

## 형질전환 미세조류의 고주파 처리 배양을 통한 MAA 생산량 증가

서효현<sup>1</sup>, 송미영<sup>1</sup>, 아툴 쿨카르니<sup>1</sup>, 서승석<sup>2</sup>, 이택권<sup>2</sup>, 모상현<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>바이오프로디엔씨 안티에이징연구소, <sup>2</sup>한국해양과학기술원 남해특성연구부

## Production Yield Enhancement of Mycosporine-like amino acid(MAA)s in Transformed Microalgae Culture by Radiofrequency

Hyo Hyun Seo<sup>1</sup>, Mi Young Song<sup>1</sup>, Atul Kulkarni<sup>1</sup>, Sung-Suk Suh<sup>2</sup>,  
Taek-Kyun Lee<sup>2</sup>, Sang Hyun Moh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Anti-aging Research Institute of BIO-FD&C Co.,Ltd.

<sup>2</sup>South Sea Environment Research Department, Korea Institute of Ocean Science & Technology

**요약** Mycosporine-like 아미노산(MAAs)은 UV 흡수물질이며, 다양한 해양생물들은 MAAs의 합성과 축적을 통하여 환경 자외선의 직·간접적인 영향을 감소시키는 기능을 진화시켜 왔다. 이 연구에서는 미세조류, *Chlamydomonas hedleyi*에 포도당 전달 단백질인 Glucose transporter 1(Glut-1) 유전자를 pCAM1303 벡터에 도입한 형질전환체를 제작하여, 형질전환체의 바이오매스를 최대로 증가시킬 수 있는 최적의 Glucose 농도와 NH<sub>4</sub>Cl 농도를 결정하고, 고주파(Radiofrequency) 발생장치를 활용한 바이오매스 증가와 함께 MAA를 대량 생산할 수 있는 배양 조건을 확립하였다. 연구결과 고주파 처리를 통한 형질전환 미세조류는 4.13 mg/L(MAAs/DCW)으로 3.23 mg/L(MAAs/DCW)의 고주파 처리 없이 배양한 형질전환체보다 효율이 증가하였다. 이러한 결과는 자외선 A 흡수물질을 인위적으로 증폭시킬 수 있어서, 대량배양한 후 MAAs물질을 분리 및 정제하여 피부자극성이 없는 친환경적인 자외선 차단 화장품 산업화에 크게 기여할 수 있음을 의미한다.

**Abstract** In sea water, microalgae are exposed to a range of critical environmental conditions. Microalgae are protected from UV-A radiation due to the presence of mycosporine like amino acids(MAAs). Owing to the UV-A absorption properties of MAAs, they are used widely as a UV protecting ingredient in cosmetics. Therefore, there is a need to increase the production yield of MAAs. This study investigated the production yield of MAAs in transformed microalgae by radiofrequency(RF) exposure. Initially, the Glut-1 gene was transformed to *Chlamydomonas hedleyi* microalgae as a glucose transporter. The biomass was enhanced after Glut-1 gene transformation. In addition, the MAAs production yield was increased during large scale production in bioreactors due to the RF treatment. Therefore, purified extracts of MAAs can be used as a sun block material in the cosmetic industrial field.

**Key Words** : *Chlamydomonas hedleyi*, Mycosporine-like amino acids, Glucose transporter, Radiofrequency

### 1. 서론

자외선은 직접적으로 DNA와 단백질의 변형을 유도하고, 간접적으로 활성산소를 생산하여 세포손상을 유도

하는 태양광선이다[1,2]. 자외선은 생리적 및 생화학적 과정에 영향을 미쳐 생물의 생존, 성장, 색소화, 광합성, 질소대사, 색소단백질 조성 및 이산화탄소 흡수 등에 영향을 미친다[3-5]. 많은 광합성 생물은 가시광선 및 자외선

“이 논문은 2013년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(Metabolic engineering 및 algae culture technology를 이용한 미세조류 내 자외선 흡수물질의 분리 및 산업화)”

