

A Study of Development Antibacterial Cosmetic Case using UV Wavelength

Seung Hoon Yum*, In Geung Jung*, Jae Young Jeong*, You Jin Hwang*

*Student, Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Incheon, Korea

*Student, Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Incheon, Korea

*Student, Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Incheon, Korea

*Professor, Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Incheon, Korea

[Abstract]

In this study, we propose an antibacterial cosmetic case using UV wavelengths. UVC have excellent antibacterial strength in terms of economics and convenience. The purpose of experiments was to prove it and to select a suitable permeability material. In experiments, UVA, UVC mechanics and the competitor product were used to measure and compare the antibacterial strength of antibacterial cosmetic case using UV wavelength. *S. aureus*, a gram-positive strain, was used subject to the experiment, and the antibacterial strength measured and compared the number of colonies using the plate count technique. As a result, both UVA and UVC showed antibacterial activity, and UVC showed the most powerful antibacterial activity. In Conclusion, the Quartz glass was the most suitable of the permeable materials, but the more thick the examined quartz material became the less antibacterial strength.

▶ **Key words:** UV, Antibacterial, *Staphylococcus aureus*, Permeability materials, Cosmetic Cases

[Abstract]

본 연구에서는 자외선 파장을 활용한 항균 화장품 케이스를 개발하고자 하였다. UVC는 경제성 및 편리성 면에서 우수한 항균 성능을 가진다. 실험은 이를 입증하고 적합한 투과 재질을 찾는 것을 목적으로 진행하였다. 실험에는 자외선 파장을 이용한 항균 화장품 케이스의 항균력을 측정·비교하기 위해 UVA, UVC 기기 및 타사 제품을 사용하였다. 실험 대상 균주로는 그람양성균인 *S. aureus*를 사용하였으며, 항균력은 평판계수법을 통해 대상 균주의 집락 수를 측정·비교하였다. 실험 결과는 UVA와 UVC 모두 항균 활성을 나타냈고, UVC가 가장 뛰어난 항균 활성을 나타냈다. 결론적으로 UVC를 직접투과 할 때 석영유리가 가장 적합하지만 검사한 재질의 두께가 두꺼워질 수록 항균력이 감소하였다.

▶ **주제어:** 자외선, 항균, 황색포도상구균, 투과 재질, 화장품 케이스

- First Author: Seung Hoon Yum, Corresponding Author: You Jin Hwang
- *Seung Hoon Yum (markyum@naver.com), Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University
- *In Geung Jung (sun00060@naver.com), Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University
- *Jae Young Jeong (jini656565@naver.com), Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University
- *You Jin Hwang (gene@gachon.ac.kr), Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University
- Received: 2020. 04. 03, Revised: 2020. 05. 21, Accepted: 2020. 05. 21.

I. Introduction

오늘날 화장품 산업은 다양한 분야로 세분되어 일부는 고부가가치 제품으로 발전했다 [1]. 이에 따라 다양한 종류의 화장품 사용 또한 점차 증가하고 있다. 그런데도 화장품이 미생물에 오염되어 건강에 얼마나 위해를 끼칠 수 있는지에 대한 연구나 화장품 위생에 대한 관심은 많지 않다 [1, 2].

대부분의 화장품은 유화제, pH 안정제, 단백질 및 습윤제 등이 혼합 형태로 구성되어 있다 [3]. 이러한 구성물은 미생물의 급격한 증식을 일으켜 제품의 변질을 유발할 수 있다 [4]. Kim² 등 (2009)은 크림형 화장품에서 일반 세균, 곰팡이, 대장균을 검출하였으며 [2], Kim¹ (2015)은 쿠션 파운데이션에서 호기성세균과 효모, 황색포도상구균 등의 미생물을 검출했다. 그중 황색포도상구균은 국내외 미생물 허용 기준치를 초과했다 [1]. 화장품 표면에 존재할 수 있는 미생물 중 황색포도상구균은 국소 및 전신감염을 유발하는 그람양성균이다 [5]. 황색포도상구균은 피부에 염증, 독소 등의 물질을 분비한다. 이 독소는 강력한 항원 (Superantigen)으로 작용해 T 림프구에 의한 면역반응을 유도하며 아토피 피부염과 같은 피부질환을 악화 시킨다 [6, 7]. 따라서 미생물에 오염된 화장품을 사용하면 상처를 통해 유입된 미생물이 여러 피부질환을 일으킬 수 있다 [8].

