

자외선 차단제품에서 블루라이트 차단 효과에 영향을 주는 인자에 관한 연구

박수진[†] · 곽병문^{*} · 이미기^{**} · 빈범호^{***,†}

아주대학교 응용생명공학과, 대학원생

^{*}세명대학교 한의과, 연구교수

^{**}경기도경제과학진흥원

^{***}아주대학교 응용생명공학과, 교수

(2020년 9월 8일 접수, 2020년 10월 9일 수정, 2020년 10월 29일 채택)

A Study on Factors Affecting the Effect of Blue Light Blocking in Sunscreen

Soo Jin Park[†], Byeong Mun Kwak^{*}, Mi Gi Lee^{**}, and Bum Ho Bin^{***,†}

Department of Applied Biotechnology, Ajou University, Suwon, 16499, Korea

^{*}College of Korean Medicine, Semyung University

^{**}GBSA, Gyeonggido Business and Science Accelerator

(Received September 8, 2020; Revised October 9, 2020; Accepted October 29, 2020)

요약: 블루라이트는 380 ~ 450 nm 사이의 파장에 존재하는 파란색 계열의 빛으로 활성산소를 유발하여 노화를 불러일으키는 것으로 보고되었으며, 이에 따라 블루라이트 차단 효과에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 자외선 차단제품에서 오일의 극성도, 제형의 점도, 유화제의 종류, 유화입자, 무기자외선 차단제 등이 블루라이트 차단 효과에 미치는 영향에 대해 조사해 보았다. 그 결과 오일의 극성도가 유기자외선차단제의 극성과 유사해질수록 블루라이트 차단율이 높아지는 것으로 확인되었으며, 제형의 점도가 증가할수록 높은 블루라이트 차단율을 나타냈다. 유화제의 종류 및 유화 입자는 블루라이트 차단 효과에 미치는 영향이 미비하였고, 무기자외선 차단제 함유 여부가 블루라이트 차단율에 큰 영향을 주는 인자 중 하나로 나타났다. 이러한 결과들은 블루라이트 차단 효율을 효과적으로 높일 수 있으며, 앞으로 블루라이트 차단 제품 개발 및 제형 연구에 활용될 수 있을 것이다.

Abstract: Blue light is a blue-based light existing at a wavelength between 380 and 450 nm, and it has been reported that it induces active oxygen and causes aging, and accordingly, interest in the blue light blocking effect is increasing. In this study, the effects of the polarity of oil, viscosity of the formulation, type of emulsifier, emulsified particles, and inorganic UV blocking agents on the blue light blocking effect in UV blocking products were investigated. As a result, it was confirmed that the blue light blocking rate increased as the polarity of the oil became similar to that of the organic UV blocker, and the higher the viscosity of the formulation, the higher the blue light blocking rate. The types of emulsifiers and emulsified particles had little effect on the blue light blocking effect, and the presence of inorganic UV blocking agents was found to be one of the factors that greatly influenced the blue light blocking rate. These results can effectively increase the efficiency of blocking blue light, and may be used in the development of blue light blocking products and formulation research in the future.

Keywords: blue light, transmissivity, polarity sunscreen, emulsion

1. 서론

블루라이트는 태양에서 나오는 광선 중의 하나로 380 ~ 450 nm 사이의 낮은 파장에 존재하는 파란색 계열의 빛이다. 블루라이트는 가시광선영역 중에서도 가장 파장이 짧고 강한 에너지를 지녔으며, 태양뿐만 아니라 스마트폰, 컴퓨터, 실내외 LED 조명에서도 방출된다. 강한 에너지를 지닌 청색광은 활성산소를 유발하여 노화를 불러일으키며, 멜라닌 세포를 자극해 기미, 색소 침착을 일으키는 유해성이 보고되었다[1]. 또한 블루라이트에 장시간 노출되면 눈의 피로감, 수정체의 조절력 저하가 따르고 이로 인한 안구 노화의 우려가 있고, 청색광이 숙면을 방해하여 피부 노화를 가속한다는 연구 결과도 보고되었다[2,3]. 이에 따라 블루라이트 차단 화장품 개발에 대한 사람들의 관심이 높아지고 있으며, 블루라이트 차단 화장품을 출시하기 위해 이에 대한 연구 및 개발이 꾸준히 진행되고 있다.

