한국염색가공학회지 제22권 제4호 2010년
〈연구논문〉

Textile Coloration and Finishing
Vol. 22, No. 4, 2010

기모공정에 따른 나노은입자함유 경편성물의 제품 특성에 관한 연구

손은종† · 정성훈[1] · 황영구[2] · 정현미[3]

부천대학 섬유비즈니스과, [1]한양대학교 응용화공생명공학부, [2]덕산엔터프라이즈(주), [3]한양여자대학

Effect of Raising Process of Warp-knitted Fabric Containing Silver Nano-particles

Eun-Jong Son†, Sung-Hoon Jung[1], Young-Gu Hwang[2] and Hyun-Mi Jung[3]

Department of Textile Business, Bucheon University, Bucheon, Korea
[1]Division of chemical and Bio. Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea
[2]Duck San Enterprise Co. Ltd, Seoul, Korea
[3]Department of Textile Design, Hanyang Women's University, Seoul, Korea

(Received: September 7, 2010/Revised: October 4, 2010/Accepted: October 19, 2010)

Abstract— This study was aimed to investigate the antibacterial efficiency of silver nano-particles and the dyeing properties of a brushed warp-knitted fabric. The properties of the brushed warp-knitted fabric containing silver nano-particle by field production processes were evaluated by analyzing its silver contents, antibacterial activity, color difference, exhaustion curve, fastness and tearing strength. Bacterial reduction ratio amounts to 91.4 and 99.9 for Staphylococcus aureus and Klebsiella pneumoniae respectively. As the brushed pile length of its fabrics is longer, the exhaution rate of disperse dye becomes higher. The brushing process of its fabrics reduces the tearing strength. The results indicate that the brushed warp knitted fabric containing silver nano-particle can be a practically promising product.

Keywords: *silver nano-particles, brushed warp-knitted fabrics, brushing process, antibacterial activity*

1. 서 론

항생제가 출현하기전까지 실버는 실버금속입자(metallic silver), 은질산염(silver nitrate), 실버설파디아진(silver sulfadiazine) 형태로 상처치료 혹은 박테리아 감염 치료에 사용되어 왔다. 최근 나노기술의 등장으로 금속을 나노크기로 제조가능함에 따라 해당 금속의 물리적, 화학적, 광학적 특징을 현저하게 발전시키게 되었다. 이런 기술개발에 맞추어 나노은입자도 다양한 분야에서 항균제로 각광을 받게 되었다[1].

나노은입자를 바인더를 사용하여 면직물에 처리하여 내구성 있는 항균가공을 시도한 바 있고 또한 내구성 있는 항균성 부여을 위해서 나노은입자농도가 50ppm이 효과적임을 보고한다[2]. 나노은입자가 함유된 면직물을 염색할 경우에 항균효과와 색상변화에 관해 시도된바 있다[3]. 폴리에스테르섬유표면에 마그네트론증착법(magnetron sputtering)을 사용하여 나노은입자가공을 통해서 다기능을 갖는 폴리에스테르섬유제조를 시도한 바 있다[4]. 대나무숯과 이산화티탄을 담체로 나노은입자를 함유시켜 부직포와 탄소섬유에 적용하여 내구성있는 항균효과가 있음을 보고한바 있다[5]. 나노금속입자를 폴리에스테르직물에 가공하여 심색화와 견뢰도향상을 보고한 바있다[6]. 은나노입자가 함유된 안경수건과 함유되지 않은 안경수건의 안경 크리닝에 따른 세균수의 감소에 관한 실용적인 연구도 보고된 바 있다[7].