\*Corresponding Author : Sang Hyun Moh(Anti-aging Research Institute of BIO-FD&C Co., LTD)

Tel: +82-32-811-2027 email: [shmoh@biofdnc.com](mailto:shmoh@biofdnc.com)

Received April 28, 2014

Revised (1st June 2, 2014, 2nd June 5, 2014)

Accepted June 12, 2014

에 자동적으로 노출되므로 자외선의 손상효과를 극복할 수 있는 기작을 진화시켜왔다[6]. 이러한 기작에는 자외선에 의해 유도되는 DNA 손상의 회복, 카로티노이드 축적, 해독효소, 라디칼 소거 및 항산화제 및 자외선 흡수/차단 화합물의 합성 등을 포함한다[7,8].

자외선 차단용 화장품 소재는 유기계 자외선 흡수제 (Organic UV Filter)와 무기계 자외선 산란제 (Physical UV Filter)로 나누어진다. 유기계 자외선 흡수제의 경우, 대부분이 화학적 합성으로 제조되어 화장품에 적용 시 투명한 발림성, 가벼운 사용감을 구현하는 데 적합하나, 피부자극성 및 다른 화장품과 혼합 시 난용해성, 킬레이트 형성에 의한 착색, 광분해로 인한 역가 저하 등의 여러 가지 문제점을 나타낸다. 또한, 무기계 자외선 산란제의 경우, 대표적으로 TiO<sub>2</sub>와 ZnO를 들 수 있는데, 유기계 자외선 차단제가 가지고 있는 피부자극성, 경시변화에 의한 자외선 차단효과 저하, 광분해 등의 문제점이 없는 안정한 물질이라는 장점은 있으나, TiO<sub>2</sub>나 ZnO가 가지는 고유의 굴절율로 인한 백탁 현상이 가장 큰 단점으로 나타난다.

따라서, 기존의 유기 혹은 무기 자외선 차단소재들은 화장품 제형 내에서 일정량 이상 포함 시 안정성이 떨어진다거나 피부트러블이 생기는 등 다양한 문제를 안고 있어서, 자외선으로부터 피부를 보호하는 자외선 차단화장품의 경우, 자외선 차단 역할을 할 수 있는 소재가 자연친화적이며 친환경적인 피부 적합도가 높으면서 소비자의 감성을 자극시킬 수 있는 보다 다양한 형태의 소재 개발이 필요한 실정이다.

따라서, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 천연의 자외선 차단물질로 알려진 것은 마이코스포린 유사 아미노산 (Mycosporine-like Amino Acids; MAAs)이다. MAAs는 남조류, 균류, 미세조류 및 해조류 등 대부분의 광합성 식물에서 합성되는 자외선 흡수물질이다[9-10]. 약 20여종의 MAAs가 존재하는 것으로 알려져 있으며, 310 ~ 360 nm 파장영역에서 강한 흡수를 보이는 특성을 지니고 있다[11].

MAAs는 생물의 Ultraviolet(UV)에 대한 광보호[1], 삼투압 조절[12] 및 산화적 스트레스에 대한 방어[13] 등 많은 생물학적 과정에 참여하며, *in vivo*에서 UV에 의해 유도되는 피부손상을 막는 기능[14]은 피부 관리와 화장품 소재로 사용된다[15]. Cyclohexanone이나 cyclohexenimine 발색단이 아미노산의 치환기와 결합하고 있는 구조를 지

닌 것으로 밝혀졌다[16]. 마이코스포린 유사아미노산은 고등식물, 조류, 박테리아, 균류 등의 경우 체내에서 shikimic acid 합성 경로를 통하여 생합성 되는 반면, 동물의 경우 조류와의 공생관계 혹은 섭식에 의하여 외부로부터 공급되는 것으로 알려져 있다[17-19].

