

## 스트레이트 펴 모발의 열분석

노 정 애, 이 귀 영<sup>1</sup>, 장 병 수<sup>2,\*</sup>

원광보건대학 미용피부관리과, <sup>1</sup>극동정보대학 뷰티코디네이션과,

<sup>2</sup>한서대학교 보건학부 피부미용학과

## Thermal Analysis of the Straight Permed Hair

Jung-Ae Rho, Gui-Young Lee<sup>1</sup>, Byung-Soo Chang<sup>2,\*</sup>

Department of Cosmetics, Wonkwang Health Science University, Iksan, Jeonbuk 570-750, Korea

<sup>1</sup>Department of Beauty Coordination, Keukdong College, Icheon, Gyeonggi 467-900, Korea

<sup>2</sup>Department of Cosmetology, Hanseo University, Seosan, Chungnam 356-706, Korea

(Received August 30, 2010; Revised September 26, 2010; Accepted September 28, 2010)

### ABSTRACT

We investigated the burning process of the virgin hair and straight permed hair using thermal analyser and scanning electron microscopy. After the thermal analysis, we found that weight started to change from 100°C. Whereas straight permed hair has weight decrease rate of 2.6% higher than the virgin hair till 200°C, those were 64.9% and 64.4% for the virgin and straight permed hairs, respectively at 300°C. At 400°C, the weight decrease rate of the virgin hair became lower than the other; they were 32.3% and 33.4% for the virgin and straight permed hairs, respectively. Final values were 25.4% and 28.3% at 500°C, which showed that final weight of burnt straight permed hair was higher than the virgin hair by about 2.9%. In terms of morphological changes, the hair started to melt together with adjacent ones by burning till 300°C. The medulla and cortex were melt and the inside was empty like bamboo. The hair burnt till 500°C was entirely carbonized and found as a clod. We found many blowholes at the surface of the hair clump.

**Keywords** : Cuticle, Cortex, Straight permed hair, Scanning electron microscope, Thermal analysis

### 서 론

펌(perm)은 일반적으로 퍼머넌트 웨이브(permanent wave) 또는 컬링헤어(curling hair)를 의미하는 이름이다. 사람들은 다양한 헤어 스타일(hair style)을 연출하기 위해서 직선모발을 곱슬모발로 또는 곱슬모발을 직선모발로 변형시키는 기술을 수 세기 동안에 걸쳐서 발전시켜 왔고 요즘은 미용실에서 일반적으로 시술하는 헤어스타일링이 되어 왔다(Palladino, 2003).

1980년대부터 퍼머넌트에 의한 컬(curl)에 싫증을 느끼는

젊은 여성들 사이에서 모발을 일직선상으로 펴주는 스트레이트 펴와 긴 머리에 살짝 웨이브를 주어 풀어 헤친 듯한 퍼머넌트 웨이브가 유행하였다.

스트레이트 펴는 한국에서 1984년부터 시술되기 시작하여 지금도 인기를 얻고 있는데, 자연적인 곱슬모발(wave hair)을 직선모발(straight hair)로 변형시켜주거나 퍼머넌트 웨이브 등의 시술에 의해서 물리화학적으로 변형된 곱슬모발을 펴주기 위한 헤어 스타일링이다.

한국에서 스트레이트 펴 시술 초기에는 콜드웨이브 환원제를 모발에 도포하여 기존에 형성되어 있던 모발 단백질 사이의 이황화 결합(disulfide bond)을 절단시켜주는 방법이

\* Correspondence should be addressed to Dr. Byung Soo Chang, Department of Cosmetology, Hanseo University, Seosan, Chungnam 356-706, Korea. Ph.: (041) 660-1584, Fax: (041) 660-1590, E-mail: bschang@hanseo.ac.kr

도입이 되었는데, 모발에 환원제를 도포한 다음 유화제로 처리한 후 빗으로 빗어주는 방법, 또는 아이롱기(hair iron)를 사용하여 모발을 펴주는 방법 등이 사용되었으며, 환원제에 다양한 첨가제를 사용하여 곁쪽한 크림상태로 만들어 판넬이나 롤을 사용하여 시술하였다.

