

# 셀룰로오스 결합 도메인을 이용한 면섬유 정련도 측정

김주혜 · 김수연 · 이승구\* · 신현재\*\* · 최은경

한국생산기술연구원, 에코섬유팀  
\*한국생명공학연구원, 미생물기능연구실  
\*\*(주) 엔지뱅크

## 1. 서론

면섬유는 1, 2차 세포벽과 큐티클 층으로 구성되어 있으며 세포벽의 대부분은 섬유소 (cellulose)로 구성되어 있고, 1차 세포벽의 일부와 큐티클 층에는 섬유소 이외에도 단백질, 펙틴, 왁스 등을 함유하는 다중조직으로 구성되어 있다. 이 중 큐티클층에 속해있는 왁스 등 비섬유소 (non-cellulose) 성분은 면섬유의 고유성질인 흡수성을 부여하고, 균일한 염색을 위해 반드시 제거되어야 하는데, 이 공정을 정련이라 하며 이는 면섬유 제품의 품질을 결정하는 가장 중요한 요소들 중의 하나이다. 비섬유소 소수성분의 제거는 알칼리 열수 침출법에 의하여 주로 수행되어 왔으나 최근에는 효소를 이용한 정련법이 새로운 기술로 대두되고 있다.

면섬유의 정련도 검정에는 American Association of Textile Chemists and Colorists-(AATCC) Test Method 39-1980 (discontinued) 또는 79-1995가 현재까지 가장 대표적으로 사용되어지고 있는 시험법들로 면의 흡수성 측정에 의해 정련도를 결정한다. 전자의 시험법은 시험포를 수직으로 하여 한쪽 끝을 수용액 또는 염액에 침지시키고 일정시간 내에 용액이 상승한 거리를 측정하며, 후자의 시험법은 시험포를 수평으로 유지하고 일정한 양의 물방울을 떨어 뜨려 물방울이 섬유에 완전히 흡수되는 데 소요되는 시간을 측정한다. 위의 시험법들로는 면사나 면포의 흡수성 측정이 가능하며, 면사의 흡수성 측정에는 면섬유를 등글게 뭉쳐서 물이 든 비이커에 담가 면섬유가 비이커 바닥으로 가라앉는데 소요되는 시간을 측정하는 방법이 사용되어지기도 한다. 그러나 이러한 방법들은 정성적인 측정법들이며 정련도가 낮거나 불균일하게 이루어졌을 경우에 정밀한 측정이 어려운 실정이다. 보다 정밀한 측정을 위한 방법으로 water contact angle을 재는 방법이 있으나 장비가 고가이며 숙련도를 요하는 측정법으로 일상적인 사용이 어려운 측면이 있다.

본 연구에서는 보다 간편하면서도 정량적으로 정련도를 측정할 수 있는 방법을 모색하였다. 연구의 기본 원리는 정련으로 인해 왁스로 덮여있던 섬유소가 노출되며, 이때 노출되는 섬유소의 양을 측정하는 개념으로부터 출발하였다. 섬유소 결합 도메인 (cellulose binding domain, CBD)은 주로 탄수화물 분해와 관련된 효소에서 발견되는 것으로 섬유소와 결합을 하는 물질이

다. 본 연구에서는 정련한 면섬유에 CBD를 함유하는 복합 효소를 결합시킨 후 이 효소와 결합하여 발색하는 물질을 이용하여 발색시켜 발현되는 색의 세기를 측정하여 정련도를 검정하는 방법을 제시하였다.

## 2. 실험

### 2.1 CBD 복합 효소의 생산

섬유소결합도메인의 유전자는 유래 및 구조적인 측면에서 다양한 것들이 있으나 본 연구에서는 세균유래의 *Cellulomonas fimi*를 이용하였다. 복합효소를 안정적으로 발현시키기 위해 *Cellulomonas fimi* 유래 섬유소결합도메인 Cex의 N-terminal에  $\beta$ -Glucuronidase(GUS),  $\beta$ -Glycosidase-(bglA), enhanced green fluorescence protein(EGFP), red fluorescent protein (DsRed)등의 유전자를 결합하여 재조합 대장균에서 유전자 조작을 수행하였다. 유전자 조작은 Molecular Cloning에 명시된 일반적인 방법에 의하여 수행하였다. 생산된 복합효소는 크로마토그래피 방법으로 분리 정제하였다.

### 2.2 면편물의 정련

정련된 면직물 시료를 얻기 위해 100% 면편물(tricot, medium weight greige knitted fabric, Woosung Ltd.)을 정련효소인 Novozymes의 Scouzyme L로 처리하였다. 효소 정련 처리온도는 40°C 와 60°C의 두 조건에서 30분 또는 120분간 처리 후 수세하였다. 효소는 0.2% owf, 침투제 0.1%를 사용하였고 1:20의 옥비로 처리하였다. 효소 정련의 정련성과 알칼리 정련의 정련성을 비교하기 위해 알칼리 정련 또한 수행되었는데, 알칼리 정련은 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  수용액에서 45분간 98도로 가열한 후 수세하였다.

### 2.3 CBD 복합효소를 이용한 정련도 검정

정련도 검정을 위한 첫 번째 단계는 섬유소에 CBD 복합효소를 결합시키는 것이다. 생산된 복합효소(0.4mg/ml)를 10-20배로 희석한 후 이 용액에 정련된 면섬유를 침지시키고 1시간 정도 water-bath에서 shaking 한다. 복합효소 용액에서 처리한 면섬유 시료는 시료에 결합하지 않고 잔류하는 복합효소를 제거하기 위해 증류수로 수세한 후 X-gal 용액(0.4g/L in phosphate buffer solution)에 침지시킨다. 면섬유 시료에 색이 발현되기 시작하면 1-2시간 정도 방치하여 반응을 완료한다.

