

## 대두섬유에 대한 자초색소의 염색성 및 항균성

최희<sup>1)</sup> · 신윤숙<sup>1)</sup> · 최창남<sup>2)</sup> · 김상률<sup>3)</sup> · 정용식<sup>4)</sup>

- 1) 전남대학교 의류학과
- 2) 전남대학교 응용화학부
- 3) 목포대학교 생활과학부
- 4) 전북대학교 섬유공학과

### Dyeing Properties and Antimicrobial Activity of Soybean Fiber with Gromwell Colorants

Hee Choi<sup>1)</sup>, Youn-Sook Shin<sup>1)</sup>, Chang-Nam Choi<sup>2)</sup>, Sang-Yool Kim<sup>3)</sup> and Yong-Sik Chung<sup>4)</sup>

- 1) Dept. of Clothing & Textiles, Chonnam National University, Kwangju, Korea
- 2) Faculty of Applied Chemistry, Chonnam National University, Kwangju, Korea
- 3) Faculty of Human Ecology, Mokpo National University, Chonnam, Korea
- 4) Dept. of Textile Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

**Abstract** : Dyeing properties of soybean fabrics on gromwell colorants were studied for the effect of dyeing conditions, such as colorants concentration, temperature, time and pH on the dye uptake and effect of mordants on color change, dye uptake and various colorfastness. Antimicrobial activity of soybean fabrics dyed and sim-mordanted with gromwell colorants was examined by shake flask method. Gromwell colorants showed considerably affinity to soybean fabric and its isotherm adsorption curve was Freundlich type. Therefore, it is considered that hydrogen bonding and Van der Waals force were involved in the adsorption of gromwell colorants to soybean fabric. Soybean fabrics showed R color on Al, Cu and Sn mordant, RP color on Cr and Fe mordant, but soybean fabrics showed low dye uptake depending on mordanting treatment. Light colorfastness was increased for Cr and Fe mordants. *Staphylococcus aureus* reduction rates were above 90% for Cr and Cu mordanted soybean fabrics, and the others were poor. *Klebsiella pneumoniae* reduction rates soybean fabrics did not show reduction rate hardly.

**Key words** : dyeing properties, soybean, gromwell colorants, colorfastness, antibacterial activity

## 1. 서 론

최근 소비자들의 생활수준 향상으로 인한 개성화, 다양화, 그리고 기능화된 의류소재 개발에 대한 요구와 더불어 섬유산업에 대한 환경규제강화와 인체의 안전성에 대한 사회적 요구는 건강지향, 환경친화적인 소재에 대한 관심을 날로 증대시켰다.

대두섬유(Soybean Fiber)는 대두(콩)를 주원료로 하고 있으며, 기름을 제거한 대두 잔여물로부터 구형 단백질을 추출, 기능성 작용제를 첨가하여 단백질의 공간구조를 변화시켜 습식방사(wet spinning) 방법으로 만들어진 천연 식물성섬유이다. 생산과정 동안 환경, 대기, 물, 인체에 해를 주지 않는 친환경 천연섬유이며, 대두섬유는 콩을 주원료로 하기 때문에 콩이 가지고 있는 고유한 성분을 함유하고 있는 건강섬유로 “건강하고 편안한 섬

유”, “녹색섬유”라고 부르기도 한다. 또한 방적과정 중 항생물 질과 소염제 또는 자외선 흡수제를 첨가하여 세균 저항기능과 자외선 차단기능을 갖는 기능성 대두섬유를 얻을 수 있고, 천연섬유의 부드러운 광택, 면섬유의 수분 전도성과 캐시미어의 보온성을 가지며 다양한 섬유와 혼방, 합사하고 염색하여 보다 뛰어난 제품을 얻을 수 있는 실용적인 섬유이다(Kim et al., 1991; Byun et al., 1978; <http://www.meedoo.co.kr>).