이후 크림상태의 스트레이트 펴제의 도입과 다양한 스트레이트 펴 도구가 개발되어 사용되어 왔으나, 모발표면이 완전히 매끄럽게 펴지지 않고 윤기가 나지 않는 이유로 사람들에게 만족을 주지 못하였다.

그러나 1999년에 우리나라에 도입된 매직스트레이트 펴는 아이론 전용 스트레이트 퍼머기를 사용하여 모발 표면의 매끄럽고 윤기 있는 머릿결로 연출하기에 이르렀다.

펌에 사용되는 약제의 화학 성분과 기구 등의 물리적 시술에 의하여 모발은 많은 손상을 입게 된다. 특히 스트레이트 펴의 특징은 모발의 형태에 웨이브를 형성시키는 것이 아니라 곁슬거리는 형상을 펴서 직선이 되도록 하기 위한 방법으로 모발단백질의 시스틴(cystine) 결합을 1제인 환원제를 사용하여 절단 분리시킨 후 물리적인 작용에 의하여  $\alpha$ -케라틴 단백질을  $\beta$ -케라틴 단백질 구조로 변화시켜서 판넬이나 아이론을 사용하여 원하는 형태를 만든 후 2제인 산화제에 의해서 모발 단백질을 고정시키는데 이때 작용되는 물리화학적 힘에 의하여 모발은 많은 손상을 받는 것으로 보고되고 있다(Borish, 1997; Rho et al., 2009).

모발을 일직선상으로 펴주는 것은 기계적인 방법과 화학적인 방법을 통하여 이를 수 있다. 모발을 늘려서 펴주는 기술은 1800년대 후반에 Walker가 뜨거운 빗을 사용함으로써 처음 시작되었다. 모발에 뜨거운 빗질을 하면 모발의 약한 수소결합들이 파괴되기 때문에 일시적으로 모발이 펴지게 된다(Syed et al., 1995).

스트레이트 펴는 퍼머먼트 웨이브와 같은 화학적 반응에 의해서 이루어진다. 이들 제제는 thioglycolate와 황화물(sulfite)이 기본성분으로서 다른 퍼머먼트 웨이브 환원제보다 좀 더 높은 점성을 띠고 있다(Robbins, 2002).

펌 과정에서 일차적으로 모발의 손상은 머리를 마는 도구인 룯드(rod)나 컬러(curler)에 의해서 일어날 수 있다. 그리고 펴제제를 모발에 처치하였을 때 모발은 팽창되어 이들 제제가 큐티클 사이로 유입되어 피질까지 도달하게 된다. 모발의 피질에 있는 케라틴 단백질과 반응하여 폴리펩티드 사슬의 교차연결이 파괴된다. 이와 같은 화학반응은 환원과정에 의해서 일어나는데 펴제제에 있는 수소원자와 반응에 의해서 이황화결합의 교차 연결이 파괴되어 모발을 구성하는 나선구조의  $\alpha$ -케라틴 단백질은 풀어져서 병풍구조인  $\beta$ -케라틴 단백질로 전환된다(Busson & Douct, 1999).

이런 과정을 통해서 연화된 모발은 펴제제를 씻어내고 중화제로 처리하면 모발은 다시 견고해지면서 원하는 모양을 유지한다.

펌 시술과정에서 모발은 높은 알칼리성 용액에 의해서 팽윤되고 화학물질이 피질 내로 전달되어 일어나는 화학 변화 등에 의해서 큐티클세포(cuticular cell)의 박리현상이나 피질섬유의 탄력성 및 유연성이 떨어지게 된다. 이와 같이 모발은 다양한 물리적 화학적 작용과 환경의 노출에 의해서 손상되어 풍화(weathering)된다(Rook, 1976; Hoting et al., 1995; Chang, 2003; Chang & Lee, 2006).

이와 같이 펴처리한 모발의 미세구조적인 연구(Rho et al., 2010)와 인장강도의 변화(Rho et al., 2009)에 관한 연구는 보고되었지만 모발의 가열온도에 따른 모발의 중량 감소에 대한 연구는 Kim et al. (2008)이 염색모발의 열분석에 관한 연구가 있을 뿐 전무한 상태이다.

