

대나무-면 복합직물의 양이온화에 관한 연구

노영주 · 이신희[†]
경북대학교 의류학과

A Study of the Cationization of Bamboo-cotton Blended Fabric

Young-Ju Noh and Shin-Hee Lee[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University; Daegu, Korea

Abstract: Cellulose fiber is a material used in various fields. It is the most used type of fiber because of its excellent hygroscopicity and dyeability. Recently, as natural fiber materials have been highlighted due to the influence of eco-friendliness and well-being, bamboo fiber has become a commonly used eco-friendly fiber. Cellulose fibers are part of the -OH hydroxyl group, which means they are more chemically reactive than synthetic fibers. In this study, the cationization properties of bamboo-cotton blended fabrics cationized using CHPTAC (3-chloro-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride) in the PDC (padding-drying-curing) method were investigated. Various characteristics according to cationization were studied through elemental analysis, FT-IR (fourier-transform infrared spectroscopy) analysis, X-ray diffraction analysis, TGA (thermogravimetric) analysis, and SEM (scanning electron microscope) analysis. The nitrogen content of the cationized bamboo-cotton blended fabric increased with an increase in the concentration of the cationizing agent CHPTAC, and it was seen to be highly bound to cellulose molecules. As a result of the FT-IR analysis, both 100% pure cotton fabrics and CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics were seen to be typical cellulose. As a result of the X-ray diffraction analysis, both 100% pure cotton fabrics and CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics showed typical cellulose I structures. As a result of the X-ray diffraction analysis, both 100% pure cotton fabrics and CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics showed typical cellulose I structures. As the cationization progressed, micropores appeared on the surface of the blended fabric.

Key words: cellulose fiber (섬유소 섬유), bamboo fiber (대나무 섬유), cationization (양이온화), cationizing agent - CHPTAC (양이온화제 - CHPTAC), padding-drying-curing (침지-건조-열처리)

1. 서 론

셀룰로오스 섬유는 예로부터 많은 분야에 다양하게 이용되어 온 섬유로 염색이 비교적 쉽고, 구하기 쉬운 섬유소재로서 다양한 분야에 많이 사용되어져 왔다. 셀룰로오스 섬유의 대표격인 면, 마 등의 천연섬유 이외에도 화학적 공정으로 개질한 합성섬유와 재생섬유 등이 있다. 이들 셀룰로오스 섬유는 흡습성이나 염색성 등이 우수하고, 일상적인 환경에서의 물성과 안정성도 충분하므로 가장 보편적인 섬유로 사용되고 있다(Preston, 1986; Shore, 1995).

대나무의 응용은 오랜 역사를 가지고 있는데, 일상생활에서 식품용기, 완구용품, 가구, 악기, 종이 등 다양한 용도로 사용되어져 오고 있으며, 특히 제지용으로써 사용 되어진 역사는 길

다. 현재 섬유업계에서 사용 되어져 오고 있는 대나무섬유는 각종 공정처리과정에서 대나무가 함유하고 있는 본질 성분 등을 제거하고, 섬유 소재로써 직접 추출한 천연 대나무 섬유가 만들어지고 있다(Lee, 2003). 또한, 대나무섬유는 공급이 용이하고, 기계적 특성도 유리섬유에 견줄 만큼 튼튼한 섬유로 플라스틱의 물성 향상을 위한 보강섬유로서 활용되어져 왔다(Jo & Jo, 2016).

전 세계에서 대나무를 가장 많이 생산하고 있는 나라는 중국인데, 대나무 자원이 풍부해 광범위한 지역에서 자라고 있다. 대나무는 자란지 4-5년부터 섬유로써 활용이 가능하며, 성장도 매우 빨라 섬유원료로써의 활용가치가 매우 높아 경제적인 섬유에 속한다. 대나무를 이용한 섬유는 흡습성이 우수하고, 자외선 차단과 항균성과 소취기능이 뛰어나 의류직물로써 각광받고 있다. 또한 시원한 청량감이 있어 여름소재로써도 각광받는 섬유이다(Lee, 2003).

셀룰로오스 섬유는 -OH 수산기를 가지고 있으므로 합성섬유에 비하여 화학적 반응성이 우수하다. 직접, 반응성, 황화, 산화 및 건염염료 등에 의해 염색이 되지만, 염기성과 산성염료에 대해서는 거의 염착성을 가지고 있지 않다. 따라서 염색성을 부여하기 위해서는 화학적 개질에 의해 섬유기질 내에 염기

[†]Corresponding author; Shin-Hee Lee
Tel. +82-53-950-6221, Fax. +82-53-950-6219
E-mail: shinhee@knu.ac.kr

©2022 Fashion and Textile Research Journal (FTRJ). This is an open access journal. Articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성기 혹은 산성기의 도입이 필요하다(Park, 1997).

따라서 셀룰로오스 섬유에 양이온성을 부여하게 되면, 염색이 잘되는 등의 효과를 기대할 수 있다. 셀룰로오스 섬유의 양이온화는 대부분 셀룰로오스 분자에 아민기나 4급 암모늄기의 도입에 의해 이루어지는 것으로, 대나무 섬유의 다양화와 기능성 부여의 측면에서 최근에 그 중요성이 강조되고 있는 실정이다. 양이온화된 대나무직물은 산성염료로써 염색하는 것이 가능하게 되고, 반응성염료로 염색하게 될 경우에는 망초 및 알칼리가 없는 산성 혹은 중성에서도 고농도의 염착이 가능하게 된다(Kim & Lee, 2019; Park, 1997).