천연염료는 생화학적으로 합성된 물질로서 인체에 큰 해가 없고 환경오염의 문제를 줄일 수 있는 환경친화적인 염료로서, 현대의 합성염료의 염색에서는 느낄 수 없는 청아함과 아름다움, 자연스러움을 지닌다. 그리고 천연염료는 식물성 염료가 주를 이루며, 이는 단색성 염료와 다색성 염료로 분류할 수 있다. 다색성 염료는 조제의 종류 및 농도에 따라 각각 다른색을 나타내는데 대부분 식물성 염료는 다색성 염료이며, 천연염료들 간의 복합염색과 매염처리를 통해 색상을 다양하게 변화시킬 수 있다. 또한 천연염료는 다양한 광화학학적 변화를 나타내고 있어 색소연구에 흥미를 주고 종류에 따라서는 항균성, 소취성

Corresponding author; Hee Choi  
Tel. +82-62-456-2304, Fax. +82-62-530-2529  
E-mail: choihee99@hanmail.net

등의 각종 기능을 나타낸다(Lim et al., 2001; 坂川 외, 1991; 조경래, 2000; 남성우, 1997).

본 연구에서는 친환경 섬유인 대두섬유에 대한 자초색소의 염색성 및 항균성을 검토함으로써, 친환경, 천연지향적인 제품 개발로 부가가치를 높이고자 한다. 연구내용으로 자초색소의 대두섬유에 대한 색소농도, 염색시간 및 온도, pH의 염색조건이 염착량에 미치는 영향, 매염처리가 염착량 및 색상에 미치는 효과 그리고 염색 및 매염처리한 시료의 각종 견뢰도 및 항균성을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료 및 시약

대두섬유(SB 40s×40s, 114×74/inch<sup>2</sup>, plain)를 정련, 표백하여 사용하였으며, 자초는 시판 한약 건재상에서 구입한 건조된 자초의 뿌리를 분쇄한 후 사용하였다. 매염제는 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·24H<sub>2</sub>O, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 5종류를 사용하였다. 항균성 실험에 Nutrient broth와 Nutrient agar(DIFCO Lab.)를 사용하였으며 기타 시약은 1급을 사용하였다.

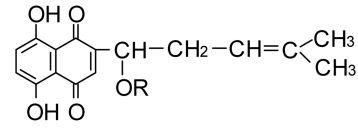
### 2.2. 자초색소

자초의 학명은 *Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc.로서 자초의 종명 *erythrorhizon*에서 *erythro*는 붉은색을, *rhizon*은 뿌리를 의미한다. 자초의 종명에서 보여주듯이 자초색소는 뿌리의 외피부위에 붉은 색소가 함유되어 있다. 이 붉은 색소는 석유에테르, 리그닌(lignin)을 제외한 알코올류 및 기타 용제에 의해 추출된다.

자초는 산출지에 따라 동양산과 서양산으로 나누어지며, 동양산 자초의 주된 색소성분은 시코닌(shikonin) 즉 2-( $\alpha$ -hydroxy- $\delta$ -methylpentenyl)-5, 8-dihydroxy- 1,4-naphthoquinone이며, 대개 모노아세틸(monoacetyl) 유도체로 함유되어 있다. 시코닌은 서양산(*Alkanna tinctoria* Tausch, Boraginaceae) 자초의 주성분인 적갈색 색소 알칸닌(alkannin)과 광학이성질체이다. 자초색소는 *p*-퀴노이드 구조를 가진 나프토퀴논 유도체로서 시코닌 및 그의 유도체로 구성되어 있으며, 재배지역에 따라 시코닌 유도체의 종류 및 성분함량의 차이가 있다. 나프토퀴논 유도체의 구조식과 자초성분을 Fig. 1에 나타내었다(Choi · Shin, 2000).

### 2.3. 실험방법

색소의 추출 및 농축 : 분쇄한 자초 100g을 삼각 플라스크에 넣고 메탄올 500ml를 가한 뒤 삼각 플라스크 입구를 밀폐시키고, 40°C에서 60분간 교반하면서 색소를 추출하였으며, 이러한 과정을 3회 반복하였다. 그리고 추출액을 모두 모아 여과한 후 색소 농축액 600ml을 얻을 때까지 감압농축하여 염액으로 사용하였다.



