

미세조류 추출물 및 MAAs 함유 자외선차단제의 자외선차단지수(SPF) 및 자외선 A 차단지수(PFA) 평가

모상현¹, 서승석², 조문진¹, 송미영¹, 황진익², 박미례², 이택건^{2*}
¹바이오에프디엔씨 항노화연구소, ²한국해양과학기술원 남해특성연구부

Evaluation of Sun Protection Factor (SPF) and Protection Factor of UVA (PFA) of the Sunscreen Containing Microalgal Extracts and MAAs

Sang Hyun Moh¹, Sung-Suk Suh², Moon Jin Cho¹, Mi Young Song¹,
Jinik Hwang², Mirye Park² and Taek-Kyun Lee^{2*}

¹Anti-aging Research Institute of BIO-FD&C Co.,Ltd.

²South Sea Environment Research Department, Korea Institute of Ocean Science & Technology

요약 천연물 유래 자외선차단제 개발을 위해 미세조류 추출물 및 mycosporine-like amino acids (MAAs)의 활용가능성을 연구하였다. *Chlamydomonas hedleyi* 추출물과 추출물 분획물인 MAAs가 각각 7% 포함된 자외선차단크림을 제조하고 인체 적용시험을 실시하였다. 이를 통하여 자외선차단지수(SPF) 및 자외선 A 차단지수(PFA)를 평가하였다. *Ch. hedleyi* 추출물과 MAAs 함유 자외선 차단 크림의 자외선 차단지수는 각각 9.07 및 9.42로 나타났으며, 자외선 A 차단지수는 각각 2.43과 2.41로 측정되었다. 자외선 A 차단지수가 모두 2 상으로 측정되어 두가지 자외선 차단크림의 자외선 A 차단등급은 [PA+]으로 분류되었다. 이상의 연구결과는 미세조류 추출물 및 MAAs 함유 자외선차단제가 자외선을 효과적으로 막지 못하지만, 무기 자외선 차단제가 혼합되면 만족할만한 자외선 차단효과를 보일 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract For the sunscreen development from natural resources, a possible usage of microalgal extracts or mycosporine-like amino acids (MAAs) was investigated. Sunscreens containing 7% of microalgal extracts or MAAs derived from microalgae, *Chlamydomonas hedleyi*, were prepared and they were applied to human research. Through this clinical research, the values of Sun Protection Factors, Sun Protector Factor (SPF) and Protection Factor of UVA (PFA), of sunscreen containing microalgal extracts or MAAs were determined: SPF values of microalgal extracts and MAAs indicated 9.07 and 9.42, respectively, while PFA ones did 2.43 and 2.41. Due to more than 2 of PFA value in both sunscreens, they can be classified into [PA+]. Taken together, although sunscreen containing microalgae-derived extracts or MAAs does not effectively protect UV irradiation, its capacity can be satisfied if inorganic UV-protecting compounds are added.

Key Words : *Chlamydomonas hedleyi*, Mycosporine-like amino acids, PFA, SPF, Sunscreen

1. 서론

기능성 화장품이란 단순한 피부보습, 피부보호 기능

뿐만 아니라 피부의 미백에 도움을 주는 미백 화장품, 피부의 주름개선에 도움을 주는 주름개선 화장품 및 피부를 곱게 태워주거나 자외선으로부터 피부를 보호하는데

본 논문은 해양수산부 연구과제(PM57880) 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Taek-Kyun Lee(Korea Institute Ocean Science & Technology)

Tel: +82-55-639-8630 email: tklee@kiost.ac

Received January 9, 2013

Revised (1st March 18, 2014, 2nd April 7, 2014, 3rd April 15, 2014)

Accepted May 8, 2014

도움을 주는 자외선 차단 화장품을 일컫는다. 2001년 우리나라에 기능성화장품이 도입된 이래, 종류 및 시장규모가 점차 늘어나고 있는 추세이다[1]. 최근 증가하고 있는 기능성화장품에 대한 요구를 충족시키기 위해서는 피부과학을 통한 생리적 메카니즘의 규명, 고효능 소재의 개발, 유효성분의 전달효율을 높일 수 있는 제제기술의 개발 및 개발된 소재나 제제의 효능을 평가할 수 있는 기술의 개발이 요구되고 있다[1,2]. 특히 새로운 소재의 개발과 효능평가기술의 개발은 기능성화장품의 다양화와 소비자 신뢰증진 측면에서 중요한 부분을 차지하고 있다[2,3].

