

시력교정용 안경렌즈의 융복합적 기술개발을 위한 UV차단 성능 평가

김흥수
대전보건대학교 안경광학과

Assessment of UV Blocking Performance for Development of Converged Technologies of Vision Correcting Spectacle Lenses

Heung-Soo Kim

Dept. of Optometry, Daejeon Health Institute of Technology

요 약 본 연구는 시력교정용 안경렌즈의 재질에 따른 자외선 차단 성능을 확인하고자 하였다. 안경렌즈 Acryl, CR-39, NK-55, MR-8 재질의 렌즈에 대하여 흠집 방지와 반사방지 코팅을 한 렌즈 Group A와 여기에 자외선 차단 코팅을 추가한 렌즈 Group B, 그리고 자외선 차단 전용렌즈 Group C에 대하여 자외선 투과율을 측정하였다. 그 결과, UV-A 파장에서 Group A는 CR-39 렌즈가 7.726 %, NK-55 렌즈, 0.043 %, MR-8과 Acryl 렌즈, 0.007 % 순 이었으며 Group B는 CR-39 렌즈가 0.038 %, NK-55 렌즈, 0.037 %, MR-8과 Acryl 렌즈, 0.007 % 순으로 나타나 CR-39 렌즈의 자외선 차단 성능이 크게 개선되었다. Group C는 굴절률이 1.60과 1.67에서 각각 0.005 %, 0.004 %로 나타나 자외선 차단 성능이 가장 우수하였다. 저 도수의 렌즈와 선글라스의 경우, CR-39 렌즈를 가장 많이 사용하는 현실에서 자외선 차단을 위한 새로운 재질 또는 자외선 흡수제, 자외선 차단코팅 기술 등의 융 복합적 기술개발이 요구된다고 하겠다.

주제어 : 시력교정용, 안경렌즈, 자외선, 자외선 투과율, 자외선 흡수제, 융 복합.

Abstract This study was wanted to confirm ability for UV blocking according to its material. The lenses materials were Acryl, CR-39, NK-55, and MR-8. It was grouped: Group A consisting of anti-scratch hard coated lenses and anti-refractive multi coated lenses, Group B added UV blocking coating on the group A, and Group C consisting of only UV blocking lenses. The results measured UV transmittance, On the UV-A wavelength, Group A showed the UV transmittance of 7.726%, 0.043%, 0.007%, and 0.007% respectively. Group B showed 0.038%, 0.037%, 0.007%, and 0.007%, respectively. The UV-blocking performance of CR-39 has been greatly improved. Group C has shown the best UV blocking function; only 0.005% and 0.004% of UV transmittances.(1.60 and 1.67 index of refraction respectively). For the low power of lenses and sunglasses, the CR-39 lens is the most used. Therefore, to UV blocking from the lens, new materials or UV absorbers or UV coating technology and development of Converged Technologies are required.

Key Words : Vision-correction, Spectacle lenses, Ultraviolet, UV transmittance, UV absorber, Converged.

* This paper was supported by Daejeon Health Institute of Technology in 2016.

Corresponding Author : Heung-Soo Kim (hskim5874@hanmail.net)

