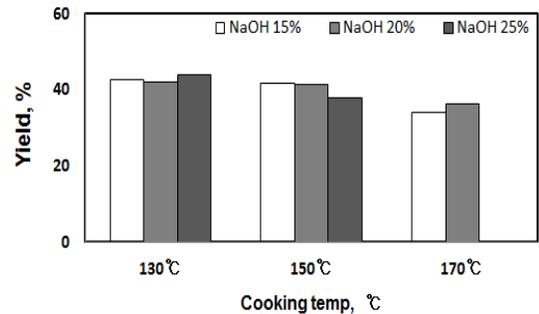
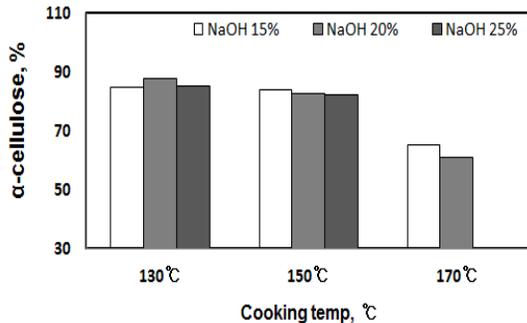


Fig. 7. Changes in yield of hemp bast pulp tissue by cooking conditions of soda pulping.

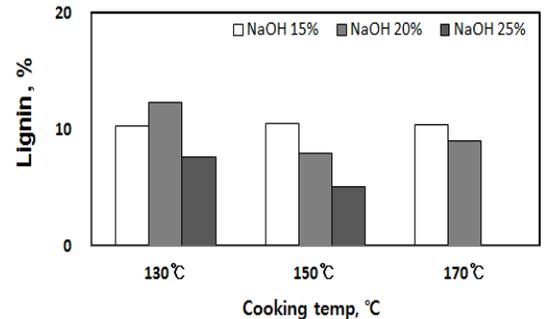


Fig. 6. Changes in α-cellulose (left) and Klason lignin content (right) by cooking conditions of soda pulping.

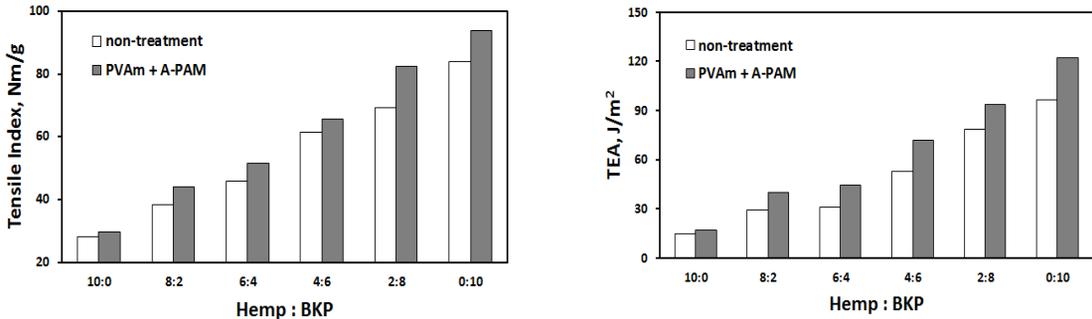


Fig. 8. Changes in tensile index (left) and TEA (right) of sheet prepared by mixing ratio of hemp bast fibers and BKP.

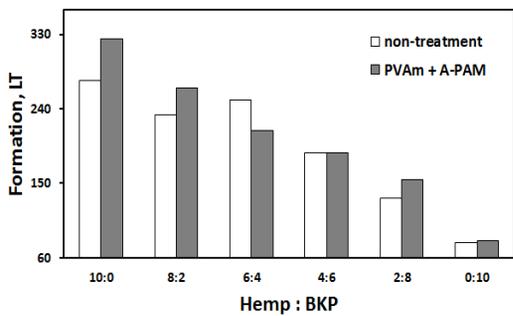


Fig. 9. Changes in formation of sheet prepared by mixing ratio of hemp bast fibers and BKP.

