

<연구논문(기술)>

## 전처리 처리 조건에 따른 케이폭 섬유의 특성

홍석일<sup>†</sup> · 이희동 · 심재윤 · 서원진<sup>1</sup> · 이범수<sup>†</sup>

한국생산기술연구원 ICT 섬유리류연구실용화그룹, <sup>1</sup>현대자동차 고분자재료연구원

### Characteristics of Kapok Fibers According to Various Pretreatment Conditions

Seok Il Hong, Hee Dong Lee, Jae Yun Shim, Won Jin Seo<sup>1</sup> and Beom Soo Lee<sup>†</sup>

ICT Textile & Apparel R&BD Group, Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, Korea  
<sup>1</sup>Polymeric Materials Research Team, Hyundai Motor Company, Ulsan, Korea

(Received: August 29, 2014 / Revised: September 15, 2014 / Accepted: September 19, 2014)

**Abstract:** The kapok fibers which are the functional fiber materials having natural hollows are environment friendly materials the demand and interest of which are increasing. The kapok fibers are environment friendly and natural hollow fibers which are 5-8 times lighter than cottons and have excellent performances in thermo keeping property, air permeability, bulkiness and resilience. In this study, the pretreatment according to the dyeing behaviors of kapok fibers were studied. Pretreatment(scouring, bleaching) were a variety of conditions. Scouring and bleaching, images of changed surfaces and cross-sections and dyeing behaviors of the dye-o-meter according to the concentration measured in meters and compared. Although the final exhaustion ratio of the kapok fibers scoured with a high concentration recipe was almost as same as that of the kapok fibers bleached with a high concentration recipe, the initial absorption speed of the kapok fibers scoured with the high concentration recipe was faster than that of the kapok fibers bleached with the high concentration recipe.

**Keywords:** pretreatment, kapok fiber, SEM, reactive dye, dye-o-meter

## 1. 서 론

최근 친환경 기능성소재 개발업체들은 웰빙을 선호하는 현대인의 생활에 맞게 고기능성 친환경 제품을 개발하고 그에 따른 소재 연구도 증가하고 있다. 친환경적인 섬유소재이면서 혁신적인 기능이 더해진 소재에 대한 관심은 천연중공을 가지고 있는 케이폭(kapok) 섬유로 집중되고 있다. 케이폭 섬유는 친환경적이면서 천연중공의 기능성을 동시에 가지고 있는 섬유 소재로 그 수요와 활용에 대한 관심은 꾸준히 증가하고 있다<sup>1)</sup>.

케이폭 섬유는 판야(Panja)과에 속한 낙엽교목으로 케이폭 나무의 과피(열매내피) 내벽에 생긴 털을 케이폭이라고 한다. 케이폭 나무는 원산지가 아프리카의 열대지방 또는 스리랑카 지방으로 현재 동남아시아의 인도네시아, 태국, 베트남, 캄보디아

등지에서 생산되고 있다. 케이폭 나무는 약 20m까지 성장하는 낙엽교목으로 케이폭 섬유는 케이폭 나무의 과실로 내부는 5실로 나누어져 있고 100-150개의 종자가 있어 익으면 깨어진다. 섬유의 길이는 35mm 미만, 직경은 10-50 $\mu$ m로 64%의 셀룰로오스, 13%의 리그닌 및 23%의 펜토산으로 이루어져 있다. Figure 1은 케이폭 섬유의 열매와 천연중공을 나타낸 것이다.

케이폭 섬유는 면 대비 5-8배의 초경량성이고 보온성과 통기성, 벌키성과 탄성회복력이 우수한 친환경 천연중공 섬유로 천연상태에서는 베개, 이부자리, 쿠션 등의 침장구류와 일반 충전재용으로 활용되고 있지만 그 활용범위는 좁은 상태이다<sup>2-7)</sup>.

