

식물세포배양기술을 이용한 울릉도 자생식물의 세포주 개발 및 피부세포 효능

최윤희¹, 정해수¹, 조문진¹, 송미영¹, 서효현¹, 모상현^{*}
¹(주)바이오에프디엔씨 안티에이징연구소

Efficacy of callus induced from Ullengdo niche plants for skin protection

Yun hui Choi¹, Hae Soo Jung¹, Moon Jin Cho¹, Mi Young Song¹,
Hyo Hyun Seo¹, Sang Hyun Moh^{*}

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

요약 세계 각국은 자국의 자생식물을 활용하여 다양한 산업 활용에 집중하고 있으며 국내에서도 자생식물을 활용한 화장품 원료 소재 개발이 절실히 필요한 실정이다. 이에 본 연구는 특유의 기후와 환경에 의해 울릉도 특유의 식물분포를 갖는 울릉도 자생식물 후보군을 선정하고 이를 소재로 개발하여 화장품 원료로의 활용 가능성을 시험하였다. 섬초롱, 술패랭이, 해국에서 캘러스를 유도하고 대량배양 하였다. 대량배양하여 얻은 울릉도 자생식물 캘러스를 열수 및 에탄올 추출하여 COX-2 발현 비교, collagen 합성능 측정, wound healing 등 다양한 효능을 시험하였다. HPLC 분석을 통하여 열수 및 에탄올 추출물의 유효성분에 차이를 보임을 확인하였으며 또한 효능평가에서도 차이를 보였다. 술패랭이, 해국 캘러스 에탄올 추출물을 처리하였을 경우 항염 관련 단백질인 COX-2의 발현을 감소시키고, 모든 에탄올추출물은 wound healing assay를 통해 상처 치유능을 보임을 확인하였다. 이를 통해 울릉도 자생식물 캘러스 추출물이 자연친화적, 친환경적이며, 또한 국내 자생하는 식물을 활용한 소재로써 항염 및 상처치료 관련 제품에 기여할 것이다.

Abstract Many countries in the world have protected their native plants and utilized them as industrial materials in each country. In this aspect, it is increasingly important to develop cosmetics materials using native plants in Korea. Cosmetic materials have been developed with niche plants, such as *Campanula takesimana Nakai*, *Dianthus superbus*, *Aster spathulifolius* in Ullengdo, in which a specific plant distribution by distinct climate and environment was present. Water and ethanol extractions were performed from the calluses of *Campanula takesimana Nakai*, *Dianthus superbus*, *Aster spathulifolius*. HPLC analysis revealed different compositions and functions of effective elements in each ethanol extract. For example, all types of ethanol extracts showed an ability to heal wounds. In particular, the expression of the inflammation-related gene, COX-2, was decreased in response to the ethanol extracts of *Dianthus superbus*. These results indicate that the ethanol extracts from niche plants' calluses in Ullengdo are natural and environmentally-friendly compounds, and can be used as medical supplies associated with anti-inflammation and wound healing.

Key Words : Anti-inflammation, Anti-aging, Plant cell, Ullengdo niche plant, Wound healing

본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 '나고야의정서 대응 창의 연구개발을 위한 인력양성 사업'의 지원을 받아 수행하였습니다.(NIBR No. 2013-02-071, 국문 과제명: 울릉도 자생식물 캘러스 유도 배양 및 이를 활용한 항염, 항산화 효과를 지니는 항노화 소재 개발)

*Corresponding Author : Sang Hyun Moh(BIO-FD&C Co.,Ltd.)

Tel: +82-10-8921-0435 email: shmoh@biofdnc.com

Received April 28, 2014

Revised (1st June 16, 2014, 2nd July 3, 2014, 3rd July 15, 2014)

Accepted August 7, 2014

1. 서론

우리나라는 다양한 지리 및 자연환경을 가지고 있으며, 국내에서 자라고 있는 관속식물 종은 4,200여 종류로 이 가운데 우리나라에서만 자라는 특산물은 570 종류로 알려져 있다. 이들 자생식물은 식용, 약용, 관상용, 기호, 공예 등 다양한 형태로의 개발 가능성이 있으며 그 가치는 무궁무진하다. 최근 세계 각국은 자국의 자생식물을 활용하는 다양한 산업 활용에 관심이 고조되고 있다. 이에 토속식물의 유용성 탐색을 통한 소재식물의 발굴 및 개발이 절실히 필요한 실정이다[1].

