

## 수용성 키토산 처리에 의한 모발의 물리적/역학적 특성 변화

김경선<sup>†</sup> · 전동원 · 김종준

이화여자대학교 의류학과

Change of Physical/Mechanical Property of Human Hair  
by Treatment using Water Soluble ChitosanKyung-Sun Kim<sup>†</sup> · Dong-Won Jeon · Jong Jun Kim

Dept. of Clothing &amp; Textiles, Ewha Womans University

접수일(2009년 7월 10일), 수정일(2009년 7월 24일), 게재확정일(2009년 8월 17일)

## Abstract

Chitosan is an environment-friendly and natural cationic polymer that can be used as a hair cosmetic additive. Healthy hair and damaged hair samples were experimented on according to treatment conditions using a water-soluble chitosan. Chitosan treated hair samples were studied on the physical and mechanical property changes. It is most effective when the water-soluble chitosan treatment was adjusted to the Neutral (pH6.8) or Acid (pH4.5). When the water soluble chitosan was treated at pH4.5, the tensile strength, tensile elongation, and elasticity of decolorized hair all increased. The virgin and damaged hair both changed into elastic and soft hair. The effect of chitosan treatment is more noticeable in the healthy hair than in the damaged hair.

**Key words:** Water soluble chitosan, Hair, Tensile property, Bending stiffness, Friction force; 수용성 키토산, 모발, 인장특성, 굽힘강성, 마찰력

## I. 서 론

최근 모발화장품의 개발동향은 천연물 추출물을 첨가하여 이들이 갖는 우수한 효능을 이용하려는 연구가 주류를 이루고 있으며 다양한 제품이 출시되고 있다. 키토산은 생체에 대한 친화성이 우수하고 안전성이 뛰어난 물질이다. 키토산의 아미노기(-NH<sub>2</sub>)는 (+)전하의 전기적 성질을 띠는 매우 특이한 천연고분자로서 이용방법에 따라서 상당히 우수한 특성을 나타낼 수 있다(김경선, 2009).

일반적으로 키토산은 비극성 용매에 불용성이며, 물에 의해서는 pH6 이하의 산성영역에서 용해되어 양이온성을 띤다(Devincenzi & Mzzarelli, 1997; Knor, 1984).

최근 키토산의 낮은 용해성과 흡수성을 해결하기 위해 수용성 키토산을 제조하고 이를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 의약과 식품분야에서 수용성 키토산에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있는데, 이는 키토산의 인체에 안전한 물질로서 작용하는 특성에 기초하고 있다(Dillow & Lowman, 2002). 모발화장품은 두피에 직접 도포되어 접촉이 이루어지므로 인체안전성이 특별히 요구된다. 심미자(2003)의 연구에서 염모제가 직접 두피에 닿을 경우 혈액에서 관찰되는 유해성을 보고한 바 있다. 따라서 수용성 키토산을 사용하면 인체에 안전하면서 중성의 물에 용해되는 특성으로 인해 저자극성의 모발용 화장품으로서 사용범위가 확대될 것으로 예상된다. 김경선 외(2007)의 연구에서 건강모발과 손상모발, 가는모발과 굵은 모발을 시료로 하여 키토산 처리 효과를

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: faime@naver.com

검토한 결과, 가는 모발보다는 굵은 모발에서 효과가 크게 나타났으며, 건강모발과 손상모발 모두 인장강도와 신도가 증가되고 마찰력이 감소되어 키토산의 코팅효과가 검증된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 일반 키토산을 이용한 선행 연구(김경선 외, 2007)에 이은 후속연구로서 의약품 수준의 고품위 수용성 키토산의 모발에 작용하는 효과를 검토하고자 수용성 키토산의 pH를 산성(pH4.5), 중성(pH6.8), 알칼리성(pH8.0)으로 조절하여 처리하고 수용성 키토산의 액성에 따른 차이를 비교 분석하였다. 모발의 역학적인 변화를 분석하기 위해서 인장강신도와 표면마찰력, 굽힘강성을 측정하고, 외관의 변화는 광택과 스케일이미지를 화상으로 분석하였다. 또한 분광학적 특성을 검토하기 위해 표면반사율, K/S 값, 표면색 L\*, a\*, b\* 값을 측정하여 비교하였다.

## II. 실험

### 1. 시료 및 시약

#### 1) 모발

실험에 사용된 모발은 17세 여성의 화학적 시술을 한 번도 하지 않은 건강한 버진헤어(Virgin Hair, 미용실에서 채취 2007년 2월)와 동일한 버진헤어를 탈색처리한 모발(Bleached Hair)을 사용하였다. 각 조건별로 1g의 다발로 만들어서 시료를 준비하였다.

#### 2) 키토산

키토산의 화학구조는 <Fig. 1>과 같다.

##### (1) 일반 키토산

본 연구실에서 제조한 것으로서 GPC 분석결과 중량평균분자량( $M_w$ )이 187,700, Poly dispersity( $P_d$ )는 3.149로 측정되었다. 탈아세틸화도(Deacetylation)는 toluidine 지시약을 이용한 콜로이드 적정법을 사용하여 측정한 결과 94.29%로 측정되었다.

