

## 솔잎 추출물의 성분 분석 및 염색물의 건강안전 기능성 평가

전 미 선\* · 박 명 자†

한양대학교 의류학과\*, 한양대학교 의류학과 / 한양대학교 고령사회연구소

### Components of Pine Needles Extract and Functionality of the Dyed Fabrics

Mi-Sun Joen\* and Myung-Ja Park†

Dept. of Clothing and Textiles, Hanyang University\*

Dept. of Clothing and Textiles, Hanyang University / Institute of Aging Society, Hanyang University

(2010. 2. 19. 접수일 : 2010. 4. 16. 수정완료일 : 2010. 4. 20. 게재확정일)

#### Abstract

The pine needles can be used for four seasons in normal living and it can be taken friendly everywhere as it is distributed over 50% in Korea. The pine needles consist of vitamins, protein, minerals, essential oil and enzyme related to antimicrobial activity. It has effect like high blood pressure, neuralgia and hanged over by terpene, glucokinin, rutin, apigenic acid and tannin. Also the extract of them can be used for dyeing of fabrics. However, the extract components and effects of them are not well known yet. Therefore, the purpose of this study was to investigate the volatile components of the pine needles extract and functionality. The pine needles extract was dyed into various fabrics( nylon, silk, wool and soybean) and mordanted with Al, Cu, Cr, Fe and Sn. The extracted aroma compounds were compared by gas chromatography-mass spectrometry. The major volatile compounds of pine needles verified by using SPME were alpha-pinene, beta-pinene, beta-phellandrene, caryophyllene, ethanon, benzen. A total of 15 compounds were identified by using the SPME fibers. In the UV-visible spectra, the maximum absorption of wavelength of the pine needles ethanol extract appeared at 460, 630nm for chlorophyll component and at 237, 281nm for tannin component with the pine needles distilled water extract. Most of sample showed high antibacterial effect in none mordant but wool fabric showed high antibacterial effect in mordants. The result of UV block test showed a superior ability of blocking ultraviolet ray infiltration in all sample.

*Key words:* antimicrobial(항균성), functionality(기능성), natural dyeing(천연염색), pine needles extract(솔잎 추출물), UV protection(자외선 차단).

#### I. 서 론

건강생활을 추구하는 소비자들의 기능성소재에

대한 욕구 충족을 위해 합성가공제를 이용한 항균성 및 자외선 차단 목적의 기능성 물질에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 이로 인한 환경 오염 문제와 인체의 해를 끼칠 수 있는 문제를 발생시킬

이 논문은 2007년 HYU 교내연구비 지원을 받아 연구되었음(HYU-2007-G).

† 교신저자 E-mail : mjapark@hanyang.ac.kr

수 있다. 이에 따라 쾌적하고 건강안전 효능을 지닌 환경친화적인 기능성 소재의 개발이 요구되고 있는데, 이 때 천연염료의 염색물은 항균성, 자외선 차단성, 소취성, 항알러지성, 항암성 등과 같은 다양한 기능성을 가지고 있는 건강안전소재로 알려져 있으므로, 천연염료에 대한 기능성에 대한 연구가 진행 중이다.

천연염료 중에서 특히 국내 산림의 50%를 차지하는 솔잎은 사계절 사용이 쉽고, 한약재, 식용 등 쓰임새가 다양하여 최근 의약 및 식품관련 산업에서 실용화를 시도하고 있으며, 기능성 식품의 연구가 더욱 활발히 진행되고 있으나, 염제로서의 연구는 부족한 실정이다. 본 연구의 선행 연구<sup>1)</sup>에서 솔잎 추출물의 염색성 및 염색건뢰도를 평가하였는데, 염색물의 색상은 염료 추출액과 매염제의 종류에 따라 황색, 갈색, 녹색에 이르기까지 광범위한 색상 범위를 보였다. 이러한 솔잎 염색물의 다색성은 현대사회의 다양한 소비자들의 감성 요구를 만족시킬 수 있는 색상의 제품을 생산할 수 있어 솔잎 염색의 실용화를 더욱 가능하게 하였으나, 일부 염색건뢰도가 불량하여 건뢰도 향상을 위한 후속 연구의 필요성을 제시하였다.

솔잎의 성분에서 따른 기능성 효능을 보면, 동의보감과 본초강목에서도 솔잎은 미생물 억제, 산화 억제 작용, 고혈압 및 뇌졸중 예방작용 등 장수약으로 전해지고 있으며<sup>2)</sup>, 솔잎에서 항균활성이 있는 벤조산과 페르산이 공존하여 발현되어 항균활성이 있음이 규명되었다<sup>3)</sup>. 또한 솔잎에 비타민 A와 비타민 C, 그 외 단백질, 지방, 인, 철, 효소, 정유, 미네랄

등이 함유되어 있어 암의 발병을 막아주는 항암작용과 미생물에 대한 항균활성작용 등 여러 기능성이 있는 것으로 알려져서<sup>4)</sup> 솔잎 및 솔잎 추출물은 항미생물성을 갖는 기능성 의류소재로서 이용 가능성이 높음을 시사한다.

솔잎 추출물의 성분 분석은 다양한 기기분석을 통하여 이루어지고 있다. 이범중<sup>5)</sup>의 연구에 의하면, 솔잎에는 테르펜(terpene, C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>)의 정유성분과 엷록소 성분, 무기 및 유기성분, 비타민 등 다양한 성분들이 함유되어 있고, 이중 테르펜은 불포화 탄화수소인 이소프렌(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) 분자구조를 이루고 있는 것으로 밝혀졌다. 여기서 솔잎의 초록색을 띠는 엷록소 성분은 식물체의 광합성 작용으로 식물체에 영양분을 공급하는 것으로 클로로필이라는 색소가 작용하기 때문이다<sup>6,7)</sup>. 또한 솔잎에는 수용성 탄닌의 함량이 높은데<sup>8)</sup>, 탄닌은 항세균, 항바이러스, 항산화 활동을 나타내며 그 중에서도 효소활성의 저해작용은 탄닌의 중요한 역할로 인식되고 있다<sup>9)</sup>. 또한 유기화합물인 플라보노이드계 화합물, 카테킨 탄닌 등이 자외선 차단 역할을 하는 것으로 알려져 있다<sup>10)</sup>. 따라서 솔잎 추출물은 갈색계인 탄닌계 색소로 높은 자외선 차단성을 가지고 있을 것이라 예측 할 수 있다.