자외선은 200-400 nm의 파장범위를 가지는 태양에서 발산되는 전자파장이며, 지표에 도달하는 태양광선의 약 6.1%를 차지하고 있다[3]. UVA (320-400 nm)는 태양광선의 약 5.6%를 차지하며, 피부 흑화나 광노화의 주원인으로 알려져 있다. UVB (290-320 nm)는 태양광선의 약 0.5%를 차지하며, 과량 노출시 홍반을 일으킨다. UVC (200-290 nm)는 오존층의 필터효과로 인해 지표에 도달하지 못한다[4,5]. 자외선은 살균작용과 비타민 D₂ 생성 등 인체에 유익한 면을 가지고 있지만, 자외선에 노출된 피부에서는 홍반, 부종 및 수포가 형성되고, 장기간 노출시 피부암 유발, 면역계 장애를 유발하기도 한다[6,7]. 오존층의 파괴와 늘어난 수명 및 야외활동의 결과로 자외선에 노출되는 기간이 증가하고 있기 때문에 자외선차단제의 사용은 이제 필수적인 것이 되고 있다[2]. 이러한 요구에 맞추기 위하여 다양한 자외선 차단제가 개발되고 그 기능성을 강화하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

자외선 차단제의 기능성 성분은 광에너지를 흡수하는 자외선 흡수제와 반사시키는 자외선 산란제로 크게 나누어지며, 이들은 또한 화학적 특성에 따라 유기 자외선차단제 및 무기 자외선차단제로 구분되기도 한다[1]. 자외선 산란제는 전통적으로 이산화티탄(TiO₂)와 산화아연(ZnO) 등이 사용되며, 자외선 흡수제로는 파라아미노안식향산(PABA) 및 벤조페논(benzophenone) 등이 사용되어 왔으나, 각각 발암성 및 환경호르몬 의심물질로 분류되면서 사용에 제약을 받고 있다[8]. 최근에는 TiO₂와 같은 자외선 산란제의 백탁현상 및 피부흡수 등과 같은 부작용이 보고되면서, 천연식물 또는 해조류로부터 자외선 차단제를 추출하고 이를 이용하고자 하는 연구가 진행되고 있다[1,2].

본 연구에서는 미세조류 추출물과 추출물 유래 mycosporine-like amino acids (MAAs)를 함유하는 분획물을 함유하는 자외선 차단크림을 개발하였다. 개발된 제품의 자외선차단지수(sun protection factors, SPF) 및 자외선 A 차단 등급을 인체적용시험을 통해 평가하여 자외선차단제로써의 활용가능성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험제품

Ch. hedleyi 추출물과 MAAs가 각각 7% 함유된 자외선 차단크림(각각의 제품명은 13618-F1-S1 및 13618-F2-S2)에 대하여 인체적용시험을 실시하였다. MAAs는 porphyrin-334에 펩티드를 결합한 뉴로펩타이드 융합체이며, 이를 7% 포함시킨 자외선 차단크림을 시험재료로 사용하였다.

2.2 시험방법

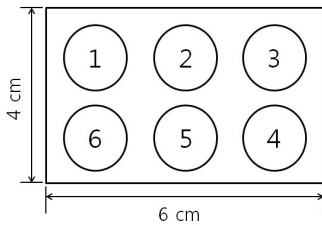
미세조류 추출물과 MAAs 함유 자외선차단제의 인체적용시험은 피엔케이 피부임상연구센터(주)에 의뢰하여 실시하였다. 시험자 모집, 최소 홍반량 측정, 제품의 자외선 차단효과 평가, 데이터 분석 및 결과보고서 작성 순서로 진행하였으며, 2013년 6월 24일에 시작하여 7월 5일에 종료하였다. 피시험자는 만 20-50세 성인 남·여 10명을 대상으로 실시하였으며, 20대 2명, 30대 4명 및 40대 4명으로 구성하였다. 시험자는 피부질환, 내분비 이상 및 기능 이상 등이 없는 자를 대상으로 하였으며, 스테로이드 등 외용제를 도포하고 있거나, 화장품, 의약품 및 일상적인 광노출에 반응이 심하거나 알려지기가 있는 자 또는 임부나 수유부도 제외하였다. 그 외의 시험방법은 자외선 차단 효과 측정방법 및 기준(식품의약품안전처고시 제2013-50호)에 따라 수행되었다.

