

Comparative Study on the Effects of Six Species of Microalgae Extracts on Hair Loss Prevention and Scalp Improvement

Min-Hwa Jung¹, Su-Seon Lee², Hyeon-Ah Kim² and Hye-Jung Hwang^{3*}

¹Department of Hair Design, Daedong College, Busan 46270, Korea

²Summarine Biotech Co. Ltd., Jinju, Gyeongnam 52839, Korea

³Department of Food and Nutrition, Dongbusan College, 60 Unbong-gil, Haeundae-gu, Busan 48000, Korea

Received October 24, 2017 / Revised December 11, 2017 / Accepted January 31, 2018

This study examines the role of six species of microalgae, including *Phaeodactylum tricornutum* (PT), *Chaetoceros gracilis* (CG), *Nanochloris oculata* (NO), *Pavlova lutheri* (PL), *Chlorella ellipsoidae* (CE), and *Scenedesmus obliquus* (SO), on hair loss prevention and scalp improvement. To determine the effects of microalgae extracts on hair loss prevention and scalp improvement, antioxidant activity, cell proliferation in HaCaT cells and HFDPC cells, and the inhibition level of 5-alpha reductase activity were examined. In the study of antioxidant activity, the EC₅₀ values of DPPH anti-radical activities indicated that the SO, CG, and ST9 treatment groups demonstrate significant antioxidant activity. In the study of the hydroxyl radical scavenging activity, CG (6.6~42.1%), ST9 (26.0~44.0%), and SO (7.8~44.3%) demonstrated significant effects. Furthermore, SO promoted the proliferation of HaCaT cells and a human epidermal cell line during a 6-day treatment. In the study of the proliferation of HFDPC cells, a hair follicle dermal papilla cell line, CG, and SO significantly stimulated cell proliferation. Finally, PT, CG, and SO significantly inhibited 5-alpha reductase activity. These results suggest that among the six microalgae used in this study, CG and SO have antioxidant effects, induce cell proliferation, inhibit 5-alpha reductase activity, and can be used for hair loss prevention and scalp improvement.

Key words : 5-alpha reductase, antioxidant, hair loss, microalgae, scalp improvement

서론

탈모는 유전적 원인 외에도 잘못된 식습관, 스트레스, 음주 등의 환경적 원인에 의한 후천적 탈모가 증가하고 여성들의 탈모현상의 발생과 더불어 20대 젊은 층에서도 탈모가 새로운 고민거리가 되었다[15]. 현재 개발된 탈모관련 약물중 FDA에서 인정한 약물은 미녹시딜, 프로페시아 2가지가 있다. 미녹시딜은 모낭의 성장주기중 성장단계를 늘려줌으로써 모발성장을 촉진시키는 물질로 12~18개월 정도 꾸준히 사용했을 때 최대 효과를 보인다[13, 16]. Merck사에서 개발된 프로페시아는 경구용 탈모치료제로 5-alpha reductase의 활성을 저해함으로써 탈모를 치료하는 원리로, 여성에게는 사용할 수 없으며 정력감퇴 등의 부작용과 간기능 이상이 있는 사람은 피해야 하는 단점이 있다[9].