현재까지 발표된 셀룰로오스 섬유에 대해 이온성 부여를 고찰한 연구에는 키토산과 탄닌처리에 의한 황련염색직물의 염착 거동 변화(Ryu & Bae, 2018), 면직물의 젤라틴 전처리에 의한 소목염색의 염색성 향상(Lee & Jang, 2019), 다기능성 반응형 화합물을 이용한 면섬유의 기능성 가공에 관한 연구(Yoon, 2004), 반응형 음이온화제 처리 면직물에 대한 중금속 이온의 흡착특성(Kim et al., 2005), 디알데히드와 질소 포함 양이온제의 면 섬유 처리에 대한 연구(Yoon, 2016), 면직물의 음이온화에 관한 연구(Bae & Lee, 2018), 아민화 표면 처리된 면직물의 제독 성능 연구(Kim et al., 2020), 전처리로서 펄프의 양이온화 반응 및 이를 이용한 양이온성 셀룰로오스 나노피브릴의 제조(Im et al., 2020) 등이 있으며, 이온화 반응 후 염색성에 대해 고찰한 연구로는 아민화 면직물에 대한 직접염료의 염색성 연구(Sung, 1994), 카티온화 처리에 의한 면직물의 염색성 개선에 관한 연구(Park, 1997), 반응염료에 의한 면의 염색성 향상을 위한 카티온화제의 합성과 그 응용(Lee et al., 1998), 카티온화 면직물의 치자와 소목에 의한 혼합염색에 관한 연구(Sung, 2003), BTCA처리 면직물의 질소계양이온화제 첨가에 의한 염색성 향상에 관한 연구(Park & Ryu, 2000), 등이 보고되고 있으나 주로 면직물에 대한 양이온성을 부여한 후 염색성 개선에 관한 연구가 대부분으로 새로운 상품으로서의 부가가치가 높은 대나무섬유에 양이온화를 접목한 연구는 현재까지 미진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 셀룰로오스로 구성된 대나무-면 복합 직물에 양이온성을 부여하여 고기능성 가공으로서 응용 가능성을 고찰해 보았다. 대나무-면 복합직물의 양이온화는 3-chloro-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride(CHPTAC)를 양이온화제로 사용하여 비교적 간단하고 경제적인 pad-dry-cure 공법으로 실험을 진행하였다. 양이온화된 대나무-면 복합직물에 대해 원소분석, FT-IR분석, X-ray회절분석, 열중량분석(TGA), 그리고 SEM분석을 통하여 대나무-면 복합직물의 양이온화 특성을 고찰하였다.

2. 실험

2.1. 시료 및 시약

본 연구에 사용된 대나무-면 복합직물은 혼용률을 KS K

0210에 근거하여 분석한 결과, 경사와 위사가 각각 100% 대나무 재생섬유와 면섬유였다. 본 실험에 사용된 3-chloro-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride(CHPTAC)(Sigma-aldrich, USA), sodium hydroxide(NaOH)(Ducsan pure chemical Co., LTD, Korea), acetic acid(Duksan pure chemical Co., LTD, Korea) 등은 1급 시약으로 정제없이 사용하였다.

2.2. 대나무-면 복합직물의 양이온화

양이온화제 용액은 60% 수용액으로 이루어진 CHPTAC를 각각 0, 50, 100, 150 g/l와 CHPTAC 대비 수산화나트륨이 mol ratio 2.2:1로 구성된 혼합 용액이며, 각 농도에서 양이온화시킨 대나무-면 복합직물을 각각 CHPTAC-0, CHPTAC-50, CHPTAC-100, CHPTAC-150이라 하였다. 대나무-면 복합직물의 양이온화는 pad-dry-cure공정으로 진행하였다. padding은 mangle(Heung Shin Tester Co., HS-126, Korea)을 사용하여 양이온화제 용액이 100% pick up율이 되도록 하였으며, 양이온제의 안정적인 침투를 위해, 양이온화제 용액에 침지하기 전에 증류수에 30분 침지 후 사용하였다. padding된 각각의 대나무-면 복합직물은 5분간 자연건조 후 tenter(Hyunmin machine co., Korea)를 이용하여 115°C에서 4분간 curing하였다. curing된 대나무-면 복합직물을 1-2 g/l 아세트산 수용액에 1분간 침지하여 중화시킨 후 수세·건조하였다.

대나무-면 복합직물의 양이온화는 면과 대나무를 구성하고 있는 셀룰로오스 분자의 양이온화로 여러 반응이 동시에 일어나며, 그 반응기구는 Fig. 1과 같다. 셀룰로오스의 양이온화는 크게 2단계로 이루어지는데 첫 번째 단계는 3-chloro-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride(CHPTAC)의 Epoxypropyl trimethyl ammonium chloride이며, 두 번째 단계는 Epoxypropyl trimethyl ammonium chloride와 cellulose의 반응으로 Epoxy고리의 개환반응으로 양이온화된 셀룰로오스(Cationic cellulose)가 생성된다.