Shikonin derivatives	R
acetyl-shikonin	-CO-CH <sub>3</sub>
isobutyl-shikonin	-CO-CH-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
isovaleryl-shikonin	-CO-CH <sub>2</sub> -CH-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
$\beta$ -hydroxyisovaleryl-shikonin	-CO-CH <sub>2</sub> -C-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   OH
$\beta, \beta'$ -dimethylacryl-shikonin	-CO-CH=C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
shikonin	-H

Fig. 1. Structure of naphthoquinone derivatives.

염색 및 매염처리 : 염색은 욕비 1:50에서 색소농도 10~110 g/l(o.w.b.), 온도 40~95°C, 시간 30~150분, pH 3~11로 변화시키면서 적외선 고압염색기(AHIBA NUANCE, Data Color International, U.S.A.)를 사용하여 염색하였다. 매염처리는 매염제 농도 1%(o.w.f.), 동시매염법(염색매염-수세-건조)으로 매염처리하였다.

### 2.4. 측정 및 분석

염착량 및 색측정 : 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth)를 이용하여  $\lambda_{max}$ (520 nm)에서 K/S값을 측정하여 염착량으로 평가하였다. 색상의 변화는 명도지수 L\*, 색채포지수인 a\*, b\*값과 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma) 값을 측정하여 표시하였다. 일광조사 전후의 퇴색정도를 알아보기 위해 CIELAB 색차식에 의하여 색차( $\Delta E$ )를 구하였다.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

견뢰도 측정 : 일광견뢰도는 내광시험기(Fade-Ometer, ATLAS Electric Devices Co., U.S.A.)를 사용하여 KS K 0700-1990에 따라 20시간 광조사한 후 색차( $\Delta E$ )에 의해 평가하였고, 세탁견뢰도는 AATCC Test Method 61-1989의 1A법(40±2°C, 45분), 땀견뢰도는 AATCC Test Method 15-1989, 마찰견뢰도는 AATCC Test Method 116-1989에 준하여 20회 마찰시킨 후, 평가는 변퇴색 판정용 그레이 스케일(Gray scale)과 오염 판정용(chromatic transference scale)으로 행하였다.

항균성 시험 : 염색포의 항균성은 정량적 방법인 셰이크 플라스크법(shake flask method)으로 시험하였으며, 사용된 균주는 피부습진, 내의 악취의 원인균으로 그람양성세균인 포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538), 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)으로 균생육 및 보존배지는 nutrient broth와 nutrient agar(DIFCO Lab.)를 사용하였다. 그리고 균감소율은 다음의 식으로부터 구한다.

$$\text{Bacteria reduction rate}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

이 때 A, B는 염색 및 매염처리한 시험포 투입전후의 시험균액 1ml당 균수이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 염색조건이 염착량에 미치는 영향

메탄올로 추출한 자초색소를 사용하여, 염색조건에 따른 대두섬유의 염색성을 Fig. 2~5에 나타내었다.

Fig. 2는 자초색소 농도에 따른 염착량의 변화이다. 자초색소 농도가 증가함에 따라 염착량이 계속 증가하는 경향을 보이고 있는데 이는 Freundlich형 등온흡착곡선과 유사한 형태이다. 대두섬유는 구성물질 중 22~25%의 아미노산을 함유하고 있으며 18~20가지의 아미노산으로 구성되었고, 아미노산 측쇄에 -OH, -NH<sub>2</sub>, -COOH 등 여러 활성기단을 갖고 있어 이러한 측쇄에 의해 다양한 화학반응에 참여한다는 보고(<http://www.meedoo.co.kr>)와는 달리 자초색소에 의한 대두섬유의 염착은 주로

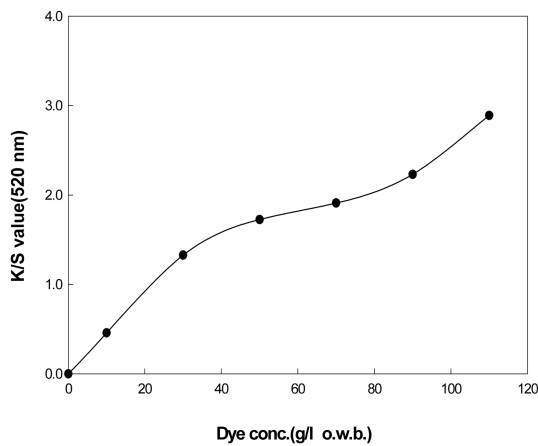


Fig. 2. Effect of dye concentration on the dye uptake(95°C/90 min).