## 3. 결과

생성된 CBD 복합단백질을 SDS-PAGE를 이용하여 확인한 것을 Fig. 1에 나타내었다.

생산된 복합효소들 중 bglA-CBD가 열적 안정성 및 용해도가 좋아 분리 정제가 수월할 뿐 만 아니라 색의 발현에 사용되는 X-gal과의 반응성이 좋아 정련도 검정을 위한 복합효소로 선정

되었다. 복합효소와 X-gal을 이용하여 색이 발현된 면섬유 시료는 생지의 경우 색도가 낮을 뿐 만 아니라 불균일하게 착색되었음을 볼 수 있었다(Fig. 2). 색도는 색차계를 이용하여 측정하였는데, 40도에서 120분간 처리한 것이 가장 높은 K/S값을 나타내었으며 60도에서 120분, 40도에서 30분, 60도에서 30분 처리한 순으로 나타났다(Fig. 3). 섬유소결합도메인 복합효소를 이용한 정련도 검정 결과는 GATS를 이용하여 측정한 흡수성에 근거한 정련도 결과(Fig. 4)와는 일치하지 않음을 보여준다.

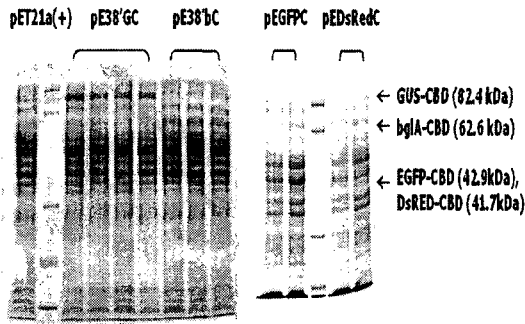


Fig. 1. Chromatography of CBD-fusion proteins .

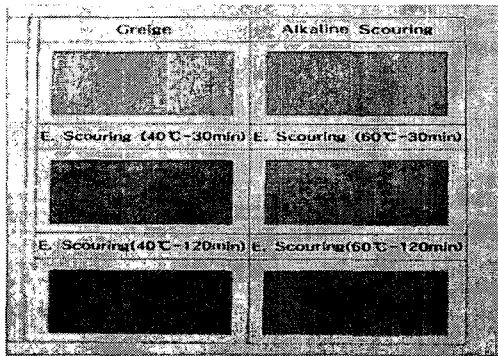


Fig. 2. Photography of Cotton Fabric Treated with bglA-CBD Followed by X-gal

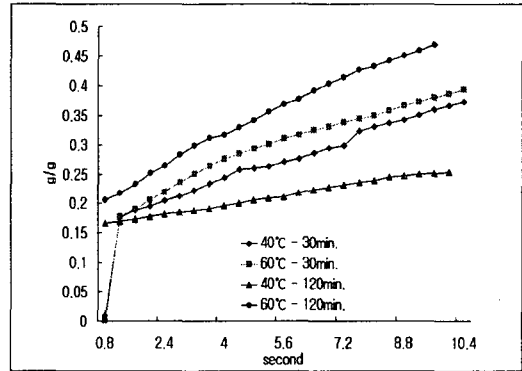


Fig. 3. Water Absorbency of Scoured Fabric.

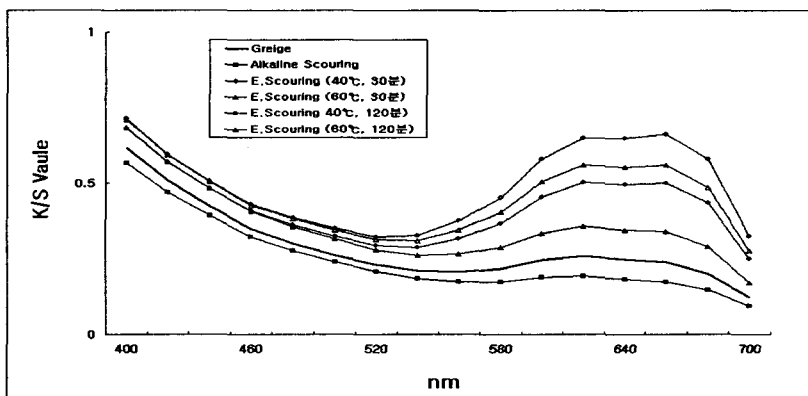


Fig. 4. Color Intensity of Fabric Treated with bglA-CBD Followed by X-gal.

#### 4. 결론

섬유소결합도메인에 의한 정련도 검정방법이 흡수성 측정에 의한 결과와 상이한 결과를 보이는 것은 전자의 경우 섬유소 표면에 노출된 셀룰로오스의 양을 측정하는 것으로 비록 왁스 제거로 인해 흡수성이 증가하였다 하더라도 기타의 다른 성분(펙틴, 단백질 등)이 존재할 경우 정련도가 낮게 측정되는 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. I. R. Hardin and J. Kim, Colourage Annual, 43(2000).
2. Y. Li, and I. R. Hardin, Textile Chemists and Colorists, 29(1997).
3. AATCC Technical Manual, 2000.