본 연구는 스트레이트 펴를 시술한 모발의 가열온도에 따른 중량변화를 열분석기(Thermal analyser)를 사용하여 규명하였고, 이어서 열분석에 의해서 모발이 탄화될 때까지의 각각의 연소 온도과정에서 모발의 형태적 변화를 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

물리화학적 영향을 받지 않은 20대 여성의 건강모발에 thioglycolic acid 제제인 크림상의 환원제를 도포하고 비닐 캡을 씌워 15분 동안 방치한 다음 모발의 연화 정도를 확인하기 위해서 손으로 모발을 잡아당겨서 늘어나는 정도를 육안으로 확인한 후 흐르는 물로 세척하였다.

세척된 모발은 타월로 수분을 제거한 다음 모발로부터 10~20 cm 정도 떨어진 거리에서 헤어드라이기를 사용하여 냉풍으로 건조시켰다. 건조된 모발은 180°C의 온도를 유지하는 Hair straightener (Flat iron)를 사용하여 일정한 힘으로 모근부에서 전체길이 2/3까지 3회, 다시 전체모근에서 모선단까지 3회에 걸쳐 모발을 펴 주었다.

이어서 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 성분을 함유한 크림상의 산화제를 모발에 골고루 도포하고 15분 동안 실온에서 방치한 다음 미지근한 물로 세척하여 타월로 수분을 제거한 다음 모발로부터 10~20 cm 정도 떨어진 거리에서 헤어드라이기를 사용하여 냉풍으로 건조시켰다.

건조된 모발은 180°C의 온도를 유지하는 Hair straightener (Flat iron)를 사용하여 일정한 힘으로 모근부에서 전체길이 2/3까지 3회, 다시 전체모근에서 모선단까지 3회에 걸쳐 모발을 펴 주어 시료를 준비하였다.

### 2. 열분석 (Thermal analysis)

건강모발과 매직스트레이트 펴 처리한 모발의 온도 상승

에 의한 모발내부의 잔류 물질을 비교 분석하기 위해서 각각의 시료 모발을 기름종이(oil paper) 위에서 1~5 mm 크기로 작게 세절한 후 모발의 중량을 전자저울(소수점 이하 3 Point, Adventurer, OHAUS) 위에서 1g씩 측정하여 열분석용 sample holder에 장착하였다.

모발 시료에 대한 열분석은 sample holder와 reference holder에 열을 동시에 가하면서 표준물질과 상대 비교로써 이루어지며 모발의 감소율 역시 기준 물질과의 감소율 변화량을 기록하는 장치이기 때문에 열분석용 reference 물질의 경우 열에 비교적 안정된 물질이며 안정된 그래프의 형태를 보이는 표준물질로서 감마 알루미늄( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ )을 사용하였다.

Reference 물질과 모발과의 무게 차이를 컴퓨터 프로그램을 이용하여 0점(O point) 이하까지 미세 조정한 후, 열분석기(Thermal Analyser: Linseis Gas control, L-40/2053, LBI-2)를 사용하여 컴퓨터 프로그램 상에서 모발의 가열계획(heating schedule)을 분당 5°C로 설정하여 500°C까지 상승시키면서 모발의 무게 감량비를 측정하였다.

### 3. 주사전자현미경 (Scanning electron microscope) 관찰

스트레이트 펌 모발의 열분석을 500°C의 가열온도까지 실시하면서 중간에 300°C에서 연소된 모발과 최종적으로 500°C에서 연소된 모발 시료를 채취하여 carbon tape로 처리된 지지대(stub) 위에 나열했다. 이어서 이온침착기(IB-5 ion coater, Eiko)를 사용하여 20 nm 두께로 백금 도금(platinum coating)한 다음 주사전자현미경(S-4700, Hitachi, Japan)으로 15 kV에서 관찰하였다.