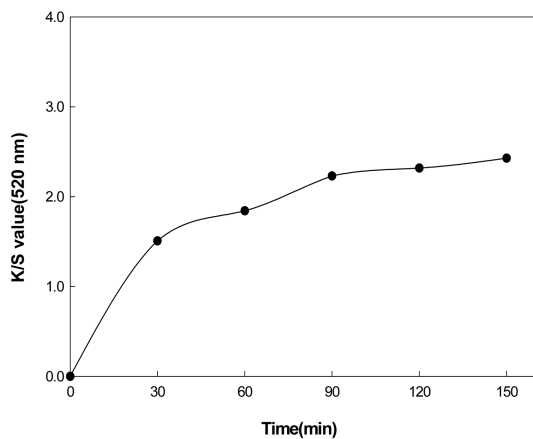


Fig. 4. Effect of dyeing time on the dye uptake(90 g/l o.w.b., 90 min).

수소결합과 반데르발스 결합과 같은 물리적 결합에 의한 것으로 생각되며, 이후의 염색은 임의로 정한 농도인 90g/l(o.w.b.)에서 염색하였다.

Fig. 3은 염색온도에 따른 염착량을 나타낸 것이다. 대두섬유는 열수축율이 높아 100°C를 초과하면 섬유가 많이 수축되며 촉감도 딱딱해진다는 보고(<http://www.meedoo.co.kr>)가 있어 온도증가에 따라 염착량은 증가하였으나 이후 염색온도는 95°C로 설정하였다. Fig. 4는 염색시간에 따른 염착량의 변화이다. 90분까지는 점진적으로 증가하다가 90분 이후부터는 증가량이 크지 않았다. 이로부터 자초색소의 대두섬유에 대한 염착평형은 90분 정도에 이루어짐을 알 수 있었다. Fig. 5는 pH에 따른 염착량을 520nm에서 측정된 결과이다. 염액의 pH 변화가 염착량에 다소 차이를 보이기는 하였으나, 크게 영향을 주지 않았으며, 알칼리 조건인 pH 11에서는 상대적으로 염착량이 낮게 나타났다. 이는 520nm에서 측정된 염착량으로서 pH 조절에 따른 최대흡수파장의 이동으로 일부 영향으로 생각된다. Table 1은 pH에 따른 색상변화이다. 여기서 a\*(적색/녹색), b\*(황색/청색)는 색상향을 나타내고 채도는 원점에서 색도점까지

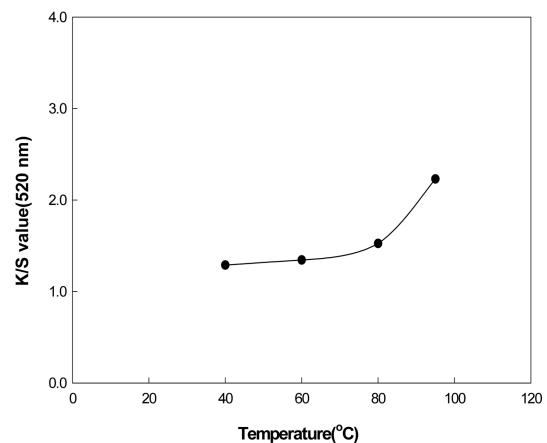


Fig. 3. Effect of temperature on the dye uptake(90 g/l o.w.b., 90 min).