로 고해한 SwBKP와 HwBKP를 8:2로 혼합한 목재펄프 및 150°C, NaOH 20% 조건에서 소다중해 하여 제조된 대마 인피섬유를 사용하였다. 이때 대마 인피섬유는 목재펄프와 마찬가지로 200 mL CSF로 고해하였다. 또한 PVAm과 A-PAM 등 지력증강제 및 보류제 첨가가 미치는 영향을 평가하기 위해 보류제 처리 유무에 따른 수초지 특성 변화를 분석하였다. PVAm과 A-PAM의 첨가조건은 3,1,2의 결과에 따라 PVAm과 A-PAM을 1:0.675로 첨가하였다.

목재펄프 및 대마 인피섬유의 혼합비율에 따른 수초지의 인장지수 및 TEA 변화를 Fig. 8에 나타냈다. 목재펄프와 대마 인피섬유로 초지한 시트의 인장지수를 비교해보면 목재펄프만으로 초지한 시트의 인장강도가 대마 인피섬유로 초지한 시트보다 약 3배 정도 우수한 것을 확인할 수 있었다. 목재펄프 및 대마 인피섬유의 혼합비율에 따른 변화를 살펴보면 혼합 목재펄프 비율이 대마 인피섬유에 비해 상대적으로 높을수록 인장강도 및 TEA 특성이 높은 결과를 나타냈다. 일반적으로 대마 인피섬

유로 수초한 시트의 경우 목재펄프 수초지에 비해 강도적 특성이 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 반대의 결과를 나타냈는데, 이는 Fig. 9에서와 같이 대마 인피섬유 혼합율 증가에 따른 수초지 지합의 저하와 관련된 것으로 보인다. 따라서 추후 대마 인피섬유를 혼합한 인건사용 고강도 시트 제조 시 지합 개선을 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

PVAm과 A-PAM 등 지력증강제 및 보류제 첨가에 의해 각 수초지의 인장지수 및 TEA 등이 증가되었는데, 대마 인피섬유 100%로 초지한 시트의 경우 지력증강제 첨가에 따른 인장지수 증가율은 5.7% 정도였으며 목재펄프와 대마 인피섬유의 혼합비율 2:8에서의 증가율은 18.72% 정도로 목재펄프를 첨가하였을 때의 증가율이 보다 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 각 수초지의 TEA 또한 목재펄프 혼합비가 높을수록 우수한 특성을 나타냈으며, 목재펄프만으로 초지한 시트가 대마 인피섬유만으로 초지한 시트 보다 약 3 배 정도 우수한 결과를 나타냈다. 또한 PVAm과 A-PAM 첨가에 따라 목재 펄프로 초지한 시트에서는 첨가제를 투입하지 않은 blank 조건에 비해 11.65% 정도 향상되었고, 대마 인피섬유로 초지한 시트에서는 blank에 비해 5.7% 정도 향상되어 인장강도와 유사한 경향을 나타냈다.

Fig. 9는 목재펄프와 대마 인피섬유를 혼합한 수초 시트의 지합 특성을 나타낸 결과로서 목재펄프에 비해 대마 인피섬유의 혼합비가 증가할수록 지합 특성이 불량해지는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 장섬유인 대마 인피섬유로 인해 지필 성형과정에서 섬유들의 과도한 엉킴에 의한 것으로 판단된다.

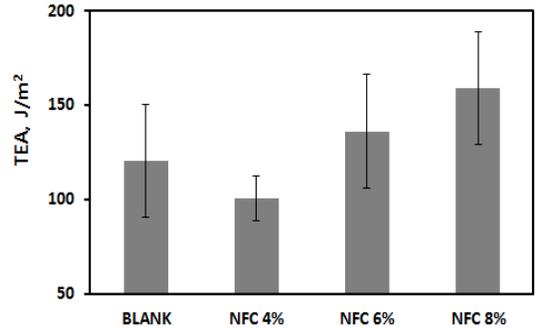
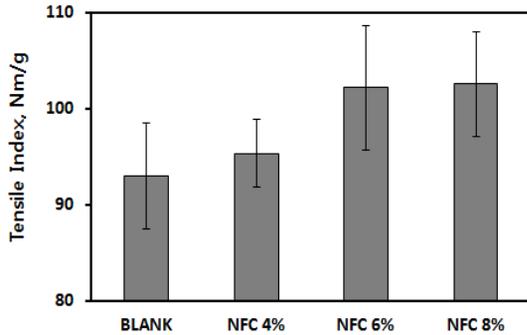


Fig. 10. Changes in tensile index (left) and TEA (right) of sheet prepared by mixing ratio of NFC.

