

저분자 Silk Peptide의 모발 보호효과 및 미세구조 분석

현 지 원 · ¹이 광 길 · ¹여 주 홍 · † ²최 태 부
안양과학기술대학교 패션뷰티디자인학부, ¹농촌진흥청 잠사양봉소재과, ²건국대학교 미생물공학과
(접수 : 2008. 8. 14., 게재승인 : 2008. 10. 2.)

Hair Care effects of hair cosmetics including Low molecular weight silk peptide component and micro structure analysis

Ji-Won Hyun, Kwang-Gill Lee¹, Joo-Hong Yeo¹, and Tae-Boo Choe^{2†}

Department of Fashion & Beauty Design, Anyang Technical College, Kyeonggi-do 430-749, Korea

¹Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-100, Korea

²Department of Microbial Engineering, Konkuk University, Kwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea

(Received : 2008. 8. 14., Accepted : 2008. 10. 2.)

In this study, hair care effects of the hair cosmetics including low molecular weight silk peptide, hydrolysate which is produced from cocoon were investigated. After producing the hair cosmetics including silk peptide which has 300-500 molecular weight, we measured its hair care effects through the various tests; change of the hair weight, hair thickness, absorbance rate and hair moisture value and micro structure analysis. As a result, S.P.T. (Silk peptide Treatment) was effectively penetrated into the hair which has been damaged by chemical treatments, increased the hair weight, thickness and hair moisture value and also recovered the cuticle of the hair. Thus, the treatment of hair with silk peptide hydrolysate would be effective to recover the damaged hair into the normal conditions.

Key Words : S.P.T. (Silk peptide Treatment), cocoon, hydrolysate

서 론

최근 응용 생체 산업이 급속히 진전됨에 따라 생물자원의 새로운 용도개발 및 이용에 관한 연구가 급속히 확산되고 있다(1, 2). 이러한 추세에 맞추어 과거 의복 재료로 널리 사용되어 왔던 실크 역시 새로운 단백질 자원 소재로써 다양한 용도로 연구되고 있다. 또한 실크프로테인의 의학적 효능이 속속 밝혀지면서 의약품의 원료 또는 건강 보조식품으로서의 사용이 크게 증가하고 있다. 원래 누에는 민간요법에서 당뇨병 예방 및 피로회복, 피부 노화방지, 기억상실증 및 치매의 치료에 탁월한 것으로 알려져 있으며, 동의보감에도 당뇨병의 치료제로 기록되어 있다(3).

실크는 마이크로 피브릴들로 이루어진 피브릴의 집합체인 피프로인과 이를 둘러싸고 있는 단백질성 표피인 세리신 단백질로 이루어져 있는데, 8종의 필수 아미노산을 비롯하여 총

18종의 아미노산으로 구성되어 있으며, 인체를 구성하는 거의 모든 아미노산을 포함하고 있다. 이는 다른 식육용 단백질과는 달리 글리신, 알라닌, 세린 등 몇 가지 아미노산이 전체 단백질의 85% 이상을 차지하고 있는 특이한 아미노산 조성을 가지고 있으며, 실크 단백질의 주요 성분인 글리신과 알라닌은 대표적인 소수성 아미노산이므로 실크 단백질은 수용액상에서는 불안정하여 응집이 잘 일어난다(4-7).

상기와 같이 실크 펩타이드에 함유되어 있는 아미노산 성분들은 간을 튼튼하게 해주고 콜레스테롤을 낮춰주며, 인슐린 비의존형 당뇨병을 억제하는 효과가 있는 것으로 입증되어 있는데, 가수 분해된 실크에 함유된 아미노산 성분 가운데 잔기수 기준 각각 약 45% 및 12%를 차지하는 글리신과 세린이 콜레스테롤을 낮추어 주는 작용을 하고, 이로 인해 고혈압 억제 작용을 가지고 있으며, 세포벽의 인슐린 리셉터 유사물질로 작용함으로써 인슐린 비의존형 당뇨병에 대한 억제 효과를 가지는 것으로 알려져 있다(5-7). 또한, 실크 프로테인을 구성하는 아미노산 중 두 번째로 많은 성분인 알라닌은 알콜 분해 효소의 생성을 활성화시킴으로써 숙취의 예방 및 해독에 효과가 있다고 알려져 있으며(7), 네 번째로 많은 성분인 티로신은 파킨슨씨병과 노인성 치매의 예방과 치료에 효능이 있다고 알려

† Corresponding Author : Department of Microbial Engineering, Konkuk University, Kwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea
Tel : +82-2-450-3523, Fax : +82-2-3436-5594
E-mail : tbchoe@konkuk.ac.kr

저 있다. 또한, 실크 펩타이드 분말은 약간 단맛을 띠며 소화 흡수가 좋기 때문에 식품으로서의 적합성도 가지고 있다(3).