케이폭 섬유에 대한 관심은 오래전부터 있었지만 연구개발은 제직, 편직에서 부분적으로 진행되었고 다운스트림에서 업스트림까지 전 공정에 대한 체계적인 연구는 없는 실정이다. 초경량, 보온성을 가지는 케이폭 섬유를 제품화하기 위해서는

<sup>†</sup>Corresponding author: Beom Soo Lee (beomsoo@kitech.re.kr)  
Tel.: +82-31-8040-6127 Fax.: +82-31-8040-6110



Figure 1. Kapok fibers.

물리/화학적 개질 및 방직/제직 기술, 염색/가공기술에 대한 심층적인 연구가 필요하다. 특히 케이폭 섬유 자체가 면섬유와 동일한 셀룰로오스로 구성되고 구성성분도 유사하지만 천연중공으로 인해 면섬유와는 다른 염색거동을 나타낸다.

본 연구에서는 케이폭 섬유를 정련과 표백 등 전처리 조건에 따른 섬유표면과 단면형태 변화를 관찰하기 위해 FE-SEM을 이용해 이미지를 분석하고 그에 따른 염색상태를 측정하여 전처리 조건에 따른 염색거동에 대한 기초연구를 진행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험재료

피염물은 100% kapok fiber slivers(Taihan Textile Co., Ltd)를 사용하였다. 전처리에 사용된 정련제는 Inkanol 5L-1(동림유화)을 사용하였고 표백에 사용된 조제는 수산화나트륨 sodium hydroxide(NaOH)와 과산화수소 hydrogen peroxide(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 별도의 정제 과정 없이 사용하였다. 염색에 사용된 중성염은 sodium sulfate anhydrous(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)를 알칼리는 sodium

carbonate anhydrous(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 모두 1급 시약을 사용하였다. 염료는 국내 오염산업 제품으로 모노클로로트리아진(monochloro-triazine)과 비닐술폰(vinylsulfone)의 2개의 반응기를 갖는 2관능성 반응성 염료인 Sunfix Red S3B 100%를 사용하였다.

### 2.2 전처리

전처리는 조건에 따라서 미처리(100℃, 30), 정련, 표백을 구분하여 진행하였다<sup>8,9)</sup>. 정련은 정련제 Inkanol 5L-1 2-6g/l를 넣고 100℃에서 30분간 처리하였고 표백은 정련제 2g/l, 수산화나트륨 sodium hydroxide(NaOH) 2-4g/l, 과산화수소 hydrogen peroxide(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)10-20g/l을 넣고 100℃에서 30분간 처리하였다. Table 1은 전처리 조건을 나타낸 것이다.

### 2.3 섬유표면 및 단면 관찰

전처리 조건에 따른 케이폭 섬유의 표면 및 단면 상태를 관찰하기 위해 ion sputter coater(HITACHI, E-1045)를 이용하여 platinum ion을 120초 동안 진공 증착하여 전처리한 후 FE-SEM(Field emission Scanning Electron Microscope, HITACHI, SU-8010)으

Table 1. Pretreatment conditions

Classification	Standard concentration	High concentration
Untreated	30min at 100℃(0g/l scouring agent)	
Scouring condition	2g/l scouring agent	6g/l scouring agent
Bleaching condition	2g/l scouring agent, 2g/l NaOH, 10g/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2g/l scouring agent, 4g/l NaOH, 20g/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

로 3kV의 전압을 시료에 걸어서 500배, 3,000배의 이미지를 관찰하였다<sup>10)</sup>.

## 2.4 염색 조건

케이폭 섬유는 반응성 염료 Sunfix Red S3B 100%를 염료농도 1% o.w.f로 사용하여 액비 10:1로 염색을 하였다. 먼저 30°C에서 염액을 넣고 교반을 한 후 바로 중성염 50g/l를 5, 15, 15, 15g씩 4회에 걸쳐 3분 간격으로 분할투입하고 10분간 흡착 과정을 거친 후 60°C까지 1°C/min로 승온하고 60°C에서 알칼리 20g/l를 넣고 60분간 반응 과정을 거쳤다. 염색후 소핑제 1g/l를 넣고 98°C에서 10분간 유지하여 소핑 과정을 거쳤다. Figure 2는 반응 염료의 염색 공정을 나타낸 것이다.