2.3 광조사 및 광량 측정

광조사 적용부위는 척추를 제외한 등의 평평한 부위 중 착색이나 피부 손상이 없는 부위를 적용대상으로 선정하였다. 자외선 차단지수 평가를 위한 인공광원은 UVA+B (290-400 nm) 범위에서 태양광과 유사한 연속적인 스펙트럼을 가지는 광원을 사용하였으며, WG320 필터를 이용해 290 nm 이하의 파장을 제거하였다. 자외

선 A 차단지수(Protection Factor of UVA, PFA) 평가를 위한 인공광원은 UVA 범위에서 태양광과 유사한 연속적인 스펙트럼을 가지고 있는 광원을 사용하였다. UVA (340-400 nm)와 UVA II (320-340 nm)의 비율은 태양광의 비율(자외선 A II/총 자외선 A=8-20%)과 유사한 광원을 사용하였으며, 과도한 sun burn을 피하기 위하여 파장 320 nm 이하의 파장은 WG345 필터를 이용하여 제거하였다. 두가지 지수 평가를 위해서 시험 기간 동안 일정한 광량을 유지하는 광원을 사용하였다.

인공 자외선 조사를 통하여 조사되는 UVB 광량을 측정하기 위하여 광세기를 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 단위로 표시하는 광세기 측정기(PMA-2100, Solar Light, USA)를 사용하였다. 광세기는 각각의 light guide의 끝부분에 UVB Detector를 결합하여 측정하였으며, UVB 조사 전과 조사 후에 광세기가 유지되는지 여부를 측정하였다. 광 조사 면적은 0.5 cm^2 이상이 되도록 하였으며, 제품 도포 면적 및 도포 구획은 24 cm^2 이상($6\text{ cm} \times 4\text{ cm}$), 자외선 조사부분인 원은 지름 약 0.8 cm 가 되도록 하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] Schematic diagram for irradiation area, product application area and application block.

제품 도포 후 건조 시간은 15분 이었으며, 제품 도포량은 $2\text{ mg}/\text{cm}^2$ 또는 $2\text{ }\mu\text{l}/\text{cm}^2$ 를 처리하였다. 도포 방법은 제품이 milky lotion 상이므로 점성 피펫을 이용해 제품을 취해 도포하고, 고무 골무를 이용하여 피부 표면에 균일하게 손가락으로 제품을 도포하였다.

2.4 자외선 차단지수(SPF) 평가

평가방법은 광적용부위의 흑화상태를 판정하는 기법을 사용하였다. 자외선 차단지수 평가를 위해서 자외선 조사 16-24시간 뒤 시험부위의 최소 홍반량을 숙련자 2인이 홍반 상태 판정기준표(Table 1)에 따라 판정하고 이 판정 값을 이용하여 자외선 차단지수를 계산하였다.

[Table 1] Criteria for erythema state

Evaluation	Criteria
0	No change on the skin
±	Visible erythema, but partially (< 50%)
+	Visible erythema nearly whole (> 50%)
++	Erythema + edema
+++	Erythema + edema + blistering

SPF 산출 방법은 아래와 같다.

$$SPF_i = MED_p / MED_u, SPF = \sum SPF_i / n$$

MED_p는 제품 도포부위의 최소홍반량(mJ/cm^2)이며, 최소홍반이 나타난 곳의 광세기($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)×조사시간(sec)으로 계산된다. MED_u는 제품 무도포부위의 최소홍반량(mJ/cm^2)이며, 최소홍반이 나타난 곳의 광세기($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)×조사시간(sec)으로 계산된다. SPF_i는 각 피험자의 자외선 차단지수이며, n은 표본수이다.

위의 공식에 따라 각 피험자별 자외선 차단지수를 산출하고, 10명의 평균값으로 제품의 자외선 차단지수를 결정하였다.