은나노입자을 함유한 폴리우레탄 나노섬유매트의 제조에 관한 보고[8], 은나노용액을 사료로 사용하여 은나노입자가 함유된 천연실크 제조 방법도 보고[9]된바 있다. 한편 경편성물은 신축성, 통기성, 유연성, 구김안정성이 우수하여 그 수요가 급속도로 성장하였으며, 앞으로도 성장가능성이 매우 큰 분야이다. 경편파일원단이란 트리코트라는 경편 원단의 응용 제품으로써 최종용도는 담요 등의침장류, 가방 및 가구용 재료, 그리고 완구와 유아용품에 이르기까지 수많은

†Corresponding author. Tel.: +82-32-610-3328; Fax.: +82-32-610-3225; e-mail: eunjong@bc.ac.kr
ⓒ2010 The Korean Society of Dyers and Finishers 1229-0033/2010-12/356-361

www.kci.go.kr

생활용품의 소재로 활용되고 있다. Fig. 1에 경편파일원단의 일반 생산공정 및 샘플링포인트를, Fig. 2에 기모경편성물의 조직설계도를 나타내었다. 최근에는 의류용 외에도 조직의 응용정도에 따라서 가볍고 부드러운 토목 및 건축 산업자재용, 의료용품에 이르기까지 경편성물에 대한 관심이 더욱 높아지고 있는 실정이다[10].

본 연구에서는 다양한 용도전개가 가능한 경편성물제조 원사로 나노은입자를 함유한 원사를 사용하여 다기능의 기모경편성물을 개발함에 있다. 파일 니트 원단 생산에 있어 기모공정은 기모기의 침포와이어에 의해 경편니트원단의 표면 루프를 절단해서 표면에 부드러운 파일을 생산하는 공정으로 일반적인 기술의 하나이다. 국내에서는 경편원단에 기모공정을 적용하여 관련 기모된 경편니트원단을 상용화하였고, 많은 양을 수출하고 있다. 하지만 나노 무기미립자를 함유한 원사로 제조된 경편원단에 기모공정을 적용하여 기모 전·후의 기능성의 특성발현에 미치는 영향 및 기모된 경편 원단의 염착특성, 상품화전개를 위한 가능성에 관한 논문은 거의 전무한 상황이다.

본 연구에서는 나노은파우더을 함유한 원사를 이용한 경편니트원단을 제조하여, 생산공정에 있어 기모공정 전·후, 기모 길이에 따라 은함유량 및 항균 특성변화, 제반견뢰도특성, 기모길이에 따른 염료흡진특성의 변화를 고찰하여 상품으로서의 전개가능성을 고찰하여 보았다.

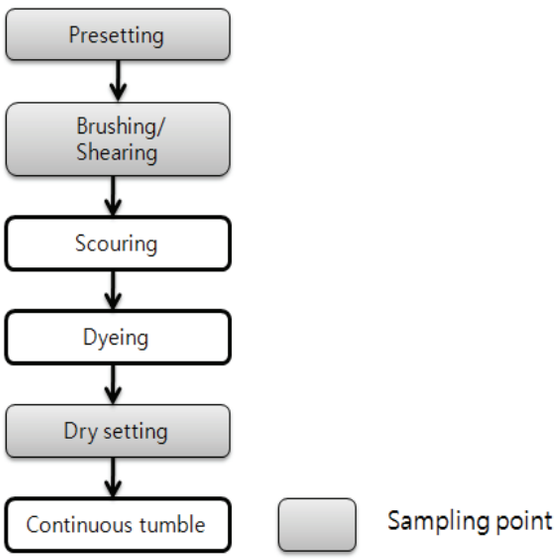

Fig. 1. Schematic of production processes of a raised warp-knitted fabric containing silver nanoparticle.

2. 실 험

2.1 시료

실험에 사용한 나노은입자함유 원단은 (주)엠피텍[서울시 성동구 행당동 소재]에서 나노은함유 마스터배치를 공급받고 (주)휴비스[대전광역시 소재]에서 방사하여 (주)신창무역[경기도 양주시 소재]에서 편직공정, 기모공정, 염색공정 원단을 공급받아 실험에 사용하였다. Table 1에 실험에 사용한 시료사양을 나타내었다.