## 2.5 염액상태의 측정

염액의 흡광도를 염색과 동시에 실시간으로 측정하기 위해서 다이오미터(dye-o-meter, DyeMax, KITECH)를 사용하였다. 다이오미터는 실제 면직물의 반응염료 염색과정과 유사하도록 만들어진 액류 염색기와 일정시간 간격으로 염액의 흡광도를 측정하는 측정장치, 측정된 데이터를 분석하고 모니터 화면에 보여주는 분석 프로그램으로 구성되어 있다<sup>12,13)</sup>. 측정장치는 염액이 순환되는 순환프레임과 광원, 그리고 디텍터(Detector)로 구성되어 있다. 염액순환프레임은 UV/VIS 200-750nm의 파장범위에서 측정이 가능하고 내열성, 내압성 및 내화학성을 갖춘 것으로 투과 거리가 0.5mm인 것을 사용하였다. 펄스제는 램프(Pulsed xenon lamp)를 광원으로 하여 파장범위 220-750nm에서도 안정적인 측정이 가능하도록 하였다. 디텍터는 최대 8대까지 채널을 확장하여 측정 할 수 있고 파장범위 200-1100nm에서 25 $\mu$ m의 slit을 사용함으로써 고해상도(0.3-1.5nm FWHM)로 염액을 측정 할 수 있다. 다이오미터는 염색과 동시에 1분에서 3분간격으로 염액프레임을 순환하는 염액의 흡광도를 측정하고 분석하여 흡진율로 나타내었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 전처리 조건에 따른 섬유표면 및 단면형태

전처리 조건에 따른 케이폭 섬유의 표면과 단면 형태를 FE-SEM을 이용하여 살펴보았다.

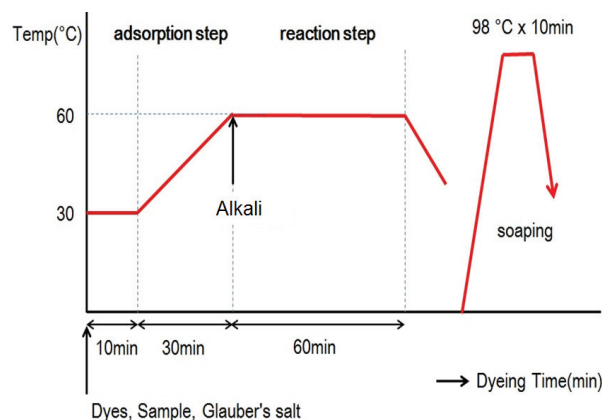


Figure 2. Dyeing process of reactive dyes<sup>11)</sup>.

Figures 3, 4는 전처리한 케이폭 섬유의 표면과 단면형태의 이미지를 500배, 3,000배로 미처리한 케이폭 섬유와 표준정련, 표준표백, 과표백한 섬유 표면과 단면형태를 나타낸 것이다.

Figure 3의 섬유표면을 3,000배 배율로 확인한 결과 미처리된 케이폭 섬유는 정련, 표백, 과표백 처리한 섬유표면에 비해 매끄럽고 손상이 없음을 알 수 있고 정련 처리된 섬유표면보다 표백, 과표백 처리에서 크랙과 같은 결 형태의 손상이 많음을 알 수 있다.

케이폭 섬유를 정련처리 할 경우 섬유표면의 작은 피브릴이 벗겨지는 것이 보였으나 표백과 과표백을 할 경우 피브릴은 완전히 떨어져 나가고 섬유 표면이 표백정도에 따라 심한 크랙이 나타남을 알 수 있다.