##### (2) 수용성 키토산

본 연구실에서 제조한 것으로 GPC 분석결과 중량평균분자량( $M_w$ )이 125,000, pH6.8로 측정되었다.

##### 3) 시약

탈색제로는 과산화수소수( $H_2O_2$ , 9%)를, 탈색촉진제로는 과황산칼륨( $K_2S_2O_8$ ), 과황산암모늄( $(NH_4)_2S_2O_8$ )이 혼합된 독일 웰라사에서 생산되어 시판되는 제품

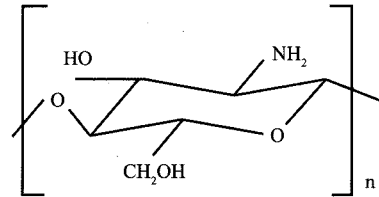


Fig. 1. Chemical structure of chitosan.

을 구입하였다.

샴푸 세정제로는 SLS(Sodium Lauryl Sulfate,  $C_{12}H_{25}NaO_4S$ )를 삼성화학에서 구입하였다.

## 2. 실험

### 1) 일반 키토산 용액 제조

1%(w/v) 농도의 초산 수용액을 이용하여 0.5%(w/v) 농도의 키토산 용액을 제조하였다. 30°C에서 24시간 동안 교반하여 제조된 키토산 초산 수용액의 pH는 4.5로 측정되었다.

### 2) 수용성 키토산 용액 제조

중성의 탈이온수를 용매로 하여 0.3%(w/v) 농도의 수용성 키토산 용액을 제조하였다. 수용성 키토산 용액의 pH는 6.8로 측정되었으며 pH의 조건을 다르게 적용하기 위하여 4.5와 8.0으로 조절하여 미조절을 포함한 3종류 액성의 수용성 키토산 용액을 제조하였다. 10%로 희석된 초산용액과, 1몰 농도의 NaOH 용액을 이용하여 수용성 키토산 용액의 pH를 조절하였다.

### 3) 샴푸

모발시료 1g 당 SLS 10% solution 1ml를 덜어내어 손으로 거품을 낸 후 상온의 탈이온수에 담가서 미리 습윤시킨 모발을 부드럽게 비벼서 세정 후 탈이온수로 꼼꼼히 수세하였다. 세정이 끝난 모발은 냉풍으로 건조시켰다. 모발건조에 이용된 냉풍은 선풍기의 자연바람을 의미한다. 실험실의 온도는 28°C, 상대습도 68%로 유지되었다.

### 3) 탈색처리

손상모발에 대한 키토산 처리 효과를 검토하기 위하여 건강모발시료와 동일한 샘플을 이용하여 1회 탈색을 실시하였다. 1제인 탈색제로는 액상의 30volume 과산화수소(9%) 100ml에 2제인 탈색촉진제로는 과

황산칼륨과 과황산암모늄이 혼합된 분말제 20g을 넣고 상온에서 믹스하였다. 모발 1g의 샘플당 20ml 혼합탈색제를 골고루 도포한 후 50°C에서 30분간 방치하여 탈색이 완료되면 상온의 탈이온수로 깨끗이 수세하였다. 수세가 끝난 탈색모발시료는 1% 초산 수용액으로 중화 처리한 후 다시 탈이온수로 꼼꼼히 세정하여 냉풍으로 건조시켰다.

#### 4) 키토산 처리

액비 1:50의 키토산 용액에 모발을 침지한 후 40°C에서 60분간 방치하여 키토산을 처리한 후 그대로 꺼내어 60°C의 열풍으로 10분간 열처리하였다. 완전히 건조된 키토산 처리모발을 2시간 실온에 방치하여 안정화시킨 다음 실온의 탈이온수로 꼼꼼하게 세척하여 잔존하는 키토산을 제거하였다. 수세된 키토산 처리 모발은 냉풍으로 건조시켰다.

실험에 이용된 시료의 준비과정은 다음과 같으며 샘플명은 <Table 1>과 같다.

- 미처리 버진헤어: 샴푸-수세-냉풍건조
- 1회 탈색모발: 샴푸-수세-냉풍건조-탈색-수세-냉풍건조
- 키토산 처리모발: 샴푸-수세-냉풍건조-키토산 침지-열처리-2시간 방치-수세-냉풍건조

### 3. 측정

#### 1) 표면색과 K/S 값

Spectrophotometer(Color-Eye 3100, Grdtag Macheth, USA)을 이용하여 2°관찰자와 D65광원으로 고정하여 가시광원인 400~700nm 범위 내에서 분광반사율과 겉보기 색농도인 K/S 값을 측정하였다. 동일한 시료를 이용하여 표면색 L\*, a\*, b\* 값과 색차 ΔE 값을 구하였다.

