

## 자외선의 유해성 및 관련 규정과 올바른 자외선 차단제 사용에 대한 고찰

Review on the harmfulness of UV irradiation, the regulations and the appropriate approaches for UV protection

---

저자 (Authors)	이동렬, 홍연지, 김형걸, 강철상 Dong-Ryeol Lee, Yeon-Ji Hong, Hyung-Gual Kim, Chul-Sang Kang
출처 (Source)	<a href="#">한국화장품미용학회지 6(2)</a> , 2016.12, 223-231(9 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국화장품미용학회</a> The Korean Society of Cosmetics and Cosmetology
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07127787">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07127787</a>
APA Style	이동렬, 홍연지, 김형걸, 강철상 (2016). 자외선의 유해성 및 관련 규정과 올바른 자외선 차단제 사용에 대한 고찰. 한국화장품미용학회지, 6(2), 223-231
이용정보 (Accessed)	이화여자대학교 211.48.46.*** 2020/04/29 15:37 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 자외선의 유해성 및 관련 규정과 올바른 자외선 차단제 사용에 대한 고찰

이동렬<sup>†</sup> · 홍연지 · 김형걸 · 강철상

한국바스프 기술연구소

접수일 : 2016년 12월 02일, 수정일 : 2016년 12월 21일, 채택일 : 2016년 12월 23일

## Review on the harmfulness of UV irradiation, the regulations and the appropriate approaches for UV protection

Dong-Ryeol Lee<sup>†</sup> · Yeon-Ji Hong · Hyung-Gual Kim · Chul-Sang Kang

BASF Korea Technology development center, 39, Samsung 1-ro 2 gil, Hwaseong-si, Korea, 18449

### ABSTRACT

It has been reported that UV rays are harmful for skin in the view of not only photo-aging but promoting of skin-cancer. The aim of this article is to introduce the recent researches and new regulations, which are to come up with the harmfulness of UV irradiation. By dealing with the technical background of the regulations, UV filters and UV protection claims, it is introduced how to use sunscreen products appropriately as a consumer and how to develop the products by optimizing of the UV filter composition as a developer. Additionally, the recent research is described, which is about the optimized approach in order to deal with the paradox between the UV protection and the vitamin D formation.

### key words

photo-aging, UV protection, vitamin D formation

## I. 서 론

피부 노화를 방지하여 피부를 아름답게 가꾸어 주는 제품을 개발하고자 하는 노력은 화장품 산업 전반에서 폭넓게 이루어져 왔다. 여기서, 피부 노화는 내부적인 요인에 의한 것과 외부적인 요인에 의한 것으로 나눌 수 있는데, 내부적인 요인으로는 유전적인 요인과 나이에 따른 것이 있고, 외부적인 요인, 즉 환경적인 요인으로는 영양적인 부분, 환경오염, 생활습관, 그리고 자외선에 의한 것을 들 수 있다. 내부적인 요인의 경우 유전적인 요인이나 나이를 먹으면서 자연스럽게 발생하는 것을 방지할 방법이 아직 존재하지 않으므로, 화장품의 영역을 벗어나는 것으로 볼 수 있다. 그러나, 외부적인 요인의 경우 적절한 음식을 섭취하거나, 주위의 오염원을 제거하거나, 건강한 생활습관을 유지하는 것 등을

통해 피부노화에 미치는 영향을 억제할 수 있다. 특히, 자외선의 경우, 최근 들어 피부노화에 직접적인 영향을 준다는 것이 보고되고 있어, 그 영향에 대해 좀 더 중점적으로 알아볼 필요가 있다. 이를 위해 본 저자는 자외선의 종류 및 자외선에 의한 피부 영향과 각 지역별 자외선 차단 관련 동향 및 자외선과 비타민D의 모순을 해결하기 위한 접근에 대해 살펴보고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 자외선의 종류 및 유해성

자외선 (UV) 은 가시광선보다 짧은 파장대의 빛을 일컫는 것

<sup>†</sup> Corresponding author : Dong-Ryeol Lee  
Tel : +82-31-8077-0061

E-mail : david.lee@basf.com

으로 그림 1에 자외선의 종류에 대해 간략하게 나타내었다.