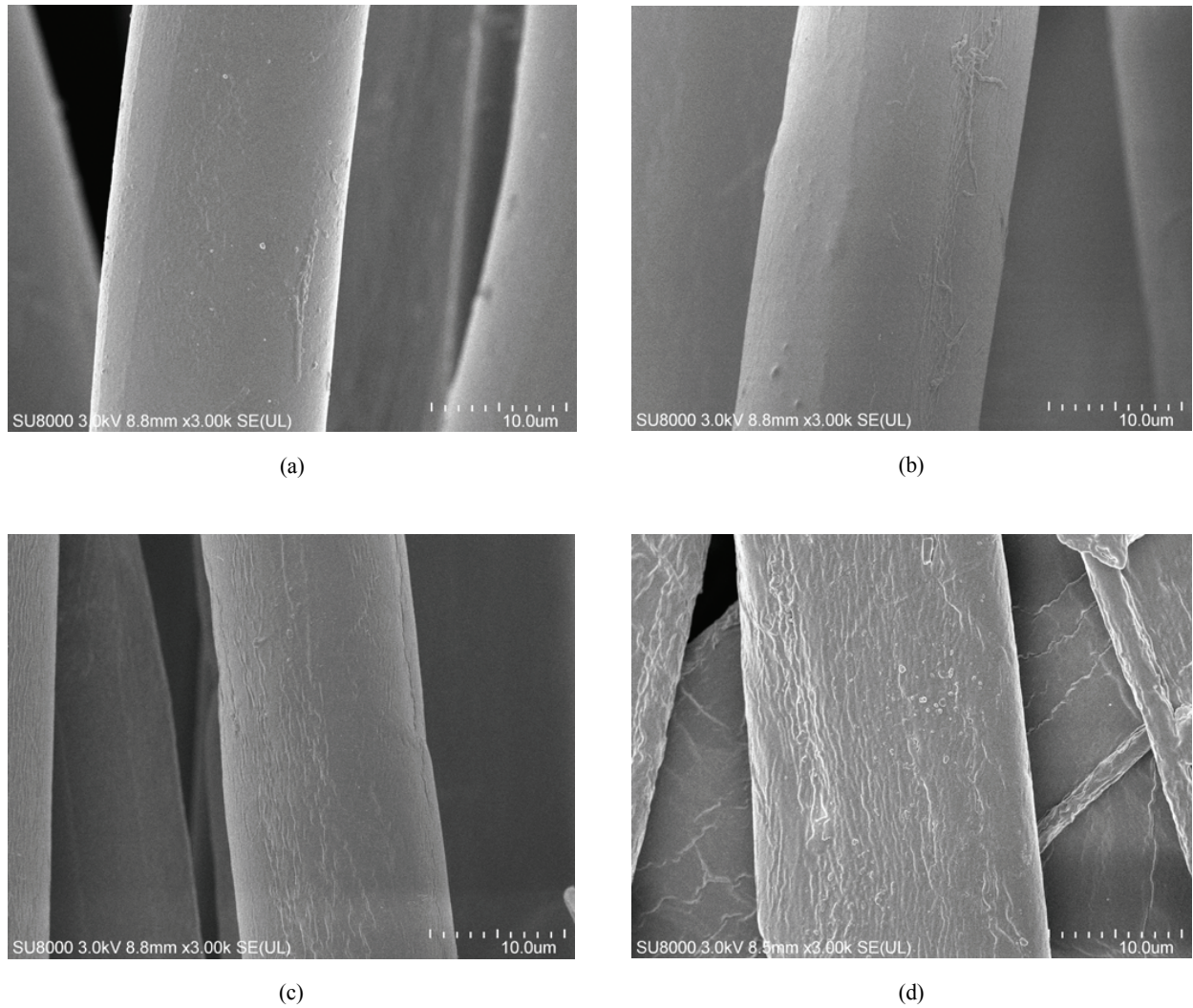
Figure 4는 섬유 단면을 500배 배율로 확인한 결과 미처리된 케이폭 섬유는 정련, 표백, 과표백 처리한 섬유표면에 비해 매끄럽고 손상이 없으며 천연중공이 살아 있음을 알 수 있다. 미처리된 케이폭 섬유의 천연중공은 정련과 표백, 과표백을 거치면서 타원형의 천연중공이 사라지고 중공이 닫히고 케이폭 섬유 자체도 심한 손상을 입은 것을 알 수 있다.