솔잎 추출물의 항균성을 살펴보면, 솔잎즙, 에탄올 및 에테르 추출물들은 시험균주에 대해 높은 항균성을 나타내었는데, 특히 에탄올 추출물이 에테르 추출물과 솔잎즙에 비해 높은 항균력이 관찰되었다<sup>11)</sup>, 솔잎 에탄올 추출물의 경우에도 미생물에 대한 항균효과가 있으며, 특히 대조균의 경우 대응

- 1) 전미선, 박명자, “솔잎 추출물의 염색성 및 염색 건뢰도,” *복식문화연구* 17권 6호 (2009), pp. 1-12.
- 2) 정희중, 황금희, 유명자, 이순자, “송순차 제조를 위한 송순 및 솔잎의 화학적 조성,” *한국식생활문화학회지* 11권 5호 (1996), pp. 635-641.
- 3) 국주희, 마승진, 박근형, “솔잎에서 항미생물 활성을 갖는 Cinnamic Acid의 분리 및 동정,” *한국식품과학회지* 29권 4호 (1997), pp. 823-826.
- 4) 홍택근, 임무현, 이준호, “솔잎의 기능성과 식품에 대한 응용,” *식품과학과 산업* 34권 4호 (2001), pp. 48-52.
- 5) 이범중, *천연물 화학*, (서울: 자유아카데미, 2004).
- 6) 김재호, *생화학*, (서울: 청문각, 2000).
- 7) 이영래, *유기화학*, (서울: 삼광출판사, 1998).
- 8) 정희중, 황금희, 유명자, 이순자, *op cit*.
- 9) 조수민, 김지현, 이민원, “탄닌화합물의 Tyrosinase 억제 활성,” *생약학회지* 32권 1호 (2001), pp. 68-71.
- 10) 오재호, *잎아지는 오존층과 생태계*, (서울: 아르케, 2000).
- 11) 최무영, 최은경, 이은, 임태진, 차배현, 박희준, “솔잎 추출물의 항균성 검색,” *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25권 3호 (1997), pp. 293-297.

시간이 길어짐에 따라 미생물의 생균수가 점점 증가하여 솔잎의 정유성분이 미생물의 항균효과를 지니고 있다<sup>12)</sup>.

또한 솔잎의 자외선 차단성을 연구한 논문을 살펴보면, 솔잎에는 카테킨(catechin)을 포함한 플라보놀(flavonol)형 함량이 총 폴리페놀(polyphenol) 중의 60% 이상으로, 이러한 유기화합물인 플라보노이드계 화합물, 카테킨 탄닌 등이 자외선 차단 역할을 하는 것으로 알려져 있다<sup>13)</sup>. 또한 Kinnunen<sup>14)</sup>에 의하면 솔잎의 UV-B 흡수를 위한 화합물의 농도는 채취시기에 따라 약간의 차이가 있으며, 어린잎의 경우 UV-B 흡수율이 높았고, 특히 잎에 약간의 큐티클 층과 왁스 성분이 많을 때에 UV 흡수율을 높였다<sup>15)</sup>. 따라서 60% 이상의 탄닌을 함유한 솔잎은 천연 염색을 한 후에도 염색물의 자외선 차단성이 우수할 것으로 예상된다. 박영희<sup>16)</sup>는 솔잎을 추출해서 면과 견직물에 염색하여 기능성을 살펴본 결과, 자외선 차단성이 비교적 양호하였다고 보고하였다.

한편, 천연염료는 거의 대부분 천연염색 과정에서 염착량 증가를 위해 Al, Cu, Cr, Fe, Sn 등의 중금속을 매염제로 사용하고 있어 환경친화적이라는 천연염색의 최대 장점을 급감시키고 있다<sup>17)</sup>. 이를 위하여 화학매염제가 아닌 철장액이나 벚꽃잎 등 천연매염제를 사용하여 중금속 오염을 배제시키는 연구도 병행되고 있으나, 금속류 매염제의 과다사용을 줄이고 환경친화적인 적정사용량을 제시한 논문은 아주 부족한 실정이다. 그 중 매염 후 중금속 잔존율을 살핀 연구로 최정임은 꼭두서니에 의한 면직물의 염색 시 매염제와 키토산 처리가 색상에 미치는 영향에서 매염제 농도를 1%로 적용하는 경우 매염완료 후 배출되는 폐액에는 초기매염제 농도의 20% 이하로 저하된 금속이온의 농도가 유지

되지만, 매염제의 농도가 증가할수록 배출되는 폐액에 포함된 금속이온의 농도는 급격히 상승되어 환경적으로 바람직하지 않은 것으로 보고하고 있다. 따라서 천연 염색에 의한 천연 염색직물은 친환경적이고 중금속에 의한 피부장해가 유발되지 않아야 하기 때문에 반드시 중금속 잔존율 평가를 필요로 한다.

그러므로 본 연구에서는 다양한 항균성과 기능성을 가지고 있을 것이라 사료되는 천연 솔잎을 증류수와 에탄올로 염액을 추출하여 GC-MS로 항균성의 휘발성분을 분석한 후 솔잎 추출물의 건강안전과 관련되는 기능적인 효율성을 밝히고자 한다. 이러한 휘발성 성분으로 분석된 성분은 기능성을 요구하는 물질의 합성에 긴요하게 사용되리라 생각되며, 약품 개발에도 도움이 될 것이라 기대된다. 또한 솔잎 염색물의 항균성 및 자외선 차단성을 검토하고, 의류상품 특히 내의류는 피부에 직접 접촉되어 중금속이 남아 있을 경우, 피부 장해나 알레르기 반응을 일으킬 수 있다. 특히 유아용 내의류나 의류는 유아의 입까지 전달되기 쉬우므로 중금속이 남아 있을 경우, 유해물질의 중독을 일으킬 수 있으므로 중금속 잔존율을 분석하여 솔잎 천연염색에 의한 직물의 안전성을 파악하고자 한다. 이러한 분석은 솔잎 천연 소재 개발과 고부가가치 상품의 개발로 시장 경쟁력을 확보하는데 기초 자료가 될 것이라 기대한다.