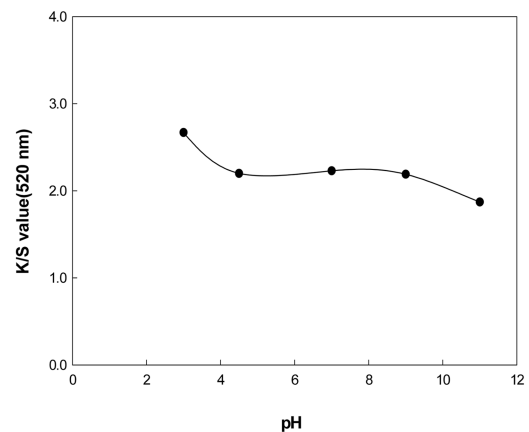


Fig. 5. Effect of pH on the dye uptake(90 g/l o.w.b., 95°C/90 min).

의 거리이며, L\*의 경우는 +는 더 밝은 색상, -는 더 어두운 색상으로 변화함을 의미하는 명도이다. 그리고 H, V, C는 각각 색상, 명도, 채도를 의미한다. Table에서 보는 바와 같이 pH가 증가할수록 a\*값은 감소하여 적색기운이 감소하고 녹색기운은 증가하였으며, b\*값은 증가하여 황색기운은 감소하고 청색기운의 증가를 보였다. 색상에서도 R(Red)계열에서 RP(Red Purple)계열로 변화하였으며, RP계열에서도 Red 기운은 감소하고 Purple 기운의 증가를 보였다. 명암을 나타내는 L\*와 V의 경우는 pH에 따른 차이가 크지 않았으며, pH 11에서 상대적으로 밝았으며, 육안으로도 확인할 수 있었다. 채도에서는 pH가 증가함에 따라 감소하였다.

3.2. 매염처리에 따른 염착량 및 색상변화

염색은 욕비 1:50에서 자초색소 농도 90g/l(o.w.b.), 염색온도 95°C, 염색시간 90분에서 pH는 조절하지 않고 원액 그대로 사용하였으며, 매염처리는 매염제 농도 1%(o.w.f)에서 동시매염법으로 하였다.

Table 1. Effect of pH on the L\* a\* b\*, H V/C values of dyed soybean fabric

pH	L*	a*	b*	H	V/C
3	42.353	14.159	3.132	0.97R	4.08/3.08
4.5	43.663	12.052	0.822	7.89RP	4.21/2.65
7	43.065	11.491	-0.565	6.00RP	4.15/2.53
9	41.642	9.034	-1.928	3.83RP	4.01/1.96
11	44.037	8.208	-2.671	2.58RP	4.25/1.92

Table 2. L\* a\* b\* & H V/C values of dyed and sim-mordanted soybean fabric

	L*	a*	b*	H	V/C
Unmordanted	43.663	12.052	0.822	7.89RP	4.21/2.65
Mordants	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$		
Al	13.702	-3.990	2.031	5.55R	5.63/1.93
Cu	1.608	-2.311	1.510	3.25R	4.44/2.06
Cr	5.779	-9.935	0.553	5.73YR	4.84/0.46
Fe	9.972	-6.979	4.997	4.60YR	5.26/1.43
Sn	6.404	-0.556	2.721	4.04R	4.91/2.62

Table 3. Colorfastness of soybean fiber dyed with gromwell colorants

Mordants	Washing			Perspiration(acidic)			Perspiration(alkaline)			Rubbing	
	Color change	Stain		Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet
		Silk	Soy-bean		Silk	Soy-bean		Silk	Soy-bean		
Um	4	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
Al	4/5	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
Cu	4	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
Cr	4	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
Fe	4	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
Sn	4	5	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	4/5

† Unmordanted

대두섬유에 대한 각각 매염제 처리에 따른 색상변화를 Table 2에 제시하였다. 매염처리 않은 대두섬유는 RP계열의 색상을 나타내었으며, Al, Cu, Sn 매염제로 처리했을 때 R계열, Cr, Fe 매염제의 경우에는 YR계열의 색상을 나타내었다. 각각 매염제로 매염처리했을 때 모두  $\Delta L^*$ 값이 +,  $\Delta a^*$ 값이 -,  $\Delta b^*$ 값이 +값을 나타내어 모두 색상이 밝아졌으며, 적색과 청색기운이 감소하고, 녹색과 황색기운이 증가하는 결과를 보였다. 특히 Al 매염제의 경우 상대적으로 색상이 가장 밝게 나타났으며, 채도에서는 Cr 매염제가 가장 낮게 나타났다. 위의 결과로부터 염착량만을 고려한다면 매염처리 효과는 기대할 수 없으며, 색상변화의 효과는 기대할 수 있었다.