울릉도는 울릉도 특유의 기후인자와 지질, 깎아지른 듯한 지형상의 특성 및 지리적 격리와 지리적 위치가 복합적으로 작용하여 울릉도 특유의 식물분포를 갖고 있다. 550여종의 자생식물이 있으며 그 중에 50여종의 귀화식물, 법정 보호종 9종(환경부), 울릉도 천연기념물 9종, 자생지 희귀멸종식물 46종, 울릉도 특산 식물 31종이 있다 [2,3]. 섬초롱(*Campanula takesimana Nakai*)은 울릉도에서 자생하는 여러해살이풀로써 잔털이 깔려있는 굽은 뿌리는 50cm 정도의 높이로 자란다. 잎은 마디마다 서로 어긋나며 자라는데 생김새는 계란에 가까운 진 타원꼴이다. 저초를 자반풍령초라고 하며, 청열, 해독, 지통의 효능이 있고 인후염과 두통을 치료하는데 사용되고 있다. 섬초롱 추출물은 폴리페놀 함량이 많아 높은 항산화 활성을 나타낸다고 알려져 있으며 Tyrosinase 저해활성에서도 좋은 효과를 보여 천연물소재로서 식품 첨가물 및 화장품 원료로의 가능성이 있을 것으로 사료된다[4]. 술패랭이(*Dianthus superbus*)는 울릉도의 자생종으로 수분과 유기물의 공급이 좋은 곳에 주로 생육한다. 장통구 맥이라고도 불리며 줄기는 곧추 서고 높이는 30~100cm이며 여러 줄기가 한 포기에서 모여 나는데, 자라면서 가지는 치고 털이 없으며 전체에 분백색이 돈다[5]. 해국(*Aster spathulifolius*)은 우리나라 중부 이남의 서해안, 동해안 바위틈에 자라는 여러해살이풀로 울릉도에 가장 널리 우점하는 종의 하나이다. 꽃은 7월부터 피기 시작해 11월까지 계속 피며 연한 자주색으로 해변국이라고도 부른다. 국화과 식물로 약용 및 식용으로 사용되어 왔으며, 여러 소재로 다양하게 사용되어 왔다[6]. 항산화 효과에 대한 연구가 다양하게 이루어져 있어 항산화 효과를 지니는 화장품 소재로 개발하기 적합하다고 보여진다.

따라서 본 연구는 울릉도 자생식물을 이용하여 항염,

항산화 효과를 지니는 항노화 소재를 개발하고자 하였다. 이에 섬초롱, 술패랭이, 해국, 땅채송화, 섬기린초 5가지 울릉도 자생식물 후보군을 정하여 각각 후보군의 식물줄기세포인 캘러스를 유도하는 과정을 통해 캘러스가 유도된 섬초롱, 술패랭이, 해국 3종을 택하여 캘러스 배양 및 대량생산을 통해 각각의 항염, 항주름 및 상처 치유능 등의 효능평가를 진행하여 화장품 원료 소재의 가능성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 캘러스 유도 및 최적화 배지조성

캘러스 유도하고자하는 울릉도 자생식물 5종의 잎 표면 살균을 위해 70% 에탄올에 30초간 침지, 0.3% 차아염소산나트륨(Sodium hypochlorite)에 10-15분 진탕하여 살균 후 멸균수로 세척하였다. 무균상태의 잎을 적당히 잘라서 plant growth regulator가 포함된 배지에 치상하여 캘러스를 유도하였다.

최적의 배지조성에서 배양하기 위해 1/2MS 배지(MS 2.2g, MES 0.5g, sucrose 30g), SH 배지(MS 4.4g, MES 0.5g, sucrose 30g, plant growth regulator : 2,4-D 0.5mg, CPA 2mg, kinetin 0.1mg) 5BAP0.5D 배지(MS 4.4g, MES 0.5g, sucrose 30g, plant growth regulator : BAP 5mg, 2,4-D 5mg), MS2NIB 배지(MS 4.4g, MES 0.5g, sucrose 30g, plant growth regulator : NAA 2mg, BAP 1mg), N2K1 배지(MS 4.4g, MES 0.5g, sucrose 30g, plant growth regulator : NAA 2mg, kinetin 1mg) 총 다섯 종류의 배지(1L 당)에서 치상한 후, 24±1℃의 배양실에서 4주에서 10주간 배양하였다. 유도된 캘러스는 4주간격으로 계대 배양하여 증식되었다.

2.2 캘러스 추출 방법

캘러스 배양물을 수확하여 충분히 수분을 제거한 후 60℃로 2일 동안 건조기에서 건조하였다. 건조된 캘러스 배양물 분말 100g을 용기에 담고, 10L의 정제수와 10L의 70% 에탄올에 각각 넣은 후 121℃에서 1시간동안 추출하였다. 추출 후, mesh로 여과하여 고형분을 제거하고, 여과하여 나온 캘러스 배양 열수, 에탄올추출물을 각 동결건조하여 5mg/ml의 농도로 정제수에 녹여 실험에 사용하였다.