2.5 자외선 A 차단지수(PFA) 평가

자외선 A 차단지수 평가를 위해서는 자외선 조사 2-4시간 후 시험부위의 최소 흑화부위를 숙련자 2인이 Table 2에 따라 판정하고, 그 판정값을 이용하여 자외선 A 차단지수를 계산하였다. 2인의 결과 값이 서로 다를 경우 판정결과가 낮은 최소지속형 즉시흑화량으로 채택하였다.

[Table 2] The evaluation criteria for blackening state

Evaluation	Criteria
0	No change on the skin
±	Visible blackening, but partially (< 50%)
+	Visible blackening nearly whole (> 50%)
++	Blackening + edema
+++	Blackening + edema + blistering

PFA 산출 방법은 아래와 같다.

$$PFA_i = MPPD_p / MPPD_u, PFA = \sum PFA_i / n$$

MPPD_p는 제품 도포부위의 최소지속형 즉시흑화량(J/cm^2)이며, 최소흑화가 나타난 곳의 광세기(mw/cm^2)×조사시간(sec)으로 계산된다. MPPD_u는 제품 무도포부위의 최소지속형 즉시흑화량(J/cm^2)이며, 최소흑화가 나

타난 곳의 광세기(mw/cm^2)×조사시간(sec)으로 계산된다. PFA는 각 피험자의 자외선 A 차단지수이며, n은 표본수이다.

위의 공식에 따라 각 피험자별 자외선 A 차단지수를 산출하고, 10명의 평균값으로 제품의 자외선 A 차단지수를 결정하였다.

2.6 자외선 A 차단 등급표시

자외선차단 화장품의 자외선 A 차단 등급은 PFA 계산방법에 따라 얻어진 값의 소수점 이하는 버리고 정수로 표시한다. 그 값이 2 이상이면 table 3과 같이 자외선 A 차단등급을 표시하였다. 표시기제는 자외선 A 차단지수와 병행하여 표시할 수 있다.

[Table 3] Classification of UVA protection effect

PFA	UVA protection rating (PA)	UVA Protection effect
2-4	PA+	Effect
4-8	PA++	A lot of effect
8 or more	PA+++	Very much effect

2.6 통계학적 분석

통계분석은 SPSS 통계 소프트웨어를 사용하여 수행하였다. 데이터의 normality와 homogeneity는 ANOVA로 확인하였고, 실험구 간의 차이는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test로 평가하였다. 자외선 차단지수 및 자외선 A 차단지수의 95% 신뢰구간은 각 차단지수의 $\pm 20\%$ 이내로 한정하였다. 계산된 신뢰구간의 값이 측정된 10명의 피험자에 대한 평균값의 $\pm 20\%$ 이내일 경우 시험이 정상적으로 진행된 것으로 판단하였으며, 이 조건에 부합하지 않으면 표본수를 늘리거나 시험조건을 재설정하여 다시 시험하는 것을 원칙으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 미세조류 추출물 함유 자외선 차단크림의 SPF 와 PFA

시험에 사용된 낮은 자외선 차단지수 표준시료의 자외선 차단지수(SPF) 와 자외선 A 차단지수(PFA)의 측정결과 각각 평균값이 4.44 와 4.01로 식품의약품안전처

고시 제2013-50호의 자외선 차단효과 측정방법 및 기준에서 제시한 높은 자외선 차단지수의 표준시료 기준인 $4.47 \pm 1.28(3.19-5.75)$ 와 $3.75 \pm 1.01(2.74-4.76)$ 사이에 각각 존재하였으며, 95% 신뢰구간이 표준제품의 차단지수 평균값의 $\pm 20\%$ 와 $\pm 10\%$ 구간 안에 포함되어 시험의 신뢰성 검증에서도 적합한 것으로 나타났다[Table 4, 5].

Ch. hedleyi 추출물 함유 자외선 차단 크림 13618-F1-S1의 자외선과 자외선 A의 차단지수의 측정결과 평균값은 각각 9.07 와 2.43으로 나타났으며, 95% 신뢰구간이 차단지수 평균값의 $\pm 20\%$ 와 $\pm 10\%$ 구간 안에 포함되어 시험의 신뢰성 검증에서도 적합한 것으로 나타났다[Table 4, 5].

[Table 4] SPF and 95% confidence limit (CI) values of sunscreen containing microalgal extract.