## II. 실 험

### 1. 시료, 염료 및 매염제

#### 1) 시료

12) 박경남, 이신호, “솔잎 추출물과 고추냉이의 *Vibro*에 대한 항균활성,” *한국식품영양과학회지* 32권 2호 (2003), pp. 185-190.

13) 강윤한, 박용근, 오상룡, 문광덕, “솔잎과 쪽 추출물의 기능성 검토,” *한국식품과학회지* 27권 6호 (1995), pp. 978-984.

14) H. Kinnunen, K. Laakso and S. Huttunen, “Methanol-extractable UV-B-absorbing Compounds in Scots Pine Needles,” *Chemosphere. Cosmet. Chem.*, Vol. 42 (1999), p. 361.

15) H. Kinnunen, S. Huttunen and K. Laakso, “UV-absorbing Compounds and Waxes of Scots Pine Needles during a Third Growing of Supplemental UV-B,” *Environmental Pollution* Vol. 112 (2001), pp. 215-220.

16) 박영희, “솔잎 추출물을 이용한 염색물의 기능성에 관한 연구,” *복식* 56권 2호 (2006), pp. 147-154.

17) 전동원, 김중준, 강소영, “키토산 처리포의 소목 천연염색에 대한 연구(I),” *복식문화연구* 11권 3호 (2003), pp. 431-439.

〈표 1〉 Characteristics of Specimen

Fiber Content (%)	Fabric Structure	Density (Threads/5cm)		Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )
		Warp	Weft		
Wool	Interlock knit	72	43	2.77	560
Silk	Plain woven	276	192	0.11	25.1
Nylon	Plain woven	214	150	0.19	65
Soybean	Interlock knit	64	48	2.65	530

염색을 하기 위한 시료는 천연섬유인 양모와 견, 인조섬유 중 합성섬유인 나일론, 재생섬유인 대두섬유 등 술잎 염색이 가능한 질소성분을 갖는 4종류를 선택하여 사용하였다. 특히 양모는 염소처리(chlorination)로 섬유 표면의 스케일을 제거하여, 사용한 모든 섬유가 피부에 닿는 내의 용도로도 사용할 수 있는 소재로 하였다. 나일론과 견은 KS K 0905에 규정된 염색건뢰도 시험용 표준포를 이용하였으며, 양모(2/48Ne)와 대두섬유는 실로 구입하였으므로 횡편기(SHIMA SEIKI SES124-S)를 이용하여 편성하여 시료를 제작하였다. 실험에 사용한 시료의 특징은 〈표 1〉과 같다.

### 2) 염료와 염료 추출

염제는 8월에 서울 경동시장에서 건조되지 않은 술잎을 구입하여 흐르는 물에 충분히 세척한 후 사용하였다. 술잎 염료의 추출을 위하여, 에탄올 술잎 추출물의 경우, 세척한 술잎과 에탄올(95%)를 육비 1:6으로 온도 78℃에서 3시간 교반하여 추출한 후 감압여과법으로 2회 여과하여 사용하였다. 증류수 술잎 추출물은 세척한 술잎에 육비 1:100으로 온도 100℃에서 2시간 교반하고 2회 반복하여 추출한 후 감압 여과하여 사용하였다. 증류수로 추출한 염액의 pH는 5로 측정되었다.

### 3) 매염제

매염제로는 알루미늄(Al), 주석(Sn), 구리(Cu), 철(Fe), 크롬(Cr) 등 5종류를 사용하였는데, Aluminum potassium sulfate (AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O), Tin(II)Chloride dihydrate (SnCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O), Copper(II) sulfate pentahydrate

(CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O), Iron(II)Chloride (FeCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O), Chromium(II) nitrate ninehydrate (Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 9H<sub>2</sub>O) 등 모두 1급 시약을 사용하였다.

## 2. 염색 및 매염 방법

### 1) 염색 방법

본 연구의 선행 연구인 술잎 추출물의 염색성 실험결과에 따라<sup>18)</sup>, 추출방법에 따른 최적 염색조건에 따라 소정의 염색온도와 염색시간 하에 염색하였다. 증류수 추출액의 최적 염색온도는 100℃로 하였고, 에탄올 추출액의 최적 염색온도는 90℃로 하였다. 또한 증류수 추출액의 염색 최적 시간을 모섬유는 120분, 견은 80분, 대두섬유는 100분, 나일론은 80분으로 하였고, 에탄올 추출액의 염색 최적 시간을 모섬유 120분, 견의 최적시간은 100분, 나일론의 최적시간은 120분, 대두섬유는 80분으로 하였다.

### 2) 매염 방법

염색 후, 매염제 농도를 5%(o.w.f)로 하고, 육비 1:20으로 50℃에서 30분간 후매염 처리하여 수세한 후 자연 건조시켰다.

## 3. 분석 및 평가 방법

### 1) 술잎 성분 분석

#### (1) Solid Phase Microextraction(SPME)

에탄올로 추출된 술잎 염액 20ml를 50ml의 튜브

18) 전미선, 박명자, op. cit.

시험관에서 24시간 보관 후 SPME 섬유를 이용하여 술잎추출액 상층의 휘발성 화합물을 흡착시켰다. SPME 섬유의 휘발성 화합물을 GC-MS 안에 이동시키기 위해 GC 온도를 250℃로 조정하였다.