따라서, 미세조류 *Chlamydomonas hedleyi* 에 포도당 전달(Glucose transporter) 유전자인 Glut-1을 도입한 형질전환체를 이용하여 최대의 바이오매스로 증가시킬 수 있는 Glucose 및 NH<sub>4</sub>Cl 농도를 확립한 후, 고주파발생장치를 활용한 생산비가 절감된 MAAs 대량생산방법으로 자연친화적이며 친환경적인 피부자극을 보이지 않는 자외선 차단 화장품 원료 소재로 산업화에 이용하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 균주 및 배지

본 연구에서 사용된 미세조류는 해양 서식 녹조식물문 녹조강 불복스목 불복스과인 *Chlamydomonas hedleyi*이다. 9.4±1.9 μm의 크기를 가진 구형의 형태로 인천대학교 자연과학대학 해양학과로부터 분양받아 사용하였다. 사용된 배지는 121°C에서 15 min간 멸균, 냉각 후 사용하였고, 배지의 조성(g/L)은 다음과 같다. K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.108; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.056; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0.1; CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 0.05; C<sub>4</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>3</sub>, 2.422; C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, 0.05; BO<sub>3</sub>H<sub>3</sub>, 0.0114; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0.022; MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 0.00506; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0.00499; CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.00161; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 0.00167; MO<sub>7</sub>O<sub>24</sub>(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O, 0.0011; Glucose 2~10g, 100~400 μM NH<sub>4</sub>Cl

### 2.2 형질전환

*E.coli*에서 binary vector(pCambia1302)를 증식한 후 Glut-1 유전자를 binary vector에 restriction enzymes, Bgl II와 BstE II를 이용하여 cloning 하였다. Glut-1 유전자가 들어가 있는 Binary vector를 *E.Coli*에서 증폭한 후 *Agrobacterium tumefaciens* strain LBA4404에 형질전환 하였다. Hygromycin을 사용하여 selection하였다.

### 2.3 배양조건

Glut-1 유전자가 도입된 형질전환체 균주는 Pyrex

glass (650 mm height, 35 mm internal diameter)로 제작된 5L jar fermenter (주)씨엔에스, Model명; Marado-PDA)에서 배양되었다. 배양 조건은 필터 된 멸균된 공기가 공급되면서 23°C에서, pH 7.0~7.4범위로 130 rpm으로 교반되면서 30 일간 배양되었다. Filtration(필터)는 fermenter 아래에 있는 air sparger를 통하여 공기 공급량(flow rate) 1.0 v/v으로 glass fiber를 통해 공급되었다. 주입되는 기체는 0.2  $\mu\text{m}$ 의 필터를 통과시켜 기체에 포함된 오염균을 배제시켰다.

## 2.4 Radiofrequency(RF) 처리

상기 배양조건을 이용하여 초기접종 세포수  $10^6$  cell/ml로 RF발생장치가 연결된 5 L 생물반응기에 형질전환체 균주를 접종하여 배양하였다. 배양 10 일째에 RF 발생장치 intensity 20 J/cm<sup>2</sup>, Current 0.02 A로 조절하여 노출되도록 하였다. RF는 15 분 노출, 45 분 휴식을 번갈아가며 6 회/일 간격으로 3 일간 처리하였다.

## 2.5 균체량 분석

균체량은 UV/Vis 분광기 (Multiskan GO Microplate Spectrophotometer, Thermo Scientific Ltd, USA)를 이용하여 520 nm에서 측정된 흡광도 (Optical density, O.D.)를 통하여 간접적으로 관찰하였다. 흡광도와 세포의 건조 질량과는 직선적인 비례관계가 성립하였으며 건조 균체량(Dry Cell Weight, DCW)의 상관관계식을 이용하여 계산하였다. 건조 균체량은 미리 건조기에서 건조하여 여과종이를 이용해 여과된 균체를 105°C로 조절된 건조기에서 3 시간동안 건조시킨 후 얻어진 건조무게로부터 건조 균체량을 계산하여 O.D.값과의 상관관계식을 산출하였다.