이상과 같이 널리 알려진 실크펩타이드의 장점 때문에 일본에서는 직접 먹는 실크 분말을 비롯한 많은 상품들이 실용화되어 있는 상황이지만(3), 현재 실크 펩타이드를 이용한 모발 화장품 개발이 부족한 실정이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 누에고치를 가수분해하여 얻어진 저분자 실크 펩타이드 (silk peptide)의 모발화장품으로써의 이용 가능성을 타진하고, 이를 원료로 한 모발 화장품 조성물을 제조 개발하고, 모발 보호 효과에 대한 기초물성 실험과 AFM분석을 통하여, 손상모발에 대한 트리트먼트 효과를 연구하였다.

재료 및 방법

모발 시료 제작

본 연구에서 이용된 모발 샘플은 염색, 퍼머넌트, 탈색 등의 화학적 기술을 하지 않고 (버진 헤어; Virgin hair) 장기간 약물 복용이나 다이어트를 하지 않은 건강한 20대 미혼 여성으로부터 채취되었다. 모발 샘플로는 두정부 부위 모근에서 2cm 정도 떨어진 부위로부터 20cm 길이로 잘라 사용하였으며, 채취된 모발들을 모근으로부터 1cm를 지점을 고정시켜 각각 약 1 g의 모발들을 만들었다. 이 후 중성샴푸로 세척 후 자연건조를 통하여 모발에 남아있는 오염 물질들을 제거하였다. 모든 손상 모발 샘플들은 화학적 탈색 처리 (탈색약품 도포 후 20분간 열처리, 10분 자연방치)를 3회 반복하여 제작되었다. 이 후 손상 모에 실크 펩타이드 트리트먼트 과정을 거친 모발샘플들은 실험군으로, 나머지는 샘플들은 대조군으로 구분한 후 트리트먼트 처리에 따른 recovery effect를 관찰하였다. 구체적으로 실험 샘플 구성은 Table 1과 같으며, 이 때 분자량 300-500 실크 펩타이드 트리트먼트 처리를 받은 모발샘플은 'A'로 명기하였다.

Table 1. List of hair samples

List of hair samples			
Sample	Treated	Name	Treated Type
1 Virgin H	-		-
2 Damaged H	-		-
3 Damaged H	Treated	Control	no silk peptide
4 Damaged H	Treated	A0.5	with 0.5% MW 300-500 conditioner
5 Damaged H	Treated	A2	with 2% MW 300-500 conditioner
6 Damaged H	Treated	A5	with 5% MW 300-500 conditioner

사용 시약 및 트리트먼트제 제조

본 실험에서는 탈색 파우더 (bleach powder) 및 hydroxy peroxide 로 Wella사의 제품을 사용하였으며, 흡광도 NR desorb solution 에 사용된 에탄올 및 Methyl Violet B (Hanawa Guaranteed Reagent)로는 국내 H연구소로부터 제조된 비매품을 사용하였다. 트리트먼트 제조에 사용된 실크 펩타이드는 농촌진흥청 잠사양봉소제과 (수원)로부터 지원을 받아 사용하였다. 실크 펩타이드로는 누에고치로부터 수용성의 세리신 제거 후 중성염으로 용해시킨 다음 염을 제거하여 분리된 고분자 실크 펩타이드를 단백질 분해효소로 가수 분해시켜 제조한 저분자 실크

펩타이드를 사용하였다. 이 분자량 300의 S.P. (silk peptide)을 각각 0% (control), 0.5%, 2%, 5%씩 성분함량의 변화를 주어 S.P.T. (silk peptide treatment)를 제조하고 그 효과를 실험하였다(Table 1). 트리트먼트제의 조성은 Table 2와 같다.

Table 2. Contents of hair treatment product (%)

CONTENTS PERCENTAGE %					
Raw Material name	Function	Sample			
		control	A0.5	A2	A5
Purified Water	Solvent	Q.S			
A	Hydroxyethylcellulose	Viscosity Increasing	0.5		
	Methylparaben	Preservative	0.1		
	Raffinose	Emollient	0.5		
	Cetearyl Alcohol	Emulsion Stabilizer	5		
	Behenyl Alcohol	Emulsion Stabilizer	1		
	Glyceryl Stearate SE	Surfactant	1		
B	Polysorbste 60	Surfactant	1		
	Stearalkonium Chloride	Antistatic	2		
	Cyclomethicone	Emollient	2		
	Dimethicone	Emollient	2		
	Propylparaben	Preservative	0.1		
C	Perfume	Fragmace	0.5		
	Silk peptide MW 300-500	Conditioning	-	0.5	2 5
D	Linoleamidopropyl PG -	Preparation	0.5		
	Dimonium Chloride Phosphate				
Total			100		