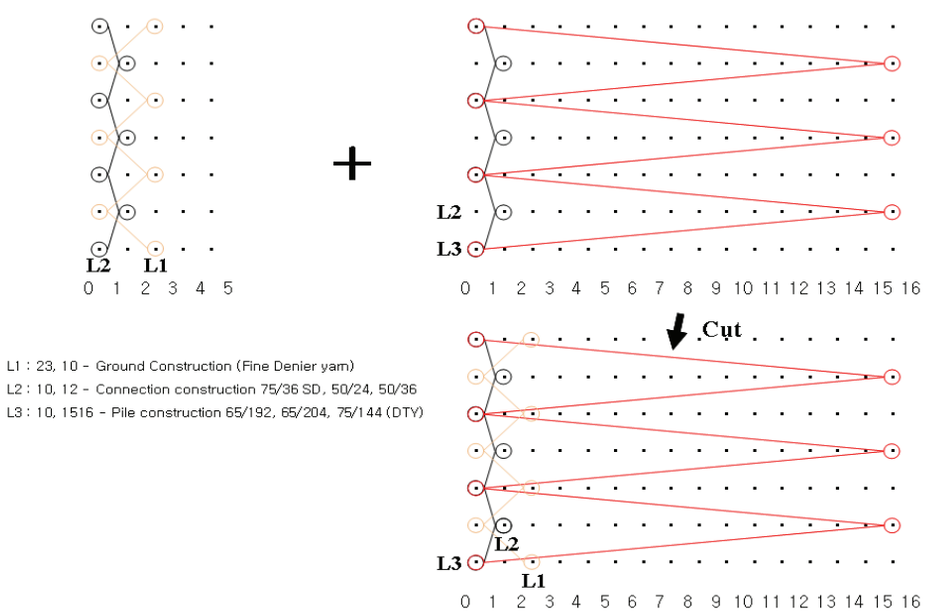

Fig. 2. The construction of warp-knitted pile fabrics.

www.kci.go.kr

Table 1. Sample specification

No.	Sample Specification
G2	Greige, Polyester 100%, 380g/yds
G3	Greige, Polyester 100%, 400g/yds
G5	Greige, Polyester 100%, 450g/yds
P2	Pile Knit (brushed pile length : 2mm) Polyester 100%, 380g/yds
P3	Pile Knit (brushed pile length : 3mm) Polyester 100%, 400g/yds
P5	Pile Knit (brushed pile length : 5mm) Polyester 100%, 450g/yds
D2	EF 2 mm VELBOA Nano L/PinkPolyester 100% width 58/60in. (152cm) weight 380g/yds
D3	EF 3 mm VELBOA Nano L/BluePolyester 100%width 58/60in. (152cm) weight 400g/yds
D5	EF 5 mm VELBOA Nano D/PinkPolyester 100%width 58/60in. (152cm) weight 450g/yds

2.2 은함유량 측정

나노은입자함유 경편성물의 기모공정 전과후, 염색공정후의 원단에 잔유되어 있은 은함유량의 변화를 관찰하기 위해서 시료를 산가수분해로 전처리한 후 ICP-SPECTRO Anayzer(Jovin-Yvon, ULTIMA II)를 사용하여 은함유량을 정량분석하였다.

2.3 항균성 시험

항균성 조사는 KS K 0693 방법에 의해 균감소율을 조사하였으며 사용된 균주는 공시균으로 그람양성세균인 황색포도상구균(Staphylococcus aureus AATCC 6538)과 그람음성세균인 폐렴균(Klebsiella pneumoniae AATCC 4352)을 사용하였다.

2.4 염색성 측정

염색된 기모경편성물은 색차계(Color-Eye 3000, Macbeth, USA)를 이용하여 D65 광원, 10° 시야조건에서 염색직물의 표면반사율을 얻었다. 최대흡수파장에서의 표면반사율로부터 얻은 K/S값을 표면염착량으로 평가하였다.

2.5 염착곡선 작성

기모길이에 따른 시료의 염착곡선의 작성 Dye-o-meter(모델 Dyemax-L, Dtetex Co. 제조, Korea)을 위해 염료의 흡진량을 측정하였다. 흡진율은 등흡수파장에서 계산하였다. 염색공정은 분산염료 Synolon red K-BLS 5%(경인양행제조), 분산제(신영화성㈜, PE-300), 초산(덕산화학㈜, 일반 시약급)을 사용하였고, 시료무게는 각각 11g, 액비 1:50 으로 40℃에서 승온(1℃/min)하여 130℃×60분 염색하고 냉각(70℃)하면서 측정하였다.