## 결 과

건강모발의 열분석을 위해 5°C/min로 500°C까지 가열하도록 프로그램된 열분석장치로 모발의 무게 감량비를 측정하여 열중량 분석 그래프(Thermal analysis graph, TAG)로 나타냈다. 5.40 mg의 건강모발에 열을 가한 결과, 무게 변화는 100°C에서 일어났으며 이것은 유기물질의 특성상 가장 열에 반응을 잘하는 수분이 감소한 것이라고 볼 수 있고, 이에 따라 총 중량의 9.9%가 감소하였다(Figs. 1, 2).

200°C에서부터 400°C에 달하는 구간은 모발 조성 중의 미량원소와 단백질 등의 감소구간이라는 것을 알 수 있는데 200°C에서는 총 중량의 11.1%가 감소되었고 300°C에서는 총중량의 25.1%가 감소되었으며 400°C에서는 총중량의 67.7%의 중량이 감소하였다. 모발단백질이 대부분 탄화되는 500°C에서는 총중량의 74.6%가 감소하였다(Fig. 1).

스트레이트 펌 처리한 모발의 열분석에서 모발의 가열계획을 5°C/min로 설정하여 500°C까지 상승시키면서 모발의

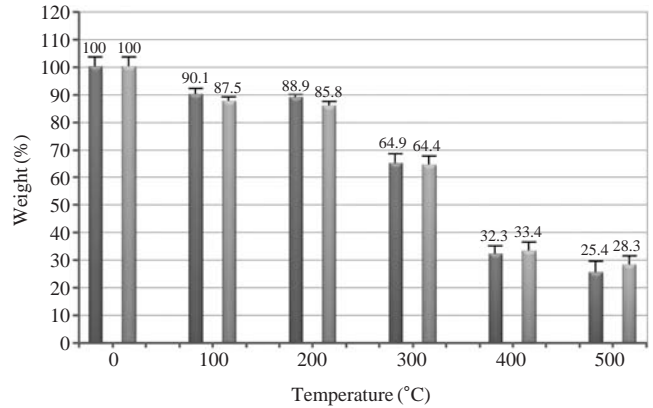


Fig. 1. Multi thermal analysis weight chart of virgin hair and magic straight permed hair sample. Red bar: virgin hair, Blue bar: magic straight permed hair.