K/S는 Kubelka-Munk 함수식으로 계산하며, 그 식은 다음과 같다.

$$K/S=(1-R)^2/2R$$

where,

K: absorbance coefficient of dyed material

S: scattering coefficient of dyed material

R: reflectance

표면색은 미처리모발과 시험모발의 X, Y, Z 값을 측정 후 L\*, a\*, b\* 값으로 변환하여 구하였다. L\*은 lightness를 나타내고, a\*에서 +값이면 redness, -값이면 greenness를 나타낸다. b\*에서 +값이면 yellowness, -값이면 blueness를 나타낸다. ΔE는 기준색과 비교색 간의 색차로서 다음과 같이 계산된다.

$$\Delta E=\sqrt{(L_1^*-L_2^*)^2+(a_1^*-a_2^*)^2+(b_1^*-b_2^*)^2}$$

#### 2) 인장특성

인장시험기(Testometric, Micro 350)를 이용하여 측정하였다. 각 시료별로 굵기가 일정한 10개의 모발을 선택하여 측정하고 평균에 가까운 일관된 값을 보이는 5개의 값을 취하였다. 유효 시료장 30mm, 속도 20mm/min으로 고정하여 측정하였다. 10개의 동일조건의 시료를 측정 후 일관된 값을 나타내는 5개의 평균값을 산출하여 분석에 이용하였다. 실험실 온도는 28°C, 상대습도는 68%로 유지되었다.

#### 3) 표면마찰력

모발시료를 glass rod에 1회 감고 모발의 한 쪽 끝에 hanging weight 20g을 부가하고 다른 한 쪽은 인장시험기(Testometric Micro 350, U.K.)의 Load Cell에 연결된 클램프에 취부하였다. 인장속도 2mm/min로 고정하여 10개의 시료에 대한 마찰력을 측정하고 일관된 값을 나타내는 5개의 평균값을 산출하여 분석에 이용하였다. 실험실온도는 28°C, 상대습도는 68%로 유지되었다.

#### 4) 굽힘저항력

모발의 한쪽 끝을 고정하고 다른 한쪽은 움직일 수

Table 1. Sample name of hair bundle

Sample	Untreated	ASC* treated	WSC** treated		
		pH4.5	pH4.5	pH6.8	pH8.0
Virgin Hair	VH-Original	VH-ASC-pH4.5	VH-WSC-pH4.5	VH-WSC-pH6.8	VH-WSC-pH8.0
Bleached Hair	BLH-Original	BLH-ASC-pH4.5	BLH-WSC-pH5.5	BLH-WSC-pH6.8	BLH-WSC-pH8.0

ASC\*: Acidic Soluble Chitosan, WSC\*\*: Water Soluble Chitosan

있도록 한 상태에서 모발의 중앙부를 hook에 걸고 이를 인장시험기(Testometric Micro 350)의 Load Cell에 연결하여 모발의 굽힘저항력을 측정하였다. 150g 용량의 Load Cell에 excitation voltage 10V의 전압을 가하고 test speed 2mm/min, 클램프 간 거리 10mm를 유지하면서 모발시료의 중앙부를 2mm 들어 올릴 때의 전압을 A/D converter를 통해 컴퓨터에 저장하고 이를 환산하여 굽힘저항력을 측정하였다. 이 때 실험실온도는 28°C, 상대습도는 68%로 유지되었다. 10개의 동일조건 시료를 측정 후 일관된 5개의 평균값을 산출하여 분석에 이용하였다.

### 5) 광택분석

영상현미경(Biolux-12, Kyowa, Japan)을 사용하여 일정조명(gooseneck fiber optic light guide 2개를 모발시료의 양쪽 상부에서 조명함) 하에서 접안렌즈  $\times 15$ , 대물렌즈  $\times 40$ 으로 고정하고 세팅된 모발시료를 15°각도로 기울여서 고정시킨 후 스케일과 빛에 의한 광택 이미지를 Twain Capture System(ProgRes. C10 plus)을 이용하여 촬영하고 그림파일로 저장하였다. 화상분석용 Image J-Java 15k(National Institute of Health, U.S.A.) 프로그램을 이용하여 저장된 그림파일의 일정부분을 선택하여 시료의 광택을 분석하였다. 각 조건별로 5개의 시료를 촬영하여 분석에 이용하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 모발의 K/S 값

모발의 K/S값을 측정하여 <Table 2>에 제시하고 키토산 처리조건에 따른 변화를 비교하였다.

버진헤어는 WSC-pH6.8에서 변화가 가장 작고 WSC-pH8.0과 ASC-pH4.5에서 K/S 값이 최대값을 나타내고 있다. 수용성 키토산을 중성상태 그대로 사용할 때 겔보기 색농도를 그대로 유지하는 것으로 생각된다. 탈색모발의 경우에도 유사한 경향을 나타내고 있다.

### 2. 표면색상

<Table 3>에 제시된 모발의 표면색상을 살펴보면, 버진헤어와 탈색모발 모두 키토산 처리에 의해 L\*, a\*, b\* 값이 모두 감소되어 명도와 채도가 모두 낮아진 것으로 나타났다. 색차는 WSC-pH6.8에서 가장 작게 나타나고 있다.