**(2) Gas Chromatography Mass Spectrometry(GC-MS)에 의한 활성물질 분리**

GC-MS의 장비는 DB5의 모세관 컬럼(30m 0.25mm I.d., 0.25µm film; 고정상과 같은 polyethylene glycol)을 사용하고, 온도는 280℃로 유지하였다. Mass Spectra는 70eV, m/z 30~500 범위로 스캐닝하였다. 헬륨 가스(carrier gas)는 1.0ml/min로 보내고, GC 오븐 온도는 70℃(3min)에서 300℃(5min)로 2℃/min 증가시켜 올려주었다. 방향성분은 머무름 시간(retention time: RT)에 따라 분리되었고, 컬럼 효율이 좋은 피크를 기록하였다.

**(3) 자외·가시부 흡수 스펙트럼 측정**

추출방법에 따른 술잎의 흡광도 변화를 190~700 nm 파장 범위에서 자외 가시부 분광광도계(UV-2100 spectrophotometer, Shimadzu, Japan)를 사용하여 측정하였다.

**2) 술잎 염색식물의 건강안전 기능성 평가**

**(1) 항균성**

술잎 염색포의 항균효과를 알아보기 위하여, KS K 0693 방법에 의거하여 공시균은 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)과 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae*)을 이용하였으며, 세균 투여 18시간 이후의 정균감소율을 조사함으로써 항균성을 평가하였다. 정균감소율은 0.1% 까지 표시하였다.

$$\text{정균 감소율} = \frac{M_b - M_c}{M_b} \times 100$$

여기에서

$M_a$  : 대조편의 접종 직후의 생균수(3검체의 평균값)

$M_b$  : 대조편의 18시간 배양 후의 생균수(3검체의 평균값)

$M_c$  : 시험편의 18시간 배양 후의 생균수(3검체의

평균값)

대조편: 시험편과 섬유 종류 및 식물구조는 같으나, 항균가공을 하지 않은 식물로 채취한 것을 의미

**(2) 자외선 차단성**

술잎 염색물의 자외선 차단율 및 차단지수 시험은 KS K 0850에 의거하여 실시하였다. 표준상태에서 실시하며 분광광도계를 흡수 밴드 필터로 자외선 파장용 필터인 홀뮴옥사이드 필터(holmium oxide filter)를 사용하여 파장을 보정하고 투과성 전해질막을 이용하여 투과선형성을 보정하였다. 파장 290~400nm를 최소한 5nm 파장 단위로 주사하면서, 시료의 자외선투과율(UV-R)을 측정하고, 자외선 차단율과 자외선 차단지수(sun protection factor, SPF; 혹은 ultraviolet protection factor, UPF)를 다음 식에 의거하여 계산하였다.

$$\text{자외선 차단율(\%)} = 100 - \text{자외선 투과율(\%)}$$

$$\text{차단지수 (SPF)} = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta \lambda}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta \lambda}$$

여기에서  $E_{\lambda}$ : 각 파장에서의 흥반계수  
 $S_{\lambda}$ : 북위 40°, 자외선 20°, 한여름 정오의 각 파장에서의 태양광  
 $T_{\lambda}$ : 투과율  
 $\lambda$ : 파장

**(3) 중금속 잔존율**

술잎 염색물의 안전성을 평가하기 위하여 염액 중의 중금속 잔존율을 측정하였는데, 섬유제품의 용출성 중금속 함유량 측정방법인 KS K 0731에 의거하여 실시하였으며, 매염이 완료된 후 매염액 내에 잔류되고 있는 금속이온의 양을 측정하였다. 흡광광도 분석 장치와 원자 흡광 분석 장치를 이용하여 작성한 검량선으로 추출액과 공시험액에 함유된 각 원소를 정성, 정량하였다. 결과는 각 측정 원소인 카드뮴, 납, 수은, 크롬의 결과 값과 규제값(mg/kg)

으로 표시하였다.

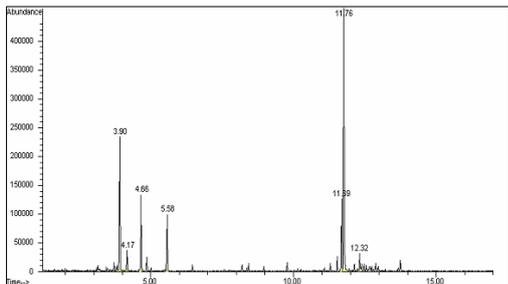
### III. 결과 및 고찰

#### 1. 솔잎 추출물의 성분 분석

##### 1) Gas Chromatography Mass Spectrometry(GC-MS)

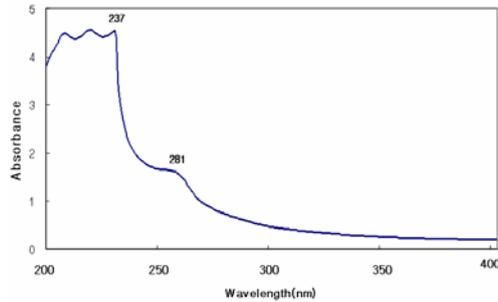
에 의한 성분 분석

솔잎의 정유 성분을 용매인 에탄올로 추출한 후 SPME 섬유에 휘발성 화합물을 추출하여, GC-MS 안에 이동시켜 솔잎의 정유 성분을 분석한 결과는 <그림 1>과 같다. 솔잎의 추출액에는 다양한 항균 성분인 bisbenzene(5.29%, RT 11.76), alpha-pinene (2.60%, RT 3.91), beta-pinene(1.46%, RT 4.65), beta-phellandrene(1.26%, RT 5.58), caryophyllene (1.33%, RT 11.69) 등이 있음을 확인하였다. 이는 이재곤<sup>19)</sup>의 연구결과 중에서 솔잎 성분이 alpha-pinene(1.5~15.75%), beta-pinene(0.4~5.4%), beta-phellandrene (12.0~16.0%) 등이 주성분이라고 보고한 것과, 성기천<sup>20)</sup>의 솔잎 성분 연구에서 보고한 alpha-pinene (20.36%), beta-pinene(20.99%), beta-phellandrene(15.26%) 등의 방향족 성분은 일치하지만, 본 연구에서는 bisbenzene(5.29%, RT 11.76)과 caryophyllene(1.33%, RT 11.69) 등 두 개의 다른 항균성분을 추가로 확인할 수 있었다. 이러한 솔잎 추출물의 항균성분 함유는 다음의 실험결과에서 보는 바와 같이 솔잎 염색물의 항균성에 영향을 주었다.

