

화장품을 바를 때 피부 마찰계수의 변화와 주관적인 평가와의 상관관계 연구

A study on correlation between frictional coefficients and subjective evaluation while rubbing cosmetic product on skin

권영하*† · 권현준* · 랑문정** · 이수민***

Young-Ha Kwon*† · Hyun-Joon Kwon* · Moon-Jeong Rang** · Su-Min Lee***

경희대학교 테크노공학 대학, 지능로봇 · 신소재공학전공*
College of Advanced Technology, Kyung Hee University

LG생활건강 기술연구소**
LG Household & Healthcare Research Park

한국표준과학연구원, 질량 & 힘그룹***
Force and Mass Group, KRISS

Abstract : A frictional coefficients of in-vivo skin characteristic is the most important factor of the cutaneous mechanical properties and the method of evaluating skin care in the fields of cosmetics products. In-vivo skin characteristic varies in many different ways depends on what is applied to the skin, loading condition, shape, surface roughness, and material of the probe. In this research, we designed a system which can be measured frictional coefficients of a human skin on real time. It consists of multi-components load-cell, actuator, linear motor and arm fixator. This measurement system was automatically controlled by computer. We measured frictional coefficients between probe and skin using this system and inquired adjectives for subjective evaluation while rubbing cosmetic product on skin. Lastly, we analyzed correlation between two factors by calculating Pearson Correlation Coefficient. As a result, we could know that frictional coefficients varied from 0.17-1.2 according to cosmetic products, normal force, materials and surface conditions of probe. We also confirmed sensual feelings of cosmetic products have close correlation with frictional coefficients.

Key words : Frictional coefficients, Pearson correlation coefficient, cosmetic product

요약 : 화장품을 바를 때 피부와 손가락 사이에서 일어나는 마찰계수는 화장품의 주관적 평가에 많은 영향을 주

† 교신저자 : 권영하(경희대학교 테크노공학 대학, 지능로봇 · 신소재공학전공)

E-mail : yhkwon@khu.ac.kr

TEL : 031-201-2580

FAX : 031-202-9484

는 요소이다. in-vivo 상태에서 피부와 접촉자 간의 마찰계수는 접촉자의 모양이나 거칠기의 정도 그리고 누르는 하중에 따라 변할 수 있다. 본 실험에서는 리니어 모터와 다축 로드셀을 이용하여 여러 가지 접촉자를 in-vivo 상태에서 직접 피부에 접촉시키고 실시간으로 마찰계수를 측정할 수 있는 장치를 개발하였다. 이 장치를 이용하여 피부와 접촉자 간의 마찰계수를 측정 하고 그 데이터를 화장품을 바를 때의 전후와 비교·분석하였다. 또한 화장품을 바를 때 주관적인 평가에서 이용되는 형용사를 조사하여 마찰계수와 그의 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 피부와 접촉자 간의 마찰계수는 화장품의 종류와 접촉자의 성질에 따라 0.17~1.2 사이에서 나타나며, 주관적인 평가 또한 화장품을 바른 후 시간의 경과함에 따라 변하며, 그것은 마찰계수와 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

주제어 : 마찰계수, 상관계수, 화장품의 주관적인 평가

1. 서론

인간은 일상생활에서 의식적으로나 무의식적으로 손을 이용한 접촉으로 촉감을 느끼고 사물을 인지한다. 손끝과 대상 체의 표면 사이에서 발생하는 접촉은 역학적 현상으로 해석되며 촉각이라는 감각 기관으로부터 받아들여 인간이 촉감으로 느끼게 된다. 촉감을 느낄 때 영향을 주는 역학적 특성 요소는 압력, 진동, 마찰계수, 온도 등이 있으며 그 중에서 마찰계수가 가장 중요한 요소로 알려져 있다. 피부마찰에 관한 연구는 로봇 관련 산업, 화장품 산업, 섬유 산업 등을 비롯하여 피부생리학분야 등의 의학 분야에서 많은 연구가 진행되었다.