화장품에는 미생물의 증식을 막기 위해 방부제가 사용된다. 방부제는 세균이나 진균의 세포막을 파괴하여 항균 효능을 발휘한다. 이러한 방부제의 기능은 피부 자극이나 세포독성 등을 유발할 수 있다 [9]. 방부제의 위험성에 대해, 식품의약품안전처의 화장품 원료지정에 관한 규정은 방부제의 사용에 허용 한도를 규정하고 있다 [4]. 또한, 보건복지부에서 고시한 화장품 제조업 및 제조(수입) 품목허가 등 처리 지침에서는 피부 자극이나 독성이 우려되는 물질에 대하여 배합을 금지하고 있다 [10]. 방부제의 사용 제한으로, 효과가 우수하면서 피부에 안전한 천연 방부제가 그 대안으로 대두되었다 [11]. 그러나 천연 방부제는 천연물질로서의 한계성 즉 색상, 냄새, 안전성, 좁은 항균 스펙트럼, 제형상의 문제점 등을 가지고 있다 [12].

본 연구는 방부제의 대안으로 자외선 파장을 이용한 항균 화장품 케이스를 개발하고자 하였다. 황색포도상구균에 대한 자외선 파장의 항균력을 측정하고 유리, 플라스틱 등의 재질 중 항균 활성이 효율적으로 발휘되는 투과 재질을 선별하고자 하였다. 또한, 기존 제품과의 비교를 통해 항균 화장품 케이스의 효율성을 입증하고자 하였다.

II. Materials and methods

1. Experimental background

1.1 Principle of antimicrobial activity by ultraviolet

자외선은 파장이 약 100nm에서 400nm까지의 전자기파로서, 파장에 따라 UVA, UVB, UVC로 구분한다 [13]. UVA는 400~320nm 부근의 장파장 자외선을, UVB는 320~280nm 부근 파장의 자외선을, UVC는 280~200nm 부근의 단파장 자외선을 의미한다 [14].

자외선의 항균 활성은 자외선을 조사함으로써 나타난다. 조사된 자외선은 미생물 내 핵산(DNA를 이루는 이중결합) 성분에 대사 장애를 유발하는 화학반응을 일으켜 미생물의 증식능력을 잃게 한다 [15, 16]. 자외선의 항균 활성은 미생물의 종류에 따라 다르게 나타나지만 항균 활성이 뛰어나게 나타나는 자외선 영역은 UVC로, 즉 핵산의 자외선 흡수율이 높은 파장에서 항균 활성이 가장 활발히 일어난다 [17]. 또한, UVC는 경제성 및 편리성 면에서 우수한 항균 성능을 가진다는 평가를 받고 있어 위생·항균 관리가 필요한 제품에 이용되고 있다 [18].

1.2 Design of anti-bacterial cosmetics case

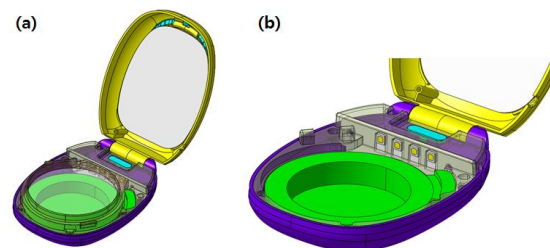


Fig. 1. Design of Anti-bacterial cosmetic case Using UVC. (a) Completed Product. (b) UVC beam irradiation zone of Completed Product.

그림 Fig. 1의 (a)는 항균 화장품 케이스의 디자인을 3D로 구현한 그림이다. (b)는 UVC 광선의 조사 구역을 확대한 그림이다.

항균 화장품 케이스는 상면 커버의 닫힘을 감지하는 감지센서, 커버가 닫히는 시간을 측정하는 타이머, UV 램프의 구동시간을 자동으로 제어하는 제어부로 구성된다.

작동 원리는 다음과 같다. 상기 제어부는 커버가 닫히면, 감지센서의 감지에 의해 타이머를 작동한다.

이후 사용자가 타이머에 설정한 시간 동안 UV 램프는 화장품의 표면을 살균한다. 사용자가 타이머에 시간을 설정함으로써 불필요한 전력 소모를 방지할 수 있음은 물론 지나친

UV 램프의 구동으로 UV 램프에서 발산되는 발광열에 의해 화장료 및 퍼프의 지나친 건조와 변질을 방지할 수 있다.