## 2.6 MAAs 추출 및 분석 조건

Glut-1 유전자가 형질전환 된 *Chedleyi* 10 mg을 45°C water bath에서 1ml의 20% 메탄올을 넣고 2 시간동안 반응시킨 후, 원심분리하여 상층액만을 취하여 동결건조한 뒤, 다시 100% 메탄올로 녹인 뒤 HPLC system (Waters 600)으로 330 nm에서 분석하였다. 표준품을 HPLC로 분석한 뒤 정량곡선을 그리고, 피크면적에 따른 넓이로 값을 환산하여 MAAs 양을 환산하였다.

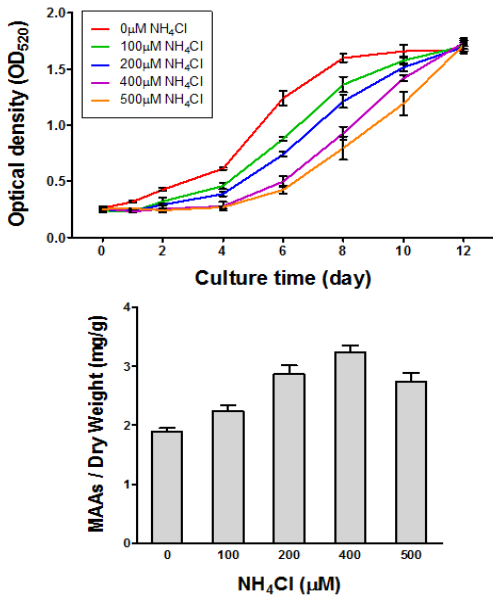
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Glucose 농도에 따른 생장곡선 및 Biomass 영향

Glut-1 유전자가 도입된 *Chlamydomonas hedleyi* 형질전환체의 glucose 농도에 따른 세포성장 양상 및 biomass를 알아보기 위해 암상태, 배양온도 23°C로, Glucose 5, 10, 15, 20, 25 (g/L) 함량을 확립하여 30일 동안 배양하였으며, 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 세포성장 확인은 UV/Vis 분광기로 1일 간격으로 12 일간 O.D. 값을 측정하였다. Glucose 함량이 15 g/L일 때 가장 좋은 세포의 성장을 확인할 수 있었고 가장 높은 DCW 3.13 g/L을 확인하였다. 10 g/L, 5 g/L의 glucose 함량에서도 세포성장은 확인할 수 있었고, DCW 각각 2.26 g/L, 1.4 g/L를 확인하였다. 반면, 20 g/L 및 25 g/L glucose 함량에서는 세포성장도 미비하였고, 0.79 g/L, 0.42 g/L의 DCW를 확인하였다. 이 결과를 토대로, 이후의 실험은 glucose 함량은 15 g/L으로 진행하였다.