2.3. CHPTAC처리된 복합직물의 염색성 특성

복합직물의 CHPTAC처리에 의한 양이온화 특성을 확인하기 위하여 음이온성 염료인 Navy Blue 색상의 산성염료(Jacquard acid dyes, A626, Korea)를 이용하여 염색성을 고찰하였다. 액비 1:40, 염료와 황산 농도 각각 2 owf%, 황산나트륨 농도 1.5 owf%, 염색온도 및 시간을 90°C와 1시간으로 하여, IR-염색기(Korea Science, KS-W24, Korea)로 염색하였다. 염색특성은 염색된 시료를 CCM(X-rite Color-eye 7000A, Korea)으로 염착특성 K/S값을 측정하였다.

2.4. 측정 및 분석

대나무-면 복합직물의 양이온화 반응정도의 정량분석을 위해 원소분석기(ThermoFisher(Flash 2000), Italy)를 이용 질소함량을 분석하였으며, 양이온화 특성 확인을 위해 FT-IR(PerkinElmer(Frontier), USA)을 이용 4,000-500 cm^{-1} 범위에서 측정하였다.

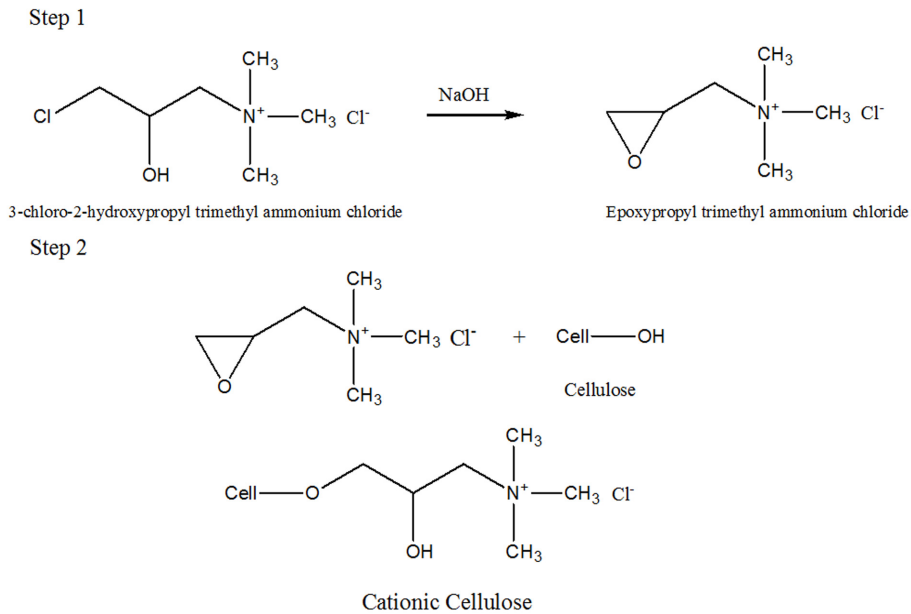


Fig. 1. Reactions of CHPTAC showing cationization of bamboo-cotton composite fabric(Khatri et al., 2013).

또한 셀룰로오스 분자의 결정구조 분석을 위해 X-ray (Panalytical (EMPYREAN), Netherlands) 회절분석을 하였다. 열적성질은 열중량분석기(TA Instruments (Discovery SDT 650)를 이용하여, 분석온도는 500°C까지 측정하였다. 시료의 표면 형성을 확인하기 위하여, 주사전자현미경(FE-SEM, Hitachi S-430 & EDX-350)을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 원소분석

본 연구에 사용된 양이온화제 CHPTAC는 질소를 함유하고 있으며, 이 양이온화제가 대나무-면 복합직물의 셀룰로오스와 결합하여 양이온화가 진행되는 경우, 이 질소에 의하여 양이온화를 나타내게 된다. 따라서 이 질소함량을 분석하면 대나무-면 복합직물의 상대적인 양이온화 정도를 알 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 2는 양이온화제 농도에 따른 양이온화된 대나무-면 복합직물의 질소함량을 나타낸 것이다. 질소함량분석에는 양이온화하지 않은 셀룰로오스 복합직물의 질소함량분석을 비교하기 위하여, 표준 면백포의 질소함량도 분석하였다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 양이온화에 따른 대나무-면 복합직물의 질소함량은 양이온화제 농도 증가와 함께 전반적으로 증가함을 알 수 있으며, 양이온화제 농도 100-150 g/l사이에서 평형에 도달한 것으로 보여진다. 이것은 양이온화제가 대나무-면 복합직물의 셀룰로오스와 결합에 기인한 것으로 판단된다(Bae & Lee, 2018).

3.2. CHPTAC 처리된 복합직물의 염색성 특성

Fig. 3은 CHPTAC 처리농도에 따른 염착량, K/S값을 나

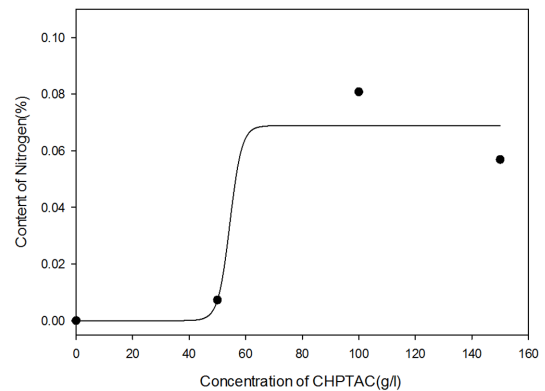


Fig. 2. Concentration of CHPTAC vs content of Nitrogen.