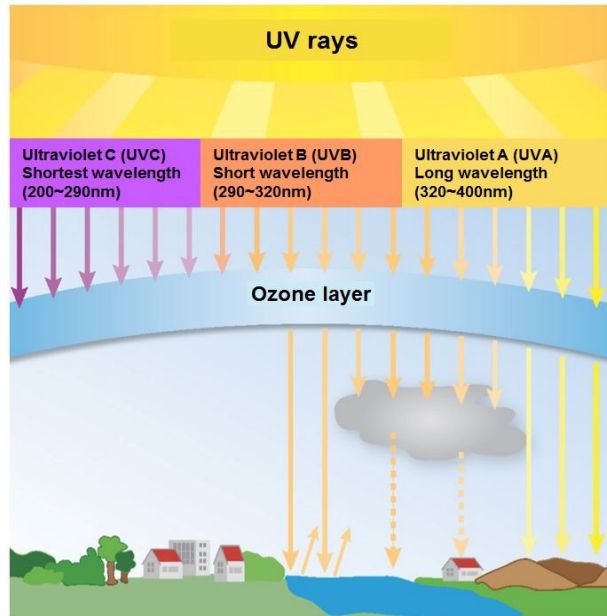


Figure 1. Category of UV rays by the range of wavelength

자외선은 크게 200 ~ 290 nm의 자외선 C (UVC), 290 ~ 320 nm의 자외선 B (UVB), 그리고, 320 ~ 400 nm 자외선 A (UVA) 로 나눌 수 있다. 최근에는 UVA를 다시 320 ~ 340 nm의 자외선 A2 (UVA2)와 340 ~ 400 nm의 자외선 A1 (UVA1)으로 나뉘어야 한다는 의견도 있다. 자외선은 일반적으로 오전 10시부터 오후 4시 사이에 가장 강하므로, 이 시간대에 햇볕에 노출되는 것은 권장되지 않으나, 불가피하게 장기간 반복적으로 노출될 경우 홍반, 주름, 광노화, 탄력감소 및 피부암이 유발될 수 있다.<sup>1)</sup> 이와 같이 자외선은 피부노화에서 매우 중요한 역할을 하므로, 그 동안 여러 매체를 통해 그 유해성이 알려져 왔다. 이 중, UVC의 경우 파장이 짧아 에너지가 가장 높고, 따라서 피부 유해성도 높아서 노출될 경우 즉각적인 홍반과 피부암을 유발할 수 있으나, 오존층에 의해 대부분 제거되므로, 화장품에서 크게 고려되지 않고 있다. UVB의 경우 파장이 상대적으로 짧아 에너지가 높은 자외선이며, 짧은 파장으로 인해 투과성이 낮아 표피층까지만 투과하는 것으로 알려져 있다. UVB로 인해 일어나는 피부 생리적인 반응은 대표적으로 홍반을 들 수 있다. UVA는 자외선 중 파장이 가장 긴 영역대로, 에너지는 낮은 자외선이지만, 투과성이 높아 진피층까지 투과하는 것으로 알려져 있다. 이로 인해, 가시적으로 나타나는 피부 생리 반응은 흑화이며, 홍반을 거의 일으키지 않기 때문에, 인공 태닝 (Tanning) 기구 등에서, 홍반 없이 피부를 구릿빛으로 그을리게 할 목적으로

널리 사용되었다. 그러나, 최근 들어, UVA의 높은 투과성으로 인한 유해성에 대해 많은 연구들이 진행되었고, UVB보다 오히려 UVA가 피부 노화에 더욱 직접적인 영향을 하는 것으로 밝혀지고 있다. 우선 투과도가 높은 UVA가 진피층까지 침투하기 때문에 태양광에 노출되었을 때 진피층에서 발생하는 라디칼 (radicals) 의 90%가 UVA로부터 유래한다는 것이 알려져 있다.<sup>2)</sup> 피부 내 라디칼은 피부탄력에서 중요한 역할을 하는 콜라겐을 파괴하거나, 정상세포를 공격하여 비정상세포로 전환시키는 등 피부노화에 중요한 역할을 하는 화학물질이므로, 라디칼 생성이 증가하는 것은 곧 피부노화를 일으키는 것으로 이해될 수 있다. UVA 조사량이 일정하게 조절 가능한 조건에서 UVA의 유해성이 과학적으로 입증된 사례로는 인공 태닝 기구인 태닝베드 (Tanning Bed) 를 들 수 있다. 태닝베드는 실내에서 일광욕의 효과를 볼 수 있도록 주로 인공 UVA를 피부에 조사하는 기구인데, 세계보건기구 (World Health Organization, WHO) 에서 인용한 연구결과에 따르면 태닝베드를 젊을 때부터 사용하였을 때 피부암 중 악성흑색종인 멜라노마의 위험성이 75% 증가할 수 있다고 보고하였고,<sup>3)</sup> 여기서 주로 사용되는 UVA를 발암물질로 분류하고 있다. 미국 식품의약국 (Food and Drug Administration, FDA) 에서도 UVA 조사량이 많은 태닝베드의 발암 여부에 대한 조사를 진행 중이며 18세 미만의 청소년 및 어린이에 대해서는 별도의 주의사항을 따를 것을 권고하고 있다.<sup>4)</sup> 이러한 유해성의 근원인 UVA는 태양광의 자외선 중 90% 정도를 차지하고 있고, 자외선이 상대적으로 약하다고 알려져 있는 흐린 날씨에서도 UVA는 80%가 투과하기 때문에, 총 조사량에서 맑은 날과 큰 차이가 없어, 연간 노출되는 양을 비교해 봤을 때 흐린 날씨에는 조사량이 상대적으로 적은 UVB에 비해 그 영향이 크다고 할 수 있다. 이와 같이, UVA는 태양광의 자외선 중 투과성이 가장 높은 자외선으로 피부노화와 직접적인 연관이 있으며, 피부암 등의 유해성이 있음을 알 수 있다.