소비자는 화장품을 피부에 도포하기 위하여 의식적으로 문질러보는 행동을 하며, 손끝과 피부 사이에서 느끼는 촉감은 제품의 선택에 많은 영향을 끼친다. 피부에 화장품을 도포한 후 피부에는 수분함 유량과 분비물의 변화를 가져오고 그에 따른 마찰계수의 변화는 촉감에 영향을 주는 것으로 알려져 있다[5,6].

선행된 연구는 El-shimi, Comaish, Bottoms 등이 주로 in-vitro 상태의 피부를 이용하여 측정하였다 [2-4]. 연구 결과로는 피부가 건조할수록 마찰계수가 감소하며 피부 사이에 도포된 물질에 따라 많은 차이가 있는 것으로 확인되었다[3,4]. 측정 방법으로는 일정한 하중을 접촉자에 가하여 문지르며 마찰력을 측정하는 기구 등을 개발하여 사용하였다

[2]. In-vitro 상태의 피부는 in-vivo 상태와 같은 물리적 상태를 유지할 수 없기 때문에 in-vivo 피부의 역학적 특성과는 차이가 있다.

본 연구에서는 피부에 화장품을 도포하고 여러 종류의 구형 접촉자를 사용하여 다양한 하중 조건에 따라 in-vivo 상태에서 마찰계수를 측정할 수 있도록 장치를 개발 하였다. 또한 여러 종류의 화장품을 이용하여 측정된 마찰계수와 우리가 표현하는 촉감 관련 감성형용사와의 상관관계를 분석하여 마찰계수의 영향을 정량적으로 분석하였다.

2. 실험

화장품을 피부에 문지르며 촉감을 느낄 때는 마찰계수의 변화가 가장 큰 영향을 주는 요소로 알려져 있다. 마찰계수의 측정은 누르는 압력과 마찰력을 측정하여 비율로서 표현하는 것이 가장 일반적인 방법이다. In-vivo 상태에서 피부의 마찰계수를 측정할 때는 피부의 굴곡에 따른 접촉 마찰면적의 변화에 따라 누르는 압력이 시간에 따른 변화를 가지게 되며 이에 따른 마찰계수의 측정은 고도의 정밀 실험으로 알려져 있다. 그러므로 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다축 로드셀과 Actuator를 사용하였다. 한편, in-vivo 상태에서 접촉자와 피부 사이에 마찰계수의 측정은 미끄러지는 속도와 이동시 생기는 상하운동에 따른 오차를 줄이기 위하여 리니어 모터 위에 손을 얹어 일정한

속도로 상하 움직임 없이 이동하도록 실험 장치를 구성하였다.

2.1 실험장치

실험 장치는 Fig. 1과 같이 in-vivo상태의 피부를 고정시키고 다축 로드셀에 부착된 접촉자를 통하여 피부와 접촉자간의 마찰계수를 측정 할 수 있도록 구성되었다. 측정 장치는 Actuator, 리니어 모터, 다축 로드셀, 피부 하박부 지지대, 시료도포 가이드, 접촉자로 구성되어 있으며, 측정 및 구동은 컴퓨터에 의해 자동으로 처리되도록 하였다.

Actuator(모델 SMAC, LAR-95-15)는 피부의 굴곡에 따라 일정한 하중이 가해질 수 있도록 프로그래밍되었고 끝단에 다축 로드셀을 장착하였다. in-vivo상태의 피부에서 접촉자와 피부 사이의 압력과 마찰력을 동시에 측정하기 위한 다축 로드셀은 스트레인 게이지 타입으로 설계하였다. 각 방향의 로

드셀 용량은 50N이며 0.05% 이내의 정확도를 유지하고 있다. 이때 X방향의 힘은 마찰력, Z방향의 힘은 압력이며, Y방향의 힘은 접촉자와 피부의 편심을 모니터링하는 데 사용하였다. 다축 로드셀의 각 축 간의 상호 오차는 0.1% 이내로써 매우 높은 정확도를 갖고 있는 것으로 교정되었다.