2. Materials

2.1 Experimental materials

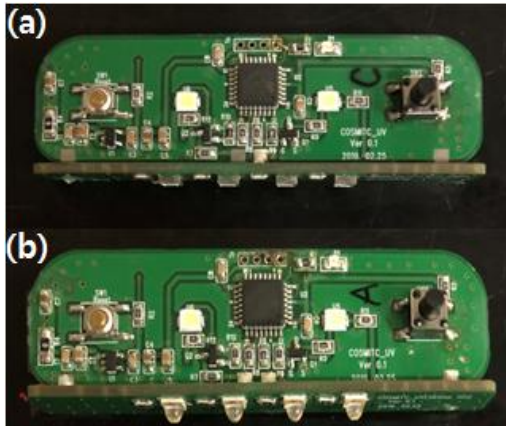


Fig. 2. UVA, UVC machines. (a) UVC machine. (b) UVA machine.

위 그림 Fig. 2의 (a)는 실험에 사용한 UVA 기기 LEUVA35W70RL00 (LG Innotek, Gangseo-gu Seoul, Korea)이다. 조사 광선의 파장 영역대는 Fig. 3의 (a)와 같다 (360~370nm). Fig. 2의 (b)는 실험에 사용한 UVC 기기 LEUVK37B0HF00 (LG Innotek, Gangseo-gu, Seoul, Korea)이다. 조사 광선의 파장 영역대는 Fig. 3의 (b)와 같다 (265~285nm). UVC 및 UVA 기기의 특징은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Characteristics of UVA, UVC machine

Item	Value	
	UVA	UVC
Wavelength(nm)	365	278
Forward Voltage(V)	3.7	MAX 9
Forward Current(mA)	1000	20
Beam Angle(°)	75	125
Size(mm)	3.4×3.4×3.34	3.4×3.4×1.62

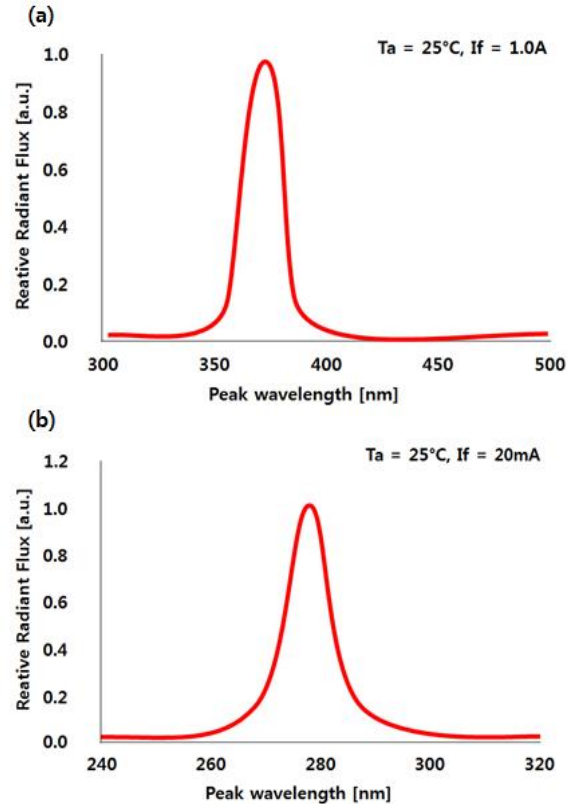


Fig. 3. Wavelength area of UVA, UVC machines. (a) UVA machine. (b) UVC machine.



Fig. 4. UVC Competitor product. (LIR2032)

그림 Fig. 4는 실험에 사용한 타사 제품 LIR2032 (Competitor Product), (Shinanacosmetic, Gangnam-gu, Seoul, Korea)이다. 타사 제품은 UVC LED 램프와 Blue LED 램프를 2분간 조사하여 항균 활성이 이루어지도록 설계된 제품이다. UVC LED 램프는 지속해서 조사하는 구조이고, Blue LED 램프는 0.5초 간 조사하고 1.5초 간 꺼지는 방식을 2분간 반복하는 구조로 이루어져 있다. 램프 작동 중에 케이스를 열 경우, 램프로부터의 조사는 자동으로 정지되며 작동시간은 초기화된다.