지금까지 미세조류는 특유의 번식력으로 인해 양식장의 어

폐류 폐사, 음용수의 미취미 발생, 등의 원인 물질로 그 가치를 인정받지 못하였다. 그러나, 지구 환경변화 및 화석연료의 고갈, 식량확보, 등의 전 지구적 위기상황에서 그 대안으로 떠오르고 있는 것 중의 하나가 미세조류이다. 이미 미국, 일본 등 해외의 선진국들에서는 해양바이오산업의 적극적인 투자로 미세조류에 대한 연구가 활발히 진행된 반면[1-3], 현재 국내 미세조류 개발은 선진국에 비해 초보적인 기초기술 개발 단계로 빠른 기술선점이 필요하다. 미세조류 산업의 등장은 화석연료에 의한 산업혁명 시대의 종말을 고함과 동시에 저탄소 녹색 산업혁명시대의 서막이 열리는 신호탄이라고 해도 과언이 아니다. 이산화탄소 과잉배출로 인한 지구의 온난화와 기상이제, 화장품 원료 등의 의약품과 기능성 물질로 다양하게 활용될 가능성이 속속 밝혀져, 이에 대한 연구 및 산업화가 절실하다[4, 6]. 본 연구에 사용된 6종의 미세조류는 주로 굴이나 해삼 양식에 사용되며 연구소나 학교, 기업 등에서 다량으로 배양되고 있는 종들로, 연구 또는 제품 개발 시 다량 배양이나 원료 수급에 문제가 없을 것으로 여겨진다.

따라서, 본 연구에서는 탈모 현상을 예방 및 치료하기 위한 방안으로 미세조류 추출물의 탈모 예방 및 두피개선효과를 향상화 활성, 인간피세포 및 모유두세포 증식에 미치는 영향, 5-alpha reductase 활성저해효과 등을 통해 살펴 보았다.

*Corresponding author

Tel : +82-51-540-3854, Fax : +82-51-540-3637

E-mail : hj7hj@hanmail.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재료 및 방법

시료 준비

국립수산과학원으로부터 제공받은 6종의 미세조류 [*Phaeodacylum tricornutum* (KMCC B-14): PT, *Chaetoceros gracilis* (KMCC B-52): CG, *Nanochloris oculata* (KMCC C-31): NO, *Pavlova lutheri* (KMCC H-6): PL, *Chlorella ellipsoidae* (KMCC C-20): CE, and *Scenedemus obliquus* (ATCC11457): SO]는 23±1°C, 조도 400Watt metal halide lamp하에 원형 아크릴 수조에서 Conwy배지로 정치배양하였다. 배양한 미세조류는 3,000 rpm, 15분간 원심분리하여 회수한 후, 5배 용량의 70% 에탄올 용액에 넣고 40°C, 3시간 동안 shaking하면서 추출하였다. 추출한 여과액은 농축 후 시료로 사용하였다. 항산화 및 세포실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MI, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 추출 용매 및 그 외 시약은 일급 또는 특급 시약을 사용하였다.

DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능은 Park 등의 방법[10]에 따라 측정하였다. 즉, 시험관에 시료용액 500 µl, 에탄올 500 µl, 0.5mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)/ethanol 용액 500 µl를 첨가하여 실온에서 30분간 방치한 후, 517 nm에서 흡광도 (Perkin Elmer 1420, VICTOR™ Multilabel Plate Readers, Waltham, MA, USA)를 측정하였다. 대조구로는 시료대신 탈이온수를 사용하였다.

Hydroxyl radical 소거능

Fenton반응에 따라 시료 10 µl, 50 mM potassium phosphate (pH7.4) 130 µl, 10 mM FeSO₄ 540 µl, 1.35 mM H₂O₂ 20 ml를 섞은 혼합액 190 µl를 37°C 5분간 반응시킨 다음 100 배 희석한 DCFH용액 50 µl를 첨가한다. DCFH용액이 OH와 반응하여 20분간 생성된 형광변화를 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 530 nm에서 측정하였다.

인간표피세포 증식에 미치는 영향

부경대학교 생물화학실에서 제공받은 인간표피세포주인 HaCaT 세포를 37°C, 습도 95%, CO₂ 5%로 조절된 CO₂ incubator에서 10% FBS가 함유된 DMEM LOW배지로 배양하였다. 96 well plate에 5×10⁴ cells/well 농도로 계대배양하고 24시간 후 0.1, 1, 10, 100 µg/ml농도 시료를 첨가한 배지로 24시간 배양하였다.