모발의 질량 변화

화학처리에 의한 모발 손상도 및 트리트먼트 처리에 의한 모발의 손상 회복도를 측정하기 위하여 우선 손상모의 질량을 기준으로 하였으며, LIBROR AEX-200B (SHIMADZU, Japan)을 이용하여 측정하였다. 이 후 손상모에 트리트먼트를 3회 반복 처리하여, 트리트먼트 처리 전·후 트리트먼트제의 침투량 정도를 질량변화로 비교 측정하여 아래 식에 따라 그 변화를 계산하였다.

$$\% \text{ of weight change} = (\text{Weight of S.P.T. Hair} / \text{Weight of Damaged Hair}) * 100 (\%) \quad (1)$$

모간 굵기 변화

화학 처리에 의한 모발의 손상도 및 모발 보호제 처리에 의한 모발의 손상 회복도를 측정하기 위해 Digital Quick Micrometer (Mitutoyo, Japan)를 이용하여 모발 굵기를 측정하였으며 각 시료모발은 고정부분으로부터 2cm 떨어진 부분을 정확히 5회 반복 측정하였다.

흡광도 Methyl Violet B 염색을 이용한 recovery effect

화학처리에 의한 모발의 손상도 및 모발 보호 트리트먼트 처리에 의한 모발의 손상 회복도를 측정하기 위해 Methyl Violet 염색법을 시행하였다. 2 g의 Methyl Violet B를 200 ml의 증류수에 용해시켜 염색시약을 제조하였고, 각각의 샘플에 Methyl Violet B 용액이 잘 침투될 수 있도록 시료를 약 30분

간 염색용액에 담귀 시료모발의 염색을 시행하였다. 흡수된 MV 용액을 추출하고자 염색된 모발시료를 꺼내 걸 표면은 솜으로 닦아낸 후 25% ethanol, 1%의 glacial acetic acid 및 74%의 증류수로 만들어진 desorb solution 2 ml에서 1시간 정도 methyl violet 을 용출시킨다. 용출된 용액의 양은 Photoelectric Colorimeter Model AE-11M & AE-11D (ERMA INC.)을 이용하여 530 nm 에서 추출된 용액의 흡광도 (optical density, O.D.)를 측정하였다.

보습력 측정

모발이 손상됨에 따라 모발의 수분함량은 감소하게 된다. 화학처리에 의한 모발의 수분손실 정도와 모발 보호 트리트먼트 처리에 의한 수분함유량을 측정하기 위해 Corneometer Value (CM825) Courage + Khazaka electronic, German을 이용하여 모발 보습력을 측정하였다. 손상모와 각각의 트리트먼트 샘플 처리 후의 보습정도를 상대습도 41.3%, 온도 22도의 조건에서 각 3회씩 반복 측정하였다.

AFM (Atomic Force Microscope) 측정

본 실험에서는 독일의 hwl scientific instruments사의 NANOSTation HD를 이용하여 모든 시편들에 대해서 동일한 조건, 즉 가로 세로 20 μm, 높이 3 μm의 영역에 대하여 모발의 표면 미세구조를 측정하였다. 원자현미경 (AFM : Atomic Force Microscope)은 미세한 Probe (탐침)을 이용하여 전도성 여부 및 경도에 관계 없이 다양한 sample의 표면 구조를 nano-scale로 측정하는 장비로써 시료표면의 높이, 너비, 깊이 및 표면의 거친 정도를 정확히 측정함으로써 미세구조를 2차원적인 이미지로 관측할 수밖에 없는 기존의 표면분석장비의 한계를 극복할 수 있다(12, 13). 실제로 마이크로 전자기계 시스템 (Microelectromechanical Systems : MEMS) 부분인 탐침은 sample의 표면을 나노 단위로 정밀하게 측정할 수 있으며 이를 통하여 그 표면 구조를 3차원 이미지로 재구성할 수 있다.

연구 결과 및 고찰

Silk peptide treatment 처리 후 모발의 질량변화

건강모와 화학처리에 의한 손상모를 대조군으로 하고, 동일한 조건하에서 일정하게 탈색시킨 손상모발 시료에 S.P.T (Silk peptide treatment) 처리를 한 후 손상모발의 질량 변화를 측정하였다. 손상모는 건강모 보다 모표피의 큐티클 층 탈락으로 인해 저항성이 감소하고 간충물질과 수분의 소실로 모발이 건조한 상태가 되어 흡수율이 높아지게 된다. 수분의 흡수율이 높아짐에 따라 모발의 무게질량이 증가하기 때문에 완전 자연건조 시킨 후 모발의 질량을 측정하였다.