블루라이트 차단 화장품은 청색광을 차단하여 피부 노화를 방지할 수 있도록 개발된 제품이다. 블루라이트 차단 화장품은 일반적인 화장품과 달리 기본적인 화장품의 요소를 갖추면서 블루라이트 차단 효과를 충분히 나타낼 수 있어야 하는데, 현재까지는 국내 식약처에서 블루라이트 차단 화장품에 대한 뚜렷한 기준 및 규정이 없다. 하지만 블루라이트 차단 제품에 대한 관심 및 수요가 더 증가하게 되면 해외처럼 검토가 진행될 것으로 사료된다[4-6].

본 연구에서는 블루라이트 차단 제품 개발 시 블루라이트 차단 효율을 높이는데 있어서 제품의 구성 성분 및 물성 등이 블루라이트 차단 효과에 미치는 영향에 대해 조사해 보았다[7-11]. 아직까지 블루라이트 차단에 대한 제형 및 연구는 초기 단계이므로 이번 실험에서는 오일의 극성도, 제형의 점도, 유화제의 종류, 유화입자, 무기자외선 차단제 등 여러 인자들을 포함시켜 연구를 진행하였다. 본 연구 결과를 활용하면 블루라이트 차단 효과를 높이고 개발하는데 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

2. 재료 및 방법

2.1. 원료

본 실험에서 유기 자외선 차단제로는 ethylhexyl methoxycinnamate (BASF, Germany), bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (BASF, Germany), butyl methoxydibenzoylmethane (DSM, Switzerland), 무기 자외선

차단제로는 titanium dioxide (K.S.Pearl, Korea), zinc oxide (K.S.Pearl, Korea)를 사용하였으며, 유화제로는 Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone (Evonik, Germany), polyglyceryl-3 polyricinoleate (Nikkol, Japan), disteardimonium hectorite/polyglyceryl-2 isostearate/polyglyceryl-6 polyricinoleate (Goldleben, Korea), polyglyceryl-3 diisostearate (Gattefosse, France)를 적용하였다. 또한, 오일로는 caprylic/capric triglyceride (Inolex, USA), butyloctyl salicylate (Hallstar, USA), butylene glycol dicaprylate/dicaprate (Ioi Oleochemicals, Germany), c12-15 alkyl benzoate (Innospec, USA), dicaprylyl carbonate (BASF, Germany)를 사용하였고, 점증제는 disteardimonium hectorite (Elementis, United Kingdom)를 이용하였으며, 이 외에 magnesium sulfate (Duksan, Korea)를 실험에 적용하였다.

2.2. 기기

블루라이트 투과율 측정은 polymethyl methacrylate plate (PMMA, Heliplates HD6, Helioscreen)에 시료를 도포하고, COLIPA와 ISO 24443를 참고하여 PMMA plate 도포량은 $1.3 \text{ mg} \times 22 \text{ cm}^2 = 28.6 \text{ mg}$ 으로 설정하였으며, UV-2000S (Labsphere, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정방법은 시료가 도포된 PMMA plate 판에 15 개의 지점을 정해놓고, 1 회 측정 시마다 총 15 회 스캔하였다. 이 15 회의 스캔 과정을 1 회 측정으로 보고 시료 마다 2 회 반복 측정하였으며, 이 값을 평균으로 하였다. 또한, UV-2000S는 290 ~ 450 nm 영역의 투과율이 측정이 되는데, 본 연구에서는 블루라이트 차단 영역인 380 ~ 450 nm 영역의 투과율만 나타내었다. 에멀전의 제조는 호모믹서(homo mixer mark II 2.5, Primix, Japan)를 사용하였고, 점도 측정은 점도계(Brookfield DV3T, Brookfield, USA)를 이용하였으며, 유화입자는 광학현미경 (Nikon Eclipse E600 Pol, Nikon, Japan)을 통하여 관찰하였다.