피부와 접촉자 간의 마찰력 측정을 위하여 인간 팔의 하박부 부분을 Fig. 1과 같이 피부로서 사용하였다. 하박부를 움직이지 않도록 리니어 모터 위에 고정시키고 리니어 모터를 진동 없이 좌우로 움직이며 접촉자와 피부 사이의 마찰력을 측정 하였다. 이때, 사용된 리니어 모터는 총 이동 거리가 175mm, 위치 정밀도가 4 μ m이며 DSP프로세서가 내장되어 위치 및 속도가 정확하게 조절 가능하도록 구성 하였다.

피부를 문지르는 접촉자는 고체로서 알루미늄 재료와 비교적 손끝의 기계적 특성과 비슷한 실리콘 소재를 사용하여 반지름 15mm의 반구형으로 제작하여 손끝과 유사한 모양이 되도록 노력하였다.

2.2 측정 방법

in-vivo상태에서 측정을 할 경우 인간은 미소하게 항상 움직이므로 실험의 정확도를 높이기 위하여 특수한 고정대를 리니어 모터 위에 설치하여 하박부를 불편함이 없는 범위 내에서 고정하였다. 하중, 화장품, 접촉자 등의 실험조건을 변화시킬 때 일정한 하박부 피부 위치를 고정하기 위하여 도포 가이드를 사용하였다.

실험에 앞서, 피부는 수분의 상태에 따라 특성에 영향을 받으므로 모든 피험자의 피부 하박부를 증성 비누를 이용하여 세정한 후, Skin Surface Hygrometer를 사용하여 수분 함유량이 약 100 μ s이 되었을 때 기준 피부로써 설정하였다. 피험자는 5명의 20-25세 사이의 남녀 학생으로 구성되었다. 모든 데이터는 동일한 실험을 7회 반복하여 평균값을 사용하였다. 설정된 기준 피부에 일반적으로 시판되고 있는

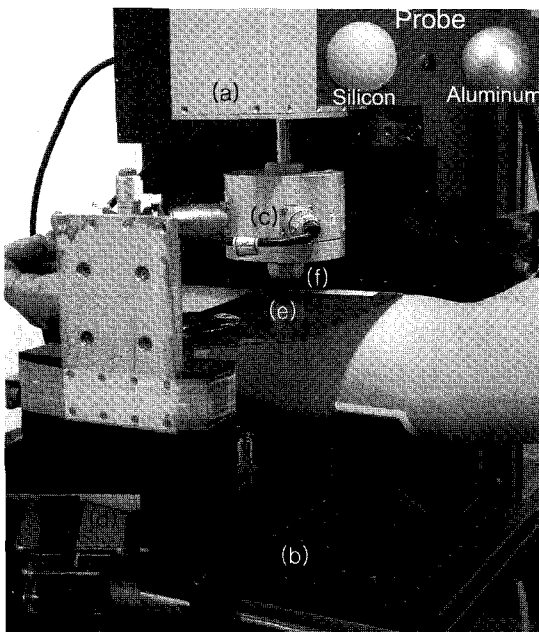


Figure 1. Measurement system under the in-vivo skin condition (a) actuator (b) linear Motor (c) multi-components load cell, (d) forearm fixator (e) application guide (f) probe

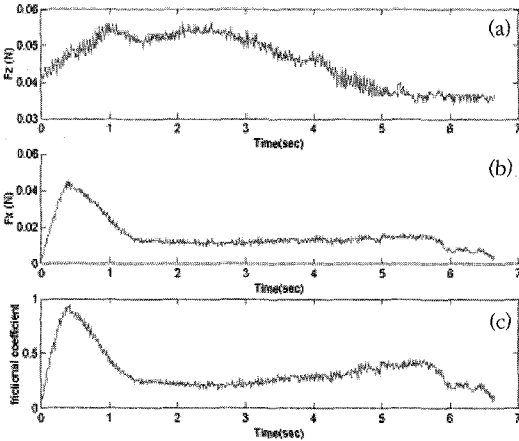


Figure 2. Signal of frictional coefficient in skin, (a)normal force, (b)friction force, (c)frictional coefficients

기초화장품 4종류 50mg을 Pipet을 이용하여 70mm×20mm의 넓이에 2열로 도포하였다.