### 3.2 전처리 조건에 따른 섬유표면 및 단면형태

#### 3.2.1 정련조건의 영향

케이폭 섬유에는 다양한 불순물을 함유하고 있으므로 이러한 불순물을 제거하기 위하여 다양한 조건에서 정련을 한다.

Figure 5는 정련조건을 열수, 표준정련, 과정련



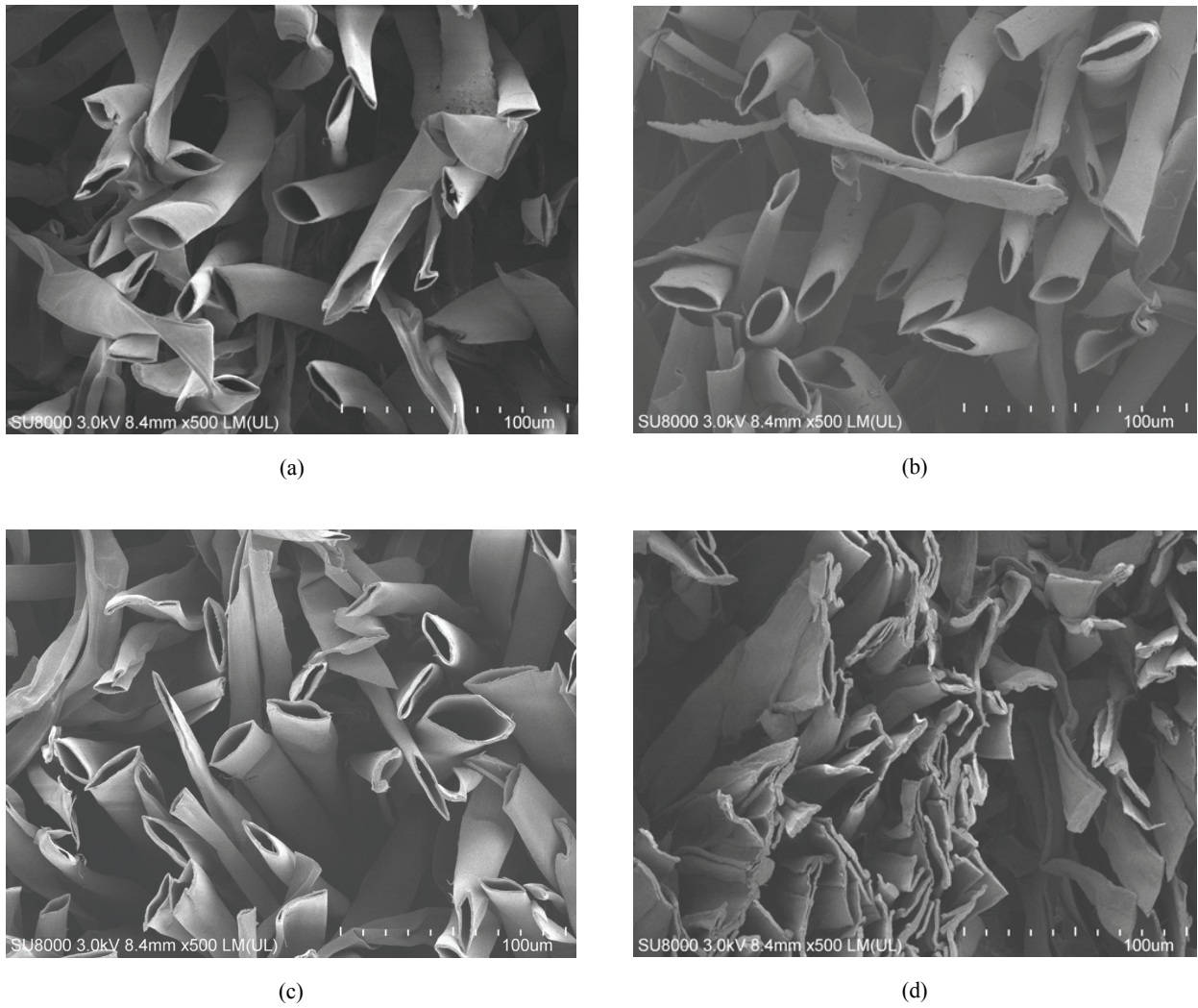
**Figure 3.** Surface images of pretreated kapok fibers(x 3,000).  
 (a) Untreated kapok fibers, (b) Kapok fibers scoured with a standard concentration recipe,  
 (c) Kapok fibers bleached with a standard concentration recipe,  
 (d) Kapok fibers bleached with a high concentration recipe