### 3. 인장특성

#### 1) 인장강도

인장시험기를 이용하여 모발의 겔결질이라고 할 수 있는 큐티클의 절단이 발생하는 시점까지 가해진

Table 2. K/S value of chitosan treated hair

Hair sample	Treatment	Untreated	ASC		WSC	
			pH4.5	pH4.5	pH6.8	pH8.0
Virgin Hair (at 440nm)		12.95	14.03	13.72	12.75	14.26
Bleached Hair (at 400nm)		7.83	9.07	8.95	8.22	8.29

Table 3. Surface color of chitosan treated hair

Color	Treatment	Untreated	ASC		WSC	
			pH4.5	pH4.5	pH6.8	pH8.0
VH	L*	23.02	21.96	22.18	23.11	21.78
	a*	1.89	1.52	1.54	1.68	1.64
	b*	1.21	0.99	0.93	1.04	1.07
	$\Delta E$	-	1.15	0.95	0.28	1.27
BLH	L*	55.07	50.32	50.53	52.22	51.1
	a*	10.98	11.02	10.95	10.34	9.91
	b*	30.57	28.49	28.55	28.27	26.84
	$\Delta E$	-	5.18	4.96	3.72	5.55

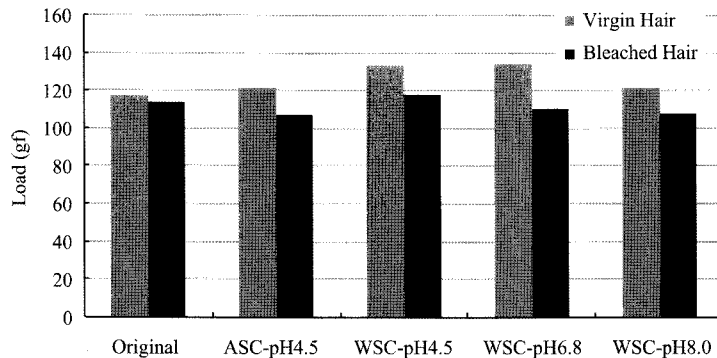


Fig. 2. Comparison of load at break of hair samples.

응력을 측정하여 <Fig. 2>에 그래프로 비교하였다.

버진헤어는 키토산이 처리되면 모든 조건에서 인장강도가 높아졌다. 특히 WSC-6.8과 WSC-4.5의 조건에서 인장강도가 높게 측정되어 수용성 키토산을 그대로 처리하거나 산성으로 처리했을 때 코팅의 효과가 큰 것을 간접적으로 증명해 주고 있다.

탈색모발은 키토산 미처리 시료와 비교했을 때, WSC-4.5의 조건에서 인장강도가 높은 값을 나타내고 있으며 다른 조건에서는 오히려 인장강도가 낮아지고 있다. 탈색모발은 스케일이 손상되어 외부의 조건에 따라 쉽게 손상을 입을 수 있다. 키토산을 이용하여 손상모발을 보수하고자 할 경우, pH조건이 상당한 영향을 미치고 있으며 수용성 키토산을 그대로 사용하거나(pH6.8), 산성(pH4.5)상태로 조절하여 사용하는 것이 인장강도 유지에 유리한 것으로 나타났다.

## 2) 절단신도

인장시험기를 이용하여 모발이 끊어질 때까지 응력을 가하고 모발의 신장률을 측정하여 <Fig. 3>에

키토산 처리 조건에 따라 그래프로 비교하였다.

버진헤어의 경우 모든 키토산 처리 조건에서 신도가 늘어난 것으로 측정되었으며, WSC-4.5와 ASC-pH4.5의 조건에서 가장 크게 증가되었다.

탈색모발의 경우 또한 모든 키토산 처리 조건에서 절단신도가 증가된 결과를 나타냈다. WSC-pH8.0의 알칼리성 조건에서 가장 크게 증가되었는데 이러한 결과는 손상모발과 건강모발에서 키토산을 처리할 때 pH에 의한 영향이 다르게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

건강모발인 버진헤어는 키토산을 중성으로 처리할 때 강도와 신도가 모두 증가되었다. 손상모발인 탈색모발에서는 키토산 처리에 의해 강도는 약간 감소되고 신도는 모두 증가되었다. 강신도 변화 정도는 알칼리성일 때 가장 크며, WSC-pH 4.5일 때는 강도 저하 없이 신도만 증가되었다.

일반적으로 모발이 손상되면 강도는 감소되고 신도는 증가되는 결과를 나타내는데 본 연구의 결과 탈색모발의 경우 이와 유사한 양상을 나타내고 있다. 키토산을 모발에 처리하고자 하는 목적은 손상된 부분

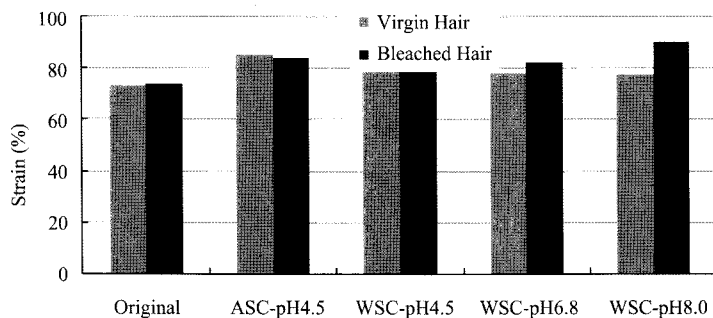


Fig. 3. Comparison of strain at break of hair samples.

을 보수하고 탄력 있고 매끄러우며 보다 건강한 모발로 변화시키고자 하는 것이다. 따라서 탈색모발은 수용성 키토산을 약산성으로 조절하여 처리하는 것이 보다 효과적인 결과를 나타내는 것으로 결론지을 수 있다.