Fig. 2는 위에서 설명한 측정 방법으로 얻어진 누르는 압력과 마찰력을 시간에 따른 변화를 보여주고 있다. Fig. 2(a)는 접촉자가 누르는 힘의 크기로써 피부의 굴곡에 따라 변화가 많이 나타나는 것을 알 수 있다. 비록 변화는 크게 보이지만 데이터의 변화구간은 0.01N 이하로서 매우 작은 양이므로 측정값으로 충분히 사용할 수 있다. Fig. 2(b)는 마찰력을 나타내며 초기에는 정적인 마찰계수로서 비교적 높은 마찰력을 유지하고 있으나 일단 미끄러지기 시작하면 마찰력이 급격하게 감소하는 현상을 볼 수 있다. 그러므로 Fig. 2(c)와 같이 마찰계수는 정지마찰 구간이 된 후 동마찰 구간에서는 거의 일정한 상태를 유지하고 있다. 7초의 측정 구간 중 리니어 모터의 가, 감속 응답 특성을 시뮬레이션 하여 가, 감속구간과 동마찰 이전의 구간을 배제한 5초간의 마찰계수 값을 평균하여 해석에 사용하였다.

2.3 주관적 평가

Table 1은 본 실험에 사용된 형용사로서 화장품을 문지를 때 느끼는 촉감을 표현하는 형용사를 국어 사전과 관련문헌을 통하여 선택하였다[7].

피험자에게 대표형용사를 중심으로 질문서를 작성하여 7점 척도의 의미미분법으로 평가하였다. 피험자는 18명으로써 3명씩 총 6개의 테이블로 나누어 평가를 실시하였다. 형용사의 애매모호함에서 오는 오차를 줄이고 좀 더 객관적인 평가를 위하여 피험자들에게 형용사에 대하여 그 의미(Table 1 참고)를 인식할 수 있도록 충분히 교육하였다.

주관적 평가를 할 때에도 마찰계수를 측정하는 실험과 동일한 조건의 피부 상태를 유지하기 위하여 클린싱 크림과 화장물 티슈를 이용하여 피부의 분비물을 제거하였다. 클린싱 후, 약 5분이 지난 뒤 평가를 실시하였고 각 시료마다 5분의 휴식을 취하였다. 휴식 후 동일한 과정으로 모든 시료를 평가하였으며 평가의 순서는 피험자가 무작위로 선택하였다.

Table 1. Adjectives for subjective evaluation

감성형용사 (영문)	본 연구에서 사용된 의미
촉촉함 (Wetness)	화장품을 퍼 바를 때 물기를 머금고 있는 정도
퍼발림성 (Spreadability)	화장품이 피부표면에서 퍼지는 동작이 편한 정도
흡수성 (Absorbency)	촉촉함이 사라지고 압력에 대한 저항이 인지되는 정도
끈적임 (Stickiness)	화장품을 골고루 퍼 바르기 위해 손끝에 가해지는 힘의 정도
매끄러움 (Slipperiness)	화장품을 문지를 때 손가락의 움직임이 편한 정도
유분감 (Oily)	화장품이 끈적이지는 않지만 미끄러운 얇은 막과 같은 느낌의 정도
빠다빠다함 (Waxy)	흡수시킨 화장품의 잔여물에 저항하는 건조하고 단단함의 정도
미끌미끌함 (Greasy)	흡수시킨 화장품의 끈적이는 막이 저항감이 있거나 미끄러운 정도
두께감 (Thickness)	화장품을 바른 후 피부표면과 손끝 사이에서 느껴지는 두께의 정도

3. 결과 및 고찰

3.1 마찰계수의 측정 결과 및 고찰

시판된 화장품을 이용하였으므로 화장품의 화학적,

물리적, 역학적 특성은 조사할 수 없었다. 그러나 주관적 평가에 의하여 화장품의 특성이 매우 다르게 분포되어 있음은 확인 할 수 있었다.