## 2. 각 자외선 별 차단수치에 대한 이해와 올바른 사용법

자외선 차단을 수치화한 것으로 가장 널리 알려진 것은 자외선차단지수 (Sun Protection Factor, SPF) 로 UVB의 차단효과를 나타내는 지수이다. SPF는 자외선 차단제품을 도포하여 얻은 최소홍반량 (Minimal Erythema Dose, MED) 을 자외선차단제품을 도포하지 않고 구한 MED로 나누어 구한다. 여기서 MED는 UVB를 사람의 피부에 조사한 후 16에서 24시간 범위 내에, 조사영역의 전 영역에서 홍반을 나타내는 최소한의 자외선 조사량으로 정의된다. MED는 사람에 따라 차이가 있는 값으로, 밝

은 피부톤의 사람일수록 낮은 MED를 나타낼 수 있다. 개인의 MED 값에 SPF 값을 곱하면, 해당되는 자외선 차단제품을 사용하였을 때 홍반이 일어나지 않는 시간을 구할 수 있는데, 예를 들어 MED가 20분인 사람이 SPF 30인 제품을 사용하게 되면, 이론적으로 10시간 ( $MED\ 20분 \times SPF\ 30 = 600분$ ) 동안 홍반이 일어나지 않는다. 여기서 주의해야 할 것은, 이러한 계산이 이상적인 환경에서만 유효하다는 것이다. 자외선 차단제품 사용 시 일반적인 경우보다 많이 문지르거나, 땀을 흘리거나, 물에 씻겨 나갈 수 있는 조건에 노출될 경우, 계산된 수치보다 자외선 차단효과가 훨씬 낮아질 수 있다. 따라서, 일반적으로는 자외선 차단제품을 2시간마다 덧바르는 것이 권장되고 있다.

자외선 차단 효과가 SPF 수치에 정비례하지 않는다는 의견도 있는데, 이는 SPF 15제품은 자외선을 93% 가량 차단하는 반면에 SPF 30제품은 자외선을 97% 가량 차단한다는 미국피부과학회 (American Academy of Dermatology, AAD) 의 보고에 따른 것이다.<sup>5)</sup> 그러나, 여기서 주의해야 할 부분은 실제 피부에 영향을 주는 것이 투과된 자외선의 양이라는 것이고, 따라서, SPF 15의 경우 투과된 자외선의 양은 약 7%인 반면에 SPF 30의 경우 그 양이 3% 가량이라는 것이다. SPF 15와 비교하여 SPF 30 제품을 사용할 경우, 투과된 자외선의 양은 절반 가량으로 감소하므로, 자외선 차단 효과 또한 SPF에 정비례하여 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

UVA 차단 지수는 한국의 경우 자외선A차단지수 (Protection Factor of UVA, PFA) 로 나타내고 있다. 여기서 PFA는, 최소 지속형즉시흑화량 (Minimal Persistent Pigment darkening Dose, MPPD) 에 근거한 것으로, MPPD는 UVA를 사람의 피부에 조사한 후 2에서 24시간의 범위 내에서, 조사영역의 전 영역에 희미한 흑화가 인식되는 최소 자외선 조사량을 말한다. SPF와 유사하게, PFA는 UVA 차단 제품을 도포하여 얻은 MPPD 값을 UVA 차단 제품을 도포하지 않고 얻은 MPPD 값으로 나누어 그 값을 구한다. 제품에 실제 표기되는 값은 UVA 차단 등급 (Protection grade of UVA, PA) 이고, 기존 등급은 PFA값이 2 이상 4미만인 경우 PA+, PFA값이 4이상 8미만인 경우 PA++, PFA값이 8이상인 경우 PA+++로 나누고 있었으나, 2016년 12월 기준으로 PA++++이 도입되면서, PFA 8이상 16미만인 경우 PA+++로 하고, PFA값이 16이상인 경우 PA++++로 표기하도록 기준이 변경되었다. SPF에서 사용되는 MED와 마찬가지로, MPPD도 개인별 차이가 있는데, UVA차단 효과는 개인별 MPPD에 따라 PFA 값을 곱하면 알 수 있다. 다만, 정확한 수치는 제품에 표기된 것으로는 알 수 없으므로, 각 PA등급의 가장 낮은 PFA 수치를 곱하여 지속형즉시흑화가 언제 나타나는지를

계산하는 것이 바람직하다. 예를 들어, MPPD가 20분인 사람이 PA+++인 제품을 사용하게 되면, 2시간 40분 ( $MPPD\ 20분 \times PFA\ 8 = 160분$ ) 동안 흑화가 일어나지 않을 것으로 기대할 수 있다. 이러한 계산도, 이상적인 사용환경일 때에만 유효하므로, 실제로는 2시간마다 자외선 차단제품을 덧바르는 것이 덧바르는 것이 바람직한 것으로 권고되고 있다.<sup>6)</sup>