손상모에 S.P.T를 3회 반복 처리하여, 처리 전·후 트리트먼트제의 침투량 정도를 비교 측정한 결과, Silk peptide이 함유되지 않은 control군은 0.98775 g에서 0.99305 g으로 (100.54%) 미세한 증가를 보인 반면, 0.5% 처리한 모발 (A0.5)은 0.97625 g에서 1.0044 g으로 (102.88%), 2% 처리한 모발 (A2)이 0.99975 g에서 1.05965 g으로 (105.99%), 5% 처리한 모발 (A5)은 1.0018 g에서 1.03308 g으로 (103.12%) 증가하여, A2 샘플이 가장 큰 질량변화를 보였다. 처리 군 마다 약간의 차이를 보였지만 2%

를 처리 했을 때 증가량이 더 큰 것으로 보아 트리트먼트제의 구성에 Silk peptide의 함량이 2% 까지 증가해도 단백질 가수분해물의 모발 내 침투력은 비례해서 증가하지만 그 이상의 농도에서는 침투에 문제가 있음을 알 수 있다(Fig. 1).

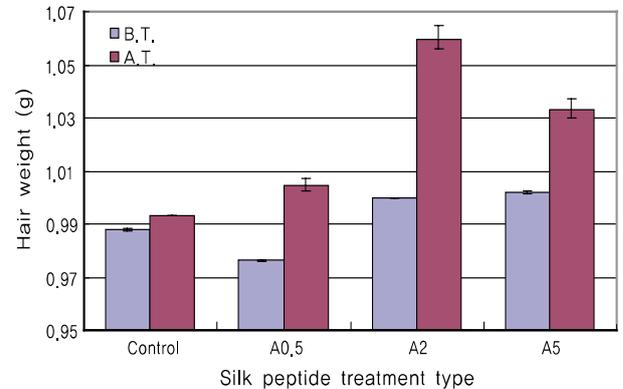


Figure 1. Change of the hair weight after the treatment with silk peptide (B.T. : before treatment A.T. : after treatment).

Silk peptide treatment 처리 후 모발의 굵기 변화

손상 된 모발은 모표피의 큐티클 층이 박리되어 모피질 층 내부의 간충물질과 수분의 유출로 가늘어지고 심한 경우 절모가 되기도 한다(8-11). 본 실험은 버진 헤어의 모간 굵기를 측정하고 화학적 시술에 따른 모간 굵기와 트리트먼트 처리 횟수에 따른 모간 굵기의 변화를 관찰하였다. 일반적으로 모발은 화학적 시술의 횟수가 반복 될수록 모간 굵기가 감소하게 되는데, 이것은 퍼머먼트 처리 시 높은 pH의 치오글리콜산 웨이브 용제가 모발에 침투하여 모피질 내의 시스틴 결합을 절단하면서 내부 간충물질이 밖으로 유출되었기 때문이다. 반면 탈색의 경우 모표피의 큐티클 층을 팽윤시켜 모표피 층을 느슨하게 만들기 때문에 시술 후 모간 굵기가 증가하게 된다. 본 실험에서도 마찬가지로, 건강모를 손상시켰을 때 손상 직후의 Swelling 상태에서는 모간 직경이 증가하지만 pH가 안정화된 후나 반복 화학시술 후에는 모발의 굵기가 감소하는 것을 알 수가 있었다(Fig. 2).

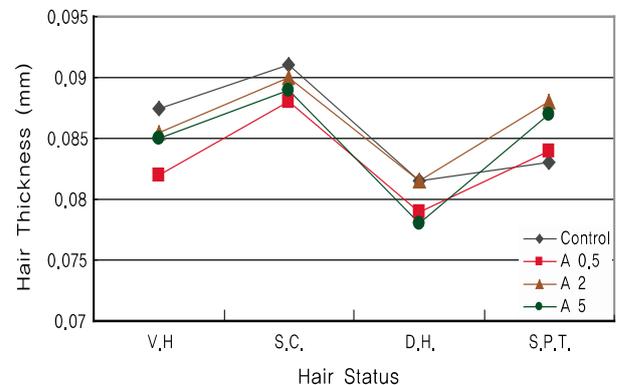


Figure 2. Change of the hair-thickness after the treatment with silk peptide. V.H. : virgin hair, S.C. : swelling condition, D.H. : damaged hair, S.P.T. : silk peptide treatment.

S.P.T 처리 후 굵기 변화를 보면, control군은 손상된 상태 0.0815 mm에서 처리 후 0.083 mm로 (1.84%) 미세한 증가를 보인

반면 A0.5 샘플은 0.079 mm에서 0.084 mm로 (6.329%) 증가하였다. 그리고 A2 샘플의 경우에는 0.0815 mm에서 0.088 mm로 (7.9%) 증가하였고, A5 샘플은 0.078 mm에서 0.087 mm로 무려 (11.5%)나 증가하여 A5 treatment 처리한 모발이 가장 큰 굵기 변화를 보였다. 샘플마다 약간의 차이는 보였지만 전반적으로 control에 비해 S.P.가 모발에 침투하여 피질층에 다공성부분을 채워주어 감소했던 모발의 질량과 굵기를 증가시키는 것을 알 수가 있었다(Fig. 2).