2.3 켈러스 배양 추출물의 HPLC 분석

식물조직배양기법을 통해 얻어진 켈러스 추출물의 신 규물질 분석을 위해 HPLC를 사용하였다.

Waters 1525 μ Binary HPLC pump, Waters 996 photodiode array detector를 사용하였고 분리정제를 위해 Gemini 5 μ C18 110 A(5 μ m, 4.6 × 250mm, Phenomenex) column을 사용하였다. 분석을 위한 용매는 0.1% trifluoroacetic acid (TFA)를 포함한 water(용매 A)와 acetonitrile(용매B)를 사용하였고 1ml/min의 유속으로 270nm 파장에서 분석하였다.

2.4 세포 배양

인간 각질형성 세포주(HaCaT, keratinocyte), 인간 섬유아세포(CCD986sk, fibroblast)를 DMEM, 10% FBS, 1% antibiotic -antimycotic(GIBCO)의 배지에서 37°C, 5% CO₂의 조건으로 배양하였다.

2.5 Cell viability 측정 시험

HaCaT cell을 24well plate에 1X10⁵개의 세포를 분주하여 배양하였다. 24시간 후 FBS를 포함하지 않는 배지로 교체하고 24시간동안 starvation하고, 시료를 농도별로 처리하였다. 그 후 24시간 동안 배양하고 배지를 제거한 뒤 5 mg/ml MTT (3-(4,5- Dimethylthiazol -2-yl)-2, 5-diphenyl Tetrazolium Bromide, Sigma) 시약을 각 40 μ l 씩 처리 후 4시간 동안 추가 배양하였다. 4시간 뒤 배지를 제거하고, dimethylsulfoxide (DMSO, Amresco)를 1ml씩 넣고 10분간 흔들어 준 다음 200 μ l씩 96well에 취하여 Spectrophotometer (Thermo)로 540nm에서 흡광도를 측정하였다[9,10].

Cell viability(%)

= (시험군의 흡광도 / 대조군의 흡광도) ×100(%)

2.6 항염 관련 단백질 Cyclooxygenase-2 (COX-2)의 발현 비교

HaCaT를 24well plate에 2×10⁵cells/well로 분주한 후 24시간 배양하고, UVB 조사(50mJ/cm²) 후 시험물질을 농도별로 처리하였다. 양성대조군으로 5 μ M hydrocortisone을 처리하였다. 물질처리 후 4시간동안 추가배양 후 cell lysis buffer(0.1% SDS, 1% NP40, 150mM NaCl, 0.5% sodium deoxycholate, 50mM Tris-Cl(pH 7.5) and

protease inhibitors)를 이용해 단백질을 추출하고 BCA assay로 단백질을 정량하였다[7-9].

2.7 Western blotting

상기의 정량한 단백질 일정량을 SDS-polyacrylamide gel에 loading하여 전기영동으로 분리하고, Nitrocellulose(NC) membrane으로 분리된 protein을 transfer 시켰다. 이 membrane을 blocking solution(5% skim milk in TBST(Tris-buffered saline with 0.1% Tween 20))에 담가 30분 이상 blocking 시키고 primary antibody (COX-2, Abcam) solution에 담가 4°C에서 overnight으로 반응시켰다. 그 후에 TBST로 10분간 3번 washing하고 Primary antibody conjugated secondary antibody를 2시간동안 반응시키고 ECL solution kit(Amersham)으로 발색하여 분석하였다[12].

2.8 Procollagen synthesis assay

Procollagen synthesis 분석은 Procollagen Type I C-Peptide EIA kit(Takara)를 사용하여 측정하였다. CCD986sk cell을 48well plate에 5X10⁴ cells/well로 분주한 후 24시간동안 배양하고, 시험물질을 처리하였다. 물질처리 48시간 후 얻은 배지를 Procollagen Type I C-Peptide EIA kit의 매뉴얼에 따라 진행하여 분석하였다[13,14].