세포 독성과 증식능을 측정하기 위해 MTS 시약을 사용하여 microplate reader (Molecular Devices, VersaMax ELISA Microplate Reader, USA)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

모유두세포 증식에 미치는 영향

모유두세포인 HDFPC세포(PromoCell, Heidelberg, Germany)를 37°C, 습도 95%, CO₂ 5%로 조절된 CO₂ incubator에서 10% FBS가 함유된 Folicle dermal papilla cell growth medium으로 배양하였다. 96 well plate에 1×10⁴ cells/well 농도로 계대배양하고 24시간 후 0.1, 1, 10, 100 µg/ml농도 시료를 첨가한 배지로 24시간 배양하였다.

세포 독성과 증식능을 측정하기 위해 CellTiter 96(R) AQueous One Solution Cell Proliferation Assay 키트(Promega, Madison, WI, USA) 시약을 사용하여 microplate reader (Molecular Devices, VersaMax ELISA Microplate Reader, USA)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5-alpha reductase 활성 저해능

SD rat의 간과 4배 중량의 48 uM EDTA·2Na·5.02 mM MgCl₂·6H₂O·131.5 mM Sucrose-2.57 mM 2-mercaptoethanol-50 mM NaCl-1 mM Tris-HCl (pH7.0)을 섞어 균질화한 다음 0°C 10분간 10,000x g로 원심분리한다. 상층액을 채취하여 0°C 1시간 동안 30,000x g로 원심분리한다. 중간층액을 BCA법으로 단백질을 측정하고 5.0 mg/ml농도씩 -50°C에서 보관하였다.

5-alpha reductase활성 저해능은 Wu JH 등[18]의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 rat microsomal suspension 20 µl, 시료 1 µl, 33 uM Testosterone 20 ml, 1mM Tris HCl (pH7.0) 139 µl, 33 uM NADPH 20 µl를 혼합한 뒤 37°C spectrophotometer로 340 nm에서 0-10분간 흡광도를 측정하여 NADPH 감소율로 효소의 활성 저해능을 계산하였다.

통계분석

실험결과에 대한 통계분석은 일원배치분산분석(SPSS, Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 모든 결과치는 mean ± SD로 표기하였으며, p<0.05로 유의성을 검증하였다.

결 과

항산화활성

미세조류 추출물의 항산화 활성을 측정하기 위해 DPPH radical 소거능과 OH radical소거능을 측정하였다. 먼저 DPPH radical 소거능 측정을 위해 동결건조한 시료를 DMSO에 농도 별로 녹인 후 시료용액 3 ml에 0.4 mM DPPH용액 1 ml를 가하고 30분간 실온에서 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능 측정 결과, PT의 EC₅₀값은 48.8 mg/ml, CG는 7.8 mg/ml, ST9은 16.6 mg/ml, CE는 25.0 mg/ml, SO는 3.5 mg/ml로 SO, CG, ST9, CE순으로 DPPH radical소거활성을 나타내었다(Table 1).

OH radical 소거활성은 각 농도구간에서 PT는 0~37.5%,

Table 1. The EC50 value of DPPH anti-radical activity of microalgae extracts

| Sample | EC ₅₀ , mg/ml |
|---------------|--------------------------|
| Ascorbic acid | 0.04 |
| PT | 48.8 |
| CG | 7.8 |
| NO | - |
| PL | - |
| CE | 25.0 |
| SO | 3.5 |

PT : *Phaeodactylum tricornutum*, CG : *Chaetoceros gracilis*, NO : *Nanochloris oculata*, PL : *Pavlova lutheri*, CE : *Chlorella ellipsoidea*, SO : *Scenedesmus obliquus*