Silk peptide treatment의 모발 내 침투효과

모발의 손상도가 높을수록 흡광도 값은 높아지게 되는데, 이는 손상정도가 심할수록 모피질 층의 간층물질이 빠져나와 다공성이 되기 때문이다. 따라서 염색을 시행했을 때 손상모는 건강모보다 높은 흡수성을 보이게 된다. 동일한 조건하에서 일정하게 탈색시킨 손상모발 시료에 S.P.T를 1, 3, 5회 반복 처리하여, 트리트먼트 처리 전·후 트리트먼트제의 침투량 정도를 비교 측정하였다. 손상모의 Methyl Violet B 추출물의 흡광도 값은 0.475인데 반해, control로 처리한 경우 흡광도 값은 1회 처리 시 0.32, 3회 처리 시 0.27, 5회 처리 시 0.3이 되어 다소 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 그러나 A0.5를 1회 처리 시 흡광도는 0.24, 3회 처리 시 0.2, 5회 처리 시 0.1이 되어 대조군에 비해 현저히 낮은 흡광도를 보였으며, 처리 횟수에 따라서도 S.P.의 효과가 높게 나타났다. A2의 경우, 1회 처리 시 흡광도는 0.2, 3회 처리 시 0.14, 5회 처리 시 0.07이 되었다. A5를 1회 처리 시 흡광도는 0.25, 3회 처리 시 0.17, 5회 처리 시 0.085가 되어 S.P.T를 반복 할수록 모발보호 효과가 높은 것을 알 수 있었으며, 그 중 A2가 가장 효과적으로 모발 내부에 침투해 트리트먼트 효과를 준 것으로 보인다.

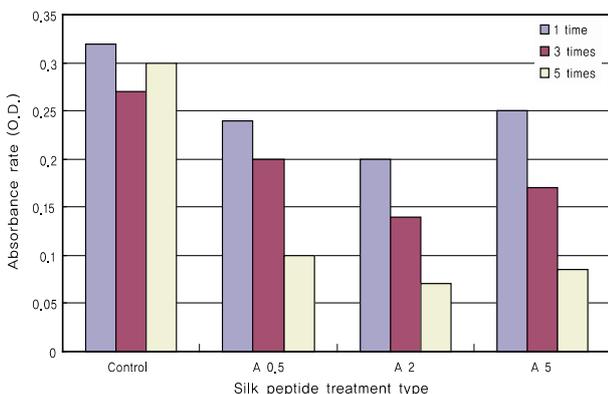


Figure 3. Change of absorbance rate after the treatment with silk peptide.

화학시술에 의한 모발 수분력 측정

모발의 수분 (Moisture Value) 감소는 모발의 손상도와 비례한다 할 수 있다. 모발이 물리적으로나 화학적으로 손상을 입게 되면 모발의 수분함량은 감소하게 된다. 화학처리를 반복하게 될수록 모발 내부의 간층물질과 수분이 외부로 유출되어 모발은 윤기와 탄력을 잃게 되고 이를 방지하게 되면 모발은 지속적인 손상으로 인해 극손상모 상태로 변하게 된다.(8-11) 따라서 모발 보호 트리트먼트 처리 후 Comeometer로 수분량을 측정해보면 모발에 수분공급 정도와 트리트먼트의 효과를 알 수 있다(Fig. 4).

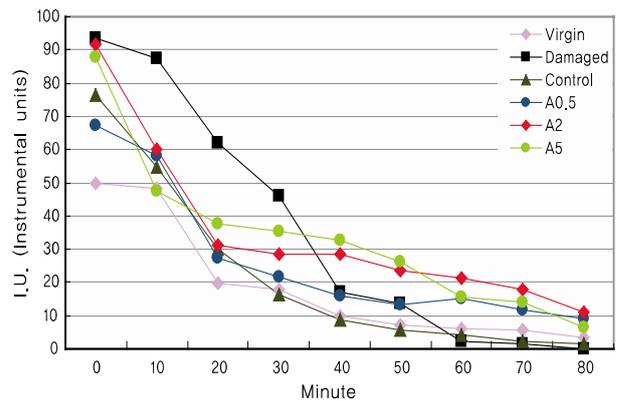


Figure 4. Change of the hair moisture value after the treatment with silk peptide.

본 실험에서는 손상모와 각각의 트리트먼트 샘플 처리 후, 상대습도 41.3%, 온도 22도의 조건에서 각 3회씩 반복 측정하였다. 그 결과 건강모는 평균: 2.7, 4LEVEL의 탈색 모발은 1.7, 10LEVEL의 3회 이상의 탈색모발은 0이 측정되었다. 건강모와 손상모의 수분량을 시간경과정도에 따라 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 트리트먼트 처리를 하고 수세 직 후에는 손상모 93.4, 건강모 50으로 손상모가 건강모보다 수분흡수량이 2배나 높게 나타났음을 알 수 있다. 이것은 손상모의 큐티클 박리로 인한 모발 보호장벽의 손상과 콜렉스 층의 다공성으로 인한 수분흡수력이 증가한 것으로 손상모는 정상모발에 비해 높은 흡수성을 보이지만 흡수한 수분량 만큼 급격한 수분 손실도를 보였으며, 60분경과 후에는 2.1, 70분 후 1.7, 80분 후에는 수분값이 0으로 측정되어 건강모보다 낮은 수분 보유량을 보였다. 반면 건강모는 손상모에 비해 최소 흡수성은 50으로 손상모에 비해 낮게 측정되었으나 60분경과 후 부터는 5.9, 70분 후 5.8, 80분경과 후 최대 3.5가 측정되어 완만한 수분 손실도를 보였다.