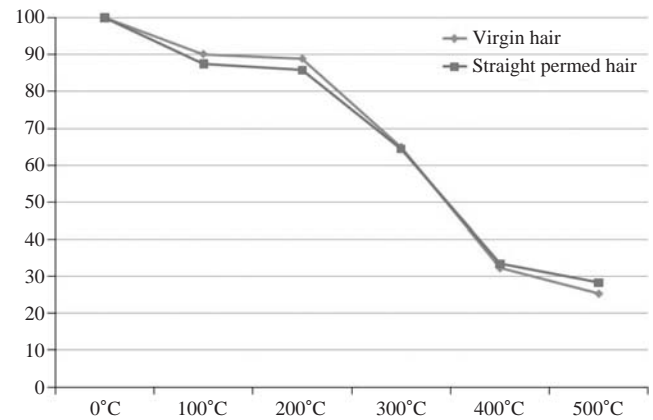


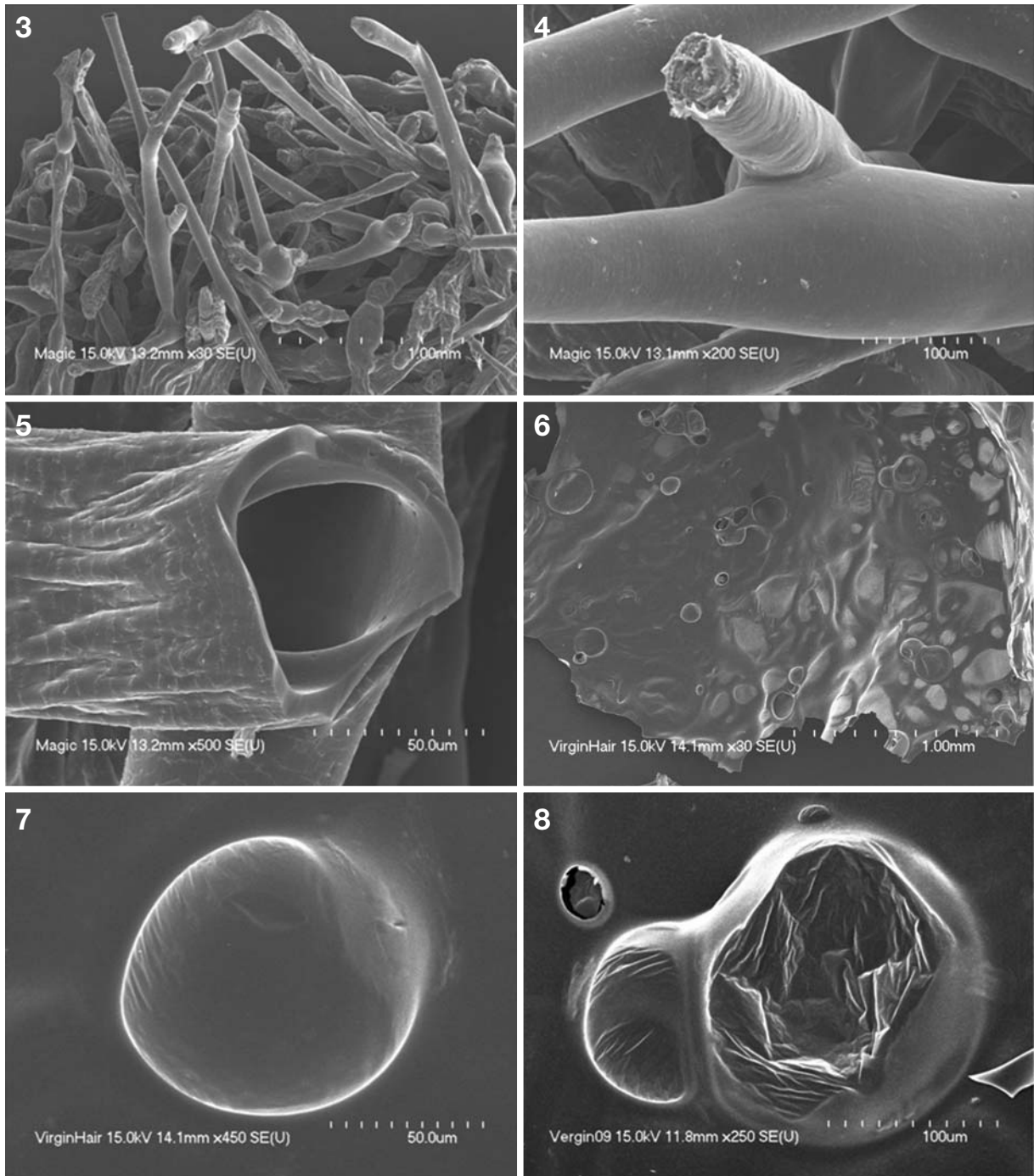
Fig. 2. Thermal analysis weight chart of virgin hair and magic straight permed hair sample.

무게 감량비를 측정하였다. 6.40 mg에 열을 가한 결과, 100°C에서 총 중량의 12.5%가 감소하였다(Figs. 1, 2).

열분석 그래프에서 200°C에서부터 400°C에 달하는 구간의 중량의 감소는 66.6%까지 일어났다. 이와 같은 결과는 동일한 구간에서 건강모발 시료의 무게 감량비보다 약 1.1% 적게 나타났다. 500°C의 가열온도에서 스트레이트 펌 모발의 무게 감량비는 71.7%로 건강모발보다 약 2.9% 적게 나타났다(Figs. 1, 2).

또한 스트레이트 펌 모발 시료의 열분석 그래프에서 연소 속도가 매우 완만해지는 탄소구간의 시작은 중량의 71.7%가 감소한 499°C에서 나타났는데 이것은 건강모발의 탄화가 시작되는 498.1°C에서 건조중량의 73.6%가 감소한 것보다 중량이 1.9% 높은 것으로 추정되었다(Fig. 2).

건강모발과 스트레이트 펌 모발을 500°C까지 연소시키는 과정에서 나타나는 모발의 형태학적 변화를 주사전자현미경으로 관찰하였다.