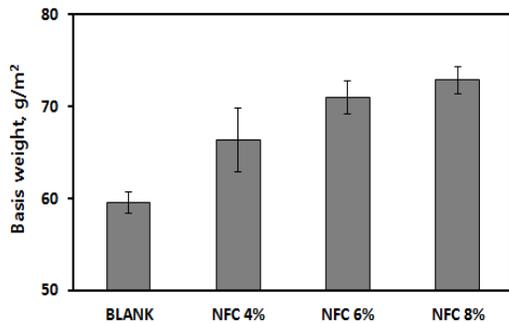


Fig. 11. Changes in basis weight of sheet prepared by mixing ratio of NFC.

### 3.3 나노피브릴화 셀룰로오스(NFC) 첨가량에 따른 수초지 특성

목재펄프로 제조한 인견사 제조용 시트의 물리적, 강도적 특성을 향상시키고자 초지 시 나노셀룰로오스를 내첨하여 시트의 특성 변화를 분석하였다. Fig. 10은 HwBKP를 이용하여 제조한 나노셀룰로오스의 첨가량에 따른 수초지의 인장지수 및 TEA 변화를 나타낸 결과로서 나노셀룰로오스 4%, 6% 첨가 시 첨가하지 않은 조건인 blank에 비해 2.58%, 10.3% 정도 향상되었고, 그 이상의 첨가량 증가에 따른 개선 효과는 나타나지 않았다. 또한 TEA는 나노셀룰로오스 첨가 시 최대 32% 정도 향상함을 보였다. HwBKP를 grinder 처리로 제조한 나노피브릴화 셀룰로오스(NFC)는 넓은 중형비와 함께 섬유 간 수소결합을 할 수 있는 비표면적이 넓어지므로 강한 네트워크를 형성하여 초지 시 종이의 강도적 특성을 향상시키는 것으로 판단된다.<sup>17)</sup> 반면 Fig. 11에서와 같이 나노셀룰로오스 첨가량을 증가할수록 평량도 함께 증가하였는데, 이는 나노셀룰로오스 첨가에 의해 미세분, 단섬유 등이 동시에 지필에 보류되었기 때문으로

사료되며, 따라서 인견사 제조용 시트의 특성에 알맞은 적절한 혼합비의 나노셀룰로오스 선택이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 목재펄프와 대마 인피섬유를 이용하여 인견사 제조용 친환경 특성을 지닌 고강도 시트 제조를 시도하였으며, 목재펄프 성상(침·활엽수 혼합비율 및 고해도), 고분자 첨가제 첨가량, 대마 인피섬유의 혼합비율, 나노셀룰로오스의 적용 특성 등을 비교하여 최적의 인견사 제조용 시트화 조건을 확립하고자 하였다.

여수도 200 mL CSF로 고해하여 SwBKP와 HwBKP의 혼합비 8:2 조건에서 초지한 시트의 물리적, 강도적 특성이 가장 우수하였으며, 또한 PVAm과 A-PAM의 비율 1:0.675 조건에서 인견사 제조용 시트로 적합한 인장강도 특성이 가장 우수하였다. 대마 인피섬유를 인견사 제조용 시트 제조에 응용하기 위해 최적 증해 조건을 탐색한 결과 증해 온도 150℃, NaOH 20%에서 알칼리 펄프화를 실시하였을 경우 리그닌 함량은 가장 낮았고 α-cellulose 함량 및 수율은 가장 높았다.