처리에 따른 케이폭 섬유의 흡진거동을 나타낸 것이다. 열수, 표준정련, 과정련의 최종 흡진율은 각각 47.1%, 75.3%, 76.7%로 열수로 처리한 경우 초기 흡착속도가 느리고 최종 흡진율도 표준정련, 과정련에 비해 낮았다. 과정련 조건은 표준정련에 비해 초기 흡착속도가 빠르고 흡착단계에서의 흡진율은 높지만 최종 흡진율은 표준정련 처리한 것과 허용오차 범위  $\pm 3.0\%$  내에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 과정련의 경우 빠른 흡착속도로 인해 피염물에 불균염을 초래할 수 있으므로 케이폭 섬유 정련시 적절한 농도로 진행해야 초기 흡착속도로 인한 불균염을 막을 수 있다.

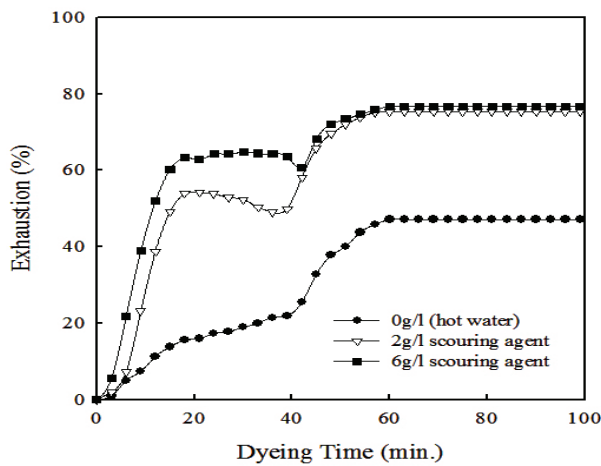
### 3.2.2 표백조건의 영향

표백은 백도의 향상을 목적으로 섬유의 내부 및 표면에 부착된 자연색소를 제거하는 것으로 백도에 따라 표백 조건이 달라진다.

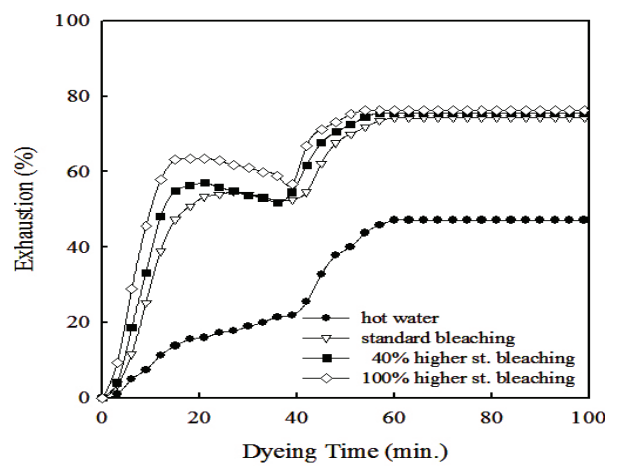
Figure 6은 표백조건을 열수, 표준표백, 과표백, 표백손상 처리에 따른 케이폭 섬유의 흡진거동을 나타낸 것이다. 과표백의 경우 표준표백 대비 농도가 40% 높은 경우이고 표백손상은 농도가 100% 높은 경우이다. 열수, 표준표백, 과표백, 표백손상의 최종 흡진율은 각각 47.1%, 74.2%, 75.5%, 76.2%로 열수로 처리한 경우 초기 흡착속도가 느리고 최종 흡진율도 표준표백, 과표백, 표백손상에 비해 낮