2.6 염색견뢰도 측정

염색된 기모 경편성물의 세탁견뢰도는 세탁시험기를 사용하여 (Launder-Ometer)를 사용하여 KS K ISO 105-C01:2007에 따라 측정하였다. 이때 세제는 표준세제 대신 시판 중성세제를 사용하였으며 변퇴색 판정용 그레이 스케일과 오염 판정용 스케일을 사용하여 등급을 평가하였다. 마찰견뢰도는 KS K 0650:2006 에 따라 측정하였다. 일광견뢰도는 KS K ISO 105-B02:2005에 따라 일광견뢰도시험기(ATLAS Ci-4000, USA)를 사용하여 일정시간 광조사 후 일광견뢰도 등급을 평가하였다.

2.7 인열강도 측정

인열강도는 KS K 2261에 따라 인열강도시험기(Elmendorf's tearing strength tester, Yamaguchi Science Industry Co., Japan)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기모 및 염색공정중에 은 함유량의 변화 관찰

Fig. 3 에 기모공정 전·후 및 염색공정 후의 나노은 함유량의 변화를 나타내었다. ICP-OES을 사용하여 샘플을 산가수분해하여 측정하였다. 생지상태원단, 기모공정후 원단, 염색공정후 원단 중에 은함유량을 관찰하였다. 기모공정후에는 은함유량이 6.4%(6.5 mg/kg)에서 14.0%(20.5 mg/kg)까지 감소함을 관찰하였다. 염색공정후에는 15.1%(15.3 mg/kg)에서 46.0%(66.6 mg/kg) 까지 은함유량이 감소함을 관찰하였다. 즉 공정이 진행됨에 따라 기모길이에 상관없이 은 함유량이 감소함을

www.kci.go.kr

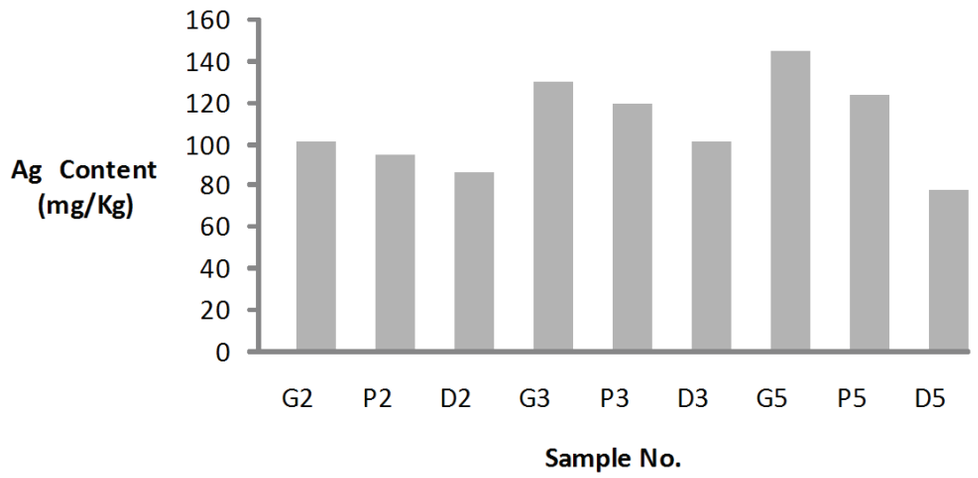

Fig. 3. Variation of Ag content according to raising and dyeing treatments of the warp knitted fabrics.