3.3. 염색물의 견뢰도

염색물의 견뢰도를 측정하기 위한 염색 및 매염처리 조건은 상기의 조건과 같으며, 각종 견뢰도 측정결과를 Table 3에 제시하였다.

Table 3에서 보는 바와같이 매염처리하지 않은 시료나 매염처리한 시료 모두 세탁, 땀, 마찰 견뢰도에서 4, 4/5등급으로 대체적으로 우수한 견뢰도를 보이고 있다.

Fig. 6은 20시간 일광조사에 따른 염색 및 매염처리한 시료의 조광전과 후의 색차를 나타낸 것이다. 매염처리 하지 않은

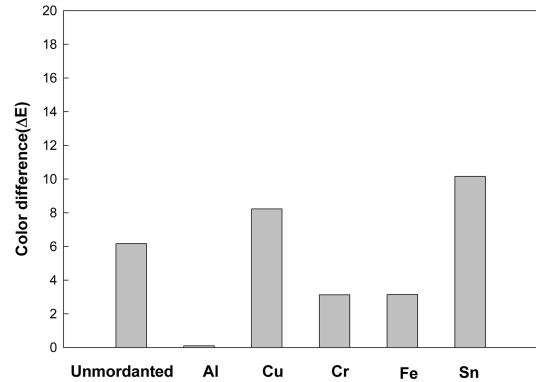


Fig. 6. Relationship between mordants and color difference of sim-mordanted and dyed soybean fabric with gromwell colorants (20 hr).

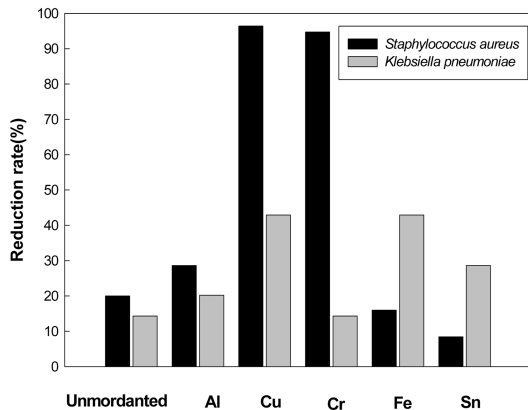


Fig. 7. Relationship between mordants and antimicrobial activity of sim-mordanted and dyed soybean fabric with gromwell colorants.

로부터 Cr, Fe 매염제 처리가 일광견뢰도 증진효과가 있는 것으로 시료된다. 그림에서 보는 바와 같이 Al 매염제의 경우 색차가 가장 작게 나타났으나, 이는 매우 낮은 염착량으로 인해 일광조사 전후의 색차가 적어 나타난 현상이라 생각된다.

3.4. 염색물의 항균성

염색 및 매염처리한 시료의 항균성은 정량적 방법인 셰이크 플라스크법(shake flask method, C.T.M. 0923)으로 측정하였다. 사용된 균주는 피부습진, 내의 악취의 원인균으로 그람양성세균인 포도상 구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 1916), 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)을 사용하였으며, 포도상 구균과 폐렴균에 대한 염색 및 매염처리에 따른 항균효과를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 보는 바와같이 포도상 구균에 대한 균감소율은 매염처리하지 않은 시료에 비해 Cr, Cu 매염제 처리가 90% 이상의 균감소율을 보여 높은 항균효과를 나타내었으나 그 외 매염제의 경우 매염처리에 따른 항균효과를 기대할 수 없었다. 폐렴균에 대한 균감소율의 경우, 매염처리하지 않은 시료에 비해 매염처리한 시료의 균감소율은 다소 높았지만 50% 이하의 낮은 균감소율로 인해 항균효과가 거의 없음을 알 수 있었다.