Product	SPF value	95% CI
Low SPF standard sample	4.44 ± 0.68	0.49
<i>Ch. hedleyi</i> extract containing sunscreen (13618-F1-S1)	9.07 ± 1.62	1.16

[Table 5] PFA and 95% confidence limit (CI) values of sunscreen containing microalgal extract.

Product	PFA value	95% CI
Low SPF standard sample	4.01 ± 0.55	0.40
<i>Ch. hedleyi</i> extract containing sunscreen (13618-F1-S1)	2.43 ± 0.37	0.24

3.2 MAAs 함유 자외선 차단 크림의 SPF 와 PFA

시험에 사용된 낮은 자외선과 자외선 A의 차단지수 표준시료의 자외선 차단지수 측정결과 평균값이 각각 4.79 와 3.69로 식품의약품안전처고시 제2013-50호의 자외선 차단효과 측정방법 및 기준에서 제시한 높은 자외선 차단지수의 표준시료 기준인 $4.47 \pm 1.28(3.19-5.75)$ 와 $3.75 \pm 1.01(2.74-4.76)$ 사이에 각각 존재하였으며, 95% 신뢰구간이 표준제품 자외선 차단지수 평균값의 $\pm 20\%$ 와 $\pm 10\%$ 구간 안에 포함되어 시험의 신뢰성 검증에서도 적합한 것으로 나타났다[Table 6, 7].

MAAs 함유 자외선 차단 크림 13618-F2-S2의 자외선 차단지수의 측정결과 평균값은 각각 9.42 와 2.41로 나타났으며, 95% 신뢰구간이 차단지수 평균값의 $\pm 20\%$ 와 $\pm 10\%$ 구간 안에 포함되어, 시험의 신뢰성 검증에서도 적

합한 것으로 나타났다[Table 6, 7].

[Table 6] SPF and 95% confidence limit (CI) values of sunscreen containing MAAs.

Product	SPF value	95% CI
Low SPF standard sample	4.79±0.50	0.36
MAAs containing sunscreen (13618-F2-S2)	9.42±1.31	0.94

[Table 7] PFA and 95% confidence limit (CI) values of sunscreen containing MAAs.

Product	PFA value	95% CI
Low SPF standard sample	3.69±0.43	0.37
MAAs containing sunscreen (13618-F2-S2)	2.41±0.70	0.24

자외선은 직접적으로 DNA와 단백질의 변형을 유도하고, 간접적으로 활성산소를 생산하여 세포 손상을 유도하는 태양광선이다[9,10]. 자외선은 생리적 및 생화학적 과정에 영향을 미쳐 생물의 생존, 성장, 색소화, 광합성, 질소대사, 색소단백질 조성 및 이산화탄소 흡수 등에 영향을 미친다[11-13].

많은 광합성 생물은 가시광선 및 자외선에 자동적으로 노출되므로 자외선의 손상효과를 극복할 수 있는 기작을 진화시켜왔다[14]. 이러한 기작에는 자외선에 의해 유도되는 DNA 손상의 회복, 카로티노이드 축적, 해독효소, 라디칼 소거자 및 항산화제 및 자외선 흡수/차단 화합물의 합성 등을 포함한다[15,16]. 자외선 흡수/차단 화합물 중 MAAs는 자외선 광차단에 대한 역할로 인하여 주목을 받고 있다.

MAAs는 남조류, 균류, 미세조류 및 해조류 등 대부분의 광합성 식물에서 합성되는 자외선 흡수물질이다[17,18]. 약 20여종의 MAAs가 존재하는 것으로 알려져 있으며, 최대흡수파장은 310-360 nm이다[19], MAAs는 생물의 UV에 대한 광보호[8,9], 삼투압 조절[20] 및 산화적 스트레스에 대한 방어[21] 등 많은 생물학적 과정에 참여하며, *in vivo*에서 UV에 의해 유도되는 피부손상을 막는 기능[22]은 피부관리와 화장품 소재로 사용된다[23].