**Figure 4.** Cross-sectional images of pretreated kapok fibers(x 500).  
 (a) Untreated kapok fibers, (b) Kapok fibers scoured with a standard concentration recipe,  
 (c) Kapok fibers bleached with a standard concentration recipe,  
 (d) Kapok fibers bleached with a high concentration recipe



**Figure 5.** Exhaustion curve at various scouring agent.



**Figure 6.** Exhaustion curve at various bleaching condition.

았다. 과표백과 표백손상 조건은 표준표백에 비해 초기 흡착속도가 빠르고 흡착단계에서 흡진율은 높지만 최종 흡진율은 표준표백 처리한 것과 허용 오차 범위  $\pm 3.0\%$  내에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

또한 표백농도가 높아 케이폭 섬유가 표백손상을 입은 경우 초기 흡착속도는 더욱 빨라졌다. 이는 섬유표면의 과도한 크랙으로 인한 표면적 증가가 그 원인으로 생각된다. 그러므로 과표백, 표백손상의 경우 빠른 흡착속도로 인해 피염물에 불균염을 초래할 수 있으므로 케이폭 섬유 표백시 정련과 마찬가지로 적절한 농도로 진행해야 초기 흡착속도로 인한 불균염과 섬유손상을 막을 수 있다.

3.2.3 정련-표백 농도의 영향

Figure 7은 케이폭 섬유의 정련과 표백농도에 따른 흡진거동을 비교하여 나타낸 것이다.

표준정련과 표준표백의 경우 최종 흡진율은 각각 75.3%, 74.2%로 거의 동일하고 초기 흡착속도도 유사하였다. 과정련과 과표백의 경우 최종 흡진율은 각각 76.7%, 75.5%로 거의 동일하지만 초기 흡착속도가 표준정련과 표백보다 빨라졌는데 이는 섬유표면 손상으로 인한 과도한 크랙으로 표면적이 증가하였기 때문이다. 그러므로 피염물에 불균염과 섬유손상을 막기 위해서는 케이폭 섬유의 정련과 표백은 적절한 농도로 진행되어야 한다.

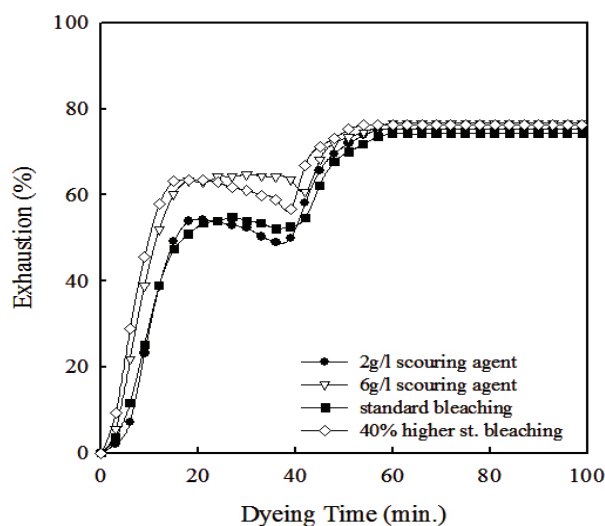


Figure 7. Exhaustion curve at various scouring-bleaching condition.