관찰할 수 있었다. 기모공정보다는 염색공정중에 은함유량이 많이 감소함을 관찰할 수 있었다. 또한 기모길이가 증가함에 따라 은함유량의 감소가 다소 증가함을 확인 할 수 있었다. 이는 기모공정에서는 기모침포에 의해 함유된 나노은파우더(nano silver powder)가 상해를 입어 탈락되고, 염색공정중에는 염색기와 피염물의 물리적 충격 및 염욕액에 의해서 은 파우더 입자의 탈락이 발생했을 것이라고 추측된다. 하지만 유효항균성 발휘를 위한 최소한의 농도로 알려진 50ppm[2]보다는 많이 잔유된 것으로 고찰되었다.

3.2 기모공정 및 염색공정 후에 항균성 변화 관찰

Table 2에 기모공정 및 염색공정후의 경편니트 직물의 황색포도상구균과 폐렴쌍구균에 대한 시료의 항균성의 변화를 관찰하였다. G2, G3, G5, P2, P3, P5 즉 기모공정 전 생지와 기모후의 시료에서의 항균성은 2개 균주 모두 99.9%의 항균성을 보임을 관찰할 수 있었다. 기모공정후에 은입자함유량의 감소가 있었지만 유효한 항균성을 발휘할 수 있음을 관찰할 수 있다. 염색후의 시료 D2, D3, D5 에서도 2개 균주 모두 유효한 항균성을 갖음을 확인할 수 있다. 기모시료에는 78 - 101ppm까지 나노은입자을 함유하고 있음을 확인할 수 있다. 염색된 시료(D5)의 경우도 78ppm정도 함유하고 있으나 항균성 모두 98% 이상을 나타내고 있음을 확인할 수 있었고 유효한 항균력을 갖음을 확인 할 수 있다. 이는 이전 연구결과인 유효항균성 발휘를 위한 최소한의 농도로 알려진 50ppm[2]이라는 결과와도 일치되는 것으로 관찰되었다.

Table 2. Variation of antibacterial activity according to raising and dyeing treatments of the warp knitted fabrics

No.	Bacterial reduction ratio(%)	
	AATCC 6358 (Staphylococcus aureus)	AATCC 4352 (Klebsiella pneumoniae)
G2	99.9	99.9
P2	99.8	99.9
D2	96.3	99.8
G3	99.9	99.9
P3	99.9	99.9
D3	91.4	99.8
G5	99.9	99.9
P5	99.8	99.9
D5	98.3	99.8

3.3 기모길이에 따른 염색성 관찰

나노은입자가 함유된 경편성물의 기모길이에 따른 염색성의 영향을 관찰 위해 동일 조건에서 염착성을 관찰하여 보았다. Fig. 4은 기모공정후의 경편성물의 염착곡선을 나타낸다. Fig. 4에서 염색초기에는 기모길이에 따른 시료의 염착량에 큰 변화가 없음을 확인할 수 있다. 염색시간 80분 후에는 기모길이가 긴 것이 염착량이 많음을 확인 할 수 있다. 이는 기모길이의 증가에 따른 염액과의 접촉횟수의 증가와 이에 따른 염착량이 증가 할 것이라는 것을 예측할 수 있다. 또한 앞선 연구결과인 나노실버로 후가공하였을 경우가

www.kci.go.kr

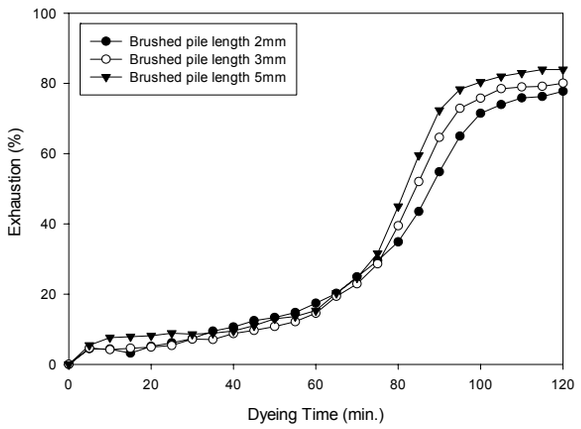

Fig. 4. Exhaustion curve of warp-knitted pile fabric according to brushed pile length.