이를 통해 건강모는 큐티클의 보호작용으로 인해 외부로부터의 수분유입을 방어 할뿐만 아니라 내부의 수분유실을 막아 손상모에 비해 수분을 보유하고 있는 능력이 높은 것을 알 수가 있었다.

Silk peptide treatment 처리 후 시간에 따른 보습력 측정

손상모의 보습력을 높이기 위해 S.P.T 처리 후의 보습력을 측정된 결과 Fig. 4와 같다. 각 샘플들은 처리 직후로부터 40분까지는 수분량의 급격한 변화를 보였지만 30-40분을 기점으로 하여 완만한 수분감소를 보였다. 40분경과 후의 수분량 측정 결과 Control은 8.6, A0.5는 16, A2는 28.4, A5는 32.6으로 A5의 수분량이 가장 많았고, 80분경과 후의 측정결과 Control은 1.4, A0.5는 9, A2는 11.1, A5는 6.6로 A5보다 A2가 보습력이 높게 나타났으며, 건강모의 수분량 3.5보다 훨씬 높게 나타나 S.P.T의 보습기능이 높은 것을 알 수 있었다(Fig. 4).

Hair Topography의 변화

AFM 측정 후, Topography 이미지를 분석한 결과, 건강모는 큐티클 표면에 약간의 오염물질이 묻어있지만 큐티클 간에 건강하게 잘 부착되어 깨끗한 표면 상태였다. 반면, Bleach 모발의 경우, 큐티클의 박리현상으로 큐티클이 뜰려있고 깨져있는 것을

확인할 수 있다(Fig. 5). Control의 경우, 큐티클의 들뜸 현상이 심하여 모발 가운데 영역은 측정되지 않았다. 이는 일반적으로 시료의 height 변화 폭이 커서 AMF cantilever의 retract 현상이 자주 발생하여 나타나는 현상으로 측정이 불가하여 모발의 옆부분을 측정하였기 때문에, 측정된 이미지 중 모발과 glass부분이 함께 측정되었다. 반면 S.P.T.를 처리한 A2 모발 샘플은 모발표면이 건강모 샘플 이미지와 가까웠으며, 큐티클들끼리 잘 부착되어 좋은 결과를 나타냈다. 이는 앞에 서술한 바와 같이 분자량이 작은 트리트먼트가 손상모발에 흡수가 용이 하고 흡수된 나머지는 표면에 얇은 막을 형성해 트리트먼트 효과를 준 것으로 사료된다(Fig. 5).

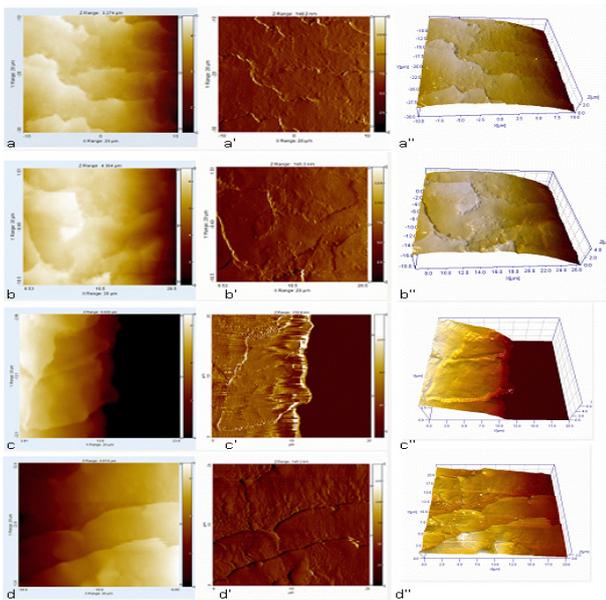


Figure 5. a) Topography Image of the virgin Hair, a') Error signal of the virgin Hair, a'') 3D-Image of virgin Hair/ b) Topography Image of bleach Hair, b') Error signal of the bleach Hair (Hair Sample was treated bleach 3 times: normal chemical damage), b'')3D-Image of bleached Hair/ c) Topography Image of the control, c') Error signal of the control, c'') 3D-Image of Control/ d) Topography Image of the S.P.T, d) Error signal of the S.P.T, d'') 3D-Image of S.P.T.