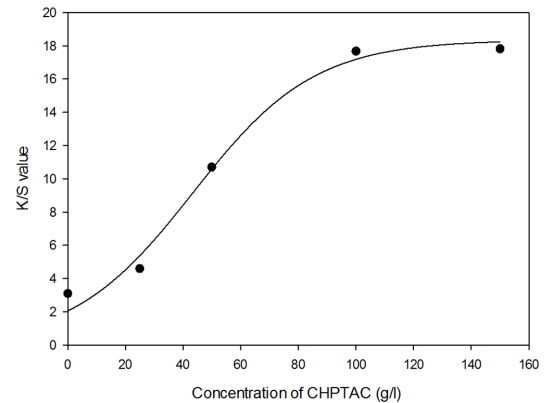


Fig. 3. Concentration of CHPTAC vs K/S value.

타낸 것이다. Fig. 3에서 알 수 있듯이, K/S값은 CHPTAC 즉 양이온화제 처리농도 증가와 함께 증가하다가 양이온화제

농도 100 g/l 이상에서는 평형에 도달하였다. 복합직물에 대한 산성염료의 염착은 복합직물의 양이온화에 기인한 염기기 즉 4 급 암모늄 도입에 기인한 것으로 판단된다. 염색성 결과는 Fig. 2의 양이온화제 처리 농도 100 g/l 이상에서는 양이온화 반응이 평형에 도달하여, 복합직물의 질소 함량이 평형에 도달한 결과와 일치함을 알 수 있다.

3.3. FT-IR 분석

양이온화시킨 대나무-면 복합직물의 양이온화 특성을 확인하기 위하여 FT-IR분석을 하였다. Fig. 4는 셀룰로오스 복합직물의 대조군인 100% 순면직물, CHPTAC-0 직물 및 CHPTAC-150 직물의 FT-IR분석 결과이다. 세 시료 모두에서 셀룰로오스 섬유들의 전형적인 특성인 약 3,330 cm^{-1} 에서 O-H간 강한 신축진동 흡수피크, 약 2,900 cm^{-1} 에서 C-H간 신축진동 흡수피크, 약 1,370 cm^{-1} 에서 C-H간 굽힘진동 흡수피크, 약 1,110 cm^{-1} 에서 셀룰로오스 고리의 C-O 신축진동 흡수피크, C-H간 굽힘진동 흡수피크 약 1,045 cm^{-1} 에서 지방족 제 1급 알콜의 C-O의 신축 및 O-H의 변각진동 흡수피크가 나타난 것으로부터 세 직물 모두 셀룰로오스계 섬유임을 확인할 수 있다(Dong et al., 2013; Zhang et al., 2015). 1,640 cm^{-1} 에서 나타난 작은 피크는 셀룰로오스 직물에 흡수된 물의 굽힘진동에 기인한 것으로 보인다(Das et al., 2010). 양이온화 유무에 따른 FT-IR의 거동의 차이는 CHPTAC-150 복합직물의 경우 양이온화를 하지 않은 직물인 100% 순면직물과 CHPTAC-0에서 나타났던 1,000 cm^{-1} 에서의 흡수피크가 양이온화 됨에 따라 사라지고, 또한 800 cm^{-1} 작은 흡수피크가 나타났는데 양이온화에 기인한 것으로 판단된다.

3.4. X-ray 회절분석

100% 순면직물, CHPTAC-0과 CHPTAC-150 복합직물의 양이온화에 따른 복합직물의 결정구조를 분석하기 위하여 X-ray 회절 분석을 하였다. Fig. 5는 이 직물들의 X-ray 패턴을 나타낸 것이다. 세 직물 모두에서 2 θ 가 14.9°, 16.5° 그리고 22.8°에서 각각 (-1 1 0)면, (1 1 0)면 그리고 (2 0 0)면의 주회절

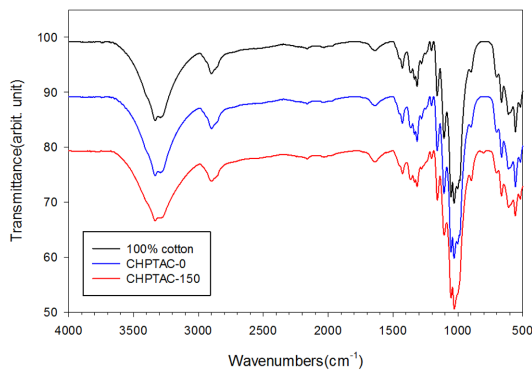


Fig. 4. FT-IR spectra of 100% cotton fabric, CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics.

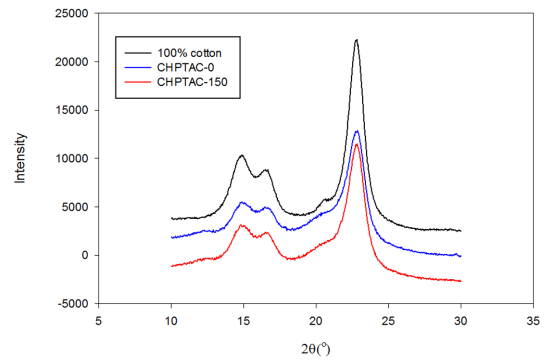


Fig. 5. XRD patterns of 100% cotton fabric, CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics.

피크를 나타내는 것으로부터 전형적인 셀룰로오스 I의 구조를 나타냄을 알 수 있다(Ma et al., 2016; Zhang et al., 2013).