2.3. 오일의 종류에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 오일의 종류에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 총 4 종의 오일을 선정하여 무기 자외선 차단제 2 종이 함유된 W/O 에멀전에 각각 5%씩 처방하여 실험한 후 익일 UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다. 또한, W/O 에멀전의 제조는 Table 1에 나타난 베이스의 조성으로 수상과 유상을 약 80 °C까지 가열하여 완전 분산시키고 유상에 수상을 5 min 동안 서서히 투입하면서 H/M 6,000 rpm으로 5 min 동안 유화를 하고 냉각하였다.

Table 1. Formulation of W/O Emulsion with Oil

Ingredients	Sample (wt%)			
	A1	A2	A3	A4
Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone			3.00	
Ethylhexyl methoxycinnamate			7.00	
Titanium dioxide			9.50	
Zinc oxide			4.50	
Disteardimonium hectorite			0.50	
Butyloctyl salicylate	5.00			
Butylene glycol dicaprylate/dicaprate		5.00		
C12-15 alkyl benzoate			5.00	
Dicaprylyl carbonate				5.00
Caprylic/capric triglyceride			20.00	
Magnesium sulfate			0.80	
Water			to 100	

2.4. 점도에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 점도에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 Table 2에 나타난 베이스의 조성으로 점증제의 함량을 각각 0.01%, 0.5%, 1.0% 로 적용한 무기 자외선 차단제 2 종이 함유된 W/O 에멀전을 제조한 후 익일 점도 측정을 하였으며, UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다.

2.5. 유화제의 종류 및 유화입자에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 유화제의 종류 및 유화입자에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 Table 3에 나타난 베이스의 조성으로 유화제 3 종 및 유기 자외선

차단제 2 종이 함유된 W/O 에멀전을 제조하였다. 익일 점도 측정 및 유화 입자를 확인하였으며, UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다.

2.6. 무기자외선 차단제 유무에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 무기자외선 차단제 유무에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 Table 4에 나타난 베이스의 조성으로 유기 자외선 차단제 2 종, 무기 자외선 차단제 2 종이 함유된 W/O 에멀전을 제조하였고, 점증제를 적용하여 동일한 점도의 조건으로 진행하였다. 실험 진행 후, 익일 UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다.

Table 2. Formulation of W/O Emulsion with Varying Viscosities

Ingredients	Sample (wt%)		
	B1	B2	B3
Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone			3.00
Ethylhexyl methoxycinnamate			7.00
Titanium dioxide			9.50
Zinc oxide			4.50
Disteardimonium hectorite	0.01	0.50	1.00
Caprylic/capric triglyceride			25.00
Magnesium sulfate			0.80
Water			to 100

Table 3. Formulation of W/O Emulsion with Emulsifier

Ingredients	Sample (wt%)		
	C1	C2	C3
Polyglyceryl-3 polyricinoleate	3.00		
Disteardimonium hectorite/polyglyceryl-2 isostearate/polyglyceryl-6 polyricinoleate		3.00	
Polyglyceryl-3 diisostearate			3.00
Ethylhexyl methoxycinnamate		7.00	
Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine		9.50	
Butyl methoxydibenzoylmethane		4.50	
Disteardimonium hectorite		1.50	
Caprylic/capric triglyceride		20.00	
Magnesium sulfate		0.80	
Water		to 100	

Table 4. Formulation of W/O Emulsion with Inorganic Sunscreen

Ingredients	Sample (wt%)	
	D1	D2
Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone	3.00	
Ethylhexyl methoxycinnamate	7.00	
Titanium dioxide	9.50	
Zinc oxide	4.50	
Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine		9.50
Butyl methoxydibenzoylmethane		4.50
Disteardimonium hectorite	1.00	2.30
Caprylic/capric triglyceride		25.00
Magnesium sulfate		0.80
Water		to 100

2.7. 블루라이트 차단율 계산식

UV-2000S를 사용하여 블루라이트 투과율을 측정한 후, 아래와 같은 계산식을 따라 블루라이트 차단율을 계산하였다.