Error signal은 AFM/SPM장비의 이미지 분석에 있어 height의 변화가 큰 샘플의 경우 표면의 미세한 변화들이 topography 이미지의 contrast에 묻히는 경우가 많이 있다. 이런 경우 Error signal의 분석을 통하여 표면에 미세한 변화를 측정하기에 적절하여 추가하였다.

3D-Image

3D-Image는 topography data를 3차원 이미지로 구현하는 것으로, 3D-image를 통하여 원하는 방향에서 sample의 표면을 관찰할 수 있다. 특히 높이에 해당하는 z축 scale ratio (X : Y : Z)를 확실한 이미지로 보여줌으로써 2차원적 이미지로써 샘플 표면의 미세 구조를 보여주는 error signal의 한계점을 극복할 수 있다. 각 헤어샘플의 3D-Image를 보면 topography data와 마찬가지로 큐티클의 선명한 이미지를 볼 수 있으며 둥근 아치 형태의 모발 고유의 형태를 확인할 수 있다. 모발의 높은 곳과 낮은 곳을 밝은 부분과 어두운 부분으로 구현하여 모발 표면의

높이를 색으로써 확인할 수 있다(Fig. 5).

Roughness의 변화

Line-profile은 모발에 대한 Roughness data 값을 나타내는 방법으로 측정 line에서의 sample의 높이 변화, 즉 roughness를 정량적인 수치로서 보여줄 수 있다는 점에서 이미지로 roughness를 보여주는 error signal 및 3D-image와 대별된다.

또한 Line-profile의 Roughness data들은 앞선 결과 (Topography, error signal/3D-image)들과 동일한 결과를 나타내는 것으로 Topography 이미지에 10 μm의 세로라인을 그어 그 선을 지나는 지점의 Height를 Position 10 μm 사이즈로 나타내어 단순 형태학적 이미지 판별보다는 나노사이즈의 미세한 큐티클 변화를 볼 수 있다(Fig. 6).

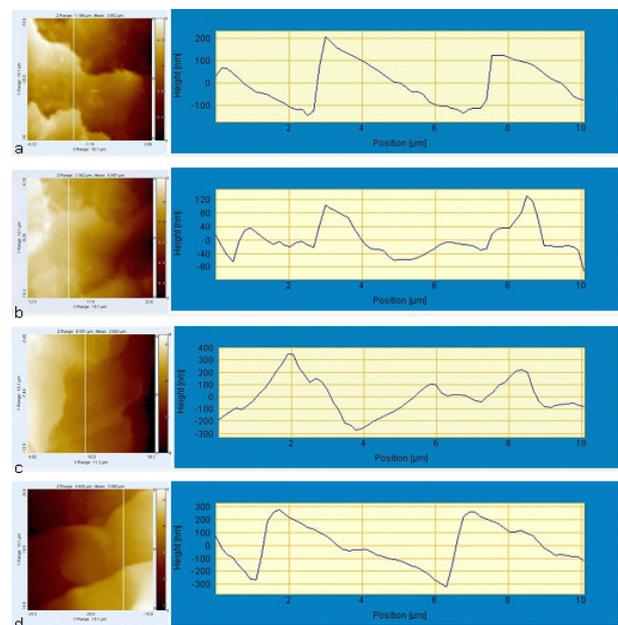


Figure 6. Line-profile / Surface Roughness of virgin and bleach hair at 10 μm² scan sizes. a) virgin, b) bleached hair, c) Control, d) S.P.T. Shown above each image is a cross section taken at the corresponding white vertical line to show roughness information.

Line-profile을 나타내는 Figure 들의 횡축의 단위는 마이크로미터 (μm ; 10⁶ m), 종축의 단위는 나노미터(nm ; 10⁹ m)로 종축 대 횡축의 비를 나타내는 aspect ratio는 1 : 1000이다. 이는 건강모의 line profile 등에서 대각선으로 묘사된 바와 달리 실제 큐티클 층은 횡축과 거의 평행하게 놓여 있음을 의미한다. 따라서 각 line-profile의 변화는 큐티클 층 표면의 roughness를 의미한다고 볼 수 있으며 대각선 등 일직선으로 나타난 부분은 실질적으로는 손상이 없는 혹은 손상된 부분이 treatment 성분에 의해서 매워진 것을 의미한다고 볼 수 있다.