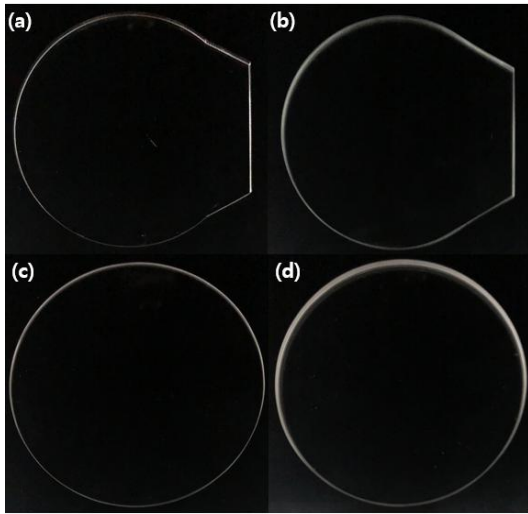


Fig. 5. Types of permeability materials.
(a) Polymethyl Methacrylate (PMMA). (b) Thermally toughened glass. (c) 1.5T quartz glass plate. (d) 5T quartz glass plate.

그림 Fig. 5는 실험에 사용한 투과 재질을 가진 물질이다. (a)는 일반 아크릴 플라스틱(PMMA). (b)는 일반 열 강화유리이다. (a)와 (b)의 두께는 3T (3 mm)로 동일하다. (c)와 (d)는 각각 1.5T (1.5 mm), 5T (5 mm) 석영 유리이다.

Table 2. Characteristics of quartz glass plate

Item	Value
Density type(g/cm ³)	2.2
Hardness(KHN ₁₀₀)	570
Coefficient of thermal expansion(20°C-300°C), (cm/cm°C)	5.5×10 ⁻⁷
Thermal conductivity(20°C), (W/m°C)	1.4
Specific heat(20°C), (J/kg°C)	660

2.2 Experimental reagents

세균 배양에는 배양기 LCC-150SP (LabTech, Namyangju-si, Korea), 도구 및 배지의 멸균은 고온고압 멸균기 ES-315 (Tomy digital biology, Nerima-ku, Tokyo, Japan), 세균 배양액의 흡광도 측정에는 흡광광도계 Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA)를 사용하였다.

균주의 배양에 사용된 Luria-Bertani(LB) Plate는 지름이 47 mm인 Petri dish에 만들어 사용하였다. LB Plate는 Sodium Chloride (Sigma Aldrich, Missouri, St.Louis, USA), Bacto™ Tryptone, Bacto™ Yeast Extract, Bacto™ Agar (BD DIFCO, New Jersey,

Franklin Lakes, USA)를 사용하였다. LB Broth은 Bacto™ Agar를 제외한 LB Plate의 구성과 같다.

2.3 Bacteria culture

실험에 사용한 황색포도상구균 (ATCC 29213) 은 한국 미생물보존센터 (KCCM: Korean Culture Center of Microorganisms, Seodaemun-gu, Seoul, Korea)에서 분양받았다. 냉동 보관된 황색포도상구균 용액은 해동 후 LB Broth에 접종하였으며, 37°C에서 24시간 진탕배양 시켰다. 황색포도상구균 배양액은 200 μl 기준, 595 nm에서 흡광도 0.4인 황색포도상구균을 1/5,000 배율로 희석한 용액으로, 일정한 농도로 사용하고자 하였다.

3. Methods

3.1 Comparison of anti-bacterial activity by UV wavelength

본 실험에서는 UV 파장별 항균력을 타사 제품과 비교하였다. 실험군은 타사 제품, UVA, UVC 및 UV를 조사하지 않은 대조군으로 설정하였다.

실험 과정은 황색포도상구균 배양액 100 μl를 LB Plate에 도달하였다. 타사 제품 표본에는 타사 제품 사용 안내에 준하여 타사 제품을 2분간 조사하였고, 본 제품은 특징에 따라 UVA 표본에 5분간 조사하였으며, UVC 표본에 UVC를 5분간 조사하였다. 각 표본들은 실온 (25°C)에서 24시간 배양하였다.

3.2 Measurement of transmission effect for UVA and UVC

본 실험에서는 투과 재질에 따른 UVA와 UVC 항균력을 측정해 비교하였다. 실험군은 UVA-X, UVA-G, UVA-P, UVC-X, UVC-G, UVC-P, 타사 제품 및 UV를 조사하지 않은 대조군으로 설정하였다.