### 3.2 NH<sub>4</sub>Cl 농도에 따른 생장곡선 및 Biomass 영향

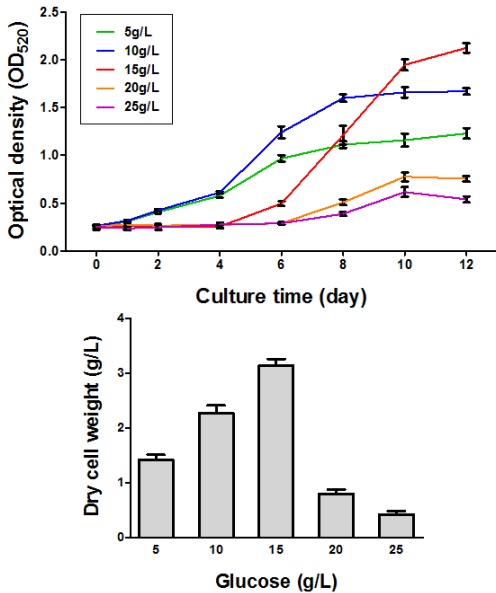
Glut-1 유전자가 도입된 *Chlamydomonas hedleyi* 형질전환체의 NH<sub>4</sub>Cl 농도에 따른 세포성장 양상 및 biomass를 알아보기 위해 암상태, 배양온도 23°C로, NH<sub>4</sub>Cl 농도를 0, 100, 200, 400, 500 ( $\mu\text{M}$ ) 함량을 확립하여 30일 동안 배양하였으며, 그 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 세포성장 확인은 UV/Vis 분광기로 1일 간격으로 12 일간 O.D. 값을 측정하였다. NH<sub>4</sub>Cl 농도에 따라 세포성장이 달라짐을 확인하였고, 0, 100, 200 $\mu\text{M}$  NH<sub>4</sub>Cl 처리에 의해서 각각 MAAs 1.89, 2.24, 2.86 mg/g·DCW 증가됨을 확인하였고, 400 $\mu\text{M}$  NH<sub>4</sub>Cl 농도에서 가장 높은 MAAs 3.23 mg/g·DCW 함량을 확인하였다. 반면, 500 $\mu\text{M}$  NH<sub>4</sub>Cl 농도에서 MAAs 2.73mg/g·DCW 감소됨을 확인할 수 있었다. 이 결과를 토대로, 이후의 실험은 400 $\mu\text{M}$  NH<sub>4</sub>Cl 농도로 진행하였다.



[Fig. 1] Influence of glucose on the growth and biomass of *C.hedleyi* transformants

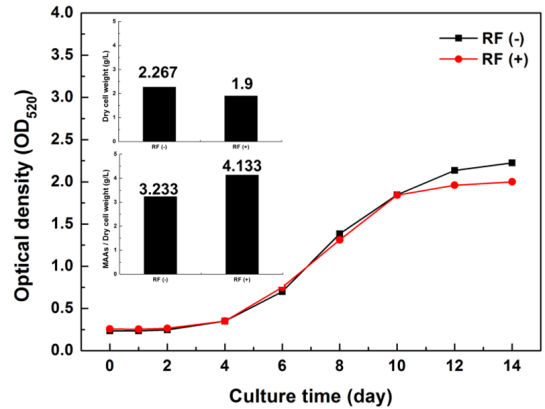
### 3.3 Radiofrequency 처리에 따른 생장곡선 및 Biomass 영향

Glut-1 유전자가 도입된 *Chlamydomonas hedleyi* 형



[Fig. 2] Influence of NH<sub>4</sub>Cl on the growth and biomass of *C.hedleyi* transformants

질전환체의 glucose 15g/L, 400 μM NH<sub>4</sub>Cl 농도, 암상태, 배양온도 23°C를 확립하고, RF 처리에 따른 생장곡선 및 biomass를 확인하였다. 배양 10일째 RF를 처리하여 생장곡선 및 biomass함량을 측정하였고, 그 결과는 Figure 3에 나타내었다. RF를 처리하였을 경우의 DCW는 1.90g/L, RF를 처리하지 않았을 경우의 DCW 2.26g/L보여 RF를 처리하였을 경우, 세포성장이가 줄어들음을 확인하였고, 각각의 MAA 함량 4.13, 3.23mg/g·DCW 확인하여 RF를 처리하였을 경우 MAA함량이 증가됨을 확인하였다.



[Fig. 3] Effect of radiofrequency on optical density @ 520 nm of culture medium with MAA with and without radiofrequency(RF) treatment (Inset dry cell weight without MAAs and dry cell weight with MAAs)

## 4. 결론

본 연구에서는 미세조류 *Chlamydomonas hedleyi* 에 Glucose transporter 유전자인 Glut-1을 도입한 형질전환체를 활용하여 최적의 Glucose 농도, NH<sub>4</sub>Cl 농도를 확립한 후, RF 발생 장치가 결합된 생물반응기내에서 배양하며 고주파 처리를 통한 자외선 A흡수물질로 알려진 MAA 생산량을 증가를 확인하였다. Glucose 함량이 15g/L일 때 가장 좋은 세포의 성장과 가장 높은 DCW 3.13 g/L을 확인하였고, 400μM NH<sub>4</sub>Cl 농도에서 가장 높은 MAAs 3.23mg/g· DCW 함량을 확인하였다. 또한, RF를 처리하였을 경우 MAA 함량 4.13 mg/g·DCW 확인하여 DCW함량은 줄어들더라도 MAA함량은 증가됨을 확인하였다.