### 3. 자외선 차단제의 종류 및 물리적/화학적 특성

현재, 한국에서 자외선 차단제품에 사용될 수 있는 자외선 차단제는 총 30가지가 있다.<sup>7)</sup> 각 자외선 차단제 별 허용함량을 Table 1에 나타내었다. 자외선 차단제는 크게 무기 자외선 차단제와 유기 자외선 차단제로 구분할 수 있다. 무기 자외선 차단제는 자외선을 흡수, 산란 및 반사시켜 피부를 자외선으로부터 보호하는 성분으로, 산화아연 (ZnO)과 이산화티탄 (TiO<sub>2</sub>)이 있다. 두 자외선 차단제 모두에 대해 배합한도는 25%로 되어 있으며, 자외선 차단능에서 주요한 산란 및 반사의 경우 입자 크기에 많은 영향을 받기 때문에, 적절한 입도를 나타내는 자외선 차단제를 사용하는 것이 중요하다. 일반적으로 60에서 100nm 사이의 입도를 나타내는 무기자외선 차단제가 자외선 차단능이 좋은 것으로 알려져 있다.<sup>8)</sup> 유기 자외선 차단제의 작용기전은 자외선 차단제의 전자상태와 관련이 있다. 유기 자외선 차단제가 자외선을 흡수하면 해당되는 에너지만큼 자외선 차단제 분자 내의 전자가 바닥상태에서 들뜬상태로 올라가게 되고, 들뜬상태의 전자가 다시 여러 단계를 거쳐, 바닥상태로 내려오는데, 이때 보다 낮은 에너지 상태의 빛, 즉 자외선보다 파장이 긴 빛을 방출하게 된다. 일반적으로, 자외선보다 파장이 긴 빛으로 적외선을 방출하도록 분자가 설계되어 있다.

Table 1. UV Filters Approved by the Ministry of Food and Drug Safety

UV Filters	Up to (%)
4-Methylbenzylidene camphor	4.0
Benzophenone-3	5.0
Benzophenone-4	5.0
Benzophenone-8	3.0
Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine	10.0
Butyl methoxydibenzoylmethane	5.0
Cinoxate	5.0
Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	10.0
Diethylhexyl butamide triazone	10.0
Digalloyl trioleate	5.0
Disodium phenyl dibenzimidazole tetrasulfonate	10.0 as the acid form
Drometrizole	7.0
Drometrizole trisiloxane	15.0
Ethylhexyl dimethyl PABA	8.0
Ethylhexyl methoxycinnamate	7.5
Ethylhexyl salicylate	5.0
Ethylhexyl triazone	5.0
Homosalate	10.0
Isoamyl p-methoxycinnamate	10.0
Methyl anthranilate	5.0
Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol	10.0
Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol dispersion (50%)	20.0
Mixture of lawson and dihydroxyacetone	lawson0.25 dihydroxyacetone3.0
Octocrylene	10.0
Phenylbenzimidazole sulfonic acid	4.0
Polysilicone-15	10.0
TEA-salicylate	12.0
Terephthalylidene dicamphor sulfonic acid and its salts	10.0 as the acid form
Titanium dioxide	25.0
Zinc oxide	25.0