**Fig. 3.** Scanning electron micrograph of burned hair at 300 degrees.

**Fig. 4.** Scanning electron micrograph of burned hair shows that the smooth surface of the hair melted at 300 degrees.

**Fig. 5.** Scanning electron micrograph of burned hair shows melted hair cortex at 300 degrees.

**Fig. 6.** Scanning electron micrograph of burned hair at 500 degrees shows numerous bubbles on the carbonized hair clump.

**Fig. 7.** Magnification scanning electron micrograph of figure 6 shows small bubble.

**Fig. 8.** Scanning electron micrograph of burned hair at 500 degrees shows that bubbles on the carbonized hair surface.

300°C까지 연소된 모발은 변형되어 찌그러져 있거나 대나무와 같이 내부가 텅 비어 있는 상태로 관찰되었다. 또한, 인접된 모발과 모발은 융합되어 서로 붙어 있는 상태로 관

찰되었다(Fig. 3). 모발 표면의 큐티클층은 용해되어 매끄러웠으며 모발의 곁을 이루는 비늘(scale)은 흔적만 남아 있을 뿐 형태를 거의 잃어버린 상태로 관찰되었다(Fig. 4). 이 시

기에 모발이 연소되어 용해되는 과정은 수질에서부터 피질의 외피질(exocortex) 부위로 용해되어 나가는 것으로 추정되었다(Fig. 5).

300°C에서 연소된 모발은 표면의 큐티클층과 피질이 용해되어 응축되었는데 이 부위의 직경은 약 20 $\mu$ m로 측정되었다. 응축된 모발의 가로 절단면에서 피질부위는 기포에 의해서 형성된 것으로 사료되는 크고 작은 구멍들이 다량 산재되어 존재하고 있었다(Fig. 5). 이들 구멍들은 구형 또는 타원형의 형태를 하고 있었으며 직경은 0.2 $\mu$ m에서부터 2.5 $\mu$ m까지 다양하게 나타났다(Fig. 5).

500°C에서 연소된 모발은 형태를 알아볼 수 없었고 완전히 융합되어 덩어리를 형성하고 있었다. 연소된 모발조직의 표면은 아주 균질하게 매끄러운 상태로 관찰되었다(Fig. 6).

500°C에서 연소된 모발은 완전히 탄화되어 있었다. 탄화된 덩어리 표면은 매우 매끄러웠으며 덩어리 내부는 기포가 생기면서 형성된 일정한 모양의 홈들이 산재되어 있었다(Figs. 6, 7, 8).

탄화된 모발 조직덩어리의 표면에는 많은 기포들이 형성되어 있는데 이들 기포는 매끄러운 모발 표면에 산재되어 있었다(Figs. 7, 8).

## 고 찰

열분석은 물질의 가열 또는 냉각 과정에서 나타나는 성질인 불연속적인 변화를 이용하는 것으로 온도를 일정한 간격으로 상승시키면서 물질이나 반응 생성물의 물리적 성질을 함수로 측정한다. 이것은 물질의 물리적 변수를 온도의 함수로 나타내어 물성을 연속적으로 측정하는 방법으로서 미지의 시료가 가열될 때 일어나는 물리적, 화학적 변화에 대한 정보를 분석하여 그 물질의 성분을 정성, 정량분석을 한다(Kim et al., 2008).

열분석에 관한 연구는 Guthrie et al. (1995)이 정상모발과 탈색모발 및 염색모발에 관하여 비교 분석하였고 국내에서는 Kim et al. (2008)이 처음으로 염색명도가 각각 다른 모발을 실험재료로 사용해서 열분석을 실시하였다.

열무게법은 열분석법의 일종으로서 온도증가에 따른 시료의 질량변화를 측정한다. 이와 같은 측정을 통하여 물질의 열안정성과 반응속도, 반응과정 및 시료의 조성 등을 확인할 수 있다. 열무게법 분석은 주로 분해 반응과 산화 반응, 그리고 기화, 승화 및 탈착 등의 물리적 변화 분석에 주로 사용된다. 이 분석법은 화합물에 결합된 결합수의 건조온도를 정확하게 측정할 수 있으며 또 시료의 온도 증가에 따라 발생하는 가스를 분석함으로써 시료의 화학적 조성을 추정할 수 있다.