한편, 100% 순면직물, CHPTAC-0과 CHPTAC-150 복합직물의 결정화도는 각각 73%, 51%, 60%였으며, 100% 순면직물이 대나무-면 복합직물보다 높은 결정화도를 나타내고 있다. 이것은 복합직물 제조에 사용된 재생 대나무 섬유가 재생섬유로 면섬유보다 낮은 결정화도에 기인한 것으로 판단된다. 양이온 유무에 따른 대나무-면 복합직물의 결정화도 변화는 양이온화한 복합직물(CHPTAC-150)에서 결정화도가 증가함을 알 수 있는데 이것은 대나무-면 복합직물의 양이온화를 위해 수산화나트륨 수용액에 침지하였는데 이때 대나무 재생섬유를 구성하고 있는 셀룰로오스의 비결정 영역이 제거되고 재결정화된 것에 기인한 것으로 판단된다(Öztürk et al., 2009).

3.5. 열중량분석(TGA)

100% 순면직물과 대나무-면 복합직물의 양이온화 유무에 따른 복합직물의 열적성질을 고찰하기 위하여 열중량분석기를 이용하여 25°C에서 500°C까지 온도 상승에 따른 무게 변화와 무게변화 온도를 보다 정확히 확인하기 위해 곡선의 미분 값인 즉 온도에 따른 시료 무게 감량값인 DW(Derivative weight %/°C)를 측정하였다(Kwon & Bae, 2017). Fig. 6의 (a)는 100% 순면직물과 대나무-면 복합직물의 양이온화 유무 직물에 대한 온도에 따른 직물의 무게변화를 나타낸 것이다. Fig. 6의 (a)에서 알 수 있듯이 온도상승에 따른 무게 감소는 3단계로 이루어진다. 초기단계인 온도 25°C에서 200°C까지의 무게 감소는 직물 표면의 수분과 셀룰로오스 내부 수분이 증발한 것에 기인한 것으로 판단되는데 100% 순면직물과 대나무-면 복합직물에서 각각 2.727%, 4.390% 감소하였다(Zhang et al., 2015). 100% 순면직물보다 대나무-면 복합직물에서 무게 감소가 많이 일어난 것은 대나무-면 복합직물이 면과 재생섬유인 대나무 섬유의 혼방직물이고 혼방 직물에 사용된 재생 대나무 섬유의 높은 수분율에 기인한 것으로 판단된다. 셀룰로오스 복합직물의 양이온화 유무에 따른 초기 온도 25°C에서 200°C까지의 무게 감소는 각각 4.390%와 4.463%로 양이온화에 따른 수분함량

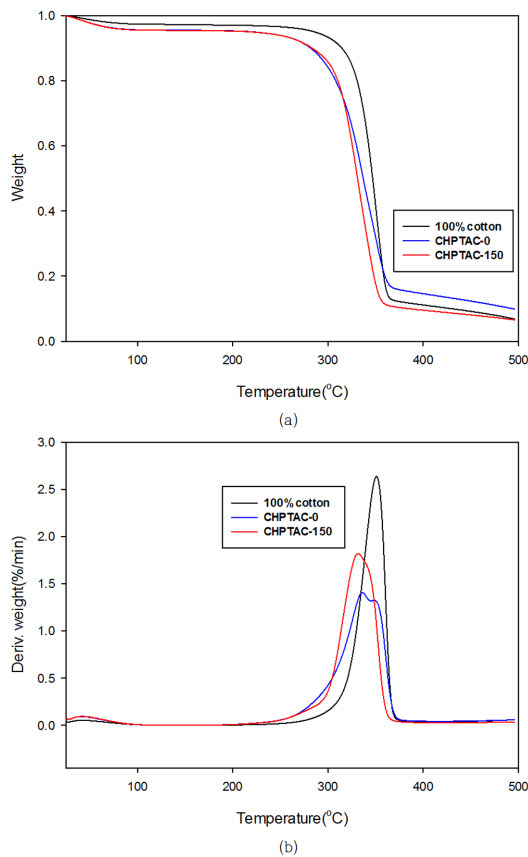


Fig. 6. TGA thermograms of 100% cotton fabric, CHPTAC-0 and CHPTAC-150 fabrics; (a) Weight loss, and (b) Deriv. weight loss.

의 변화는 거의 없는 것으로 나타나, 셀룰로오스의 수산기가 CHPTAC로 치환되더라도 CHPTAC내 극성기 존재로 수분함량의 변화가 없었던 것으로 생각된다.

세 직물 모두에서 온도 상승에 따른 무게감소가 급격히 일어나는 중간단계는 직물의 주성분인 셀룰로오스의 분해에 기인한 감소로 판단되며, 약 360°C 이후에서 일어나는 무게 감소는 부분적으로 분해된 셀룰로오스의 산화에 기인한 것으로 판단된다. TGA에서 중간단계가 실제 직물들의 분해에 기인한 것으로 판단되는데 Fig. 6에서 알 수 있듯이 100% 순면직물 경우 분해 시작 온도가 가장 높으며, 분해도 짧은 시간에 급격하게 일어나는 것을 알 수 있다. 대나무-면 복합직물의 경우 양이온화 유무와 무관하게 분해는 100% 순면직물보다 낮은 온도에서 시작되었으며, 분해속도는 양이온화시킨 대나무-면 복합직물 즉

CHPTAC-150에서 빠르게 일어남을 알 수 있다. 또한 직물의 분해로 판단되는 중간단계의 주 무게감소(main weight loss)는 100% 순면직물보다는 대나무-면 복합직물에서, 양이온화시킨 대나무-면 복합직물(CHPTAC-150)보다는 양이온화하지 않은 대나무-면 복합직물(CHPTAC-0)에서 현저하게 넓은 온도 범위 내에서 분해로 인한 무게 감소, 즉 분해속도가 느리게 진행됨을 알 수 있다. 이 차이는 이들 직물의 결정화도의 차이와 양이온화 반응 전·후에 셀룰로오스의 형태변화에 기인한 것으로 판단된다(Zhang et al., 2015). Table 1은 TGA에서 나타내어지는 열분해 특성온도를 정리한 것이다.