Table 2. Effect of microalgae extracts on ·OH scavenging activity

| Sample concentration (ug/ml) | ·OH scavenging activity (%) | |
|------------------------------|-----------------------------|------------|
| Ascorbic acid | 0.01 | 31.4±16.9 |
| | 0.05 | 37.4±5.2 |
| | 0.1 | 38.0±9.9 |
| | 0.5 | 60.6±14.5* |
| | 1 | 76.1±18.7* |
| PT | 0.01 | - |
| | 0.05 | 24.5±1.9* |
| | 0.1 | 27.1±7.9* |
| | 0.5 | 28.9±6.3* |
| | 1 | 37.5±10.5* |
| CG | 0.01 | 6.6±3.3 |
| | 0.05 | 16.8±7.2 |
| | 0.1 | 36.9±2.7* |
| | 0.5 | 39.7±11.1* |
| | 1 | 42.1±8.6* |
| NO | 0.01 | 8.6±4.0 |
| | 0.05 | 9.7±4.4 |
| | 0.1 | 15.0±1.7 |
| | 0.5 | 16.2±0.5 |
| | 1 | 26.3±4.7 |
| PL | 0.01 | 9.1±8.7 |
| | 0.05 | 14.5±3.7 |
| | 0.1 | 14.7±10.3 |
| | 0.5 | 20.0±15.6 |
| | 1 | 20.7±5.3 |
| CE | 0.01 | 9.7±20.2 |
| | 0.05 | 32.0±5.9 |
| | 0.1 | 32.5±1.3* |
| | 0.5 | 40.3±4.4* |
| | 1 | 43.0±17.0* |
| SO | 0.01 | 7.8±27.7 |
| | 0.05 | 21.9±24.2 |
| | 0.1 | 27.9±21.7 |
| | 0.5 | 34.4±17.3* |
| | 1 | 44.3±6.9* |

PT : *Phaeodactylum tricornutum*, CG : *Chaetoceros gracilis*, NO : *Nanochloris oculata*, PL : *Pavlova lutheri*, CE : *Chlorella ellipsoidea*, SO : *Scenedesmus obliquus*. The data represent the means ± SD of three replicates. *, p<0.05 compared to control.

CG는 6.6~42.1%, NO는 8.3~26.3%, PL은 9.1~20.7%, CE는 9.7~43.0%, 마지막으로 SO는 7.8~44.3%로 나타나, CG와 SO처리군에서 높은 소거능을 확인하였다(Table 2).

인간표피세포 증식에 미치는 영향

인간표피세포주인 HaCaT세포에 대한 미세조류추출물의 세포증식에 미치는 영향을 측정하였다. 세포독성 실험에서 총 3종의 시료(CG, NO, SO)에서 증식효과가 나타났으므로(data not shown), 이들 4종의 미세조류 추출물을 총 6일간 0.01, 0.1, 1, 10 ug/ml농도로 처리한 후 그 결과를 살펴보았다. 4종의 시료 중 CG와 SO처리군에서 6일동안 농도·시간의존적으로 세포증식을 유도함을 제시하였다(Table 3).

모유두세포 증식에 미치는 영향

모유두세포인 HDFPC세포를 미세조류추출물을 24시간 처리하여 세포독성을 살펴본 결과(data not shown), CG와 SO추출물이 독성이 없으므로 나타났으므로, 이들 시료들을 0.1, 1, 10 ug/ml 농도로 총 5일간 처리한 후 세포증식에 미치는 영향을 살펴 보았다. 그 결과 CG와 SO처리군 모두에서 세포증식을 촉진시키는 것으로 나타났으며, 특히 SO의 경우 1 ug/ml농도에서 30% 세포증식촉진효과를 나타내었다(Table 4).

5-alpha reductase 저해능

탈모의 원인 중 하나로 남성호르몬인 testosterone은 모포에서 5-alpha reductase에 의해 활성이 높은 5-alpha dihydrotestosterone (DHT)으로 변환된다. 현재 이 물질의 작용이 탈모를 유발하는 인자로 알려져 있다. 본 연구에서는 5-alpha reductase가 다량 함유되어 있는 흰쥐의 간조직을 이용하여 DHT를 생성하는 5-alpha reductase발현정도를 측정함으로써 미세조류 추출물의 5-alpha reductase 저해능을 측정하였다.