Received February 13, 2018

Revised April 2, 2018

Accepted April 20, 2018

Published April 28, 2018

1. 서론

지구는 온난화 등으로 인한 오존층이 파괴됨에 따라 생존의 문제를 위협받고 있음을 우리는 잘 알고 있다. 이러한 위협 중에서도 가장 심각하게 받아들여지고 있는 것은 자외선으로 인한 피부의 노화와 빛에 구조적으로 취약한 눈의 손상이다[1]. 자외선은 태양광으로부터 발산되는 100 nm ~ 380 nm 파장대의 빛을 말한다. 이 자외선은 UV-A와 UV-B, 그리고 UV-C로 3가지 분류가 되는데 UV-C는 100 nm ~ 280 nm 파장대의 광선으로 생명체에 치명적인 영향을 미치는 광선으로 다행히도 지구 성층권의 오존에 의해 거의 모두 흡수됨으로 지구 생명체에는 영향을 주지 않고 있다고 알려져 있다[2-3]. 하지만 UV-B와 A는 280 nm ~ 315 nm와 315 nm ~ 380 nm 파장대의 광선으로 일부가 지표면에 도달하여 생명체의 피부를 태우고 피부 조직을 투과하며 홍반, 피부 광노화 등, 피부암을 유발하며 특히 가장 노출에 약한 눈에는 광 각막염, 익상편, 백내장, 망막병증, 황반변성 등을 유발할 수 있어 치명적으로 주위가 요구되는 광선이라고 잘 알려져 있다[4-6]. 이러한 자연현상에 대하여 자외선을 차단하기 위한 여러 형태의 노력이 나타났는데 대표적인 것이 피부에 바르는 자외선 차단크림, 그리고 의류에서의 자외선 차단섬유와 눈을 보호하기 위한 자외선 차단 선글라스와 시력교정용 안경, 그리고 최근에는 자외선 차단용 콘택트렌즈도 출시되고 있다[7]. 그런데 자외선 차단 크림이나 차단 섬유에는 차단지수를 나누는 등급을 정하여 표시하고 있으나[5] 정작 시력교정용 안경과 스포츠용 고글, 선글라스에서는 자외선 차단 성능에 대한 많은 관심에도 불구하고 차단 지수 등 등급조차도 정하고 있지 않다. 뿐만 아니라 매일 착용하고 생활하는 시력교정용 안경에서는 안경 착용 자들과 안경사들도 시력의 교정부분에만 치우쳐 자외선 차단 성능에 대하여

서는 관심으로부터 소홀한 것이 현실이다. 자외선은 낮 동안은 항상 존재하지만 시력교정용 안경 착용 자들은 선글라스 보다는 시력교정용 안경의 착용시간이 훨씬 많아 자외선에 대한 위협에 의문을 갖지 않을 수 없다. 따라서 본 연구는 우리가 항상 착용하고 생활하는 시력교정용 안경렌즈에서 사용되어지는 렌즈의 재료와 자외선 차단방식에 따른 자외선 투과율을 측정하여 자외선의 차단 성능을 확인함으로써 자외선으로부터 눈을 보호함에 소홀함이 없도록 하고자 한다.

2. 대상 빛 방법

1. 실험 재료

시력 교정용으로 가장 많이 유통되고 있는 국내의 C사 제품으로 자외선 흡수제인 UV Absorber를 혼합하는 방식으로 제조된 렌즈를 사용하였다. 흡집방지와 반사방지 다중코팅을 한 렌즈 군(Group A)과 여기에 자외선 차단코팅을 추가 한 렌즈 군(Group B), 그리고 자외선 차단 전용렌즈 군(Group C)으로 구분하여 그룹 군에 따라 각 재질별 3개, 총 42개의 렌즈를 대상으로 하였다. 그룹별로 사용된 렌즈는 굴절력이 -2.00 D, 중심두께는 재질의 굴절률에 따라 1.15 mm ~ 1.80 mm 사이로 무색렌즈로 하였다. 각 그룹별로 재질의 종류에 따라 Acryl(polymethyl methacrylate(PMMA)), CR-39(allyl diglycol carbonate (ADC), Columbia Resin)와 일본 유지사의 광학용 플라스틱 Resin으로 개발된 NK-55, 그리고 일본 Mitsui사가 개발한 광학용 플라스틱 Resin인 MR-8로 하여 자외선 영역과 가시광선 영역의 투과율을 측정하였다[8].

2. 실험 방법

렌즈는 1회용 렌즈 페이퍼로 세척 후 렌즈 전용수건으

Table 1. Characteristics of lens materials were mixed with UV absorber

| Material | Index | CT (mm) | Dptr. | No. Abbe | Group | | |
|------------------|-------|---------|-------|----------|---------------|------------------|---------------|
| | | | | | A | B | C |
| Acryl | 1.60 | 1.20 | -2.00 | 32 | Hard/AR Multi | Hard/AR Multi/UV | - |
| CR-39 | 1.50 | 1.80 | -2.00 | 58 | Hard/AR Multi | Hard/AR Multi/UV | - |
| NK-55 | 1.55 | 1.15 | -2.00 | 36 | Hard/AR Multi | Hard/AR Multi/UV | - |
| MR-8 | 1.60 | 1.15 | -2.00 | 41 | Hard/AR Multi | Hard/AR Multi/UV | - |
| UV blocking only | 1.60 | 1.15 | -2.00 | 41 | - | - | Hard/AR Multi |
| UV blocking only | 1.67 | 1.15 | -2.00 | 31 | - | - | Hard/AR Multi |