Table 2에 시료도포에 따른 마찰계수의 변화를 나타내었다. 마찰계수의 측정은 기준 피부, 화장품을 도포한 직후 그리고 화장품 도포 후 5분이 경과 하였을 때 측정하였다. 기준 피부와 알루미늄 접촉자 사이의 마찰계수는 0.422, 실리콘 접촉자와 사이는 1.246로서 실리콘 접촉자가 알루미늄 접촉자보다 높은 마찰계수를 나타내었다. 실리콘 접촉자와 기준 피부 사이에서는 이물질이 존재 하지 않는다는 가정 아래, 고체접촉과는 다르게 점탄성체 사이의 접촉이므로 Wrinkling effect, Pinching effect 등이 작용하여 1보다 높은 마찰계수를 보이고 있었다. 특히, 기준 피부의 수분 함유량은 100 μ s이므로 건조한 상태보다 마찰계수가 한층 증가되는 경향을 보여주고 있다. 수분은 피부를 부드럽게 해주는 기능과 함께 접촉자와 피부 사이에 넓은 접촉면을 유발시키고 접촉력을 증가시키는 특성이 있다. 따라서 피부와 접촉자 사이에 마찰저항을 일으킴으로써 높은 마찰 계수가 나타나고 있음을 유추 할 수 있었다.

시료 도포 직후의 마찰계수는 화장품의 종류에 따라 알루미늄 접촉자의 경우 약 40%까지 감소되었고 실리콘 접촉자는 약 70% 정도 감소되었지만, 화장품을 피부에 문지르고 5분 후에는 증가하는 경향을 보이고 있다. 화장품을 바른 직후 마찰계수의 감소는 화장품이 피부에 남아 있기 때문에 윤활작용에 의한 것이다. 시간이 경과함에 따라 피부의 온도와 외부공기의 영향으로 도포된 화장품은 흡수 또는 증발하고, 화장품 자체의 기능성의 영향으로 피부의 수분함유량의 증가하기 때문에 마찰계수는 다시 증가하는 것으로 보인다[5].

3.2 주관적 평가의 결과 및 고찰

주관적 평가의 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 가로축

은 각각의 형용사의 항목을 나타내고 세로축은 주관적 평가의 7점 척도를 나타낸다. 각 형용사의 긍정적인 대답일수록 7점에 가까우며 부정적인 대답일수록 1점에 가깝다. 사용된 화장품은 4종류로서 구체적인 상표명 대신 A, B, C, D로써 표시하였다. Fig. 3(a)은 도포 직후에 행한 주관적 평가이고 Fig. 3(b)은 5분이 경과 했을 때의 주관적 평가의 결과이다.

화장품D를 제외한 나머지 화장품은 유사한 흐름을 보여준다. 유분감, 매끄러움, 미끌미끌함이 높을 경우 빠딱빠딱함은 낮은 경향은 보인다. 피험자는 매끄러움이나 유분감, 미끌미끌함에 대하여 비슷한 의미로써 인식하고 있었고, 빠딱빠딱함에 대하여는 위의 세 가지 형용사와 상반된 의미로 인식하고 있음을 알 수 있었다.