앞서 인간표피세포주인 HaCaT세포에 대해 세포증식효과가 있었던 3종의 미세조류 추출물(CG, NO, SO)을 1, 10, 100 ng/ml 농도로 처리한 결과, 3종의 시료 모두에서 농도의존적으로 5-alpha reductase 저해능을 나타내었다(Table 5).

고 찰

우리나라 탈모 인구는 9백만 명에 이른다고 한다. 국내 탈모 인구의 증가로 탈모시장은 급팽창하고 있으며 이를 예방 및 치료하기 위해 국내외에서 많은 연구들이 진행되고 있다. 하수오, 당귀, 인삼, 어성초, 로즈마리 등의 한약재 및 허브들이 탈모예방에 효과가 있다고 하였다[5, 7, 8, 11, 19]. 홍 등[19]은 어성초를 포함한 천연복합추출물이 C57BL/6마우스의 털 두께와 무게를 증가시켰으며, IGF-1 (insulin-like growth factor-1)과 VEGF (vascular endothelial growth factor 발현이 증

Table 3. Cell viability of HaCaT cells by treatment of microalgae extracts for 6 days

| Sample concentration (ug/ml) | | Cell growth, % | | |
|------------------------------|------|----------------|------------|-------------|
| | | 1 day | 3 day | 6 day |
| Control | | 100.0±7.1 | 100.0±9.3 | 100.0±8.9 |
| CG | 0.01 | 104.8±9.5 | 115.6±14.7 | 96.5±4.3 |
| | 0.1 | 108.0±11.2 | 103.3±8.9 | 109.3±6.0 |
| | 1 | 109.5±6.9 | 106.7±5.2 | 107.0±1.4 |
| | 10 | 110.7±11.8 | 110.9±4.3 | 160.1±8.8* |
| NO | 0.01 | 119.5±9.1 | 105.4±2.2 | 108.6±7.3 |
| | 0.1 | 126.4±10.2* | 123.1±7.0 | 104.1±4.5 |
| | 1 | 111.9±6.6* | 130.0±8.0* | 111.9±7.1* |
| | 10 | 102.6±2.7 | 196.8±3.6* | 147.1±12.9* |
| SO | 0.01 | 106.7±9.8 | 105.4±2.2 | 121.8±3.0* |
| | 0.1 | 107.1±5.3 | 123.1±7.0 | 121.5±4.2* |
| | 1 | 116.8±15.6 | 130.4±8.0 | 133.5±6.0* |
| | 10 | 117.7±5.3* | 133.1±2.8 | 9.0±16.7 |

CG : *Chaetoceros gracilis*, NO : *Nanochloris oculata*, SO : *Scenedemus obliquus*. The data represent the means ± SD of three replicates. *, p<0.05 compared to control.

Table 4. Cell viability of HDFPC cells by treatment of microalgae extracts for 5 days

| Sample concentration (ug/ml) | | Cell growth, % | | |
|------------------------------|-----|----------------|------------|------------|
| | | 1 day | 3 day | 5 day |
| Control | | 100.0±2.3 | 100.0±3.9 | 100.0±2.8 |
| CG | 0.1 | 108.5±2.3* | 107.1±2.1* | 111.3±9.5 |
| | 1 | 105.8±1.4* | 109.1±2.7* | 116.7±2.8* |
| | 10 | 109.7±3.0* | 105.7±1.9* | 119.7±2.8* |
| SO | 0.1 | 111.7±6.1* | 112.8±2.9* | 130.2±3.8* |
| | 1 | 109.5±4.7* | 121.6±6.5* | 137.0±5.3* |
| | 10 | 108.2±5.6* | 122.7±6.2* | 141.4±8.3* |

CG : *Chaetoceros gracilis*, SO : *Scenedemus obliquus*. The data represent the means ± SD of three replicates. *, p<0.05 compared to control.