로 닦았으며 육안으로 렌즈 세척 상태를 확인하고 측정을 실시하였다. 투과율의 측정은 분광 분도계(UV-2450, Shimatzu, Japan)를 이용하여 각 그룹별로 측정, 비교하였으며 측정 광선의 범위는 200 nm ~ 900 nm 파장대로 실시하였고 280 ~ 315 nm를 UV-B로 315 ~ 380 nm를 UV-A로 구분하여 자외선 영역을 측정하였으며 380 nm ~ 780 nm를 가시광선 영역으로 하였다[9].

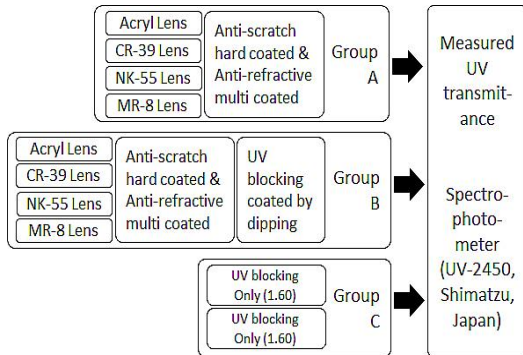


Fig. 1. Diagram of the experimental method

3. 결과 및 고찰

1. Group A의 자외선 및 가시광선 투과율

Group A를 분광 분도계를 이용하여 자외선 영역의 투과율과 가시광선 영역의 투과율을 측정한 결과, UV-B는 모두 차단하였으며 UV-A에서의 투과율은 CR-39 렌즈는 7.726 %, NK-55 렌즈는 0.043 %, MR-8과 Acryl 렌즈는 0.007 %의 순으로 나타났다[Table 2]. MR-8과 Acryl 렌즈에서는 0.007 %로 자외선 투과율이 아주 미미하고 같게 나타났지만 분광 투과율과 시감 투과율에서 MR-8이 더 높게 나타났다[Fig. 1].

Table 2. Transmittance of UV and visible light in group A (Unit : %)

| Materials | UV | | Visible light (nm) | |
|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|
| | B | A | S.T.* | L.T.** |
| | 280 ~ 315 | 315 ~ 380 | 380 ~ 780 | 380 ~ 780 |
| CR-39 | 0 | 7.726 | 93.141 | 94.111 |
| NK-55 | 0 | 0.043 | 91.400 | 93.687 |
| MR-8 | 0 | 0.007 | 89.104 | 94.365 |
| Acryl | 0 | 0.007 | 88.978 | 93.672 |

* S.T. : Spectral Transmittance.

** L.T. : Luminous Transmittance

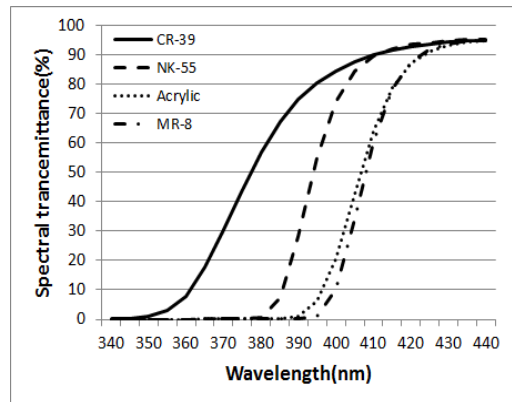


Fig. 2. Spectral Transmittance in group A

UV-C는 일반적으로 지구의 오존층에 의하여 흡수되어 들어오지 않는 것으로 알려져 있으며 UV-B와 A는 인체까지 도달하지만 렌즈 재질에 부분이 차단되고 나머지는 혼합시킨 UV absorber에 의하여 차단되었다고 판단된다[10]. 또한 각 렌즈의 재질에 따라 사용되는 UV absorber들의 많은 종류가 사용되어지고 있고 역시 제조사마다 특성 있게 사용되어져 재질에 따른 직접 비교는 어려울 수 있으나 동일 제조사 제품의 비교에서 볼 때 의미를 찾을 수 있다고 하겠다. UV absorber는 매우 많은 종류의 다른 화합물들이 있지만 대표적으로 benzotriazoles계, benzophenon계 물질 등이 있으며 일반적으로 0.05 % ~ 2 % 사이의 농도로 사용되고 평균 290 nm ~ 320 nm까지 차단되는 것으로 알려져 있으나 제조사마다 혼합 비율 등을 달리하면서 390 nm까지 차단이 가능하다고 한다[11-13].