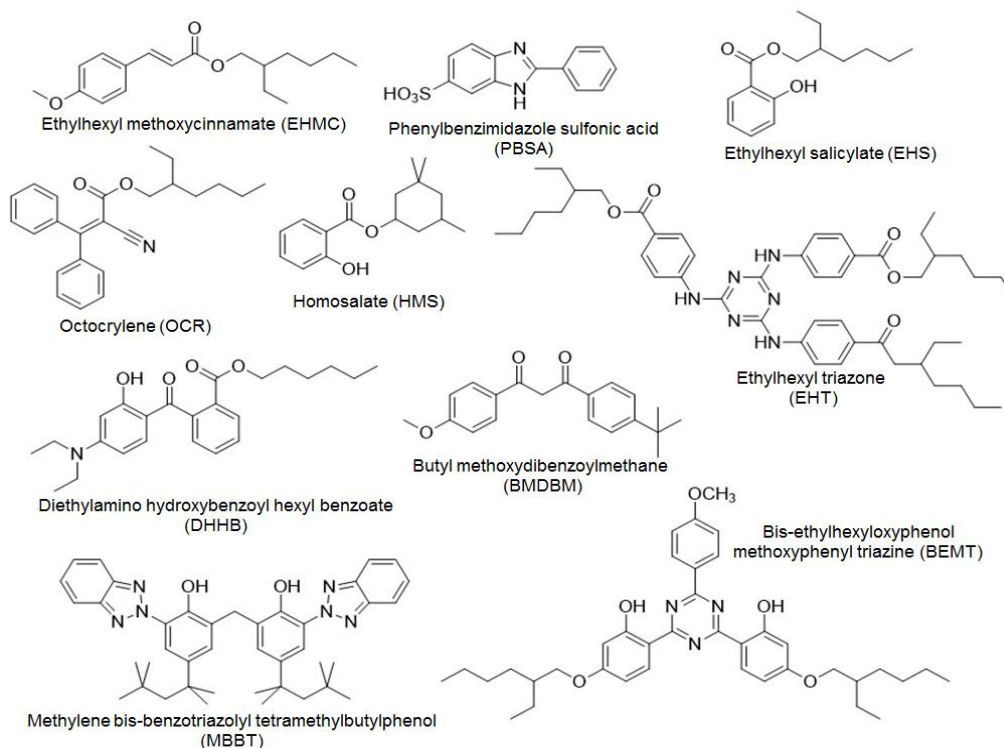


Figure 2. Chemical structures of UV filters

식약처에서 허가한 한국에서 사용가능한 유기 자외선 차단제 중 비교적 널리 사용되는 유기 자외선 차단제의 구조를 Figure 2에 나타내었다.<sup>7)</sup> 유기 자외선 차단제는 크게 UVB차단제, UVA차단제 그리고 광범위 스펙트럼 차단제로 분류할 수 있다. UVB차단제로 에칠헥실메톡시신나메이트 (EHMC), 페닐벤지미다졸설포닉애씨드 (PBSA), 에칠헥실살리실레이트 (EHS), 옥토크릴렌 (OCR), 호모살레이트 (HMS) 및 에칠헥실트리아존 (EHT)가 있는데, EHMC, EHS, OCR 및 HMS의 경우 액상의 유용성 자외선 차단제이다. 이 중 EHS와 OCR, HMS는 광안정성이 상대적으로 우수한 자외선 차단제이나, 흡광능이 EHMC에 비해 떨어지는 특징이 있다. EHMC의 경우 광안정성이 상대적으로 떨어지는데, 이는 E-이성질체 형태로 사용되는 EHMC가 자외선에 노출되면 일정량이 Z-이성질체로 전환되기 때문이다.<sup>9)</sup> PBSA는 수용성 자외선 차단제로 사용시에는 중화시켜 사용할 필요가 있다. 이때 pH는 7.5 이상으로 해야 석출이 일어나지 않으며, 일반적으로 미리 일정량의 정제수에 중화제와 함께 투명하게 용해시켜, 최종 제형에 가하는 공정을 따른다. EHT는 고체 파우더 성상의 자외선 차단제로 현재 시중에 나와있는 UVB차단제 중에서는 흡광이 가장 강하다. 친유성 성질을 가지므로, 오

일류나 다른 액상의 자외선 차단제에 용해시켜 사용하는데, 이때 충분한 양의 오일류나 액상 자외선 차단제를 사용하지 않으면 재결정이 일어날 수 있으므로, 주의가 필요하다.

UVA차단제로는 디에칠아미노하이드록시벤조일헥실벤조에이트 (DHBB) 및 부틸메톡시디벤조일메탄 (BMDBM)을 들 수 있다. 두 원료 모두 고체 파우더 성상의 친유성 자외선 차단제로, 오일류나 액상의 자외선 차단제에 용해시켜 사용한다. DHBB와 BMDBM의 흡광 스펙트럼은 대체로 동일한 것으로 나타난다. DHBB의 경우 광안정성이 뛰어나 별도의 안정화제를 사용할 필요가 없는 것이 특징이며, BMDBM의 경우 광안정성이 상대적으로 떨어지기 때문에 별도의 안정화제를 사용하는 것이 바람직하다.<sup>10)</sup>

광범위 스펙트럼 차단제로는 메틸렌비스-벤조트리아졸릴테트라메틸부틸페놀 (MBBT) 및 비스-에칠헥실옥시페놀메톡시페닐트리아진 (BEMT)가 사용되고 있다. MBBT의 경우 광안정성이 뛰어난 자외선 차단제로, 유기 자외선 차단제로서는 특이하게, 50%의 수분산물 형태로 사용되고 있다.<sup>7)</sup> MBBT 자체가 입자로 되어 있기 때문에 무기 자외선 차단제와 유사하게 산란 및 반사 효과를 나타낸다. 여기서, 전체 자외선 차단 효과 중 산란 및 반



사 효과는 15% 안팎으로 나타나며, 85%는 흡광에 의한 것으로 보고되어 있다.<sup>11)</sup> BEMT는 앞서 EHT, DHHB 및 BMDBM과 같은 친유성 고체 파우더 성상의 자외선 차단제이다. 오일류나 액상의 자외선 차단제에 용해시켜 사용하는 것이 일반적이며, 광안정성이 뛰어나고, 광안정성이 상대적으로 떨어지는 EHMC와 같은 자외선 차단제를 안정화 시키는데 효과적이다.

원하는 수치의 자외선 차단제 제품을 개발하려면 자외선 차단제들의 스펙트럼, 차단 작용기전 그리고, 수용성, 유용성, 수분산성 및 유분산성과 같은 특성을 고려하여 사용해야 한다. 예를 들어, 산란 및 반사를 하는 무기 자외선 차단제나 MBBT는 흡광을 나타내는 유기 자외선 차단제와 같이 사용하였을 때, 시너지 효과가 나타날 수 있으므로, 높은 수치의 SPF 및 PA 지수를 얻으려면, 이들 자외선 차단제를 적절히 조합하여 사용하는 것이 바람직하다.<sup>12)</sup>

#### 4. 지역별 자외선 차단 관련 규정

자외선 차단제와 관련된 규정은 지역별로 정리한 것을 Table 2 및 Table 3에 나타내었다.