본 연구에서 열무게법으로 건강모발과 메직 스트레이트

펌 처리 모발을 분당 5°C로 설정하여 500°C까지 가열 상승시키면서 모발의 무게 감량비를 측정한 결과 100°C에서 무게 감량이 일어났다. 이와 같은 결과는 모발내부의 수분이 손실되면서 가역적 변화가 일어나기 시작하는 시점으로 사료된다.

본 연구에서 가열온도가 올라갈수록 200°C까지는 건강모발보다 스트레이트 펌 모발의 무게감량비가 약 2.6% 높았으나 300°C의 가열온도에서 건강모발과 스트레이트 펌 모발의 감량비는 각각 64.9%, 64.4%로 나타났다.

이와 같은 결과는 모발이 녹은 다음 연소되기 때문에 나타난다. 모발의 주요 구성 원소 성분의 함량은 C가 51%, H가 6%, O가 21%, N가 17%, S가 5% 차지하고 있다(Halal, 2002). 이들 중 C는 융점이 3,550°C이고 비점은 4,800°C이며, S는 융점이 119°C이고 비점은 444.674°C이다. 모발의 연소과정에서 O, H, N는 비점이 0°C 이하이기 때문에 가열과 동시에 기화되고 S는 500°C 연소과정 중에 가열온도가 상승됨에 따라 서서히 연소하게 된다.

본 연구에서 400°C의 가열온도에서 건강모발과 스트레이트 펌 모발의 감량비는 32.3%와 33.4%로서 건강모발의 감량비가 높게 나타나기 시작하였다. 500°C에서는 각각 25.4%와 28.3%로서 최종적으로 탄화된 물질의 무게는 건강모발보다 스트레이트 펌 모발이 약 2.9% 높은 것으로 나타났다.

주사전자현미경상에서 300°C까지 연소된 모발은 변형되어 찌그러져 있거나 대나무와 같이 내부가 텅 비어 있는 상태로 관찰되고, 인접된 모발과 모발은 융합되기 시작하여 서로 붙어 있는 상태로 나타났다. 또한, 모발 표면의 큐티클층은 용해되어 매끄러웠으며 모발의 결을 이루는 비늘은 흔적만 남아 있었다. 모발이 용해되는 과정은 수질에서부터 피질의 외피질(exocortex) 부위로 진행되어 나가는 것으로 나타났다.

연소된 모발의 주사전자현미경 관찰에서 500°C에서 연소된 모발은 형태를 알아볼 수 없었고 완전히 융합되어 덩어리를 형성하고 있었다. 연소되어 탄화(carbonization)된 모발조직의 표면은 아주 균질하게 매끄러운 상태로 관찰되었다. 탄화된 덩어리 표면은 매우 매끄러웠으며 덩어리 내부와 일부 표면에는 기포가 생기면서 형성된 일정한 모양의 구멍들이 산재되어 있었다.

결과적으로 본 연구에서 500°C까지의 가열온도에서 모발 구성 원소들이 기화되거나 승화되었으며 최종적으로 탄소성분만 남아 있는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 모발 구성 원소 중 탄소를 제외한 나머지 원소들이 융점과 비점이 500°C의 연소온도보다 낮기 때문에 나타나게 된다.

본 연구 결과, 300°C 이상의 연소온도에서 모발의 스트레이트 펌 모발의 중량 감소는 적은 것으로 나타났는데 Kim et al. (2008)의 염색명도에 따른 모발의 열분석에 관한 연구에서 염모제의 밝기에 따라서 모발의 수분 함유량을 비롯하