항목 간 차이를 보면 바른 직후의 경우 촉촉함과 퍼발림성에 있어서 시료 간 변별이 컸지만 끈적임과 빠딱빠딱함에 있어서 시료 간 그다지 차이를 보이지 않았다. 5분이 경과 한 후에는 끈적임을 제외한 대부분의 항목 간 변별력이 도포 직후에 행해진 주관적 평가보다 좁아져 있음을 알 수 있었다. 이것은 시간이 경과할수록 화장품시료의 기능에 의해서 피부상태가 어느 정도 유사한 상태가 되기 때문에 나타나는 결과임을 유추할 수 있었다. 시료의 종류에 관계없이 화장품을 바른 직후와 5분 뒤의 관능평가의 결과는 유사한 흐름을 보여준다. 이런 결과는 소비자가 화장품의 특성에 대한 감성평가를 할 때, 피 바르는 순간에 대부분 결정됨을 보여준다.

3.3 상관 관계 분석 및 고찰

피부 마찰계수와 주관적 평가와의 연관성을 분석하기 위하여 Pearson Correlation Coefficient을 사용하였다. 서로 연관성이 있는 두 변수가 구간 혹은 비율 척도로 측정되면 이 변수 사이의 연관성은 방향을 갖게 된다. 한 변수의 값이 커질 때 다른 변수의 값도 커지면 두 변수는 양의 연관성이 있다고

Table 2. Frictional coefficients between probe and skin

Probe	Cosmetic product	Standard skin	Without delay after rubbing	5 minutes after rubbing
Aluminum	A	0,422	0,177	0,411
	B		0,395	0,457
	C		0,187	0,487
	D		0,264	0,413
Silicone	A	1,246	0,208	0,308
	B		0,385	0,515
	C		0,250	0,558
	D		0,291	0,462

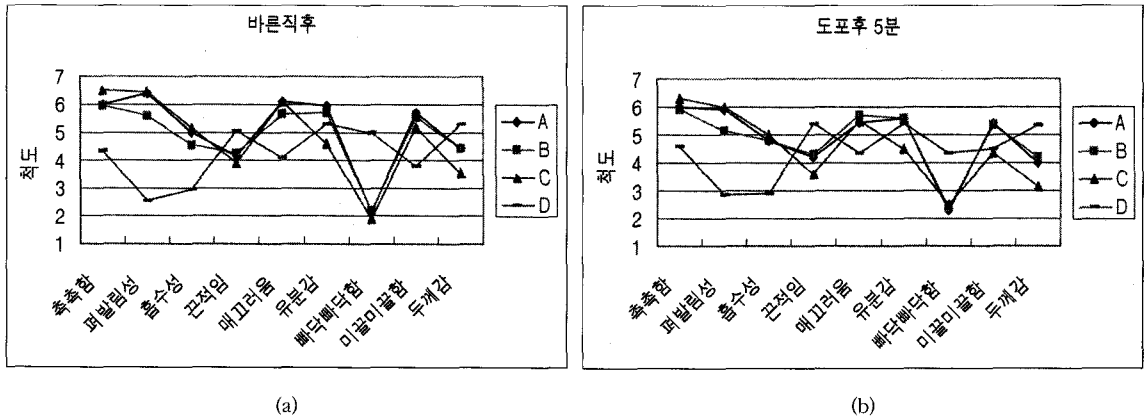


Figure 3. Subjective evaluation, (a) without delay after rubbing, (b) 5 minutes after rubbing

Table 3. Pearson Correlation Coefficient between subjective evaluation and frictional coefficients

	Without delay after rubbing		5 minutes after rubbing	
	Aluminum probe	Silicone probe	Aluminum probe	Silicone probe
Wetness	-0,563**	-0,522**	-0,472**	-0,444**
Spreadability	-0,792**	-0,768**	-0,673**	-0,651**
Absorbency	-0,502**	-0,482**	-0,448**	-0,426**
Stickiness	0,249*	0,231	0,323**	0,292*
Slipperiness	-0,589**	-0,573**	-0,305**	-0,292**
Oily	-0,006	-0,063	0,089	0,038
Waxy	0,615**	0,587**	0,438**	0,433**
Greasy	-0,413**	-0,420**	-0,093	-0,132
Thickness	0,341**	0,293*	0,436**	0,391**

** significance $p < 0,01$
 * significance $p < 0,05$

하며 한 변수의 값이 커질 때, 다른 변수의 값이 작아지면, 두 변수는 음의 연관성이 있다고 한다[1].