Table 2에 나타난 바와 같이 라틴 아메리카를 제외한 대부분의 지역에서는 SPF 최고수치를 50+로 제한하고 있는데, 이는

50+ 이후부터는 흡광의 차이가 매우 적어 정확한 측정이 어렵기 때문이다. 예를 들어, SPF 50과 SPF 100을 가정하여 보면, 흡광량은 SPF 50의 경우 98%, SPF 100은 99% 자외선을 흡수할 것으로 기대되는데, 임상실험에서 1%의 차이를 구별해 내는 것은 상대적으로 어렵다.<sup>5)</sup> 또한 SPF 100 제품의 경우 MED가 15인 피시험자로 시험을 진행할 경우 총 자외선 조사시간이 25시간이나 되어야 하므로, 실제 평가에 있어서도 용이하지 않으므로, 대부분의 지역에서는 허용하지 않고 있다. 각 지역별로 차이를 보면, 한국, 일본, 중국의 경우 임상으로 얻은 SPF 값을 그대로 제품에 적용할 수 있는 반면에, 유럽의 경우 계단식 구조를 가지고 있어서, SPF 6, 10, 15, 20, 25, 30, 50 및 50+만 표기할 수 있다. 예를 들어, 임상으로 SPF 45가 나온 제품의 경우 한국에서는 SPF 45로 제품에 표기할 수 있으나, 유럽의 경우 SPF 30으로 표기해야 한다. 호주의 경우 유럽보다는 다소 세분화되어 있어서, 앞서 기술한 수치 외에 SPF 4, 8, 40을 추가로 표기할 수 있다. 미국의 경우, 임상으로 얻은 SPF 값을 그대로 제품에 표기할 수 있는데, 이때 SPF 14이하의 경우 Table 2에 나타난 바와 같이 홍반 억제에만 효과가 있고, 피부암이나 광노화에는 효과가 없다는 문구를 표기해야 한다. 라틴 아메리카의 경우 예외적으로 SPF 99를 표기할 수 있는 것이 특징이며, 임상으로 얻은 SPF 값을 그대로 제품에 사용할 수 있다.<sup>13)</sup>

Table 2. Global Sun Care Regulation - UVB Protection<sup>13)</sup>

SPF Range	USA	Korea, Japan and China	EU	Australia	Ratin America
	Proposed Monograph SPF 2 to 50+	SPF 2 - 50+	SPF 6 - 50+ Claim SPF 50+ → in-vivo SPF 60 or higher	SPF 4 - 50+	SPF 6 - 99
Claims	SPF 2-14 must carry a warning "This product has been shown only to help prevent sunburn, not skin cancer or early skin aging."	In-vivo SPF = Claimed SPF  Max. SPF 50+	SPF claim: Low: 6, 10,  Medium: 15, 20, 25 High: 30, 50 Very High: >50+	SPF claims  Low: 4, 6, 8, 10, Medium: 15, 20, 25, High: 30, 40, 50 Very High: >50+  Reference: AU AS/NZS 2604:2012 In-vivo	In-vivo SPF = Claimed SPF  Max. SPF99
Relevant Test Method	In-vivo SPF FDA, Final Rule 2011	In-vivo SPF ISO24444 Method			

Table 3에 나타난 UVA 차단 관련 지수를 보면, SPF와는 달리 지역별로 다른 정의를 사용하는 것을 볼 수 있다. 한국, 일본, 중국의 경우 앞서 기술한 바와 같이 PA 등급을 사용하는데, 임상으로 구한 MPPD값을 바탕으로 계산하여, PA+, PA++, PA+++ 및 PA++++로 나누고 있다. 유럽의 경우 UVA-PF 값이 제품에 표기하는 SPF 값의 1/3 이상인 경우 UVA 차단 표기를 할 수 있는데, 예를 들어 SPF 값이 임상에서 40으로 나왔다면, 제품에 표기되는 SPF는 30이므로, UVA-PF 값은 10이상이 되어야 UVA 차단 표기를 할 수 있다. 라틴 아메리카의 경우 SPF

최고수치가 99라는 점을 제외하면, 유럽과 거의 동일하게, 표기된 SPF의 1/3 이상으로 UVA-PF가 얻어질 경우 UVA 차단 표기를 할 수 있다. 미국의 경우 임계파장 (Critical wavelength, CW)이라는 것을 기준으로 판정하는데, 흡광 스펙트럼에서 290 nm에서 x nm 파장까지의 면적이 290 nm에서 400 nm까지의 면적의 90% 이상이 되는 파장을 CW라고 하며, 이 x값이 370 nm를 초과해야 UVA 차단 표기로 'Broad spectrum'을 쓸 수 있으며, 피부암을 예방한다는 문구를 사용할 수 있다.<sup>14)</sup>

Table 3. Global Sun Care Regulation - UVA Protection

	USA	China	Korea and Japan	EU	Australia	Ratin America
UVA protection	Critical Wavelength	UVA-PF				UVA-PF
Claims	CW > 370 = Broad spectrum Allow to claim: SPF>15 → decreases risk of skin cancer	PA+ (2-3)	PA+ (2-4)	UVA-PF/SPF ≥ 1/3 and CW > 370		UVA-PF/SPF ≥1/3 and CW > 370
		PA++ (4-7)	PA++ (4-8)		Allow to claim: SPF > 30→ <i>May reduce the risk of some skin cancers</i> <i>Can aid in prevention of sunspots</i> SPF > 4→ <i>Can aid in the prevention of premature skin ageing</i>	
Test Method	CW / FDA Final rule 2011	PPD in-vivo ISO 24442		UVA-PF in-vitro ISO 24443 or PPD ISO24442	UVA-PF in-vitro ISO 24443	UVA-PF in-vitro ISO 24443 or PPD ISO 24442