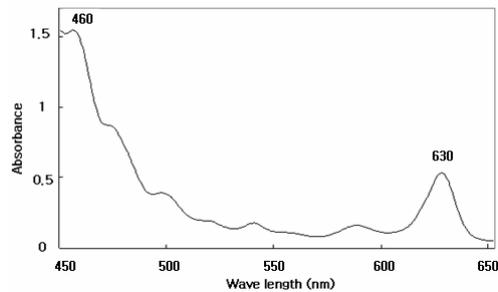


<그림 1> GC-MS로 분석한 솔잎 추출액의 성분.

2) 자외·가시부 흡수 스펙트럼에 의한 성분 분석 <그림 2>와 <그림 3>은 솔잎 추출액의 자외·가시부 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. <그림 2>는 솔잎 증류수 추출액의 흡수파장으로, 솔잎 증류수 추출액의 흡수파장은 237nm와 281nm 두 군데에서 나타났다. 천연페놀류의 흡광도는 추출용매나 pH 등의 요인에 의해 영향을 받지만 일반적으로 220~285nm에서 최대 흡수파장을 가지며, 탄소분자쇄에 연결된 벤젠고리의 수에 따라 더 많은 피크(peak)가 나타날 수 있다. 또한 염료식물의 탄닌(tannin)의 주된 흡수파장은 272~285nm 범위로 약간의 차이는 있지만 이것은 탄닌 구조의 차이에 기인한다고 볼 있으므로<sup>21)</sup> 솔잎 증류수 추출액의 주된 성분은 237nm와 281nm의 흡수파장이 나타나는 천연페놀류이면서 탄닌으로 볼 수 있다. <그림 3>은 솔잎 에탄올 추출액의 흡수파장으로 460nm와 630nm에



<그림 2> 솔잎 증류수 추출액의 자외부 흡수 스펙트럼.



<그림 3> 솔잎 에탄올 추출액의 자외부 흡수 스펙트럼.

19) 이재곤, 이창국, 장희진, 곽재진, “Purge and Trap Headspace에 의한 솔잎(Pinus densiflora S.)의 휘발성 성분,” *한국식품영양학회지* 17권 3호 (2004), pp. 260-265.

20) 성기천, 김기준, “솔잎추출물의 티로시나아제 활성억제 효과 및 분석,” *한국유화학회지* 22권 1호 (2005), pp. 71-76.

21) 설정화, 최석철, “견의 Tannin 처리에 관한 연구(II) -매염제의 영향을 중심으로-,” *한국염색가공학회지* 6권 2호 (1994).

서 흡수파장을 보였다. 이 파장은 녹색색소인 엽록체의 틸라코이드막(thylakoid membrane)에 들어있는 엽록소 a, 엽록소 b의 흡수 파장대인 450~470nm와 600~660nm이므로<sup>22)</sup>, 솔잎 에탄올 추출액의 주된 성분은 460nm와 630nm의 흡수파장이 나타나는 엽록소로 추정된다.

**2. 솔잎 염색물의 건강안전 기능성 평가**

**1) 항균성**

증류수 추출액과 에탄올 추출액으로 염색한 무매염포의 항균성 측정하기 위해 5회 세탁 후 평가하였다. <표 2>에서 보는 바와 같이 양모 섬유를 제외한 모든 무매염포에서 황색포도상구균의 정균감소율이 99.9%로 나타났고, 페렴간균에 대해서도 정균감소율이 99.9%에 이르러 완벽한 항균효과를 보였다. 이와 같은 결과에서 솔잎 추출물의 염색물은 추출방법에 관계없이 양모섬유를 제외한 견, 나일론, 대두섬유의 솔잎 염색물은 모두 우수한 항균성을 갖고 있어 내의류의 의복재료로서 위생성과 고부가가치성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

한편, 무매염포의 경우 항균성이 불량하게 나타난 양모섬유의 경우 매염 후 항균성을 평가한 결과, <표 3>에서 보는 바와 같이 5종류 모든 매염염색

<표 2> Antimicrobial Property of the Fabrics Dyed with Pine Needles Extract without Mordanting

Extracts	Sample Fiber(Mordant)	Reduction Ratio of Colonies(%)	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
Water	Wool (None)	0	0
Ethanol	Wool (None)	44.0	0
Water	Silk (None)	99.9	99.9
Ethanol	Silk (None)	99.9	99.9
Water	Nylon (None)	99.9	99.9
Ethanol	Nylon (None)	99.9	99.9
Water	Soybean (None)	99.9	99.9
Ethanol	Soybean (None)	99.9	99.9

<표 3> Antimicrobial Property of the Wool Fabrics Dyed with Pine Needles Extract and Mordants

Extracts	Sample Fiber(Mordant)	Reduction Ratio of Colonies(%)	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
Water	Wool (Al)	99.9	99.9
Ethanol	Wool (Al)	99.9	99.9
Water	Wool (Cu)	99.9	99.9
Ethanol	Wool (Cu)	99.9	99.9
Water	Wool (Cr)	99.9	99.9
Ethanol	Wool (Cr)	99.9	99.9
Water	Wool (Fe)	99.9	99.9
Ethanol	Wool (Fe)	99.9	99.9
Water	Wool (Sn)	99.9	99.9
Ethanol	Wool (Sn)	99.9	99.9

물에서 99% 이상의 항균성을 나타내었다. 이것은 솔잎 염색물인 양모섬유는 무매염보다는 매염을 했을 때 항균성이 높아지는 것을 알 수 있는데, 매염제에 들어있는 항균성이 영향을 준 것으로 생각된다.