2. Group B의 자외선 및 가시광선 투과율

Group B는 Group A와 같은 렌즈에서 Dipping 방식의 UV차단을 위한 코팅이 추가된 렌즈 군이다. 실험 결과는 Table 2.에서와 같이 CR-39 렌즈가 0.038 %이었고, NK-55 렌즈는 0.037 %, MR-8과 Acryl 렌즈는 0.007 %의 순으로 나타났다. CR-39 렌즈에서 UV-A의 투과율이 현저한 감소가 나타났으며 NK-55 렌즈에서는 적은 감소가 있었고 가시광선 영역에서 역시 광 투과율과 시감 투과율의 감소를 보였다. 하지만 MR-8과 Acryl 렌즈에서는 UV 투과율의 감소가 보여 지지 않았으나 광투과율에서 다소 미세한 감소가 나타나는 것으로 확인되었다[Fig. 2].

실험 결과에서 나타난 바와 같이 CR-39의 렌즈에서 자외선 영역의 투과율 감소가 확연히 나타나는 것은 CR-39의 안정성을 고려해야 하는 특성으로 UV absorber의 배합 비율 등에 차이가 있어 UV 투과율이 7.726 % 이었다가 여기에 UV차단 코팅이 이루어짐에 따라 0.038 % 로 감소한 것으로 보여 진다[5], [14]. 하지만 최근 CR-39렌즈의 사용빈도가 줄고 MR계열 렌즈의 사용이 대부분을 이루고 있다 보니 UV 차단 코팅 후에도 UV의 투과성의 개선은 매우 미세하고 오래되면 렌즈가 노랗게 착색되는 이유로 인하여 렌즈 제조사들은 렌즈 제조 과정에서 배합되는 UV absorber에 주목하고 UV 차단 코팅은 하지 않고 있는 것이 대부분이라고 한다. 그러나 CR-39렌즈는 아베수가 높아 선글라스 등에서는 아직 사용빈도가 높아 제조과정에서의 UV 차단 코팅 또는 새로운 자외선 흡수제의 개발 등이 요구된다고 판단한다.

Table 3. Transmittance of UV and visible light in group B (Unit : %)

| Materials | UV | | Visible light (nm) | |
|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|
| | B | A | S.T.* | L.T.** |
| | 280 ~ 315 | 315 ~ 380 | 380 ~ 780 | 380 ~ 780 |
| CR-39 | 0 | 0.038 | 89.736 | 93.896 |
| NK-55 | 0 | 0.037 | 89.333 | 93.023 |
| MR-8 | 0 | 0.007 | 88.666 | 94.005 |
| Acryl | 0 | 0.007 | 88.847 | 93.346 |