## 5. 자외선 차단과 비타민 D 합성의 상반관계

앞서 기술한 바와 같이 자외선은 피부에 유해하므로, 노화를 방지하기 위해서는 적절한 수치의 자외선 차단제를 사용하여, 피부를 보호하는 것이 중요하다. 그러나, 여기서 문제가 되는 것이 있는데, 자외선의 피부 작용 중 거의 유일하게 유익한 것인 비타민 D 합성도 함께 억제된다는 것이다. 이로 인해, 비타민 D 결핍이 일어날 수 있으며, 비타민 D가 결핍될 경우 골다공증과 같은 증상이 나타날 수 있으므로,<sup>15)</sup> 비타민 D 합성과 자외선 차

단의 상반관계를 해결할 수 있는 접근이 필요하다. 최근 Kockott이 PLOS ONE에 보고한 논문이 이에 대한 해결책을 제시하고 있어서 주목된다.<sup>16)</sup> 내용을 인용해 보면, Figure 3에 나타난 바와 같이 비타민 D 합성은 주로 UVB에 의해서만 나타나는 반면에, 홍반은 UVB 뿐만 아니라 UVA2에 의해서도 일부 나타난다는 것이 연구의 출발점이다. 이러한 차이를 이용하여, 자외선 차단제의 조성을 최적화하면 홍반은 억제하면서, 비타민 D 합성은 상대적으로 덜 저해하는 자외선 차단제 조성을 찾을 수 있는데, 예시로 든 조성비 중 SPF 30의 경우를 보면 Table 4



와 같다. 1번 조성의 경우 UVB 차단제로만 구성되어 UVA-PF 값이 2.9로 상대적으로 매우 낮고, 2번 조성에서 4번 조성으로 갈수록 UVB 차단제보다 UVA 차단제 함유량을 높여서 동일 수치의 SPF를 나타내면서, UVA-PF 수치는 증가하는 것을 볼 수 있다. 최적 조합으로 제시된 4번 조성의 경우 SPF는 33.1로 다른 조성과 거의 동일하나, UVA-PF 값은 49.5로 매우 높고, 따라서 투과된 자외선 중 비타민 D 합성에 쓰일 수 있는 자외선

의 양 ( $E_{vd}$ ) 이 홍반을 일으킬 수 있는 자외선의 양 ( $E_{er}$ ) 대비 2배 많은 것을 알 수 있다. Figure 3에 나타난 흡광 스펙트럼 계산값을 보면, 1번 조성에 비해 2번, 3번 및 4번 조성이 UVA 흡광이 훨씬 강한 것을 볼 수 있고, 결과적으로 4번 조성을 MED가 10분 정도로 Fitzpatrick이 도입한 피부분류상 2형인 피부에 적용한 경우 태양광에 노출된 지 116.6분만에 비타민 D 합성이 완료되는 것을 볼 수 있다.<sup>17)</sup>

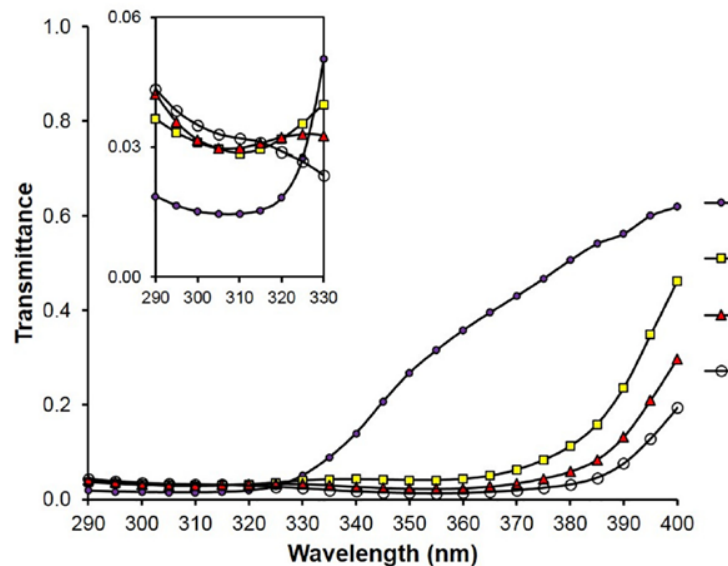


Figure 3. Absorption spectrum of the UV filter composition in table 4 (*in silico*); reported by Kockott *et al.*

Table 4. Attenuation of Vitamin D Formation by SPF 30 Sunscreen (*in silico*); reported by Kockott *et al.*

Type	Filter composition	SPF	UVA-PF	$E_{vd}/E_{er}$	AF <sub>VD</sub>	t <sub>VD</sub>
1	3% PBSA, 3% EHT, 3.5% TiO <sub>2</sub> , 10% EHMC	33.1	2.9	0.7	67	268
2	2% MBBT, 2.5% BEMT, 3% DHHB, 8% EHMC	33.2	12.3	1.68	34	136
3	2.2% PBSA, 3% BEMT, 4.5% MBBT, 4.5% DHHB	33.2	33.5	1.84	33.1	132
4	1.9% BEMT, 3% BMDDBM, 7.4% MBBT, 10% DHHB	33.1	49.5	2	30.6	117