가하였다고 하였다. 또한 김 등[7]은 천연추출물이 발모와 두피개선에 효과적이라고 하였다.

본 연구에는 6가지 미세조류의 항산화 활성, 인간표피세포 (HaCaT cell)와 인체 모낭 모유두 세포(HFDPC cell) 증식에 미치는 영향, 5-alpha reductase 활성 저해능으로 탈모예방 및 두피개선 효과를 살펴보았다.

항산화 활성 실험 결과, 6종의 미세조류 중 SO, CG, CE, PT 순으로 항산화 활성이 높은 것으로 나타났다. 그 외에도 ·OH소거능의 경우 SO, CE, CG, PT, NO, PL순으로 항산화 활성이 높게 나타났다. Yadav 등[21]은 후추과 식물인 필발 (*piper longum L.*)추출물이 농도의존적으로 DPPH 소거능이 증가하여 gentamycin에 의한 탈모에 효과가 있다고 하였다. 또한 Patro 등[12]은 탈모, 경련, 설사, 상처치유 등에 효과가 있는 함수초 (*Mimosa pudica Linn.*)가 항산화 활성이 높게 나타났

다고 하였다.

모발은 손톱과 달리 이생 성장을 계속하는 것이 아니라 하나하나의 모발이 독립된 수명이 있고 성장, 탈모, 신생을 반복하는데, 이를 ‘헤어사이클’이라 한다[15]. 모발이 성장하는 성장기에는 모발의 지지대 역할을 하면서 동시에 영양분을 공급하는 모유두 세포를 통해 모발이 성장하게 된다. 이후 무유두에서 모발이 분리되면서 성장이 끝나는 퇴행기, 모낭이 수축하면서 모발이 빠지는 휴지기가 진행되는 것이다. Purba 등 [15]은 인체 모낭 모유두 세포(hair follicle dermal papilla cell : HFDPC cell)와 인간표피세포(human epidermal keratinocyte : HaCaT cell)의 증식을 촉진시킴으로써 모발 성장을 촉진시킨다고 하였다. 본 연구의 인간표피 세포 증식 효과에서는 CG, NO, SO 순으로 HaCaT 세포의 증식을 촉진시켰으며, 모유두 세포에서는 SO, CG 순으로 HFDPC 세포 증식을 촉진

Table 5. Activity of microalgae extracts on inhibition of 5-alpha reductase

| Sample | Inhibition, % | |
|------------------------------|---------------|------------|
| Finasteride IC ₅₀ | 87.5 ng/ml | |
| CG | 1 ng/ml | 93.0±16.2 |
| | 10 ng/ml | 89.1±15.3 |
| | 100 ng/ml | 86.6±25.6 |
| NO | 1 ng/ml | 78.3±32.3 |
| | 10 ng/ml | 73.6±20.2* |
| | 100 ng/ml | 65.0±27.1* |
| SO | 1 ng/ml | 96.1±3.2 |
| | 10 ng/ml | 84.6±13.8* |
| | 100 ng/ml | 83.9±5.7* |

CG: *Chaetoceros gracilis*, NO: *Nanochloris oculata*, SO: *Scenedemus obliquus*. The data represent the means±SD of three replicates. *, p<0.05 compared to control.

시키는 것으로 나타났다.

남성호르몬인 testosterone은 모포에서 5-alpha reductase라는 환원효소가 작용하여 5-alpha dihydrotestosterone (DHT)이라는 물질을 생성한다. Testosterone에서 DHT로의 전환은 탈모를 일으키는 최초의 단계라고 생각되며, 5-alpha reductase의 작용을 저해하는 화합물들이 육포제의 약제로 주목되고 있다[14]. 또한 모포상부의 피지선으로부터 피지가 과잉 분비되면 두피 상재균 등에 의해 분해되고, 분해물의 두피 과잉 자극에 의해 지루성 탈모증을 일으키기도 한다[20]. 본 연구에서 사용된 미세조류 추출물 가운데 CG, NO, SO 추출물이 5-alpha reductase 활성을 저해하는 것으로 나타났다.