4. 결론

본 연구에서는 *Ch. hedleyi* 추출물과 MAAs가 각각

7% 함유된 자외선 차단크림을 제조하고, 이들을 인체적용시험을 통하여 자외선 차단지수와 자외선 A 차단지수 및 이를 통한 자외선 A 차단 등급을 결정하였다. 연구결과 *Ch. hedleyi* 추출물 및 MAAs 함유 자외선 차단크림의 자외선 차단지수는 각각 9.07과 9.42 및 자외선 A 차단등급은 [PA+]로 나타났다[Table 4-7]. 미세조류 추출물 및 MAAs 첨가 자외선 차단크림의 자외선 차단지수 및 자외선 A 차단지수 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나($p < 0.05$), 무기 자외선차단제와 천연원료에서 추출한 자외선차단제를 혼합하여 자외선 차단크림을 제조하는 최근의 경향보고에 따르면, 본 연구에 적용된 미세조류 추출물 및 추출물 유래 MAAs는 천연 자외선차단제 원료로서의 활용가능성은 높은 것으로 판단되었다.

References

- [1] K. Y. Kang. "R&D trends of functional cosmetics". KIC news, 13(4), 1-10, 2010.
- [2] I. Y. Oh, S. Y. Kim, J. M. Suk, S. W. Jung, J. O. Park, K. H. Yoo, K. Li, B. J. Kim and M. N. Kim. "Sun protection factor (SPF) assessment of the sunscreen composed of natural substances". J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 39(2), 141-148, 2013.
- [3] J. K. Lee, J. S. Sin, J. H. Kim, J. H. Eom, H. S. Kim and K. L. Park. "Evaluation of phototoxicity for cosmetics and alternative method". J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 31(3), 245-251, 2006.
- [4] J. K. Lee, J. H. Kim, K. T. Nam and S. H. Lee. "Molecular events associated with apoptosis and proliferation induced by ultraviolet-B radiation in the skin of hairless mice. J. Dermatol". Sci., 32, 171-179, 2003
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0923-1811\(03\)00094-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0923-1811(03)00094-X)
- [5] L. Daya-Grosjean and A. Sarasin. "The role of UV induced lesions in skin carcinogenesis: an overview of oncogene and tumor suppressor gene modifications in xeroderma pigmentosum skin tumors". Mutation Res., 571, 43-56, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.11.013>
- [6] V. O. Melnikova and H. N. Ananthaswamy. "Cellular and molecular events leading to the development of skin cancer". Mutation Res., 571, 91-106, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.11.015>

- [7] S. E. Ullrich. "Mechanism underlying UV-induced immune suppression". *Mutation Res.*, 571, 185-205, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.06.059>
- [8] J. M. Shick, W. C. Dunlap. "Mycosporine-like amino acids and related gadusols: Biosynthesis, Accumulation, and UV-Protective Functions in Aquatic Organisms". *Annu. Rev. Physiol.* 64, 223-262, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.64.081501.155802>
- [9] W. F. Vincent and S. Roy. "Solar ultraviolet-B radiation and aquatic primary production: damage, protection and recovery". *Environ. Rev.* 1, 1-12, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/a93-001>
- [10] J. Jagger. "physiological effects of near-ultraviolet radiation on bacteria". *Photochem. Photobiol. Rev.* 7, 1-75, 1983.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-4505-3_1
- [11] R. P. Sinha and D-P. Häder. "Photobiology and ecophysiology of rice field cyanobacteria". *Photochem. Photobiol.* 64, 887-896, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-1097.1996.tb01852.x>
- [12] R. P. Sinha, M. Klisch, A. Gröniger, D-P. Häder. "Responses of aquatic algae and cyanobacteria to solar UV-B". *Plant Ecol.* 154, 221-236, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1012986500543>
- [13] R. P. Sinha, P. Richter, J. Faddoul, M. Braun, D-P. Häder, Effects of UV and visible light on cyanobacteria at the cellular level, *Photochem. Photobiol. Sci.* 1 (2002) 553 - 559.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/B203955A>
- [14] S. P. Singh, M. Klisch, R. P. Sinha and D-P. Häder. "Genome mining of mycosporine-like amino acid (MAA) synthesizing and non synthesizing cyanobacteria: a bioinformatics study". *Genomics*, 95, 120-128, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ygeno.2009.10.002>
- [15] E. M. Middleton and A. H. Teramura. "The role of flavonol glycosides and carotenoids in protecting soybean from ultraviolet-B damage". *Plant Physiol.* 103, 741-752, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.103.3.741>
- [16] S. P. Singh, S. Kumari, R. P. Rastogi, K. L. Singh and R. P. Sinha. "Mycosporine-like amino acids (MAAs): chemical structure, biosynthesis and significance as UV-absorbing/screening compounds". *Ind. J. Exp. Biol.* 46, 7-17, 2008.
- [17] C. S. Cockell and J. Knowland. "Ultraviolet radiation screening compounds". *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 74, 311-345, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0006323199005356>
- [18] A. Oren and N. Gunde-Cimerman. "Mycosporines and mycosporine-like amino acids: UV protectants or multipurpose secondary metabolites?". *FEMS Microbiol. Lett.* 269, 1-10, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00650.x>
- [19] H. Nakamura, J. Kobayashi and Y. Hirata. "Separation of mycosporine like amino acids in marine organisms using reversed-phase high performance liquid chromatography". *J. Chromatogr.* 250, 113-118, 1982.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673>
- [20] A. Oren. "Mycosporine-like amino acids as osmotic solutes in a community of halophilic cyanobacteria". *Geomicrobiol. J.* 14, 231-240, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01490459709378046>
- [21] I. Yakovleva, R. Bhagooli, A. Takemura and M. Hidaka. "Differential susceptibility to oxidative stress of two scleractinian corals: antioxidant functioning of mycosporine-glycine". *Comp. Biochem. Physiol. B* 139, 721-730, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.08.016>
- [22] F. de la Coba, J. Aguilera, F. L. Figueroa, M. V. de Gáalvez and E. Herrera. "Antioxidant activity of mycosporine-like amino acids isolated from three red macroalgae and one marine lichen". *J. Appl. Phycol.* 21, 161-169, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-008-9345-1>
- [23] E. P. Balskus and C. T. Walsh. "The genetic and molecular basis for sunscreen biosynthesis in cyanobacteria". *Science.* 329, 1653-1656, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1193637>