* S.T. : Spectral Transmittance.
** L.T. : Luminous Transmittance

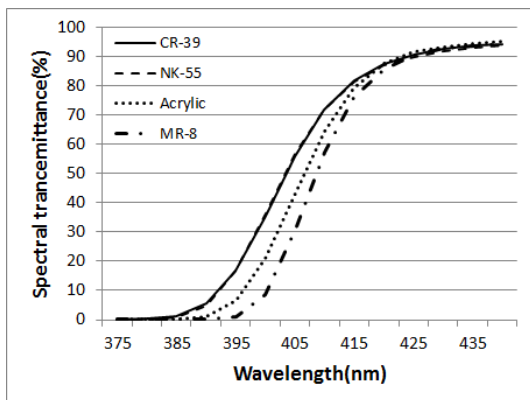


Fig. 3. Spectral Transmittance in group B

3. Group C의 자외선 및 가시광선 투과율

Group C는 UV 차단을 목적으로 사용되어지는 시력

교정용 안경렌즈 군이다. 최근 자외선이 사회적으로 이슈화 되면서 보급률이 급증하고 있다. Table 3과 Fig. 3은 UV 차단 전용렌즈 군으로 재질은 MR 계열로 UV absorber에 의한 자외선 차단 전용 렌즈의 실험 결과이다. 비교 군은 렌즈 굴절률 1.60과 1.67로 하였는데 UV 투과율에서 다소 차이가 없었지만 굴절률이 1.67의 렌즈 군에서 미미하게 0.001% 더 차단되는 것을 볼 수 있었다. 이러한 자외선 차단 전용렌즈들은 최근에 개발되어 제품화에 성공한 사례로 제조법에 대하여 잘 알려져 있지 않지만 렌즈의 재질은 우레탄 계열의 MR 렌즈로 여기에 UV absorber를 첨가하면서 용해도에 따른 배합비율의 차이를 이용하거나 최근 기능이 향상된 UV absorber를 이용하여 UV 차단 율을 향상시킨 것으로 판단하고 있다 [15].

기존의 시력교정용 안경렌즈 군들과 비교할 때 CR-39와 NK-55와는 자외선 차단 율에 차이가 확연하였지만 MR 계열의 렌즈에서는 0.002 ~ 0.003 %의 미미한 차이로 더 차단되는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Transmittance of UV and visible light in group C (Unit : %)

| Index | UV | | Visible light (nm) | |
|-------|-----------|-----------|--------------------|-----------|
| | B | A | S.T.* | L.T.** |
| | 280 ~ 320 | 320 ~ 380 | 380 ~ 780 | 380 ~ 780 |
| 1.60 | 0 | 0.005 | 85.753 | 93.654 |
| 1.67 | 0 | 0.004 | 85.493 | 92.957 |

* S.T. : Spectral Transmittance.
** L.T. : Luminous Transmittance

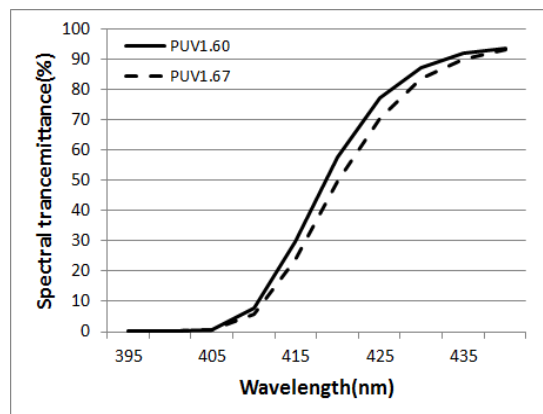


Fig. 4. Spectral Transmittance in group C

4. 결론

본 연구는 자외선이 인체에 대한 피해가 급증하는 현실에서 자외선의 노출에 가장 취약한 구조로 되어 있는 눈을 보호하는 기구들 중에 착용 등의 시간을 가장 많이 차지하고 있는 시력 교정용 안경렌즈에 대하여 가장 대표적인 재질인 Acryl, CR-39와 NK-55, MR-8로서 UV absorber가 첨가된 렌즈를 사용하였다. 흡집방지 코팅과 반사방지 다중 코팅을 한 렌즈 군인 Group A와 Group A에 Dipping 방식의 UV 차단코팅이 추가된 렌즈 군인 Group B, 그리고 UV 차단 전용렌즈 군인 Group C를 대상으로 자외선의 투과율을 측정하였다.

모든 렌즈 군에서 UV-B의 투과율은 전혀 나타나지 않았으며 Group A의 렌즈 군에서는 CR-39 렌즈가 UV-A에서 7.726 %로 가장 높았으며 NK-55 렌즈는 0.043 %, MR-8 렌즈는 0.007 %, Acryl 렌즈도 0.007 % 순으로 나타났다.

Group B의 렌즈 군에서는 Group A의 결과에 대하여 CR-39 렌즈가 자외선 투과율이 0.038 %로 나타나 7.688 %의 감소를 보여 자외선 차단 성능이 크게 개선되었다. 하지만 NK-55 렌즈에서는 0.006 %의 미미한 감소가 있었고 MR-8과 Acryl 렌즈에서는 0.007 %로 변화가 없었다.

Group C의 렌즈 군은 국내에서 생산된 UV 차단 전용 렌즈로 UV-A 파장 대에서 0.005 %, 0.004 %의 투과율을 보여 MR-8 렌즈나 Acryl 렌즈와 0.002 % 또는 0.003 %의 미미한 차이가 있었지만 대부분의 자외선은 차단되는 것으로 나타났다.