4. 결 론

본 연구에서는 케이폭 섬유에 대한 기초자료를 제공하기 위해 정련과 표백 등 전처리 조건에 따른 섬유표면과 단면형태 변화를 분석하고 그에 따른 염색상태를 측정하여 전처리 조건에 따른 염색 거동에 대한 기초연구를 진행하였다. 과도한 정련과 표백 처리의 경우 최종 흡진율은 동일하지만 초기 흡착속도가 빠르므로 케이폭 섬유의 정련과 표백은 적절한 농도로 진행해야 초기 흡착속도로 인한 불균염과 섬유 손상을 막을 수 있다. 본 연구를 통해 케이폭 섬유 전처리 공정조건 설정의 기초자료로 활용될 수 있었다.

1. 본 연구에서는 전처리 조건에 따른 케이폭 섬유의 섬유표면과 단면형태 변화 및 염색성에 대한 기초 연구를 하였다.
2. 열수, 표준정련, 과정련의 정련조건에 따른 케이폭 섬유의 최종 흡진율은 각각 47.1%, 75.3%, 76.7%로 열수로 처리한 경우 초기 흡착속도가 느리고 최종 흡진율도 표준정련, 과정련에 비해 낮았다. 과정련과 표준정련의 최종 흡진율은 허용오차 범위  $\pm 3.0\%$  내에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.
3. 표준표백, 과표백, 표백손상의 표백조건에 따른 케이폭 섬유의 최종 흡진율은 각각 47.1%, 74.2%, 75.5%, 76.2%로 과표백과 표백손상 조건은 표준표백에 비해 초기 흡착속도가 빠르고 흡착단계에서 흡진율은 높지만 최종 흡진율은 표준표백 처리한 것과 허용오차 범위  $\pm 3.0\%$  내에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.
4. 케이폭 섬유의 표준정련과 표준표백의 경우 최종 흡진율은 각각 75.3%, 74.2%로 허용오차 범위  $\pm 3.0\%$  내에서 큰 차이가 없으나 과정련과 과표백의 경우 초기 흡착속도가 표준정련과 표준표백보다 빨라졌는데 이는 섬유표면 손상으로 인한 과도한 크랙으로 표면적이 증가하였기 때문이다.

감사의 글

본 연구는 산업원천기술개발사업(과제번호10037406)으로 수행된 연구결과임.

## References

1. S. B. Lee, Korea Pat. 2010-0083100(2010).
2. E. H. Kim, Korea Pat. 2002-0031685(2002).
3. B. Y. Jung, Korea Pat. 2008-0043043(2008).
4. Y. W. Park, Korea Pat. 2009-0132987(2009).
5. Y. O. Choi, Korea Pat. 2010-0109624(2010).
6. Y. O. Choi, Korea Pat. 2012-0016016(2012).
7. T. Rijavec, Kapok in Technical Textiles, *TEKSTILEC*, **51**(10-12), 319(2008).
8. Y. Leonard and P. Ansell, Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute, and Kapok Fibers by Alkalization, *J. Appl. Polym. Sci.*, **84**(12), 2222 (2002).
9. S. H. Lee, Fabrication and Characteristics of Flame Retardant Fabric Developed by using Bicomponent Filament, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **25**, 112(2013).
10. Y. H. Kim, K. B. Do, J. Y. Choi, M. M. Rabbani, S. I. Han, and J. H. Yeum, Electrospinning Fabrication of Poly(vinyl alcohol)/TiO<sub>2</sub> Nanofiber, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **25**, 119(2013).
11. A. Uygur and M. Hall, An Investigation into the Reaction of Bifunctional Reactive Dye at Various pH Levels, *J. Soc. Dyers. Colour.*, **112**(5-6), 167(1996).
12. K. Beck, T. Madderra, and B. Smith, Real-time Data Acquisition in Batch Dyeing, *Text. Chem. Color.*, **23**(6), 23(1991).
13. A. Gilchrist and J. H. Nobbs, Dyeing Machine Control Using In-line Colour Measurement Part 1: In-line Monitoring of Colour in Dye Liquors, *J. Soc. Dyers. Colour.*, **113**(11), 327(1997).