### III. 결론

자외선의 유해성에 대해서는 현재까지의 연구결과들을 고려해 볼 때 이론의 여지가 거의 없는 것으로 보인다. 특히, UVA는 장파장 자외선으로 피부 투과력이 높기 때문에, 피부노화뿐

만 아니라, 피부암 등을 일으키는 요인으로 보고되고 있으므로, 가능한 차단시키는 것이 바람직하다. 피부를 자외선으로 적절히 보호하기 위해서는 자외선에 노출되는 환경에 적합한 SPF와 PA지수를 선택하여 사용하고, 2시간마다 덧발라 주는 것이 중요하다. 제품개발자로서는 자외선 차단제 각각에 대한 물리적, 화

학적 성질의 이해를 통해 제품 개발목적에 최적화된 자외선 차단제 조성을 설계하는 것이 중요하다. 특히, 비타민 D와 자외선 차단제의 상반관계를 극복하는 방법으로, 비타민 D 합성을 촉진하는 UVB보다는 홍반에 일부 기여하는 UVA를 주로 차단하는 것을 고려해 볼 수 있다.

### 참고문헌

- 1) F. R. de Gruijl, Skin cancer and solar UV radiation, *European Journal of Cancer*, 35(14), 2003 (1999). doi: 10.1016/S0959-8049(99)00283-X
- 2) Y. J. Matthews, G. M. Halliday, T. A. Phan, D. L. Damian, Wavelength dependency for UVA-induced suppression of recall immunity in humans, *Journal of Dermatological Science*, 59(3), 192 (2010) doi: 10.1016/j.jdermsci.2010.07.005
- 3) D. L. Narayanan, R. N. Saladi, J. L. Fox, Review: Ultraviolet radiation and skin cancer, *International Journal of Dermatology*, 49(9), 978 (2010). doi: 10.1111/j.1365-4632.2010.04474.x
- 4) H. W. Lim, W. D. James, D. S. Rigel, M. E. Maloney, J. M. Spencer, R. Bhushan, Adverse effects of ultraviolet radiation from the use of indoor tanning equipment: Time to ban the tan, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 64(4), e51 (2011). doi: 10.1016/j.jaad.2010.11.032
- 5) J. E. Russak, T. Chen, Y. Appa, D. S. Rigel, A Comparison of sunburn protection of high-sun protection factor (SPF) sunscreens: SPF 85 sunscreen is significantly more protective than SPF 50, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 62(2), 348 (2010).
- 6) 식품의약품안전평가원, 자외선 차단제 바로알고 올바르게 사용하세요, 13 (2014)
- 7) 식품의약품안전처 고시 제2013-2호, 화장품 원료지정에 관한 규정 전부개정고시, 75 (2013)
- 8) T. G. Smijs, S. Pavel, Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness, *Nanotechnology Science and Applications*, 4, 95 (2011). doi: 10.2147/NSA.S19419
- 9) S. P. Huong, V. Andrieu, J-P. Reyneier, E. Rocher, J-D. Fourneron, The photoisomerization of the sunscreen ethylhexyl p-methoxy cinnamate and its influence on the sun protection factor, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 186, 65 (2007). doi: 10.1016/j.jphotochem.2006.07.012
- 10) J. Kockler, M. Oelgemoller, S. Robertson, B. D. Glass, Photostability of sunscreens. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. 13, 91 (2012). doi: 10.1016/j.jphotochemrev.2011.12.001
- 11) S. Muller, B. Herzog, J. Giesinger, K. Quass, U. Osterwalder, Micronization as a tool in the development of innovative UV filters, *SOFW-Journal*, 131, 32 (2005).
- 12) J. Lademann, S. Schanzer, U. Jacobi, H. Schaefer, F. Pflucker, H. Driller, J. Beck, M. Meinke, A. Roggan, W. Sterry, Synergy effects between organic and inorganic UV filters in sunscreens, *Journal of Biomedical Optics*, 10(1), 014008 (2005). doi: 10.1117/1.1854112
- 13) P. Giulio, An overview of sunscreen regulations in the world, *Household and Personal Care Today*, 10(4), 17 (2015)
- 14) U. Osterwalder, M. Sohn, B. Herzog, Global state of sunscreens. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 30(2), 62 (2014). doi: 10.1111/phpp.12112
- 15) M. F. Hollick, Sunlight and vitamin D, *Journal of General Internal Medicine*, 17(9), 733 (2002). doi: 10.1046/j.1525-1497.2002.20731.x
- 16) D. Kockott, B. Herzog, J. Reichrath, K. Keans, M. F. Hollick, New approach to develop optimized sunscreens that enable cutaneous vitamin D formation with minimal erythema risk, *PLOS ONE*, 11(1), e0145509 (2016). doi: 10.1371/journal.pone.0145509
- 17) T. B. Fitzpatrick, The validity and practicality of sun-reactive skin types, *Archives of Dermatology*, 124(6), 869 (1988) doi:10.1001/archderm.1988.01670060015008