실험은 황색포도상구균 배양액 100 μl를 LB Plate에 도달하였다. 타사 제품 표본에는 타사 제품 사용 안내에 준하여 2분간 조사하였고, UVA-X는 UVA를 5분간 조사하였고, UVA-G는 UVA를 열 강화유리에 투과시켜 5분간 조사하였다. UVA-P는 UVA를 Polymethyl Methacrylate (PMMA)에 투과시켜 5분간 조사하였다. UVC도 동일하게 수행하여 실온에서 24시간 배양하였다.

3.3 Anti-bacterial activity of thickness for quartz

본 실험에서는 석영 유리를 투과시킨 UVC 항균력을 측정하여 비교하였다. 석영유리 실험군은 타사 제품,

UVC-X, UVC-1.5T, UVC-5T 및 UV를 조사하지 않은 대조군으로 설정하였다.

실험은 황색포도상구균 배양액 100 μl를 LB Plate에 도말하였다. 타사 제품 표본에는 타사 제품 사용 안내에 준하여 2분간 조사하였고, UVC-X는 UVC를 5분간 조사하였고, UVC-1.5T는 UVC를 1.5T 두께의 석영 유리에 투과시켜 5분간 조사하였다. UVC-5T는 UVC를 5T 두께의 석영 유리에 투과시켜 5분간 조사하였다. 각 표본들은 실온에서 24시간 배양하였다.

III. Results

1. Results of statistical analysis

실험 결과는 위 실험을 3회 반복하여 결과를 얻었고, 결과의 평균값을 계산하여 얻었다. 콜로니 수는 평판계수법으로 황색포도상구균의 콜로니 수를 측정함으로써 얻었다. 콜로니 감소율은 다음 수식으로 계산하였다.

$$R(\%) = \frac{C_c - E_c}{C_c} \times 100 \quad (1)$$

Where, R(%) denotes Colony reduction rate, C_c denotes Control group's Colony no, E_c denotes Experiment group's Colony no.

2. Comparison of anti-bacterial activity by UV wavelength

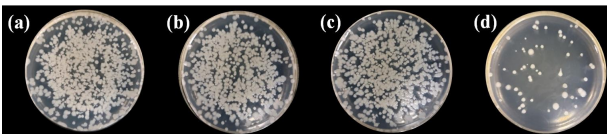


Fig. 6. Result of comparison of anti-bacterial activity by UV wavelength. (a) Control plate. (b) Competitor product plate. (c) UVA plate. (d) UVC plate. (e) Colony reduction rate table.

Table 3. Colony reduction rate of measurement of transmission effect for UVA

Item	Colony no. (SD)	Reduction rate (%)
Control	471.66 (±193.33)	0
Competitor Product	405.00 (±138.33)	2.68
UVA	318.66 (±270.61)	32.43
UVC	18.00 (±28.61)	96.18

그림 Fig. 6의 결과는 대조군 평균 콜로니 수 471.66±193.33개, 타사 제품 405.00±138.33개, UVA 318.66±270.61개, UVC 18.00±28.61개의 콜로니를 검출했다. 이 결과 Fig. 6의 (b) 콜로니 감소율은 2.68%, (c) 콜로니 32.43%, (d) 콜로니 96.18%로 나타났다. 본 실험 통해 UVC, UVA, 타사 제품 순으로 항균력이 나타났다.

3. Measurement of transmission effect for UVA

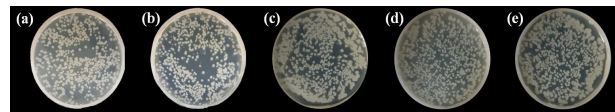


Fig. 7. Result of measurement of transmission effect for UVA. (a) Control plate. (b) Competitor product plate. (c) UVA-X plate. (d) UVA-G plate.

Table 4. Colony reduction rate of measurement of transmission effect for UVA

Item	Colony no. (SD)	Reduction rate (%)
Control	729.00 (±162.94)	0
Competitor Product	671.00 (±194.51)	7.95
UVA-X	622.33 (±159.48)	14.63
UVA-P	676.33 (±184.31)	7.22
UVA-G	618.67 (±215.89)	15.13

그림 Fig. 7의 결과는 대조군 평균 콜로니 수 729.00±162.94개, 타사 제품 671.00±194.51개, UVA-X 622.33±159.48개, UVA-P 676.33±184.31개 그리고 UVA-G는 618.67±215.89개의 콜로니를 검출했다. 이 결과 Fig. 7의 (b) 콜로니 감소율은 7.95%, (c) 콜로니 14.63%, (d) 콜로니 15.13%, (e) 콜로니 7.22%로 나타났다. UVA를 짧은 시간 조사하였을 때 항균력은 크게 나타나지 않았다.