건강모, bleach, control, S.P.T의 line profile은 앞선 topology, 3D image 분석 결과에서 나타난 바와 같이 건강모의 큐티클 층은 손상이 없이 평평하게 나타났으며, 각각의 큐티클들이 그 바로 아래에 위치한 큐티클층에 바로 평행하게 위치해 있었으며, 모두 모발축을 기준으로 평행한 각도로 누워 있는 것을 볼 수 있었다. 하나의 큐티클을 관찰해 본 결과 5-10 μm의 길이, 0.3~0.5 μm의 두께였다. 만약 모발이 손상되면 이 각도

의 들뜸 정도를 측정하여 손상도의 척도를 추정해 볼 수 있다(12, 13). bleach 처리를 한 모발의 경우 큐티클 층이 손상을 받아 그 표면이 거칠게 나타났고, 실크 펩타이드를 포함하지 않은 control sample의 경우에는 큰 recovery 효과를 보이고 있지는 못한 반면 S.P.T 처리 샘플의 경우에는 손상부분을 실크 펩타이드 트리트먼트가 채워 넣어 건강모와 유사한 line profile을 보였다(Fig. 6).

요 약

본 연구에서는 누에고치의 기능적인 면을 고려한 모발화장품으로서의 이용가능성을 타진하여 최종적으로는 누에고치 가수분해물인 실크 단백질질을 이용한 제품을 개발하고 그 효과를 연구하였다. 분자량 300-500의 저분자 실크펩타이드를 원료로 한 트리트먼트를 제조하고 성분함량에 차이를 두어 총 4개의 sample을 제조, 저분자 실크단백질이 손상모발 내부로 침투하여 모발에 어떠한 영향을 미치는지 모발 화장품으로써의 효용성과 모발 보호 효과에 대한 기초물성 실험을 하고, AFM을 통한 모발의 미세구조변화를 연구하였다.

누에고치 가수분해 단백질을 이용한 제품의 모발 보호 효과에 대한 기초물성 실험으로 모발의 질량, 모간 굽기, 흡광도, 보습력 변화를 측정한 결과, S.P.T 처리 후의 모발 sample은 이전과 비교하여 전반적으로 모발의 질량, 굽기가 증가함과 동시에 뛰어난 보습 효과를 나타내었다. 한편 모발표면의 손상정도와 두께, 큐티클의 height변화에 대한 roughness를 측정한 결과에서 또한 S.P.T 샘플이 건강모와 같은 수준의 큐티클 상태로 회복한 것을 확인할 수 있었다. 물론 성분함량에 따라 약간의 차이는 존재하였으나 실크펩타이드를 원료로 한 Treatment 조성물은 전반적으로 화학기술로 인하여 손상된 모발표면에 흡착, 큐티클 손상부를 부드럽게 매워주는 역할을 함으로써 향후 효과적인 천연 모발 컨디셔닝 제품의 하나로 적용될 수 있을 것으로 보인다.

REFERENCES

- Hara, S. and M. Yamakawa (1995), A novel antibacterial peptide family isolated from the silkworm, *bombyx mori*, *J. Biochem.* **310**, 651-656.
- Bang, I. S., S. Y. Son, and M. S. Yoe (1997), Hinnavin I, an antibacterial peptide from cabbage butterfly, *Artogeia rapae*, *Moll. Cells.* **7**, 509-513.
- Park, Y. H. (1998), Study on the recent product developing using silk fibroin, *Korean J. Seric. Sci.* **40**, 203-212.
- Kweon, H. Y. and C. S. Cho (2001), Biomedical applications of silk protein. *Int. J. Indust. Entomol.* **3**, 1-6.
- Vasconcelos, A., G. Freddi, and A. C. Paulo (2008), Biodegradable materials based on silk fibroin and keratin. *Biomacromolecules* **9**, 1299-1305.
- Yeo, J. H., K. G. Lee, Y. W. Lee, and J. Nam (1999), Changes of silk protein compositions by solubility condition, *Analytical Sci. & Tech.* **12**, 306-311.
- Lee, K. G., J. H. Yeo, Y. W. Lee, H. Y. Kweon, and J. H. Kim (2001), Bioactive and skin-compatible properties of silk sericin, *Korean J. Seric. Sci.* **43**, 109-115.
- Kang, E. H. and J. W. Hyun (2005), Studies on the physical changes of damaged hair according to the emulsion type of hair cosmetics-emulsion type and nano emulsion type, *J. Kor. Soc. Cosm.* **11**, 283-291.
- Ruetsch, S. B. and Y. K. Kamath (2004), Effects of thermal treatments with a curling iron on hair fiber. *J. Cosmet Sci.* **55**, 13-27.
- Edward, T. B. (1997), Hair waving, In *Hair and hair care*. D. H. Johnson, Ed., pp167-190, Marcel Dekker, New York.
- Kim, S. J., W. S. Lee, E. H. Choi, and S. K. Ahn (1996), Damage and regeneration of hair cuticles after permanent coloring-sequential microscopic changes, *Kor. J. Dermatol.* **34**, 257-263.
- Wei, G. and B. Bhushan (2006), Nanotribological and nanomechanical characterization of human hair using a nanoscratch technique. *Ultramicroscopy* **106**, 742-754.
- Torre, C. L. and B. Bhushan (2005), Nanotribological characterization of human hair and skin using atomic force microscopy, *Ultramicroscopy* **105**, 155-175.