한편 Fig. 6의 (b)는 100% 순면직물과 대나무-면 복합직물의 양이온화 유무 직물에 대한 온도에 따른 DW를 나타낸 것이다. Fig. 6의 (a)와 Table 1에서 알 수 있듯이 100% 순면직물이 가장 높은 온도에서 분해가 시작되고, 최고 분해속도를 나타내는 온도도 가장 높았다. 이것은 100% 순면직물이 대나무-면 복합직물보다 결정화도가 높은 것에 기인한 것으로 판단된다. 대나무-면 복합직물의 양이온화에 따른 DW는 전체적인 분해 거동은 유사하나 양이온화시킨 셀룰로오스 복합직물(CHPTAC-150)이 CHPTAC-0보다 높은 온도에서 분해가 시작되며, 최고 분해속도를 나타내는 온도와 분해가 종료되는 온도가 낮게 나타남을 알 수 있다. 대나무-면 복합직물의 경우 100% 순면직물과는 달리 DW가 폭넓게 나타나거나 이중피크를 나타내는데 이것은 대나무-면 복합직물이 단일성분이 아니고 면섬유와 대나무섬유가 혼합된 복합직물인 것에 기인한 것으로 판단되며, 특히 이중피크에서 고온 측에 나타난 최고 분해속도 온도는 349°C로 100% 순면직물의 351°C와 거의 같은 것으로 면섬유에 기인한 것으로 판단된다.

3.6. SEM 분석

Fig. 7은 대나무-면 복합직물의 양이온화 유무에 따른 주사 전자 현미경(SEM: Scanning Electron Microscope)사진이다. SEM사진에서 대나무-면 복합직물의 양이온화시킨 직물은 CHPTAC-0, CHPTAC-50, 그리고 CHPTAC-150 복합직물이다. Fig. 7의 배율 100에서 알 수 있듯이 양이온화 유무에 관계없이 가로 방향의 실에서 면섬유의 특성인 리본 라이크(ribbon like) 구조를 보이는 것으로부터 대나무-면 복합직물은 가로 방향의 실은 면섬유인 것으로 판단되며 혼용률 분석결과와 일치한다. 양이온화 유무에 따른 표면형상을 고찰하기 위하여 배율 500로 확대하여 고찰하였다. 양이온화를 시키지 않은 직물에서는 섬유 표면이 매끈하게 나타났으나 양이온화를 시킨 소재에

Table 1. Thermal degradation data of cotton fabric and cellulose complex fabric

Samples	$T_s(^{\circ}C)$	$T_m(^{\circ}C)$	$T_t(^{\circ}C)$	$T_i(^{\circ}C)$	Residual mass (400°C)/%
Cotton fabric	330	351	367	37	11
Cellulose complex fabric (non cationization)	305	336	363	58	15
Cellulose complex fabric (cationization at condition 150)	307	332	356	49	10

T_s is the initial decomposition temperature; T_m is the maximum decomposition temperature; T_t is the terminal decomposition temperature; $T_i(T_t - T_s)$ is the decomposition interval.