**4. 굽힘저항력**

굽힘저항력을 측정하여 <Fig. 4>에는 버진헤어, <Fig. 5>에는 탈색모발의 경우를 그래프로 나타내었다. 이때 힘의 크기를 비교함으로써 키토산 처리 조건에 따른 모발의 상대적인 유연성과 강직성의 변화를 관찰할 수 있다.

버진헤어와 탈색모발의 경우 모두 모든 키토산 처리 조건에서 미처리 조건보다 굽힘저항력이 감소되었다. WSC-pH4.5>WSC-pH6.8>ASC-pH4.5>WSC-pH8.0의 순으로 굽힘저항력이 측정되었는데, 수용성 키토산을 그대로 사용하거나(pH6.8) 산성(pH4.5)으로 조절하여 사용할 때 모발의 강직성의 정도가 덜 저하되는 것으로 나타났다.

따라서 강신도 변화와 굽힘저항력을 종합적으로 검토해 보면, 건강모발의 경우 키토산을 처리하면 인장강도와 신도가 증가되고 굽힘저항력이 감소되어 탄력 있고 부드러운 모발로 변화시키는 매우 긍정적인 효과를 나타내고 있다.

탈색모발은 WSC-pH4.5의 경우엔 강도와 신도, 유연도가 모두 증가되어 탄력 있고 부드러운 모발로 변화시켜 주는 것으로 볼 수 있다. 그러나 그 이외의 조건에서는 인장강도가 감소되고 신도가 증가되며 굽힘저항력이 감소되어 키토산 처리가 탈색모발의 강도를 높여주지 못하는 것으로 나타났다. 결국 키토산 처리 효과는 건강한 모발에서 더 크며 수용성 키토산을 그대로 사용하거나(pH6.8) 약산성(pH4.5)으로 조절하여 사용하는 것이 효과적인 것으로 평가된다.

**5. 표면마찰력**

표면마찰력은 평균값과 표준편차로 나누어서 분석하였다. 표면마찰력을 측정하면 파상의 그래프를 형성하게 되는데 이 때 형성된 그래프의 표준편차는 스

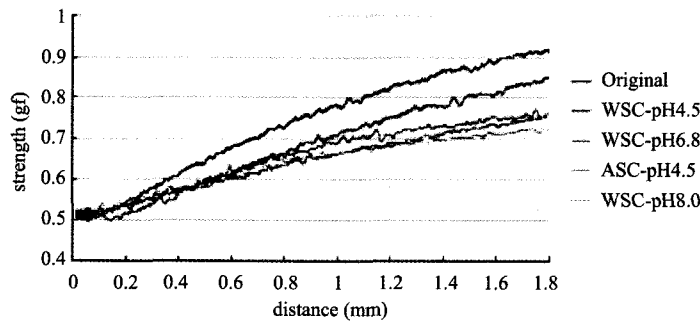


Fig. 4. Comparison of bending stiffness of virgin hair samples.

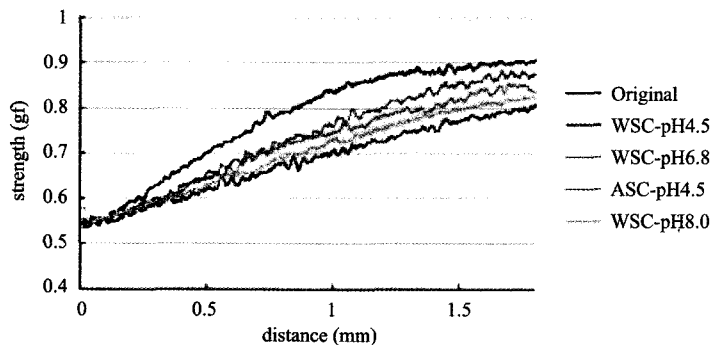


Fig. 5. Comparison of bending stiffness of bleached hair samples.

케일의 간격 또는 형태와 밀접한 관련이 있으므로 변화를 정량적으로 평가하는 기준이 될 수 있다.

1) 표면마찰력의 평균값

건강모발에 대한 키토산의 pH를 조절하여 처리했을 때 달라지는 표면마찰력의 평균값을 구하여 <Fig. 6>에 그래프로 제시하였다.

모발의 굵기에 따른 키토산 처리 효과 연구(김경선 외, 2007)에서 건강모발에 키토산을 처리하면 표면마찰력이 굵은 모발에서는 증가되었고 가는 모발에서는 변화가 거의 없는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 버진헤어의 경우 모든 처리 조건에서 표면마찰력이 증가되어 굵은 모발의 경우와 유사한 결과로 나타났다. WSC-pH6.8의 조건에서 최대로 증가되었는데 이러한 결과는 모발표면에 코팅된 키토산에 의해 마찰저항력이 증가되었기 때문으로 생각된다. 버진헤어의 마찰력이 증가되는 이유는 경질의 매끈한 표면을 가진 스케일이 키토산에 의해 소프트한 미세 다공막으로 코팅되었기 때문으로 생각되며, 광택분석에서 다시 거론하기로 한다.