여 단백질 조성이 변함은 물론이고 모발 내에 침투한 산화 잔류물과 염료 분자의 침착으로 모발의 구조변화가 일어나 중량의 감소가 느리게 나타나는 것으로 보고하였으며 본 연구에서도 펴제제의 화학성분들이 모발에 잔류하고 있기 때문에 모발의 중량감소가 건강모발보다 적은 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Borish ET: Hair waving. In: Johanson DH, ed, Hair and Hair Care, pp. 167-190, Marcel Dekker Inc, New York, 1997.
- Busson B, Doucet J: Modeling  $\alpha$ -helical coiled coils: analytic relations between parameters. J Struct Biol 127 : 16-21, 1999.
- Chang BS: Fine structure of damaged hair shaft by daily treatment of heat for a beautiful face. Korean J Electron Microscopy 33 : 215-222, 2003.
- Chang BS: Study on the morphological change of hair by using hair straightener. J Cosmetological Science 6(1) : 1-6, 2010.
- Chang BS, Lee GY: Ultrastructural changes of hair treated with bleaching agent. Korean J Electron Microscopy 36 : 25-33, 2006.
- Guthrie JT, Kazlaucius A, Rongong L, Rush S: The characterization of treated and dyed hair. Dyes and Pigments 29 : 23-44, 1995.
- Halal J: Hair structure and chemistry simplified. Milady, New York, pp. 181-195, 2002.
- Hoting E, Zimmermann M: Sunlight-induced modifications in bleached, permed, or dyed human hair. J Soc Cosmet Chem 48 : 79-91, 1997.
- Ishii MK: Objective and instrumental methods for evaluation of hair care product efficacy and substantiation of claims. In: Johnson DH, ed, Hair and Hair Care, pp. 261-302, Marcel Dekker, New York, 1997.
- Kim MS, Lee GY, Choe EY, Kim DH, Chang BS: Study on the thermal analysis of dyed hair depending on the brightness level. Korean J Microscopy 38 : 159-165, 2008.
- Palladino L: Hair dressing, the foundations, the official guide to level 2. Tomson, London, pp. 116-164, 2003.
- Rho JA, Chang BS, Choe TB: Study on the morphological change of straight permanent waved hair by tensile strength test. Korean J Microscopy 39 : 49-56, 2009.
- Rho JA, Choe TB, Chang BS: Ultrastructural analysis on the straight permed hair. J Cosmetological Science 6(1) : 41-47, 2010.
- Robbins CR: Chemical and physical behavior of human hair. Springer-Verlag, New York, pp. 138-146, 2002.
- Rook A: The clinical importance of "weathering" in human hair. Br J Dermatol 95 : 111-117, 1976.
- Syed A, Kuhajda A, Ayoub H, Ahmad K, Frank EM: African-American hair: its physical properties and differences relative to Caucasian hair. Cosmet Toiletries 110 : 39-48, 1995.

## < 국문초록 >

건강모발과 일반스트레이트 펴 모발의 열분석(thermal analysis)과 가열온도에 따른 모발의 연소과정을 열분석기(thermal analyser)와 주사전자현미경(scanning electron microscopy)을 사용하여 관찰하였다.

건강모발과 스트레이트 펴 모발의 열분석 결과 무게의 변화는 100°C부터 일어났다. 가열온도가 올라갈수록 200°C까지는 건강모발보다 스트레이트 펴 모발의 무게 감량비가 약 2.6% 높았으나 300°C의 가열온도에서 건강모발과 스트레이트 펴 모발의 감량비는 각각 64.9%, 64.4%로 나타났다. 이후 400°C의 가열온도에서 건강모발과 스트레이트 펴 모발의 감량비는 32.3%와 33.4%로서 건강모발의 감량비가 높게 나타나기 시작하였다.

500°C에서는 각각 25.4%와 28.3%로서 최종적으로 탄화된 물질의 무게는 건강모발보다 스트레이트 펴 모발이 약 2.9% 높은 것으로 나타났다.

가열온도에 따른 모발의 형태학적 변화를 관찰한 결과 300°C까지 연소된 모발은 인접된 모발들이 서로 융합되었다. 모발의 용해과정은 수질(medulla)과 피질(cortex)이 용해되면서 마치 대나무 통과 같이 속이 텅 빈 상태로 관찰되었다. 500°C로 가열된 모발조직은 형태를 알아볼 수 없을 정도로 탄화되어 덩어리를 형성하고 있었고 덩어리 표면에는 많은 기포들이 형성되어 있었다.