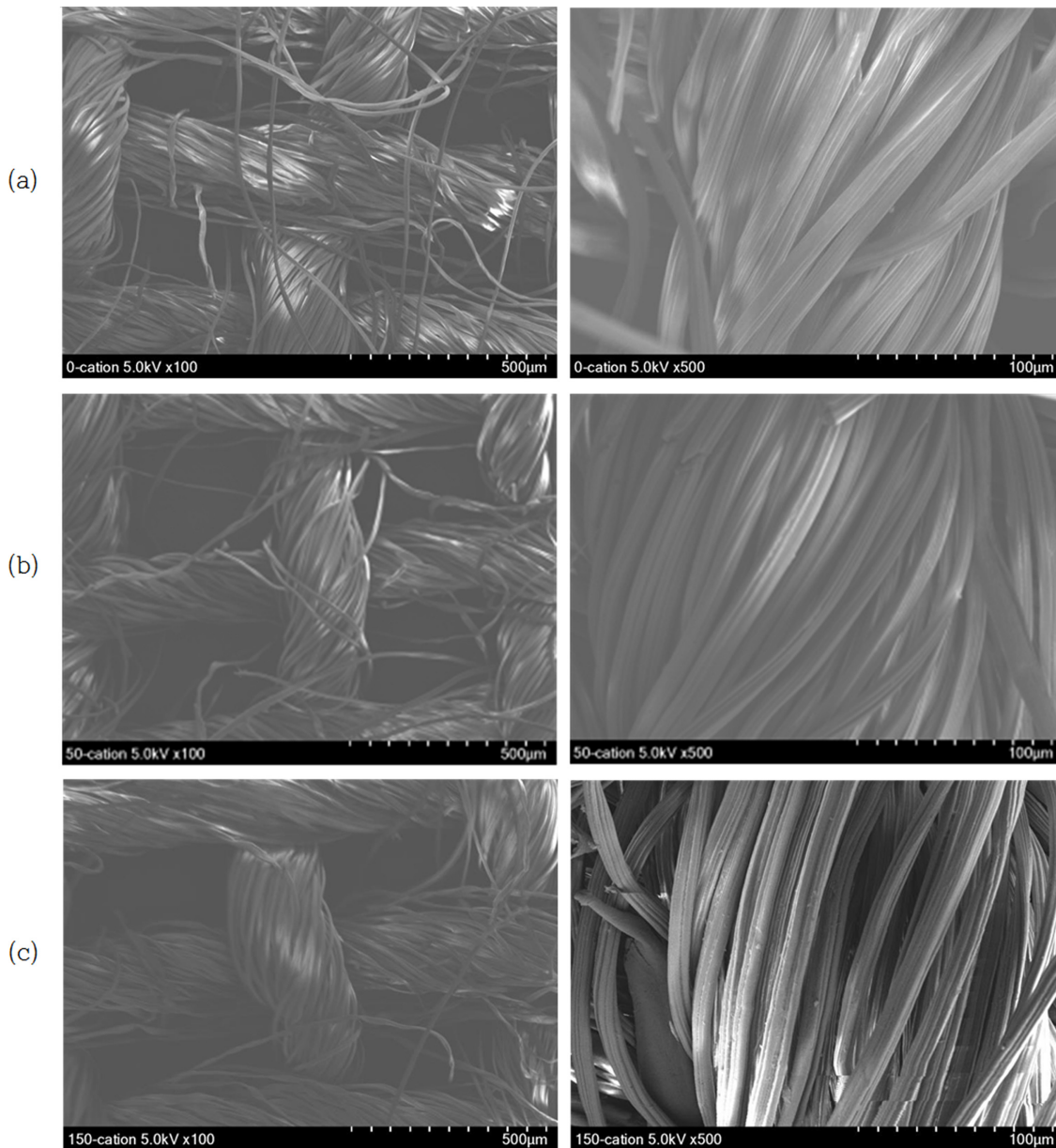


Fig. 7. SEM images bamboo-cotton composite fabric and cationized bamboo-cotton composite fabric; (a) CHPTAC-0, (b) CHPTAC-50, and (c) CHPTAC-150.

서는 표면에 미세 기공 혹은 불균일한 것처럼 보이는데 이것은 양이온화에 기인한 것으로 판단된다(Khatri et al., 2013).

4. 결 론

본 연구에서는 PDC방식으로 CHPTAC를 사용하여 양이온화 시킨 대나무-면 복합직물의 양이온화 특성을 고찰하였다. 원소 분석, FT-IR분석, X-ray회절분석, TGA분석, SEM분석 등을 통하여 양이온화에 따른 제 특성 고찰하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 양이온화제 CHPTAC농도 증가와 함께 양이온화된 대나무-면 복합직물의 질소함량과 산성염료에 의한 염색성은 증가하였으며 양이온화제 농도 100-150 g/사이에서 평형에 도달하였다.
2. FT-IR분석 결과 100% 순면직물과 CHPTAC-0과 CHPTAC-150직물 모두가 전형적인 셀룰로오스임을 알 수 있었으며 양이온화 유무에 따른 FT-IR의 거동의 차이는 CHPTAC-150 복합직물의 경우 양이온화를 하지 않은 직물인 100% 순면직물과 CHPTAC-0에서 나타났던 $1,000\text{ cm}^{-1}$ 에서의 흡수피크가 양이온화 됨에 따라 사라지고 또한 800 cm^{-1} 작은 흡수피크가 나타났다.

3. X-ray회절분석 결과 100% 순면직물과 CHPTAC-0과 CHPTAC-150직물 모두 전형적인 셀룰로오스 I의 구조를 나타내었으며 결정화도는 각각 73%, 51%, 60%로 100% 순면직물이 대나무-면 복합직물보다 높은 결정화도를 나타내었다. 한편 양이온화 유무에 따른 결정화도는 양이온화된 CHPTAC-150직물이 CHPTAC-0직물 보다 높은 결정화도를 나타내었다.

4. 열중량분석(TGA) 결과 온도상승에 따른 무게 감소는 대나무-면 복합직물보다 100% 순면직물이 높은 온도에서 급격하게 일어났으며 양이온화 유무에 따른 무게 감소는 거의 없는 것으로 나타났다. 대나무-면 복합직물의 DW(derivative weight %/°C)는 100% 순면직물 보다 온도 범위가 넓은 범위에서 나타나거나 이중피크를 나타내었다.