또한 선행연구(김경선 외, 2007)에서 건강모발을 탈색하면 표면마찰력이 증가되었다가 키토산을 처리하면 다시 약간 감소되는 것으로 나타났다. 본 실험에서 탈색모발의 경우에도 이와 유사한 결과를 나타내고 있다. 탈색에 의해 불균일하게 손상된 표면의 굴곡이 매끈하게 정돈되었기 때문으로 사료된다. 그러나 WSC-pH6.8의 조건에서 마찰력이 크게 증가되었는데 건강모발을 키토산으로 처리하면 마찰력이 증가되는 것처럼, 과량 흡착된 키토산에 의해 마찰력이 증가되었기 때문으로 사료된다.

2) 표면마찰력의 표준편차

<Fig. 7>에 제시된 각 키토산 처리 조건별로 비교해보면 키토산 처리에 의해 표준편차가 감소되고 있다. 버진헤어와 탈색모발의 경우 모두 유사한 경향을 나타내고 있는데 WSC-pH6.8의 조건에서 최저치를 나타내고 있으므로 코팅에 의해 표면스케일층의 각이 부드러워진 것으로 해석된다. WSC-pH8.0의 조건에서 변화가 상대적으로 작게 나타나고 있으므로 역시 알칼리성에서의 효과가 상대적으로 미약한 것을 알 수 있다.

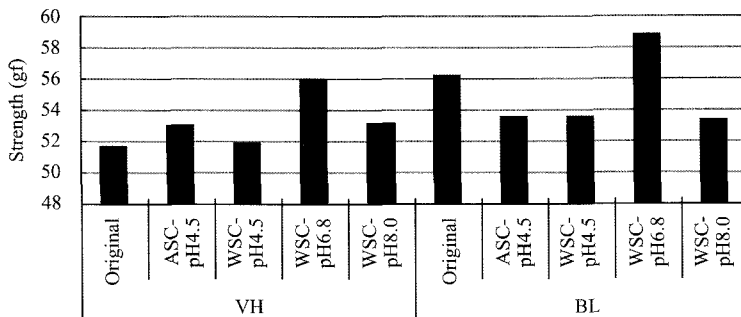


Fig. 6. Mean value of friction force of human hair.

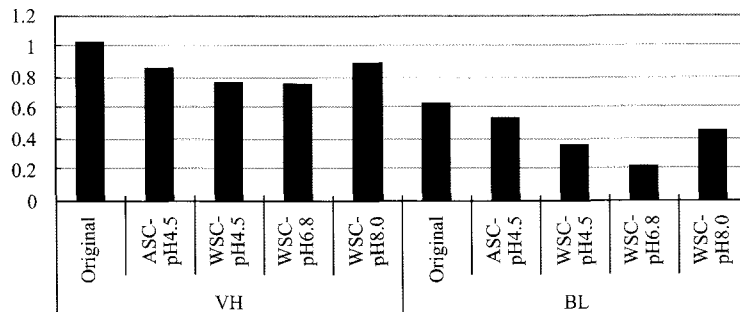


Fig. 7. Standard deviation of friction force of human hair.

6. 광택

각 조건별 모발의 광택 정도를 <Fig. 8>에 제시하고, 광택의 표준편차를 측정하여 <Fig. 9>에 그래프로 나타내었다. 광택의 표준편차는 광택이 분산된 정도를 나타내는 것으로서 광택의 범위를 알 수 있다.

광택이란 어떤 색이 사물의 색보다 밝기가 강하고 사물의 색을 부분적으로 확인하기 어렵게 빛나는 경우를 말한다(上甲恭平 외, 2003). 광택은 물체표면의 물리적 속성의 영향을 크게 받으며 광택감은 반사광의 방향 분포 및 그 공간적 균질성에도 관련 된다(박은주, 1995). 단섬유에서 광택은 빛과 어둠이 근접한 영역에서 강한 대비로 나타난다. 빛과 어둠의 영역은 정반사 현상으로부터 유발되며, 반사광 정도는 관찰자와 빛의 근원 사이의 각도에 높게 의존된다. 정반사는 매끄러운 표면과 관련되어 있으며 모발은 깨끗하고 건강하게 보이게 한다. 모발이 손상되어 표면이 거칠거나 이물질이 있을 경우 정반사가 감소된다(광택, 2009).

따라서 모발섬유의 반짝이는 광택은 표면의 평활한 정도와 빛의 방향에 크게 영향을 받으며 표면상태가 달라질 때 광택도 감소된다고 할 수 있다.