블루라이트 차단율(%) = 시료를 묻히지 않은 PMMA plate 블루라이트 영역의 투과율 (약 100%) - 시료의 블루라이트 영역의 투과율

3. 결과 및 고찰

3.1. 오일의 종류에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 오일의 종류에 따른 블루라이트

차단율의 영향을 알아보기 위하여 총 4 종의 오일을 선정하여 무기 자외선 차단제 2종이 함유된 W/O 에멀전에 각각 5%씩 처방하여 실험한 후 익일 UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다. 블루라이트 영역인 380 ~ 450 nm의 투과율은 Figure 1에 나타내었다. 그 결과 극성이 가장 높은 butyloctyl salicylate가 함유된 A1샘플의 블루라이트 투과율이 가장 낮게 나타내었고(7.71 ± 2.81), A2, A3, A4 순으로 높아졌다. 하지만, A2, A3, A4의 블루라이트 투과율 변화는 미비하였다. 이는 유기자외선차단제의 극성과 유사해질수록 블루라이트 차단율이 높아질 것으로 사료된다.

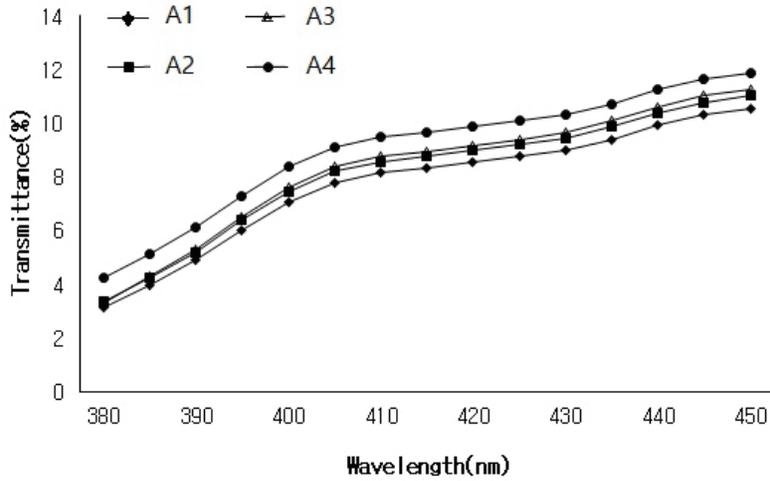


Figure 1. Transmittance(%) of W/O emulsion with oil.

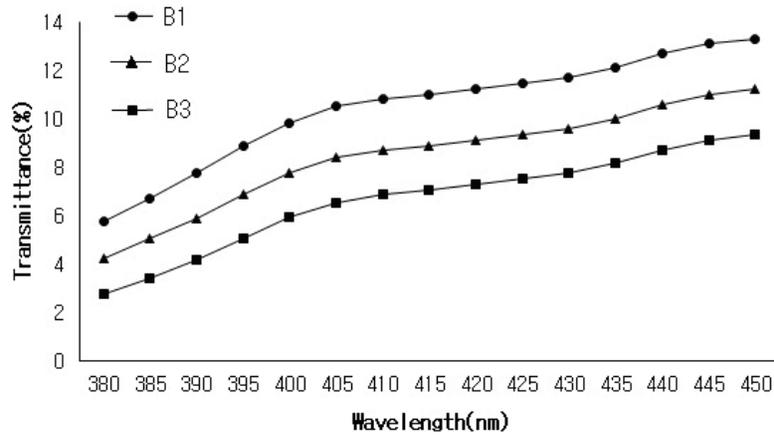


Figure 2. Transmittance(%) of W/O emulsion with varying viscosities.