References

- Bae, D. K., & Lee, T. J. (2018). A study on the anionization of cotton fabric. *Textile Coloration and Finishing*, 30(1), 29-30. doi:10.5764/TCF.2018.30.1.29
- Das, K., Ray, D., Bandyopadhyay, N. R., & Sengupta, S. (2010). Study of the properties of microcrystalline cellulose particles from different renewable resources by XRD, FTIR, Nanoindentation, TGA and SEM. *Journal of Polymers and the Environment*, 18, 355-363. doi:10.1007/s10924-010-0167-2
- Dong, C. H., Zhang, H. G., Pang, Z. Q., Liu, Y., & Zhang, F. L. (2013). Sulfonated modification of cotton linter and its application as adsorbent for high-efficiency removal of lead(II) in effluent. *Bioresource Technology*, 146, 512-518. doi:10.1016/j.biortech.2013.07.108
- Im, W. H., Park, S. Y., Yook, S. Y., Goo, S. I., Lee, H. L., & Youn, H. J. (2020). Cationization of pulp fibers as pretreatment and preparation of cationic cellulose nanofibrils. *Journal of Korea TAPPI*, 52(1), 45-54. doi: 10.7584/JKTAPPI.2020.02.52.1.45
- Jo, Y. B., & Jo, D. H. (2016). Water treatment effect of bamboo fiber on the mechanical properties, impact strength, and heat deflection temperature of bamboo fiber/PLA biocomposites. *Journal of Adhesion and Interface*, 17(3), 96-103. doi.org/10.17702/jai.2016.17.3.96
- Khatri, Z., Mayakrishnan, G., Hirata, Y., Wei, K., & Kim, I. S. (2013). Cationic-cellulose nanofibers: Preparation and dyeability with anionic reactive dyes for apparel application. *Carbohydrate Polymers*, 91, 434-443. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.08.046
- Kim, C. K., Kwon, W., & Jeong, E. G. (2020). Detoxification properties of surface aminated cotton fabric. *Textile Coloration and Finishing*, 32(2), 73-79. doi:10.5764/TCF.2020.32.2.73
- Kim, H. Y., & Lee, S. H. (2019). Natural dyeing of cationic-modified new rayon (cocell) fabric - Gallnut. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(3), 356-362. doi:10.5805/SFTI.2019.21.3.356
- Kim, M. K., Yoon, S. H., Kim, T. K., & Lim, Y. J. (2005). The adsorption properties of heavy metal ions on to cotton fabrics treated with reactive anionic agent. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 17(1), 20-29.
- Kwon, S. G., & Bae, D. G. (2017) A study on the sulfonation of persimmon. *Textile Coloration and Finishing*, 29, 69-76. doi:10.5764/TCF.2017.29.2.69
- Lee, J. I. (2003). Bamboo fiber. *Fiber Technology and Industry*, 7(3), 359-363.
- Lee, J. Y., & Jang, J. D. (2019). Improving the dyeability of cotton fabric with caesalpinia sappan through pretreatment with gelatin. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(4), 509-514. doi:10.5805/SFTI.2019.21.4.509
- Lee, Y. W., Jung, Y. S., Son, E. J., & Kim, J. W. (1998). Preparation of cationic agent and its application for improved dyeability of cotton. *Textile Science and Engineering*, 35(9), 577-583.
- Ma, W., Meng, M., Yan, S. M., & Zhang, S. F. (2016) Salt-free reactive dyeing of nbtaine-modified cationic cotton fabrics with enhanced dye fixation. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24, 175-179. doi:10.1016/j.cjche.2015.07.008
- Öztürk, H. B., Potthast, A., Rosenau, T., Abu-Rous, M., MacNaughtan, B., Schuster, K. C., Mitchell, J. R., & Bechtold, T. (2009). Changes in the intra- and inter-fibrillar structure of lyocell (TENCEL) fibers caused by NaOH treatment. *Cellulose*, 16, 37-52. doi:10.1002/masy.200900027
- Park, E. K., & Ryu, H. S. (2000). A study on improving the dyeability of BTCA treated cotton fabrics containing nitrogenous cationic additives. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*. 24(6), 819-827.
- Park, S. J. (1997). *A study on the improvement of dyeing property of cotton fabric by cationization treatment*. Unpublished master's thesis, Kyungil University, Kyungsan.
- Preston, C. (1986). *The dyeing of cellulosic fibres*. West Yorkshire: Dyers Company Publications Trust
- Ryu, S. J., & Bae, H. S. (2018). Changes in the adsorption behavior of coptidis rhizoma dyed fabrics by chitosan and tannin treatment. *Fashion & Textile Research Journal*, 20(2), 210-218. doi:10.5805/SFTI.2018.20.2.210
- Shore, J. (1995). *Cellulosics dyeing*. West Yorkshire: Society of Dyers and Colourists
- Sung, W. K. (1994). Dyeing properties of aminated cotton fabric with direct dyes. *Research Review Kyungil University*, 10(1), 269-276.
- Sung, W. K. (2003). A study on the combination dyeing of cationized cotton fabrics with gardenia and sappan wood. *Fashion & Textile Research Journal*, 5(1), 82-88. doi:10.5805/SFTI.2003.5.1.82
- Yoon, E. J. (2016). *Study on dialdehyde and N-containing cationic agent treatment on cotton*. Unpublished master's thesis, Soongsil University, Seoul.
- Yoon, S. H. (2004). *Functional finishing of cellulosic fibers with novel reactive compound*. Unpublished doctoral dissertation, Kyungpook National University, Daegu.
- Zhang, F. L., Pang, Z. Q., Dong, C. H., & Liu, Z. (2015). Preparing cationic cotton linter cellulose with high substitution degree by ultrasonic treatment. *Carbohydrate Polymers*, 132, 214-220. doi:10.1016/j.carbpol.2015.06.055
- Zhang, F. L., Ren, H. W., & Li, J. P. (2013). Study of the structural properties of microcrystalline cellulose (MCC) particles from distillers grains(DG) by XRD, FTIR and SEM. *Applied Mechanics and Materials*, 1, 295-298, 339-344. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.295-298.339

(Received March 09, 2022; 1st Revised March 29, 2022;
2nd Revised April 15, 2022; 3rd Revised April 19, 2022;
Accepted April 21, 2022)