1) 광택의 평균값

키토산 처리모발은 모든 pH 조건에서 광택이 감소되고 있으며 조건별로 차이가 나타났다. 앞에서 버진 헤어와 탈색모발의 SEM 이미지를 살펴볼 때, 키토산의 코팅효과에 의해 표면스케일의 각이 부드러워진 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 표면의 균질성은 높아졌으나 미세한 다공막으로 형성되는 키토산의 코팅막에 의해 미세한 난반사가 유도되었을 것으로 추측된다. <Fig. 10>에 제시된 키토산의 SEM 이미지는 고분자 flake 상태의 키토산을 20,000배율로 촬영한 것으로서 미세한 다공을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 모발에 흡착된 키토산은 고분자 결정상태의 것과 차이가 있을 것으로 사료되나 키토산이 다량 흡착될 경우, 유사한 막이 형성되었을 것으로 예상된다. 선행연구(김경선 외, 2007)에서 제시되었던 모발이미

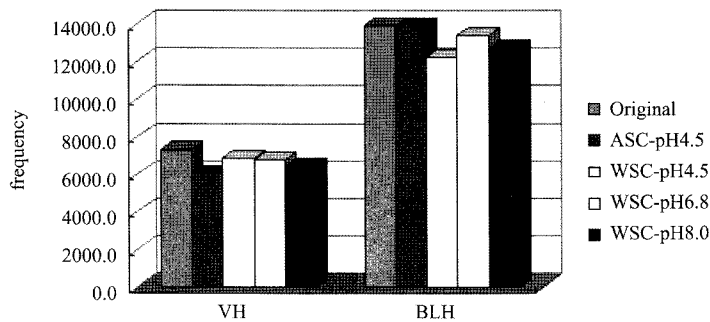


Fig. 8. Luster mean value of hair sample.

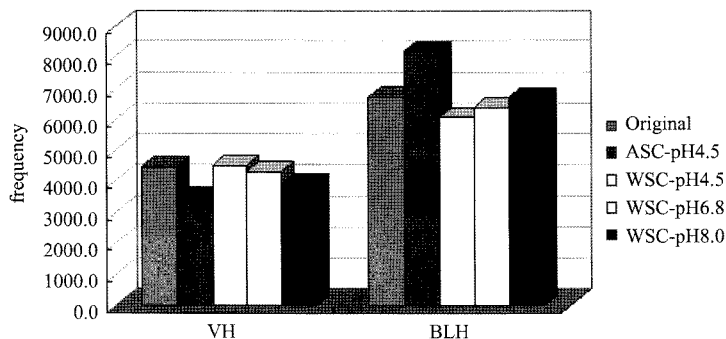


Fig. 9. Standard deviation of luster value of hair sample.



지 가운데 선명한 이미지를 선택하고 더욱 확대하여 <Fig. 11>에 키토산 처리 전과 후를 비교하여 제시하였다. <Fig. 11(a)>, <Fig. 11(c)>에서 보여 지는 모발의 표면은 스케일 층이 예리한 각을 이루며 매끈한 표면막을 이루고 있는 것이 관찰된다. <Fig. 11(b)>, <Fig. 11(d)>는 키토산이 처리된 모습으로서 스케일 각과 표면이 부드러워진 모습으로 보여주고 있다. 이로써 키토산 처리에 의해 표면의 광택이 감소되고 있는 것을 확인할 수 있으나 향후 보다 정확하고 정밀한 분석이 요구된다.

## 2) 광택의 표준편차

버진헤어의 광택은 WSC-pH4.5의 조건에서 평균

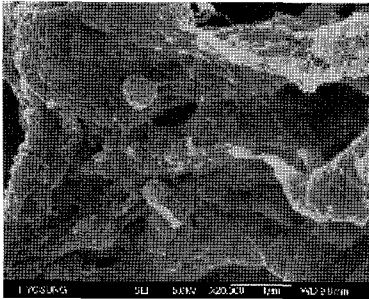


Fig. 10. SEM image of chitosan flake ( $M_w$  187,700).

값은 감소되었으나 <Fig. 9>에 제시된 그래프에 의하면, 표준편차가 약간 증가되어 넓은 영역에 걸쳐서 나타났다. ASC-pH4.5의 조건에서는 광택의 평균과 표준편차가 모두 크게 감소되었다.

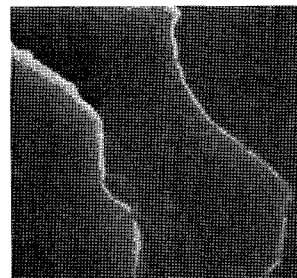
탈색모발의 경우 역시 모든 처리 조건에서 광택이 감소되었으며 광택의 표준편차는 WSC-pH4.5와 WSC-pH6.8의 조건에서는 감소되어 광택의 범위가 축소되었다고 볼 수 있다. 그러나 탈색모발의 ASC-pH4.5의 조건에서는 광택이 감소되지 않고 표준편차는 오히려 증가되어 광택의 강도는 그대로 유지하면서 넓은 면적에서 관찰되어 가장 효과적인 광택을 나타내었다. 따라서 광택의 유지에 가장 유리한 조건은 건강모발과 손상모발 모두 WSC-pH4.5의 조건이라고 할 수 있다.

## IV. 결 론

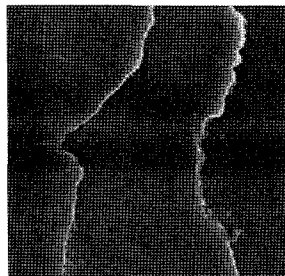
친환경 천연 양이온성 고분자인 키토산을 이용하여 모발화장품의 첨가물로서 사용가능성을 타진하고자 하였다. 키토산이 모발에 미치는 효과를 검토하고자 건강한 버진헤어와 손상된 탈색모발을 사용하여 수용성 키토산을 산성(pH4.5), 중성(pH6.8), 알칼리성(pH8.0)으로 조절하여 처리하고 모발의 물리적, 역학적 특성



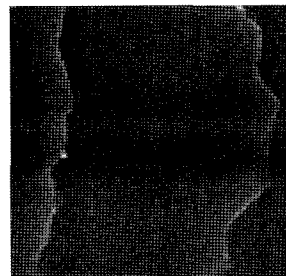
(a) VH



(b) VH-Chitosan treated (ASC-pH 4.5)



(c) 1BL



(d) 1BL-Chitosan treated (ASC-pH 4.5)

Fig. 11. Close up image of surface and scale of human hair.