마찰계수와 주관적 평가와의 관계를 살펴보기 위해 구해진 Pearson Correlation Coefficient를 Table 3에 나타내었다. 촉촉함, 퍼발림성, 흡수성, 매끄러움에 있어서 마찰계수와 서로 역상관 임을 보여준다. 마찰계수의 증가는 퍼발림성을 방해하는 결과를 가져오고, 촉촉함이나 흡수성, 매끄러움을 크게 느끼기 위해서는 화장품을 바를 때 발생하는 마찰계수가 작아야 함을 알 수 있었다. 빠다빠다함의 경우 양의 상관관을 보여주고 있다. 피부에서 느끼는 빠다빠다함은 마찰계수의 증가에 기인한다는 것을 확인하였다. 미끌미끌함의 경우 시간이 경과할수록 마찰계수와 상관이 적어지는 반면, 두께감의 경우 그 관련성이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 화장품을 바르고 시간이 경과 할수록 피부에 분비물이나 잔여물로 인해 나타나는 현상으로 알 수 있었다. 그 밖에 끈적임이나 유분감의 경우 마찰계수와는 그 관련성을 그다지 찾아 볼 수 없었다.

4. 결론

화장품을 바를 때 피부와 접촉자 사이에서 일어나는 마찰계수를 측정하고 주관적 평가 요소와 그 관련성을 살펴보았다. In-vivo피부 상태에서 직접 마찰계수를 측정하기 위하여 리니어 모터와 다축 로드셀을 이용하여 계측 장치를 개발하였고, 화장품의 주관적 평가에 사용되는 형용사를 조사 하였다. 화장품을 바른 직후와 도포 후 5분이 경과 하였을 때를 중심으로 피부와 접촉자 간의 마찰계수를 측정하고 관능평가를 실시하였다. 관련성을 살펴보기 위해 Pearson Correlation Coefficient를 구한 결과, 접촉하는 물질에 따라, 형용사에 따라 그리고 시간이 경과함에 따라 그 관련성이 변화함을 알 수 있었다.

이 연구를 통하여 마찰계수는 화장품을 바를 때 일어나는 주관적인 평가에 많은 영향을 주고 있음

을 수치적으로 확인 할 수 있었고 이러한 결과는 소비자의 성향을 반영한 화장품의 개발에 좋은 근거가 될 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 박옥희, 최창현, 홍종성 (1996), 조사방법과 통계자료분석, 박영사, 서울.
- [2] Comaish, S., & Bottoms, E. (1971) 'The skin and friction' deviations from Amonton's laws and the effects if hydration and lubrication. *British Journal of Dermatology*, 84, 37-43.
- [3] El-Shimi, A. F. (1976). In vivo skin friction measurements. In : A.M. Rees (Ed.), *Journal of Consumer Studies and Home Economics*, Blackwell Scientific, UK.
- [4] El-Shimi, A. F. (1977). In vivo skin friction measurements. *Journal of Society of Cosmetic Chemists*, 28, 27-51.
- [5] Loden, M., Olssen, H., Axell, T., & Linde, Y. W. (1992). Friction, capacitance and transepidermal water loss (TEWL) in dry atopic and normal skin. *British Journal of Dermatology*, 126, 137-141.
- [6] Nacht, S., Close, J. A., Yeung, D., & Gans, E. H. (1981). Skin friction coefficient: changes induced by skin hydration and emollient application and correlation with perceived skin feel. *Journal of Society of Cosmetic Chemists*, 32, 55-65.
- [7] *Standard Practice for Descriptive Skinfeel Analysis of Creams and Lotions*. (1997). ASTM, E1490-92, USA.

원고접수 : 2005. 8. 8

수정접수 : 2005. 11. 22

게재확정 : 2005. 12. 5