3.2. 점도에 따른 블루라이트 투과율의 변화

점도에 따른 380 ~ 450 nm 영역의 투과율은 Figure 2에 나타내었고(B1 : 10.46 ± 2.85, B2 : 8.45 ± 2.8, B3 : 6.65 ± 2.72), 각 제형의 점도는 Table 5에 나타내었다. 점도에 따라 블루라이트 영역의 투과율에 차이가 있음을 확인하였으며, 본 결과에서 점도가 증가할수록 블루라이트 투과율이 낮아져, 블루라이트 차단율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 에멀전의 점도가 높아지면, 흐름성이 줄어들고

Table 5. Viscosity of W/O Emulsion with Varying Viscosities

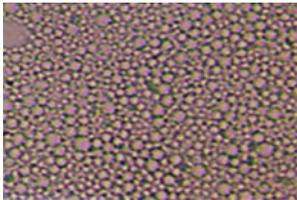
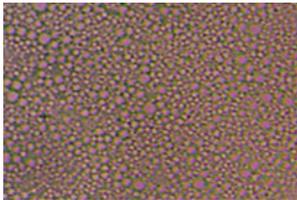
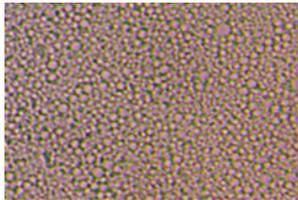
	Sample (cps)		
	B1	B2	B3
Viscosity	27,000	57,000	87,000

에멀전 입자들이 구조를 회복하려는 경향이 높아져 결과적으로 블루라이트 차단율이 높아지는 것으로 이해된다.

3.3. 유화제의 종류 및 유화입자에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 유화제의 종류 및 유화입자에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 Table 3에 나타낸 베이스의 조성으로 유화제 3종 및 유기 자외선 차단제 2종이 함유된 각각 동일 점도의 W/O 에멀전을 제조하였다. 익일 유화 입자를 확인하였으며, UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다. 그 결과 유화 입자는 C1 > C2 > C3 순으로 작게 관찰되었고(Table 6), 블루라이트 투과율은 모두 유사한 수치를 나타내었다(Figure

Table 6. Viscosity and Emulsion Particle of W/O Emulsion with Emulsifier

	Sample (cps)		
	C1	C2	C3
Viscosity	28,000	28,000	28,500
Particle			

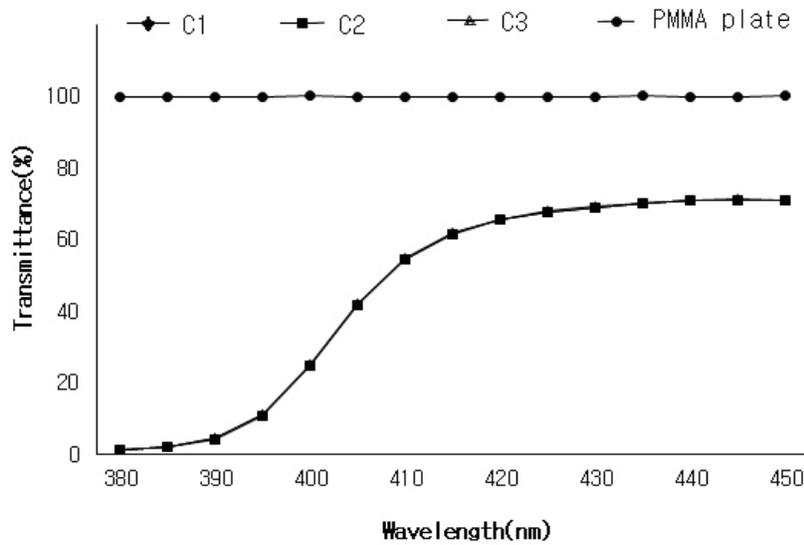


Figure 3. Transmittance(%) of W/O emulsion with emulsifier.