나노실버에 의한 심색효과가 있음을 보고한 연구결과[6]와도 일치함을 확인할 수 있었다.

3.4 기모길이에 따른 염색된 시료내 색차에 대한 관찰

상품으로의 전개가능성을 위해 기모길이에 따라 염색된 기모경편성물의 롯트내 색차를 측정하였다. 동일 시료에서 서로 다른 세 개의 위치에서의 각각 세 번의 측정을 통해 평균값으로 환산하여 측정값을 Table 3에 나타내었다. 일반적인 품질기준범위인 (△E<1.0)에 들어옴을 확인 할 수 있었고 이를 통해 상품화전개에 관한 가능성을 확인 할 수 있었다.

Table 3. Color difference of warp-knitted pile fabrics according to brushed pile length

	K/S	L*	a*	b*
D2	0.2957	77.37	7.7	1.61
	0.2889	77.59	7.74	1.48
	0.2637	78.51	7.59	1.64
D3	0.4213	72.16	-1.25	6.42
	0.4690	70.85	-1.19	-6.46
	0.4883	70.30	-1.10	-6.44
D5	10.5424	44.34	52.55	-4.86
	9.5945	44.85	51.41	-5.05
	10.8875	43.82	52.16	-4.87

3.5 세탁견뢰도, 마찰견뢰도, 일광견뢰도 특성

Table 4에 나노사이즈 은함유 기모 경편성의 염색된 원단의 세탁견뢰도, 마찰견뢰도, 일광견뢰도의 값을 측정하여 나타내었다. 상품화에 있어 가장 중요한 인자로 활용되는 세탁오염견뢰도, 변퇴세탁견뢰도, 마찰견뢰도(건·습포함) 5급을 나타내었으며, 일광견뢰도에 있어서는 4급을 나타내었다. 세탁견뢰도, 마찰견뢰도, 일광견뢰도 모두 품질기준에 만족함을 확인할 수 있었다. 이 또한 나노실버가 견뢰도 향상을 가져온다는 연구결과[6]와도 일치함을 관찰할 수 있다.

3.6 기모공정에 따른 인열강도 측정

기모공정에 따른 인열강도값의 변화를 관찰하여 Fig. 5에 나타내었다. 기모공정전의 생지원단의 인열강도값 기준으로 공정이 진행됨에 따라 인열강도값이 감소함을 확인할 수 있다. 웨일방향으로는 11%에서 31% 정도의 인열강도 감소를 관찰 할 수 있다. 코스방향으로는 2%에서 57%까지의 인열강도값의 감소를 확인할 수 있다. 이는 기모공정중에 표면 루프가 절단됨에 따른 인열강도의 감소가 예측된다는 것과도 일치되는 결과를 보여준다.

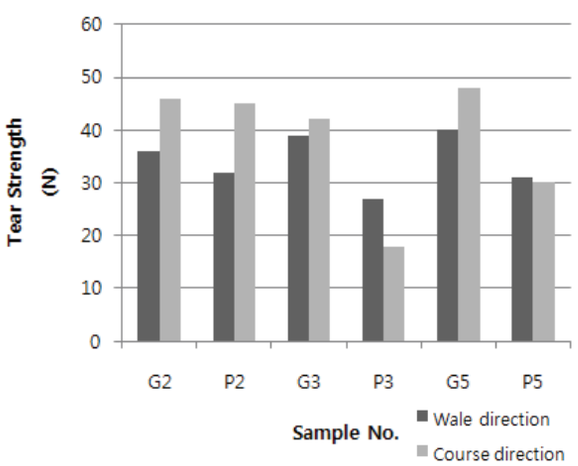

Fig. 5. Effect of raising process on the tear strength of warp-knitted fabric.