따라서, Glut-1 유전자가 형질전환된 미세조류

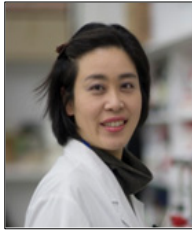
*Chlamydomonas hedleyi*에서 310 ~360nm 파장영역에서 강한 흡수를 보이는 MAAs를 증가시켜 분리정제하여 유기체 자외선 흡수제의 피부자극성 및 난용해성, 킬레이트 형성에 의한 착색, 광분해로 인한 역가 저하 등의 여러 가지 문제점과 대표적 무기체 자외선 산란제인 TiO<sub>2</sub>와 ZnO의 백탁 현상을 극복할 수 있는 자연친화적이며 친환경적인 피부 적합도가 높아 자극이 없는 자외선 차단 화장품 산업화에 크게 기여할 수 있음을 의미한다.

## References

- [1] 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>
- [2] 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](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-4505-3_1)
- [3] 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>
- [4] 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>
- [5] 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>
- [6] 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>
- [7] 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>
- [8] 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.
- [9] 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>
- [10] 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>
- [11] 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>
- [12] 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>
- [13] 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>
- [14] F. de la Coba, J. Aguilera, F. L. Figueroa, M. V. de Gálvez 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>
- [15] 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>
- [16] Dunlap WC, GA Rae, EW Helbling, VE Villafane and OHolm-Hanse. "UV-absorbing compounds in natural assemblages of Antarctic phytoplankton". *Antact. J.U.S.* 30:323-326, 1995.
- [17] Favre-Bonvin J, J Bernillon, N Salin and N Arpin. "Biosynthesis of mycosporine: mycosporine glutaminol in *Trichothecium roseum*". *Phytochemistry*. 26, 2509-2514, 1987.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)83866-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83866-2)
- [18] Banaszak AT and RK Trench. "Effects of ultraviolet(UV) radiation on microalgae-invertebrate symbiosis". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 194, 233-250, 1995.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00072-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(95)00072-0)

- [19] Carefoot TH, M Harris, BE Taylor, D Donovan and DKarentz. "Mycosporine-like amino acids: possible protection in eggs of the sea hare *Aplysia dactylomela*". Mar. Biol. 130, 389-396, 1998.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s002270050259>

**서 효 현(Hyo Hyun Seo)** [정회원]



- 1999년 12월 ~ 2007년 3월 : (주) 금호석유화학 금호생명환경과학연구소 선임 연구원
- 2004년 8월 : 광주과학기술원 생명과학과 (이학석사)
- 2007년 6월 ~ 현재 : (주)바이오에프디엔씨 책임연구원

<관심분야>  
생명과학

**송 미 영(Miyoung Song)** [정회원]



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

<관심분야>  
생명과학, 화학

**아틀 쿨카르니(Atul Kulkarni)** [정회원]



- 1995년 6월 : 인도 푸네대학교 기계과학과 (이학석사)
- 2006년 1월 : 인도 푸네대학교 물리학과 (이학박사)
- 2006년 1월 ~ 2012년 1월 : 성균관대학교 (연구교수)
- 2013년 5월 ~ 현재 : (주)바이오에프디엔씨 수석연구원

<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

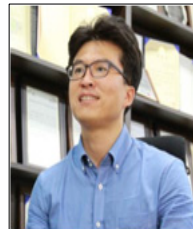
**이 택 건(Taek-Kyun Lee)** [정회원]



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

<관심분야>  
환경분자생리학, 해양환경독성학

**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