4. Measurement of transmission effect for UVC

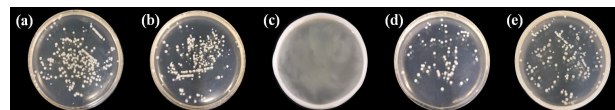


Fig. 8. Result of measurement of transmission effect for UVC. (a) Control plate. (b) Competitor product plate. (c) UVC-X plate. (d) UVC-P plate.

Table 5. Colony reduction rate of measurement of transmission effect for UVC

Item	Colony no. (SD)	Reduction rate (%)
Control	691.33 (± 104.57)	0
Competitor Product	557.66 (± 152.59)	19.33
UVC-X	20.66 (± 31.56)	97.01
UVC-P	177.00 (± 64.11)	74.39
UVC-G	143.66 (± 80.69)	79.21

그림 Fig. 8의 결과는 대조군 평균 콜로니 수 691.33 ± 104.57 개, 타사 제품 557.66 ± 152.59 개, UVC-X 20.66 ± 31.56 개, UVC-P 177.00 ± 64.11 개 그리고 UVC-G 143.6 ± 80.69 개의 콜로니를 검출했다. 이 결과 Fig. 8의 (b) 콜로니 감소율은 19.33%, (c) 콜로니 감소율은 97.01%, (d) 콜로니 감소율은 74.39%, (e) 콜로니 감소율은 79.21%로 나타났다. 본 실험을 통해 UVC-X, UVC-G, UVC-P, 타사 제품 순으로 항균력이 나타났다.

5. Anti-bacterial activity of thickness for quartz

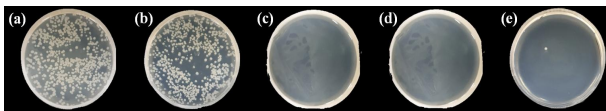


Fig. 9. Result of anti-bacterial activity of thickness for quartz. (a) Control plate. (b) Competitor product plate. (c) UVC-X plate. (d) UVC-1.5T plate. (e) UVC-5T plate.

Table 6. Colony reduction rate of measurement of transmission effect for UVA

Item	Colony no. (SD)	Reduction rate (%)
Control	729.00 (± 104.57)	0
Competitor Product	671.00 (± 152.59)	19.11
UVC-X	622.33 (± 1.41)	99.90
UVC-1.5T	676.33 (± 8.60)	98.94
UVC-5T	618.67 (± 14.43)	98.04

그림 Fig. 9의 결과는 대조군 평균 콜로니 수 1036.00 ± 321.85 개, 타사 제품 838.00 ± 210.46 개, UVC-X 1.00 ± 1.41 개, UVC-1.5T 11.00 ± 8.60 개 UVC-5T 20.33 ± 14.43 개의 콜로니를 검출했다. 이 결과 Fig. 9의 (b) 콜로니 감소율은 19.11%, (c) 콜로니 감소율은 99.90%, (d) 콜로니 감소율은 98.94%, (e) 콜로니 감소율은 98.04%로

나타났다. 본 실험을 통해 UVC-X, UVC-1.5T, UVC-5T, 타사 제품 순으로 항균력이 나타났다.

최종 결과로 항균력이 나타나는 것은 UVC를 직접 조사하거나 직접 조사할 때, 석영유리를 투과하게 할 경우 그 효과가 우수하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

IV. Discussion

본 연구는 UV 파장별 항균력을 측정하고, 소재로 얻을 수 있는 투과 재질을 선별하여 UVC를 이용한 항균 화장품 케이스 개발을 목적으로 하였다.

화장품이 다양한 기능성을 갖추고 세분화됨에 따라, 화장품은 일상생활에서 가장 빈번하게 쓰이는 제품 중 하나가 되었다 [1]. 화장품은 미생물의 번식이 쉬운 환경을 가지며, 다양한 피부질환을 일으키는 균이 존재할 수 있다 [1, 2]. 이 때문에 화장품에는 미생물의 증식을 방해하는 방부제가 사용됐지만, 방부제의 위험성이 대두되면서 국가에서는 방부제의 사용을 제한하고 있다 [4, 10]. 그 대안으로 제시된 UV를 이용하여 활용 가능성을 확인하였다.