**2) 자외선 차단성**

염색 전 백포의 자외선 차단지수 및 차단율은 <표 4>에 나타내었고, 솔잎 염색 염색물의 자외선 차단지수와 자외선 차단율은 <표 5>에 표시하였다. 증류수 추출액과 에탄올 추출액의 의한 염색물의 자

<표 4> UV Protection of the Original Undyed Fabrics

Sample	UPF(SPF)	UV-R	UV-A	UV-B
Wool	+50	-	99.6	99.7
Silk	4.9	-	70.3	77.3
Nylon	4.7	-	67.4	75.8
Soybean	+50	-	99.5	99.6

UPF(SPF): Ultraviolet Protection Factor

UV-R: The percent blocking for 290~400nm

UV-A: The percent blocking for 315~400nm

UV-B: The percent blocking for 290~315nm

22) 강신성, 강영희, 길봉섭, 김영진, 김윤식, 김익수, 윤용달, 이정주, *생분과학* (서울: 아카데미서적, 2000).

〈표 5〉 UV Protection of the Fabrics Dyed with Pine Needles Extract and Mordants

Extracts	Sample Fiber(Mordant)	UPF(SPF)	UV-R	UV-A	UV-B
Water	Wool (None)	50+	99.6	99.6	99.8
	Wool (Al)	50+	99.4	99.3	99.5
	Wool (Fe)	50+	99.8	99.8	99.9
	Wool (Cu)	50+	99.7	99.7	99.8
	Wool (Cr)	50+	99.9	99.9	99.9
	Wool (Sn)	50+	99.3	99.2	99.5
Ethanol	Wool (None)	50+	99.8	99.7	99.9
	Wool (Al)	50+	98.9	98.8	99.4
	Wool (Fe)	50+	99.3	99.3	99.5
	Wool (Cu)	50+	99.5	99.4	99.7
	Wool (Cr)	50+	99.3	99.3	99.7
	Wool (Sn)	50+	99.8	99.8	99.9
Water	Silk (None)	6	79.1	77.7	83.6
	Silk (Al)	5	77.6	76.1	82.7
	Silk (Fe)	7	83.0	86.5	83.8
	Silk (Cu)	9	86.1	88.8	86.8
	Silk (Cr)	6	79.9	78.6	84.4
	Silk (Sn)	7	81.6	80.1	86.8
Ethanol	Silk (None)	3	63.4	61.2	70.2
	Silk (Al)	3	64.2	61.9	71.2
	Silk (Fe)	6	80.8	79.8	83.9
	Silk (Cu)	6	78.2	76.6	83.8
	Silk (Cr)	3	66.7	64.5	73.5
	Silk (Sn)	4	68.8	66.1	77.7
Water	Nylon (None)	20	94.3	93.9	95.4
	Nylon (Al)	16	93.0	92.7	94.0
	Nylon (Fe)	17	93.7	93.5	94.5
	Nylon (Cu)	24	95.0	94.7	96.1
	Nylon (Cr)	16	93.1	92.8	94.1
	Nylon (Sn)	27	95.6	95.3	96.6
Ethanol	Nylon (None)	16	94.2	94.3	93.9
	Nylon (Al)	18	94.6	94.7	94.6
	Nylon (Fe)	25	95.9	95.8	96.2
	Nylon (Cu)	25	95.7	95.5	96.3
	Nylon (Cr)	19	94.6	94.5	94.8
	Nylon (Sn)	23	95.2	94.2	96.2
Water	Soybean (None)	50+	99.5	99.4	99.6
	Soybean (Al)	50+	99.5	99.5	99.6
	Soybean (Fe)	50+	99.3	99.2	99.4
	Soybean (Cu)	50+	99.5	99.4	99.6
	Soybean (Cr)	50+	99.4	99.4	99.5
	Soybean (Sn)	50+	99.4	99.3	99.5
Ethanol	Soybean (None)	50+	99.2	99.1	99.5
	Soybean (Al)	50+	99.2	99.1	99.4
	Soybean (Fe)	50+	99.0	99.1	99.1
	Soybean (Cu)	50+	99.2	99.1	99.3
	Soybean (Cr)	50+	98.6	98.5	98.9
	Soybean (Sn)	50+	98.1	98.0	98.5

UPF(SPF): Ultraviolet Protection Factor

UV-R: The percent blocking for 290~400nm

UV-A: The percent blocking for 315~400nm

UV-B: The percent blocking for 290~315nm

외선 차단지수는 직접 편성하여 시료로 사용한 양모섬유와 대두섬유 편성물 모두에서 50+ 이상으로 높게 나타났다. 이는 솔잎의 천연염색의 자외선 차단지수가 섬유 종류에도 영향을 받지만, 시료의 두께와 밀도의 영향을 받는 것으로 사료된다. 견섬유의 증류수 추출액에 의한 자외선 차단지수는 5 이상이었으며, 에탄올 추출액에 의한 자외선 차단지수는 3 이상으로 시험백포가 4.9임에 비해 자외선 차단 효과가 낮은 것으로 나타났다. 나일론 섬유의 자외선 차단지수는 증류수 추출액과 에탄올 추출액에 의한 무매염포, 매염포 모두에서 16 이상으로 자외선 차단지수가 높다는 것을 알 수 있다.

증류수 추출액과 에탄올 추출액에 의한 염색물의 자외선 A(UV-A: 315~400nm)의 차단율은 양모섬유와 대두섬유 모두에서 99% 이상이었으며, 자외선 A의 차단 성능은 매우 우수한 것으로 나타났다. 견섬유의 증류수 추출액에 의한 자외선 A의 차단율은 79% 이상으로 나타났고, 에탄올 추출액에 의한 자외선 A의 차단율은 63% 이상으로 나타나 자외선 A 차단 효과가 낮은 것으로 나타났다. 나일론 섬유의 자외선 A 차단율은 증류수 추출액과 에탄올 추출액에 의한 무매염포, 매염포 모두에서 90% 이상으로 높게 평가되었다.