Table 4. Various fastness properties of the dyed warp-knitted pile fabrics containg nano-particles Ag powders

	Washing							Rubbing		Irradiation (2O hrs.)
	Stain						Color change	Dry	Wet	
	Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool				
D2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
D3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
D5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4

www.kci.go.kr

4. 결 론

나노은입자를 함유한 원사를 이용한 경편성물을 제조하여, 생산공정에 있어 기모공정 전·후, 기모 길이에 따라 은함유량 및 항균 특성변화, 제반견뢰도특성, 기모길이에 따른 염료흡진특성의 변화를 고찰하여 상품으로서의 전개가능성을 고찰하여 보았다. 기모공정에 따라 은함유량의 변화가 6.4%(6.5 mg/kg)에서 14.0%(20.5 mg/kg)까지 감소함을 관찰하였다. 염색공정후에는 15.1% (15.3 mg/kg)에서 46.0%(66.6 mg/kg) 까지 은함유량이 감소함을 관찰하였다. 하지만 유효한 항균성능을 발휘할 수 있음을 확인할 수 있었다. 기모길이 증가에 따라 염착성이 약간의 향상을 확인할 수 있었다. 기모길이에 따른 제반 견뢰도 특성 모두 관련 품질기준을 만족함을 확인할 수 있었다. 이런 결과로 볼 때 나노은입자 함유 원사의 기모된 경편성물의 상품성은 충분히 가능성이 있으리라 예상된다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부지원 “2009년 섬유스트림사업”의 일부결과임을 보고 드립니다.

참고문헌

1. M. Rai, A. Yadav and A. Gade, Silver Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials, *Biotechnology Advances*, **27**(1), 76-83(2009).
2. M. H. El-Rafie, A. A. Mohamed, T. I. Shaheen, and A. Hebeish, Antimicrobial Effect of Silver Nanoparticles Produced by Fungal Process on Cotton Fabrics, *Carbohydrate Polymers*, **80**(3), 779-782(2010).
3. V. Ilić, Z. Šaponjić, V. Vodnik, B. Potkonjak, P. Jovančić, J. Nedeljković and M. Radetić, The Influence of Silver Content on Antimicrobial Activity and Color of Cotton Fabrics Functionalized with Ag Nanoparticles, *Carbohydrate Polymers*, **78**(3), 564-569(2009).
4. S. X. Jiang, W. F. Qin, R. H. Guo and L. Zhang, Surface Functionalization of Nanostructured Silver-Coated Polyester Fabric by Magnetron Sputtering, *Surface and Coatings Technology,* **204**(8), 3662-3667(2010).
5. F. Yang, K. Wu, J. Huang, D. Horng, C. Liang, and M. Hu, Preparation and Characterization of Functional Fabrics from Bamboo Charcoal/Silver and Titanium Dioxide/Silver Composite Powders and Evaluation of Their Antibacterial Efficacy, *Materials Science and Engineering: C*, Article in Press.
6. E. J. Lee, S. H. Jung, B. S. Lee, B. H. Lee, and J. Y. Jaung, Color Depth of PET Fabrics with Nano Sized Metallic Powder, *Textile Science and Engineering*, **39**(1), 67-72(2002).
7. H. M. Shin, K. A. Chae, and D. Y. Kim, Anti-bacterial Effect of Nano-silver Particles Dispersed in Microfiber Eyewear Cleaning Clothes, *Korean J. Vis. Sci.*, **11**(2), 85-92(2009).
8. W. J. Jin, H. J. Jeon, J. H. Hong, E. H. Jeong, and J. H. Youk, Preparation of Polyurethane Nanofibermats containing Silver Nanoparticles, *Textile Science and Engineering*, **43**(1), 1-6 (2006).
9. I. Y. Jung, P. D. Kang, K. Y. Kim, K. S. Ryu, B. H. Sohn, Y. S. Kim, M. J. Kim, K. G. Lee, C. K. Chai and S. K. Koh, Fabrication Process of Natural Silk including Ag Nano-particle, *Korean J. Seric. Sci*., **49**(1), 24-27(2007).
10. M. H. Song, H. G. Chung, S. W. Park, B. C. Kang, and Y. H. Roh, Studies on Dimensional Stability of Single Bar Warp Knitted Fabrics, *Textile Science and Engineering*, **43**(1), 31-38 (2006).

www.kci.go.kr