Yoon¹⁹ 등 (2014)은 미세부유먼지에 포함된 대장균과 고초균에 UVA를 단독으로 조사한 경우, 대장균은 60% 이하의 살균율이, 고초균은 20% 이하의 살균율이 나타났다는 결과를 얻었다 [19]. 이에 반해, Choi²⁰ 등 (2002)은 상처 감염의 원인인 대장균, 황색포도상구균, 살모넬라균에 UVC를 조사하여 99.9%의 살균율을 나타냈다는 결과를 얻었다 [20]. 실험은 화장품에 존재할 수 있는 균들 중 황색포도상구균을 배양하고, UVA 및 UVC를 조사하고, 투과 재질을 종류별로 사용하여 항균력을 측정하였다. Fig. 6에 따르면, UVA와 타사 제품의 콜로니 감소율이 각각 2.68%, 32.43%인 것에 반해 UVC의 콜로니 감소율은 96.18%로 효과에 많은 차이를 보였다.

자외선을 이용한 항균 작용은 자외선을 흡수하는 물질이 존재하거나 투과도가 낮은 물질을 투과하면 항균력이 감소하였다 [21]. UVC의 항균 활성을 효율적으로 활용하기 위해 적합한 투과 재질을 사용하여 실험을 진행하였다. Fig. 8을 보면, UVC의 항균 활성의 효과적인 재질은 98% 이상의 콜로니 감소율을 보인 석영유리로 나타났다. Fig. 7과 Fig. 8을 비교하여보면, 투과 재질에 따른 콜로니 감소율 또한 UVC가 UVA보다 높았다. 또한, 검사한 석영유리의 재질 두께가 두꺼워질수록 항균력이 감소하였다 (Fig. 9). 자외선은 파장이 짧을수록 개체에 미치는 영향이 크고, 항균 제품에

주로 사용되는 자외선은 단파장인 UVC이다 [14]. 또한, 화장품에 영향을 미치는 미생물로는 대장균, 녹농균, 고초균, 황색포도상구균, 칸디다 알비칸스 등이 있다 [22].

하지만 아직 UVC의 지속적인 조사에 따른 제품의 변질 등의 안전성 및 다른 미생물에 미치는 UVC의 항균 작용에 대한 연구 결과는 부족하다. 그러므로化妆품을 보다 안전하게 보존하기 위해서 UVC의 항균력뿐만 아니라, 항균력을 위하여 사용하는 재질의 특성과 이들이 화장품에 일정 시간 조사하였을 경우 변질 혹은 안전성에 대한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Gachon Univ. Research Grant and partially supported by a Regional Innovation System grant (No. R003942) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, Republic of Korea.