이상의 결과들을 종합해보면, 연구에 사용된 6종의 미세조류들 중 CG와 SO가 항산화 활성, 인간표피세포와 모유두세포 증식 촉진, 5-alpha reductase 활성 저해능에서 효과적인 것으로 나타났다. 그러므로 이들 미세조류 추출물들이 두피개선 및 탈모예방을 위한 제품개발의 원료로써의 가능성을 증명하였으며, 그 메커니즘을 규명하기 위해 세포수준에서의 신호전달체계에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 중소기업청 창업성장지원사업의 지원을 받아 수행되었으며, 미세조류를 제공해주신 국립수산물과학원 허영백 박사님께 감사 드립니다.

References

1. Chew, K. W., Yap, J. Y., Show, P. L., Suan, N. H., Juan, J. C., Ling, T. C., Lee, D. J. and Chang, J. S. 2017. Microalgae biorefinery: High value products perspectives. *Bioresour. Technol.* **229**, 53-62.

2. Dahms, H. U. and Dobretsov, S. 2017. Antifouling compounds from marine macroalgae. *Mar. Drugs* **15**, pii: E265. doi: 10.3390/md15090265.

3. Guldhe, A., Kumari, S., Ramanna, L., Ramsundar, P., Singh, P., Rawat, I. and Bux, F. 2017. Prospects, recent advancements and challenges of different wastewater streams for microalgal cultivation. *J. Environ. Manage.* **203**, 299-315.

4. Henríquez, V., Escobar, C., Galarza, J. and Gimpel, J. 2016. Carotenoids in microalgae. *Subcell Biochem.* **79**, 219-237.

5. Hong, Y. H., Bae, S. H. and Seo, H. J. 2015. Effect of herbal complex extract including houttuynia cordata thumb on hair growth promotion in C57BL/6 mice. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* **13**, 321-329.

6. Jesus Raposo, M. F., Morais, A. M. and Morais, R. M. 2015. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Mar. Drugs* **13**, 2967-3028.

7. Kim, G. S. 2014. Research trends relevant with hair growth promotion and scalp condition improvement by applying natural extracts. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* **12**, 17-24.

8. Kim, M. H., Choi, Y. Y., Cho, I. H., Hong, J., Kim, S. H. and Yang, W. M. 2014. Angelica sinensis induces hair regrowth via the inhibition of apoptosis signaling. *Am. J. Chin. Med.* **42**, 1021-1034.

9. Moreno-Arrones, O. M., Becerra, A. and Vano-Galvan, S. 2017. Therapeutic experience with oral finasteride for androgenetic alopecia in female-to-male transgender patients. *Clin. Exp. Dermatol.* **42**, 743-748.

10. Park, P. J., Heo, S. J., Park, E. J., Kim, S. K., Byun, H. G., Jeon, B. T. and Jeon, Y. J. 2005. Reactive oxygen scavenging effect of enzymatic extracts from *Sargassum thunbergii*. *J. Agric. Food. Chem.* **53**, 6666-6672.

11. Patel, S., Sharma, V., Chauhan, N. S., Thakur, M. and Dixit, V. K. 2015. Hair growth: focus on herbal therapeutic agent. *Curr. Drug Discov. Technol.* **12**, 21-42.

12. Patro, G., Bhattamisra, S. K., Mohanty, B. K. and Sahoo, H. B. 2016. *In vitro* and *in vivo* antioxidant evaluation and estimation of total phenolic, flavonoidal content of *mimosa pudica* L. *Pharmacognosy Res.* **8**, 22-28.