3). 상기 실험 결과들은 유화제의 종류 및 유화 입자의 상태가 블루라이트 차단 효과에 미치는 영향이 적음을 의미하는 것으로 사료된다.

3.4. 무기자외선 차단제 유무에 따른 블루라이트 투과율의 변화

자외선 차단제품에서 무기자외선 차단제 유무에 따른 블루라이트 차단율의 영향을 알아보기 위하여 Table 4에 나타낸 베이스의 조성으로 유기 자외선 차단제 2 종, 무기 자외선 차단제 2 종이 함유된 W/O 에멀전을 제조하였으며, UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다. 블루라이트 영역인 380 ~ 450 nm 의 투과율은 Figure 4에 나타내었으며(D1 : 8.21 ± 2.95, D2 : 46.29 ± 24.65), 차단율은 Table 7에 나타내었다. 그 결과 무기자외선 차단

제 유무에 따라 블루라이트 차단 효과가 크게 나타내었고 이는 티타늄다이옥사이드 및 징크옥사이드의 물리적 반사성질과 백탁 현상에 의한 차광현상으로 블루라이트 차단율이 높아진 것으로 이해된다. 따라서 블루라이트 차단 화장품 개발에는 유기자외선 차단제 보다는 티타늄다이옥사이드와 같은 무기자외선 차단제가 함유 되는 것이 적합할 것으로 사료된다.

Table 7. Blue light block rate of W/O Emulsion with Inorganic Sunscreen

Sample	Blue light block rate
D1	91.57 ± 2.95
D2	53.49 ± 24.65

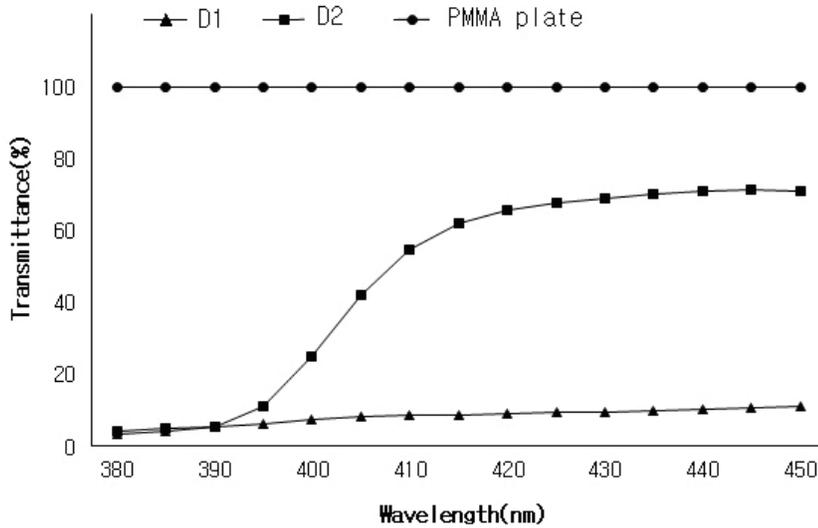


Figure 4. Transmittance(%) of W/O emulsion with inorganic sunscreen.

4. 결 론

블루라이트의 유해성에 관한 연구가 보고되면서 블루라이트에 대한 관심이 높아지고 있으며, 블루라이트 차단 화장품에 대한 개발이 꾸준히 진행되고 있다. 이에 따라 블루라이트 차단효과에 영향을 주는 인자들에 대해 연구하였고, UV-2000S를 이용하여 블루라이트 투과율을 측정하였다.