증류수 추출액과 에탄올 추출액에 의한 염색물의 자외선 B(UV-B: 290~315nm)의 차단율은 양모섬유와 대두섬유 모두에서 99% 이상으로 높게 나타나 자외선 B의 차단 성능은 매우 우수한 것으로 나타났다. 견섬유의 증류수 추출액에 의한 자외선 B의 차단율은 80% 이상이었으며, 에탄올 추출액에 의한 자외선 B의 차단율은 70% 이상으로 자외선 B의 차단 효과가 낮은 것으로 나타났다. 나일론 섬유의 자외선 B 차단율은 증류수 추출액과 에탄올 추출액에 의한 무매염포, 매염포 모두에서 93% 이상으로 높게 나타났다.

이상의 결과 견섬유를 제외한 모든 섬유에서 우수한 자외선 차단성을 보였는데, 이는 식물성 염색에 모두 함유되어 있는 플라본(flavone)계 색소들이 식물세포의 원형질을 자외선에 의해서 파괴되는 것을 막아 주기 때문인 것으로 사료된다. 또한 폴

리페놀(polyphenol)성 탄닌 화합물은 260~280nm에서 자외선을 강력하게 흡수한다는 결과<sup>23)</sup>와도 유사한 것으로 보여진다.

**3) 중금속 잔존율**

천연염색의 경우, 세탁, 드라이클리닝, 일광 등 염색 건뢰도 향상과 다양한 색의 발색을 위해 소량의 알루미늄, 구리, 크롬, 주석, 철 등과 같은 매염제를 사용하고 있는데, 이들은 주로 중금속이 함유되어 있는 유해물질들이다. 그리고 솔잎과 같은 천연 식물성 염색은 채취하는 장소에 따라 농약과 매염 등 중금속에 노출되는 경우가 많으므로 중금속 잔존율을 확인하는 것이 필요하다. 특히 입속으로 들어가기 쉬운 유아용의 내의류나 피부 접촉이 많은 속옷류의 안전성 평가를 위해 중금속 잔존율 확인은 반드시 필요하다고 사료된다.

〈표 6〉은 Oeko-Tex standard 100에 제시된 중금속 잔존율에 대한 허용 한계치이고, 〈표 7〉은 양모섬유에 대한 솔잎 염색물의 중금속 잔존율의 측정 결과를 제시한 것이다. 그 결과 카드뮴(Cd)의 경우 허용한계치인 0.1ppm에 비해 모든 매염포와 무매염포에서 0.01ppm로 확인되었다. 이 결과, 카드뮴에 의한 중금속에 안전한 것으로 나타났다. 납(Pb)의 경우도 허용한계치인 1.0ppm에 비해 모든 매염포와 무매염포에서 0.1ppm로 허용한계치를 넘지 않아 납에 의한 중금속에도 안전한 것으로 나타났다. 수은(Hg)의 경우는 허용한계치인 0.02ppm에 비해 모든 매염포와 무매염포에서 0.01ppm로 허용한계치를 넘지 않아 수은에 의한 중금속에 안전하였다.

〈표 6〉 Permitted Level of Heavy Metals by Oeko-Tex Standard 100

Product Class	In Direct Contact with Skin	With No Direct Contact with Skin
Cadmium (Cd)	0.1	0.1
Lead (Pb)	1.0	1.0
Mercury (Hg)	0.02	0.02
Chromium (Cr)	2.0	2.0

(mg/kg = ppm)

23) 설정화, 최석철, op cit.

〈표 7〉 Retaining Rate of Heavy Metals in the Wool Fabrics Dyed with Pine Needles Extract and Mordants

Extracts	Sample Fiber(Mordant)	Cadmium(Cd)	Lead(Pb)	Mercury(Hg)	Chromium(Cr)
Water	Wool (None)	0.01	0.1	0.01	0.6
	Wool (Al)	0.01	0.1	0.01	0.6
	Wool (Fe)	0.01	0.1	0.01	0.6
	Wool (Cu)	0.01	0.1	0.01	0.5
	Wool (Cr)	0.01	0.1	0.01	2.2
	Wool (Sn)	0.01	0.1	0.01	0.4
Ethanol	Wool (None)	0.01	0.1	0.01	1.8
	Wool (Al)	0.01	0.1	0.01	0.4
	Wool (Fe)	0.01	0.1	0.01	0.4
	Wool (Cu)	0.01	0.1	0.01	1.9
	Wool (Cr)	0.01	0.1	0.01	2.0
	Wool (Sn)	0.01	0.1	0.01	0.5

(mg/kg = ppm)

크롬(Cr)의 경우는 허용한계치인 2.0ppm에 비해 증류수 추출액에서 Cr 매염포는 2.2ppm로 허용한계치를 조금 벗어났지만, 한국시험연구원의기준에 의하면 허용한계치 2.0ppm +0.5로 허용 범위 안에 들어가는 것으로 나타났다. 그 외 무매염포와 매염포에서는 0.6ppm으로 허용한계치를 넘지 않아 크롬에 의한 중금속에 안전한 것으로 나타났다. 에탄올 추출액에 의한 무매염포와 매염포에서 모두 2.0ppm 이하로 허용한계치를 넘지 않아 크롬에 의한 중금속에 대해 안전한 것으로 나타났다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 항균성과 기능성을 가지고 있을 것이라 예측되는 술잎을 천연염재료로 선택하여 증류수와 에탄올로 각각 염액을 추출하고, GC-MS로 활성물질을 분리하여 술잎 추출물의 기능적인 효율성을 밝히고자 하였다. 그리고 고급내의 혹은 파운데이션 소재로 많이 이용되는 질소함유 섬유(양모, 견, 나일론, 대두섬유) 직물에 염색하여 그에 따른 염색포의 항균성 및 자외선 차단성, 중금속 잔존율을 평가한 후 술잎 천연염료에 의한 건강안전 기능성 소재 개발과 고부가가치 상품의 개발로 시장 경쟁력을 확보하는데 기초 자료를 제공하고자 한다. 본