우리는 현실에서 대부분의 낮은 도수의 시력교정용 안경 렌즈와 자외선의 차단을 목적으로 하는 선글라스의 렌즈는 CR-39의 재질로 제조된 렌즈를 사용하고 있다.

CR-39 렌즈는 UV absorber의 혼합 시 발생하는 불안정성으로 인하여 각 제조사 마다 혼합비를 줄이고 있는 실정으로 자외선의 투과율이 증가될 수밖에 없는 실정이다. 따라서 UV 차단 코팅 등과 같은 대안이 고려되는 것이 바람직하며 차 후 자외선 차단을 위해 더욱 기능이 향상된 UV absorber 또는 광학렌즈의 재질, 그리고 안경렌즈에서의 자외선 차단을 위한 융 복합적 기술 개발되어 져야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] R. P. Gallagher & T. K. Lee. (2006). Adverse effects of ultraviolet radiation: a brief review. *Prog Biophys Mol Biol.* 92(1), 119-131.
- [2] P. J. Sung. (2012). *Optometry Goods, 3th ed.* Seoul : Daehakseorim Pub.
- [3] H. Y. Byun, E. J. Lee, D. H. Oh, S. R. Kim & M. J. Park. (2015). Denaturation and Inactivation of Antioxidative Enzymes due to Repeated Exposure to UV-B and Inhibitory Effect of RGP Lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.*, 20(2), 237-246. DOI: 10.14479/jkoos.2015.20.2.237
- [4] D. S. Yu & J. S. Yoo. (2008). Evaluation of Ultraviolet Blocking of Ophthalmic Lenses. *J. Korean Oph. Opt. Soc.*, 13(3), 7-128.
- [5] J. Y. Yeon, et al. (2014). 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), 422-439. DOI: 10.12925/jkocs.2014.31.3.422
- [6] H. Yoo. E. H. Lee. (2016) The Relationship between Use of Sunblocks and Dry Eye. *Journal of Digital Convergence*, 14(6), 347-353. DOI: 10.14400/JDC.2016.14.6.347
- [7] D. H. Kim & A. Y. Sung. (2015). Application of hydroxy-substituted benzophenone group for UV-block soft contact lens. *Korean J. Vis. Sci.*, 17(1), 57-68.
- [8] H. S. Kang. (2017). *Glasses materials, 7th ed.* Seoul : Shinkwang Pub.
- [9] D. H. Han. (2018) A study on the polarized spectacle lens with photochromic UV blocking function of refractive index 1.60. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(1) 147-152. DOI: 10.22156/CS4SMB.2018.8.1.147
- [10] T. H. Kim & A. Y. Sung. (2010). Study on the Hydroxy/Fluoro Benzophenone Group for UV- Block Effect of Contact Lens. *Korean J. Vis. Sci.*, 12(3), 199-208.
- [11] K. G. Wakefield, & A. G. Bennett. (2000) *Bennett's ophthalmic prescription work, 4th Ed.*, Oxford. UK : Butterworth-Heinemann.
- [12] K. C. Kim. (2016). Anti-Reflection Coating Technology Based High Refractive Index Lens with Ultra-Violet Rays Blocking Function. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 17(12), 482-487. DOI: 10.5762/kais.2016.17.12.482
- [13] Y. G. Kim. (2001). Dippy time dependence of

transmittance edge and half point in UV cut lens' manufacture. *J. Korean Oph. Opt. Soc.*, 6(1), 101-105.

- [14] J. Y. Yeon, *et al.* (2015). Stability and Sun Protection Efficacy of Sunscreens Based on the Solubility and a Combination of Organic UV Absorbers. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, 41(3), 189-199.
DOI: 10.15230/scsk.2015.41.3.189
- [15] D. S. Yu, J. H. Lee, & J. W. Ha. (2006). UV Blocking Coatings by Combination of Organic- inorganic Hybrid Materials and UV absorbers. *Journal of the Korea Academia- Industrial cooperation Society*, 7(6), 1296-1301.

김 흥 수(Heung-Soo Kim)

[정회원]



- 1996년 2월 : 충남대학교 보건대학원(보건학 석사)
 - 2012년 02월 : 대전대학교 대학원 (이학박사)
 - 1999년 3월 ~ 현재 : 대전보건대학교 안경광학과 교수
- 관심분야 : 안경학, 임상안광학
- E-mail : hskim5874@hanmail.net