오일의 종류에 따른 블루라이트 투과율을 측정해 본 결과, 오일의 극성도는 블루라이트 투과율에 영향을 미치며, 처방 내의 오일의 극성도가 유기자외선차단제의 극성과 유사해질수록 블루라이트 차단율이 높아지는 것으로 확인되었다. 또한, 제형의 점도가 증가할수록 높은 블루라이트 차단율을 나타냈다. 이는 에멀전의 점도가 높아지면 흐름성이 줄어들고 에멀전 입자들이 구조를 회복하려는 경향이 높아져 결과적으로 블루라이트 차단율이 높아지는 것으로 이해된다. 유화제의 종류 및 유화 입자는 블루라이트 차단 효과에 미치는 영향이 미비하였고, 티타늄다이옥사이드와 같은 무기자외선 차단제의 함유 여부는 블루라이트 차단율에 크게 영향을 주었다. 이는 무기자외선 차단제의 물리적 반사 성질과 백탁 현상에 의한 차광현상으로 블루라이트 차단율이 높아진 것으로 이해된다. 본 연구 결과들을 바탕으로 블루라이트 차단 효율을 효과적으로 높일 수 있고, 블루라이트 차단 제품 개발에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

Reference

1. Y. Kuse, K. Ogawa, K. Tsuruma, M. Shimazawa, and H. Hara, Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light, *Sci. Rep.*, **4**, 5223 (2014).
2. J. R. Sparrow, K. Nakanishi, and C. A. Parish, The lipofuscin fluorophore A2E mediates blue light-induced damage to retinal pigmented epithelial cells, *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.*, **41**(7), 1981 (2000).
3. J. B. Lee, S. H. Kim, S. C. Lee, H. G. Kim, H. G. Ahn, Z. Li, and K. C. Yoon, Blue light-induced oxidative stress in human corneal epithelial cells: protective effects of ethanol extracts of various medicinal plant mixtures. *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.*, **55**(7), 4119 (2014).
4. J. H. Park, S. U. Chung, S. E. Lee, S. Y. Choi, K. K. Moon, S. R. Lim, and H. K. Kim, The blocking effect of sunscreen materials on blue light, *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, **44**(2), 183 (2018).
5. B. L. Ditty and P. M. Farr, Sunscreen protection against UVB, UVA and blue light: an *in vivo* and *in vitro* comparison, *Brit. J. Dermatol.*, **124**, 258 (1991).
6. S. Hettwer, E. B. Gyenge, and B. Obermayer, Blue light protecting cosmetic active ingredients: a case

- report, *J Dermat Cosmetol*, **1**(4), 23 (2017).
7. D. Moyal, V. Alard, C. Bertin, F. Boyer, M. W. Brown, L. Kolbe, P. Matts, and M. Pissavini, The revised COLIPA *in vitro* UVA method, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **35**(1), (2012).
 8. J. Y. Yeon, J. M. Seo, J. T. Bae, C. H. Lee, S. G. Lee, H. B. Pyo, and J. T. Hong, A study on the factors that influence the sun protection factor(SPF) and protection factor of UV-A(PA) in sunscreen, *J. of Korean Oil Chemists' Soc*, **31**(3), 422 (2014).
 9. B. L. Diffey, P. R. Tanner, P. J. Matts, and J. F. Nash, *In vitro* assessment of the broad-spectrum ultraviolet protection of sunscreen products, *J. AM. ACAD. Dermatol.*, **43**(6), 1024 (2000).
 10. L. Ferrero, M. Pissavini, A. Dehais, S. Marguerie, and L. Zastrow, Importance of substrate roughness for *in vitro* sun protection assessment, *IFSCC*, **9**(2), 2 (2006).
 11. L. Fageon, D. Moyal, J. Coutet, and D. Candau, Importance of sunscreen products spreading protocol and substrate roughness for *in vitro* sun protection factor assessment, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **31**(6), 405 (2009).