에 미치는 영향을 검토하였다. 구체적인 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 버진헤어의 표면반사율은 키토산을 처리함으로써 감소되었다. 중성을 유지하는 수용성 키토산(WSC-pH6.8)으로 처리했을 때엔 미처리 모발과 유사한 것으로 관찰되었으며 산성, 알칼리성의 순으로 변화가 크게 유발되었다.

2. 탈색모발의 표면반사율은 모든 조건의 키토산 처리에 의해 저하되었다. 알칼리성 조건에서 가장 변화가 컸다.

3. 건강모발인 버진헤어의 경우, 키토산을 처리하면 인장강도와 신도가 증가되고 굽힘저항력이 감소되어 탄력 있고 부드러운 모발로 변화시키는 매우 긍정적인 효과를 나타냈으며 중성(pH6.8)이거나 산성(pH4.5)으로 조절된 수용성 키토산을 처리할 때 가장 효과적이었다.

4. 탈색모발은 WSC-pH4.5로 처리할 때 강도와 신도, 유연도가 모두 증가되어 탄력 있고 부드러운 모발로 변화시켜 주었다. 그러나 그 이외의 조건에서는 인장강도가 감소되고 신도가 증가되며 굽힘저항력이 감소되어 키토산 처리가 탈색모발의 강도를 높여주지 못하는 것으로 나타났다. 결국 키토산 처리 효과는 건강한 모발에서 더 크며 수용성 키토산을 그대로 사용하거나(pH6.8) 산성(pH4.5)으로 조절하여 사용하는 것이 효과적인 것으로 평가되었다.

5. 버진헤어의 경우, 모든 처리조건에서 표면마찰력이 증가되었다. 특히 WSC-pH6.8의 조건에서 최대로 증가되었는데 이러한 결과는 모발표면에 코팅된 키토산에 의해 마찰저항력이 증가된 때문으로 유추된다.

6. 건강한 버진헤어를 탈색처리하면 표면마찰력이 증가되었다가 키토산을 처리하면 다시 약간 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 탈색모발의 WSC-pH6.8의 처리조건에서 마찰력이 크게 증가되었는데 다량 흡착된 키토산에 의한 변화로 생각된다.

7. 결론 5와 6의 결과로 볼 때 키토산 코팅막의 마찰저항력은 건강모발의 큐티클 표면막보다 큰 것

로 나타났다. 키토산이 처리된 탈색모발의 표면마찰력이 작아진 이유는 손상되어 불균일해진 표면이 키토산의 코팅작용으로 매끄러워졌기 때문이라고 할 수 있다. 그러나 과량 흡착되면 오히려 마찰저항력이 더 커지는 결과가 나타났다.

8. 키토산 처리에 의해 버진헤어와 탈색모발 모두 광택이 감소되었다. SEM이미지 분석에 의하면 광택의 감소는 표면상태가 변화된 것 때문으로 생각되며, 키토산 코팅에 의한 미세 다공막 형성으로 인하여 빛의 난반사가 일어난 때문으로 해석된다. 버진헤어와 탈색모발 모두 WSC-pH4.5의 조건에서 광택의 감소가 작게 나타났다.

## 참고문헌

- 광택. (2009, 5. 25). *두산백과사전 EnCyber & EnCyber.com*. 자료검색일 2009, 5. 25, 자료출처 <http://100.naver.com/100.nhn?docid=19134>
- 김경선. (2009). *친환경 기능성 섬유가공제로서 키토산을 이용한 섬유제품 개발에 관한 연구*. 이화여자대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김경선, 김중준, 안병태, 전동원. (2007). 키토산으로 처리된 모발의 물리적 특성. *패션비즈니스*, 11(5), 51-63.
- 박은주. (1995). *색채 조형의 기초*. 서울: 미진사.
- 심미자. (2003). *염모제 피술자에서 임파구의 DNA 손상 및 혈액의 항산화효소 활성변동*. 계명대학교 대학원 박사학위 논문.
- 上甲恭平, 細川稔一, 松崎貴, 新井幸三. (2003). *最新の毛髪科學*. 大阪: Fragrance Journal社.
- Devincenzi, M., & Mzzarelli, R. A. (1997). Chitosan as dietary food additives. In M. F. A. Coosen (Ed.), *Cognition: Application of chitin and chitosan* (p. 115). Lancaster: Technomic Publishing.
- Dillow, A. K., & Lowman, A. M. (2002). *Biomimetic materials and design: Biointerfacial strategies, tissue engineering, and targeted drug delivery*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Knor, D. (1984). Use of chitosanous polymer in food. *Food Technol.*, 38, 85.