13. Phillips, T. G., Slomiany, W. P. and Allison, R. 2017. Hair loss: common causes and treatment. *Am. Fam. Physician* **15**, 371-378.

14. Piraccini, B. M. and Alessandrini, A. 2014. Androgenetic alopecia. *G. Ital. Dermatol. Venereol.* **149**, 15-24.

15. Purba, T. S., Brunken, L., Peake, M., Shahmalak, A., Chaves, A., Poblet, E., Ceballos, L., Gandarillas, A. and Paus, R. 2017. Characterisation of cell cycle arrest and terminal differentiation in a maximally proliferative human epithelial tissue: Lessons from the human hair follicle matrix. *Eur. J. Cell Biol.* **96**, 632-641.

16. Shah, K. B., Shah, A. N., Solanki, R. B. and Raval, R. C. 2017. A comparative study of microneedling with platelet-rich plasma plus topical minoxidil (5%) and topical minoxidil (5%) alone in androgenetic alopecia. *Int. J. Trichol.* **9**, 14-18.

17. Talavera-Adame, D., Newman, D. and Newman, N. 2017.

Conventional and novel stem cell based therapies for androgenic alopecia. *Stem Cells Cloning* **31**, 11-19.

18. Wu, J. H. and Sun, Z. Y. 2013. Establishment of an *in vitro* screening model for steroid 5 alpha-reductase inhibitors with the microplate reader. *Zhonghua Nan Ke Xue*. **19**, 483-486.

19. Wu, Q. Y., Wu, X. J., Lu, Z. F. and Zheng, M. 2006. Effects of traditional Chinese herbs on growth of mouse hair follicles and hair bulb cells *in vitro*. *Zhejiang Da Xue Xue Bao*

Yi Xue Ban. **35**, 435-439.

20. Wu, Y., Lin, Y., Liu, H. J., Huang, C. Z., Feng, A. P. and Li, J. W. 2010. Childhood psoriasis: a study of 137 cases from central China. *World J. Pediatr.* **6**, 260-264.

21. Yadav, M. K., Choi, J. and Song, J. J. 2014. Protective effect of hexane and ethanol extract of piper longum L. On gentamicin-induced hair cell loss in neonatal cultures. *Clin. Exp. Otorhinolaryngol.* **7**, 13-18.

초록 : 6종의 미세조류 추출물의 탈모예방 및 두피 개선 효과 비교

정민화¹ · 이수선² · 김현아² · 황혜정^{3*}

(¹대동대학교 헤어디자인과, ²㈜선마린바이오테크, ³동부산대학교 식품영양학과)

이번 연구에서 우리는 6종의 미세조류 ; *Phaeodacylum tricornutum* (PT), *Chaetoceros gracilis* (CG), *Nanochloris oculata* (NO), *Pavlova lutheri* (PL), *Chlorella ellipsoidae* (CE), and *Scenedemus obliquus* (SO)를 이용하여 탈모 예방 및 두피 개선효과를 살펴보았다. DPPH 라디칼 소거능 실험에서는 SO, CG, ST9 순으로 활성이 높은 것으로 나타났다. OH 소거능 실험 결과, CG (6.6~42.1%), ST9 (26.0~44.0%), SO (7.8~44.3%)으로 유의적인 효과를 보였다. 그 외에도 세포증식실험에서는, SO가 인간표피세포주인 HaCaT 세포 증식을 촉진시켰으며, CG와 SO가 모유두세포주인 HFDPc 세포 증식을 촉진시키는 것으로 나타났다. 마지막으로 5-alpha reductase 저해능 실험결과, PT, CG, SO가 유의적으로 효소활성을 저해하였다. 따라서, 이번 연구에 사용한 6종의 미세조류들 중, 항산화활성, 세포증식 효과, 5-alpha reductase 저해능을 보인 몇가지 조류들이 탈모예방 및 두피개선을 위한 제품개발에 좋은 원료가 될 가능성이 있음을 제시한다.