4. 결 론

친환경 섬유인 대두섬유에 대한 자초색소의 염색성 및 항균성을 검토함으로써, 친환경, 천연지향적인 제품개발로 부가가치를 높이고자 한다. 연구내용으로 자초색소의 대두섬유에 대한 색소농도, 염색시간 및 온도, pH의 염색조건이 염착량에 미치는 영향, 매염처리가 염착량 및 색상에 미치는 효과 그리고 염색 및 매염처리한 시료의 각종 견뢰도 및 항균성을 검토하였다.

1. 자초색소 농도가 증가함에 따라 염착량이 계속 증가하는 경향을 보이고 있는데 이는 Freundlich 등온흡착곡선과 유사

한 형태이다. 따라서 자초색소에 대한 대두섬유의 염착은 주로 수소결합과 반데르발스 결합과 같은 물리적 결합에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

2. 대두섬유에 대한 자초색소의 온도 및 시간에 따른 염착량은 95°C, 90분 염색으로 염착평형에 도달하였다. pH에 따른 염착량은 차이를 크게 보이지 않았으며, 알칼리 조건인 pH 11에서는 상대적으로 염착량이 낮게 나타났다. pH에 증가에 따른 색상은 R계열에서 RP계열로 변화하였으며, RP계열에서도 Red 기운은 감소하고 Purple 기운의 증가를 보였다.

3. Al, Cu, Sn 매염제로 처리했을 때 R계열, Cr, Fe 매염제의 경우에는 YR계열의 색상을 나타내었으며, 매염제로 처리했을 때 모두 명도값이 높아져 염착량 증진효과는 없었으며, 색상변화는 기대할 수 있었다.

4. 매염처리 유무에 관계없이 대체적으로 우수한 견뢰도를 보이고 있으나, 일광견뢰도에서는 Cr, Fe 매염제 처리가 일광견뢰도 증진효과를 나타내었다.

5. 포도상 구균과 폐렴균에 항균효과에서, 포도상 구균에 대한 균감소율은 Cr, Cu 매염제 처리가 90% 이상의 균감소율을 보여 높은 항균효과를 나타내었으나 그외 매염제의 경우 매염처리에 따른 항균효과를 기대할 수 없었다. 폐렴균에 대한 균감소율에서는 매염처리한 시료의 균감소율은 다소 높았지만 50% 이하의 낮은 균감소율로 항균효과가 거의 없음을 알 수 있었다.

감사의 글 : 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다(KRF-2003-037-C00069).

참고문헌

남성우 (1997) “고부가가치 천연염색 관련제품 개발”. 통상산업부 연구보고서.  
 조경래 (2000) “천연염료와 염색”. 형설출판사, 서울, p.95, 123.  
 坂川哲雄·越田均·中山降辛 (1991) 感性の染色への一提言(4) - 藍染めと草木調染めについて. 染色工業, 39(4), 210-220.  
 Byun, S.M., Kwon, J.H., Kim, C.J. and Lee, Y.H. (1978) Soyprotein fiber formation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 10(2), 143-150.  
 Choi, H. and Shin, Y.S. (2000) Analysis of characteristics and dyeing properties of gromwell colorants(part I) -Components and characteristics of gromwell colorants-. *J. Korea Soc. of Clothing and Textiles*, 24(7), 131-137.  
 Kim, J.C., Cho, S.J., Byun, P.H., Rhee, K.C. and Byun, S.M. (1991) Microstructural analyses of soyprotein fibers. *J. Korea Agric. Chem. Soc.*, 34(4), 353-359.  
 Lim, K.Y., Jeon, T.J., Yoon, K.J. and Eom, S.I. (2001) A study on the dyeing characteristics of natural dyes( I ) -Adsorption and fixation behavior on cotton and wool fiber-. *J. Korea Fiber Soc.*, 38(2), 86-94.  
<http://www.meedoo.co.kr>

(2006년 12월 13일 접수)