모 상 현(Sang Hyun Moh)

[정회원]



- 2003년 8월 : 광주과학기술원 생명과학과 (이학석사)
- 2013년 2월 : 성균관대학교 나노과학기술협동학부 (이학박사)
- 2005년 11월 ~ 현재 : (주)바이오에프디엔씨 대표이사

<관심분야>
생명과학, 나노과학

서 승 석(Sung-Suk Suh)

[정회원]



- 2002년 9월 : 서울대학교 생물학과 (이학석사)
- 2012년 3월 : 오하이오 주립대 생화학 (이학박사)
- 2012년 3월 ~ 2013년 8월 : 오하이오 주립대 의과대 (포닥)
- 2013년 8월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 연수연구원

<관심분야>

해양환경독성학, 해양분자생물학

황 진 익(Jinik Hwang)

[정회원]



- 2008년 2월 : 신라대학교 생물학과 (이학학사)
- 2007년 9월 ~ 2011년 2월 : 한국해양연구원 인턴연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술연합대학원 대학교 석·박사 통합과정 재학

<관심분야>

해양환경독성학, 해양분자생물학

조 문 진(Moonjin Cho)

[정회원]



- 2007년 8월 : 수원대학교 화학전공 (이학학사)
- 2009년 11월 ~ 현재 : (주)바이오에프디엔씨 근무

<관심분야>

화학

박 미 례(Mirye Park)

[정회원]



- 2010년 2월 : 동아대학교 생명과학전공 (이학학사)
- 2011년 10월 ~ 2012년 8월 : 한국해양연구원 남해특성연구부 인턴연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 한국과학기술연합대학원 대학교 석·박사 통합과정 재학

<관심분야>

해양환경독성학, 해양분자생물학

송 미 영(Miyoung Song)

[정회원]



- 2008년 2월 : 건국대학교 화학전공 (이학학사)
- 2012년 8월 : 건국대학교 일반대학원 의생명과학전공 (이학석사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : (주)바이오에프디엔씨 근무

<관심분야>

생명과학, 화학

이 택 건(Taek-Kyun Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 성균관대학교 생물학 (이학석사)
- 1998년 2월 : 성균관대학교 식물분자생리학 (이학박사)
- 1998년 9월 ~ 2000년 8월 : 한국해양연구원 연수연구원
- 2000년 9월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 책임연구원

<관심분야>

환경분자생리학, 해양환경독성학