연구의 결과로 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 술잎의 정유 성분을 용매인 에탄올로 추출한 후 SPME 섬유에 방향성분을 추출, GC-MS 안에 이 동시켜 술잎의 정유 성분을 분석한 결과 다양한 방향족 성분인 bisbenzene(5.29%, RT 11.76), alpha-pinene (2.60%, RT 3.91), beta-pinene(1.46%, RT 4.65), beta-phellandrene(1.26%, RT 5.58), caryophyllene(1.33%, RT 11.69) 등으로 나타났다. 이들은 대부분 항균성을 가지고 있는 방향성분으로 염색하여 세탁한 후에도 항균성을 유지하고 있었다. 그리고 술잎 추출액의 자외·가시부 흡수 스펙트럼을 측정된 결과, 술잎 증류수 추출액의 흡수파장은 237nm와 281nm 두 군데에서 탄닌의 주된 흡수파장을 나타내었고, 술잎 에탄올 추출액의 흡수파장은 460nm와 630nm에서 측정되어 엽록소 a와 엽록소 b의 흡수 파장대를 보였다. 이와 같은 결과로 탄닌과 클로로필 등 항균성이 많은 술잎 추출액은 의약품 섬유나 피부병 환자복 혹은 피부에 바로 접촉하는 속옷 등의 항균성을 요구하는 의복재료의 염색에 활용 할 수 있다.

2. 증류수 추출액과 에탄올 추출액으로 염색한 무매염포의 항균성을 측정된 결과로 모두 5회 세탁 후의 항균성을 측정된 결과 모섬유를 제외하고 모든 무매염포에서 황색포도상 구균의 정균감소율이

99.9%로 나타났고, 페렴간균에 대해서도 정균감소율이 99.9%에 이르러 완벽한 항균효과를 보였다. 자외선 차단성에서는 견을 제외하고 모든 섬유에서 90% 이상의 자외선 차단율이 측정되어 기능성이 매우 우수하고, 중금속에서도 안전한 염제로 확인되었다. 이와 같은 결과에서 솔잎 염색 직물은 우수한 건강안전 기능성을 갖고 있으므로 내의류의 의복재료로서 활용함이 바람직하며, 특히 건강안전 기능성을 필요로 하는 환자용, 노인용, 유아용 의류소재로 적합하다.

본 연구에서는 모직물과 대두섬유에서 자외선 차단성이 우수하게 측정되었으나, 흰색 직물상태의 시료를 구입하기 어려워 직접 편성으로 두께가 견 직물이나 나일론 직물에 비해 두꺼워져서 자외선 차단성에 영향을 주었을 것으로 생각되므로, 후속 연구에서는 두께가 비슷한 소재를 사용하여 자외선 차단성을 평가하고 비교하여야 할 것이다.

### 참고문헌

- 강유한, 박용곤, 오상룡, 문광덕 (1995). “솔잎과 쑥 추출물의 기능성 검토.” *한국식품과학회지* 27 권 6호.
- 강신성, 강영희, 길봉섭, 김영진, 김윤식, 김익수, 윤용달, 이정주 (2000). *생분과학*. 서울: 아카데미서적.
- 국주희, 마승진, 박근형 (1997). “솔잎에서 항미생물 활성을 갖는 Cinnamic Acid의 분리 및 동정.” *한국식품과학회지* 29권 4호.
- 김재호 (2000). *생화학*. 서울: 청문각.
- 박경남, 이신호 (2003). “솔잎 추출물과 고추냉이의 Vibro에 대한 항균활성.” *한국식품영양과학회지* 32권 2호.
- 박영희 (2006). “솔잎 추출물을 이용한 염색물의 기능성에 관한 연구.” *복식* 56권 2호.
- 설정화, 최석철 (1994). “견의 Tannin 처리에 관한 연구(II) -매염제의 영향을 중심으로-.” *한국염색가공학회지* 6권 2호.
- 성기천, 김기준 (2005). “솔잎 추출물의 티로시나아제 활성억제 효과 및 분석.” *한국유화학회지* 22권 1호.
- 오재호 (2000). *오피아지는 오존층과 생태계*. 서울: 아르케.
- 이범중 (2004). *천연물 화학*. 서울: 자유아카데미.
- 이영래 (1998). *유기화학*. 서울: 삼광출판사.
- 이재곤, 이창국, 장희진, 곽재진 (2004). “Purge and Trap Headspace 의한 솔잎(*Pinus densiflora* S.)의 휘발성 성분.” *한국식품영양과학회지* 17권 3호.
- 조수민, 김지현, 이민원 (2001). “탄닌화합물의 Tyrosinase 억제 활성.” *생약학회지* 32권 1호.
- 전동원, 김종준, 강소영 (2003). “키토산 처리포의 소목 천연염색에 대한 연구(I).” *복식문화연구* 11권 3호.
- 전미선, 박명자 (2009). “솔잎 추출물의 염색성 및 염색견뢰도.” *복식문화연구* 17권 6호.
- 정희중, 황금희, 유명자, 이순자 (1996). “송순차 제조를 위한 송순 및 솔잎의 화학적 조성.” *한국식생활문화학회지* 11권 5호.
- 최무영, 최은정, 이은, 임태진, 차배현, 박희준 (1997). “솔잎 추출물의 항균성검색.” *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25권 3호.
- 홍택근, 임무현, 이준호 (2001). “솔잎의 기능성과 식품에 대한 응용.” *식품과학과 산업* 34권 4호.
- Kinnunen, H., S. Huttunen and K. Laakso (2001). “UV-absorbing Compounds and Waxes of Scots Pine Needles during a Third Growing of Supplemental UV-B.” *Environmental Pollution* Vol. 112.
- Kinnunen, H., K. Laakso and S. Huttunen (1999). “Methanol-extractable UV-B-absorbing Compounds in Scots Pine Needles. Chemosphere.” *Cosmet. Chem.* Vol. 42.