목재펄프와 증해한 대마 인피섬유를 혼합비에 따라 초지한 시트의 강도 특성을 비교 한 결과 BKP 혼합비가 증가할수록 인열강도를 제외한 제반 물성이 개선됨을 확인하였다. 이는 대마 인피섬유 혼합에 따른 지합 저하에 기인된 결과로 추후 이에 대한 개선연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 나노피브릴화 셀룰로오스 첨가를 통해 인견사용 시트의 강도를 개선시킬 수 있음을 확인하였으며, 특히 나노셀룰로오스의 첨가량을 증가할수록 시트의

강도적 특성은 크게 개선되었다. 이러한 결과들로 볼 때 대마섬유와 목재펄프를 혼합한 인견사용 친환경 고강도 시트 제조가 가능할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 논문은 2013학년도 국민대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

## Literature Cited

- Kim, S. D., Song, D. B., and Yum, T. Y., Clinical analysis of 8 cases of chronic carbon disulfide poisoning in workers engaged in the viscose rayon industry, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1(2):189-196 (1989).
- Lee, E. I. and Cha, C. W., Health status of workers exposed to carbon disulfide at a viscose rayon factory in Korea, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine* 4(1):20-31 (1992).
- Choi, J. W. and Jang, S. H., A review on the carbon disulfide poisoning experiences in Korea, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine* 3(1):11-20 (1991).
- Tasnim, S., Satyajeet, C., and Alpa, V., Viscose rayon: Legendary development in the manmade textile, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* 2(5):675-680 (2012).
- Borbely, E., Lyocell, The new generation of regenerated cellulose, *Acta Polytechnica Hungarica* 5(3):11-18 (2008).
- Bae, P. H., Process for the preparation of pulp for hemp rayon and pulp prepared therefrom, Korea patent 101254751 (2013).
- Kim, H. S., Current study conditions and production process of hemp cloth, *The Kyong Ju Sa Hak* 37:53-77 (2013).
- Jaymini, K., Effect of harvesting time on the physical, chemical and pulping properties of hemp (*Cannabis sativa* L.), Master's Thesis, University of Toronto, Canada (2000).
- Lee, M. K., Kim, J. S., and Yoon, S. L., Effective utilization of hemp fiber for pulp and papermaking, *Journal of Korea TAPPI* 43(5):28-33 (2011).
- Choi, E. K., Kim, O. K., and Yang, K. Y., A study on effects of woodpulp contents and its characteristics on matrix structure and physical properties in cement composite, *Journal of the Architectural Institute of Korea* 20(4):67-76 (2004).
- Khalil, A., Davoudpour, Y., Islam, N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R., and Jawaid, M., Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review, *Carbohydrate Polymer* 99:649-665 (2014).
- Zhoul, Y. M., Ful, S. Y., Zheng, L. M., and Zhan, H. Y., Effect of nanocellulose isolation techniques on the formation of reinforced poly(vinyl alcohol) nanocomposite films, *Express Polymer Letters* 6(10):794-804 (2012).
- Cho, B.-U., Ryu, J. Y., Son, D. J., and Song, B. K., Application of cationic PVAm-anionic PAM dry strength aids system on kraft paper mill, *Journal of Korea TAPPI* 42(3):50-57 (2010).
- Lee, J. H. and Park, J. M., Paper strength mechanism depending on mixing ratio of softwood and hardwood fibers, *Journal of Korea TAPPI* 33(3):1-8 (2001).
- Lee, H. L., Lee, B. J., Shin, D. S., Seo, Y. B., Lim, K. P., Won, J. M., and Sohn, C. M., Papermaking Science (Jeji KwaHak), Kwang-II Publisher, Suwon, Korea, pp. 298-304 (1996).
- Lglesias, G., Bao, M., Lamas, J., and Vega, A., Effects of operational variables on pulp yield

- and lignin solubilization, *Bioresource Technology* 58(1):17–23 (1996).
17. Houssine S., Qi, Z., Olli, I., and Lars, A. B., Nanofibrillated cellulose for enhancement of strength in high-density paper structures, *Nordic Pulp & Paper Research Journal* 28(2):182–189 (2013).