REFERENCES

- [1] G. Kim, and S. Kim, "A Study of Microbial Contamination in Cushion Foundation - Focused on the Sponge and puff -," Journal of Korean Beauty Society, Vol. 21, No. 6, pp. 1125-1130, 2015.
- [2] S. Kim, and D. Lim, "A Study of the Proper Use of Cosmetics and Microbial Contamination over Time," Journal of Korean Beauty Society, Vol. 15, No. 3, pp. 1059-1065, Aug. 2009.
- [3] Y. Lee, H. Kim, J. Lee, and J. Kim, "Studies for Risk Assessment of Cosmetic Ingredients," Korea. J. Beauty Design, Vol. 5, No. 2, pp. 175-191. 2009.
- [4] Sh Jeong, "A Review of Safety Evaluations of Cosmetic Preservatives," Korean Journal of Aesthetics and Cosmetics Society," Vol. 11 No. 5, pp. 827-833, Oct. 2013.
- [5] S. Moon, D. Lee, and K. Kim, "Infection pattern of *Staphylococcus aureus* in the dental clinic," Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery, Vol. 25, No. 1, pp. 25-32, 2003.
- [6] T. Zollner, T. Wichelhaus, A. Hartung, C. Mallinckrodt, and T. Wagner, "Colonization with superantigen-producing *Staphylococcus aureus* is associated with increased severity of atopic dermatitis," Clin. Exp. Allergy, Vol. 30, No. 7, pp. 994-1000, 2001. DOI : <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2000.00848.x>
- [7] C. Bachert, P. Gevaert, and P. Cauwenberge, "*Staphylococcus aureus* enterotoxins: a key in airway disease," Allergy, Vol. 57, No. 6, pp. 480-487, Feb. 2002. DOI : <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2002.02156.x>
- [8] Ej Jung, "Influence of General and Nanometal-containing Cosmetics on Skin Contamination and Blood Index Variation of Consumers," Ph.D dissertation, Graduate School of Seokyeong University, pp. 1-123, Feb. 2011.
- [9] Jn Choi, "A Survey on the Safety of Cosmetics," Safety Report, Korean Consumer Agency, Korea, pp. 50-71, 2002.
- [10] J. Park, D. Yun, B. Kim, J. Baek, K. Choi, and S. Kim, "The Determination of Preservative Dosages in Cosmetics," Korean J. Sanitation., Vol. 13, No. 1, pp. 104-111, 1998.
- [11] J. Ku, H. Han, and J. Song, "The Recent Trend of the Natural Preservative Used in Cosmetics," Korean Journal of Aesthetics and Cosmetics Society, Vol. 11, No. 5, pp. 835-844, Oct. 2013.
- [12] Sh Hwang, "Preservation of *Scutellariae Radix* Extract for Cosmetics," Master's thesis, Graduate School of Kyung Hee University, pp. 1-4, Feb. 2008.
- [13] C. Mok, N. Lee, "Ultraviolet Inactivation, of *Escherichia coli* in Stainless Steel Cups," Food Engineering Progress, Vol. 13, No. 2, pp. 122-129, May. 2009.
- [14] S. Sung, and T. Onaka, "The Effect of Ultraviolet Radiation on Health," Journal of The Korean Society of Living Environmental System, Vol. 4, No. 1, pp. 1-11, 1997.
- [15] C. Kim, and Q. Chae, "The inactivation effects of UV light on bacteriophage $\phi 2$," Korean Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, Vol. 11, No. 3, pp. 155-161, 1983.
- [16] M. Pusztai, P. Fast, L. Gringorten, H. Kaplan, T. Lessard, and P. Carey, "The mechanism of sunlight-mediated inactivation of *Bacillus thuringiensis* crystals," Biochemical Journal, Vol. 273, No. 1, pp.43-47, 1991. DOI : <https://doi.org/10.1042/bj2730043>
- [17] I. Lee, J. Park, S. Kim, J. Cha, K. Choi, and B. Lee, "Disinfection of *Coliform Bacteria, Fungi and Pathogenic Bacteria* by UV and Photocatalytic Effects", Korean Society Of Engineers, Vol. 23, No. 3, pp. 473-483, Feb. 2001.
- [18] H. B. Na and Y. J. Jang, "A Study on Development of Home Knife and Cutting Board Sterilizer Product Design Sterilization Function," *Journal of Cultural Product & Design*, Vol. 50, No. 0, pp. 165-178, 2017. DOI : <http://dx.doi.org/10.18555/kipcd.2017.50.15>
- [19] Y. Yoon, S. Nam, J. Joo, and H. Ahn, "Photocatalytic disinfection of indoor suspended microorganisms (*Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* spore) with ultraviolet light," Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol. 15, No. 2, pp. 1204-1210, Feb. 2014.
- [20] H. Choi, K. Choi, and S. Park, "The Effect of Ultraviolet-C Radiation on Disinfection", KAUTPT, Vol. 9, No. 3, pp. 93-99, 2002.
- [21] G. Whitby, and G. Palmateer, "The effect of UV transmission, Suspended solid and photoreactivation on microorganism in

wastewater treated with UV light”, Water Science & Technology, Vol. 27, No. 3-4, pp. 379~386, 1993. DOI : <https://doi.org/10.2166/wst.1993.0378>

- [22] Sn Jang, "Female college student's perception on the use of cosmetics; and the changes in the number of colonies of microorganisms depending on the storage temperature and the formulation of general cosmetics and organic cosmetics," Master's thesis, Graduate School of Seokyeong University, pp. 21-22, 2010.

Authors



Seung Hoon Yum is majoring in Biomedical Engineering at Gachon University, Korea, since 2018.



In Geung Jung is majoring in Biomedical Engineering at Gachon University, Korea, since 2019.



Jae Young Jeong is majoring in Biomedical Engineering at Gachon University, Korea, since 2016.



You Jin Hwang received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Biochemistry / Molecular Biology from Inha University, Korea, in 1985, 1990 and 1999, respectively. Dr. Hwang joined the faculty of the Department of Biomedical Engineering at Gachon University, Incheon, Korea, in 2003. He is currently a Professor in the Department of Health Sciences and Technology, GAIHST and Department of Biomedical Engineering, Gachon University. He is interested in Cancer & Micro environment Molecular Imaging and functional natural substances.