2.9 Wound healing assay

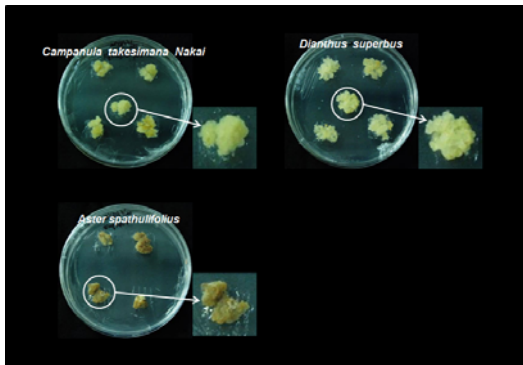
HaCaT cell을 12well plate에 2×10⁵cells/well 분주한 후 24시간 배양하고, FBS를 포함하지 않는 배지로 교체한 후 각 well에 200 μ l tip으로 스크래치를 내고 시료를 처리하였다. 물질처리 후 18시간동안 추가배양 후 배지를 제거하고 fixing solution(4% paraformaldehyde)으로 넣고 15분간 상온에서 incubation하고 PBS로 3번 washing하여 fixing한 후 wound healing이 된 정도는 현미경으로 사진을 찍어 Image J 프로그램을 이용하여 계산하였다[15-17].

3. 결과 및 고찰

3.1 켈러스 유도 및 최적의 배지 조성

울릉도 자생식물 5종의 잎을 다양한 배지 조성에서 켈

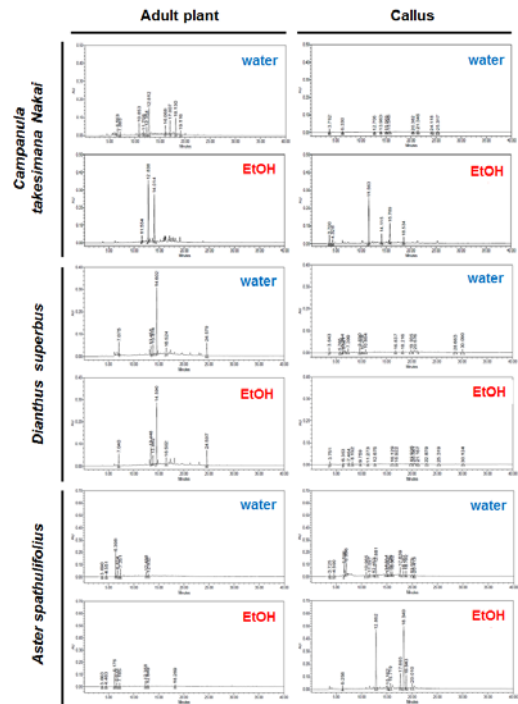
러스를 유도하고자 하였다. 그 결과 섬초롱, 해국은 SH 배지(plant growth regulators 2,4-D, CPA, kinetin 포함)에서 캘러스가 유도되었고, 슬패랭이는 2D배지(plant growth regulator 2,4-D 포함)에서 캘러스가 유도되었다 [Fig. 1]. 하지만 땅채송화와 섬기린초는 캘러스 유도에 어려움을 겪었다. 이에 본 실험은 땅채송화와 섬기린초를 제외한 섬초롱, 슬패랭이, 해국 3가지의 캘러스를 동일한 조성의 액상배지 15L에서 대량배양하며 4주간 유지 및 증식시켰다.



[Fig. 1] Callus induction of Ullengdo niche plant.

3.2 캘러스 배양 추출물의 HPLC 분석

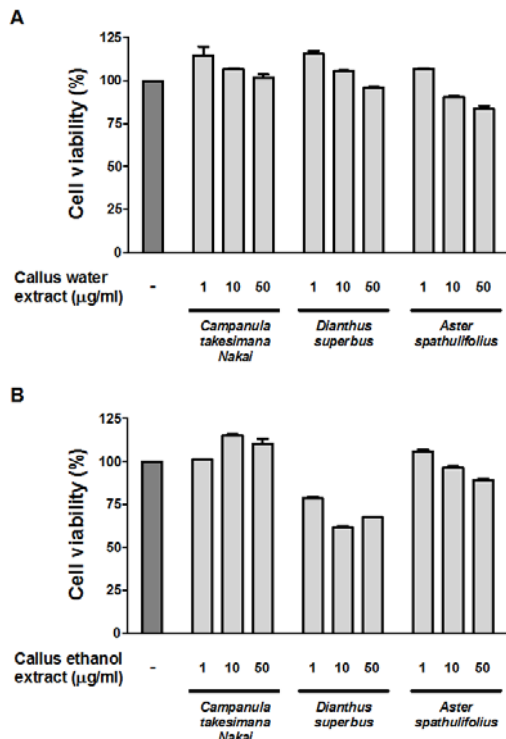
대량배양을 통해 얻은 섬초롱, 슬패랭이, 해국 각각의 캘러스를 배지에서 분리해 60℃에서 2일간 건조시켜 이후 실험에 시료로 사용하였다. 건조된 캘러스 파우더 100g을 열탕증류기에서 정제수10L와 70% 에탄올 10L에 각각 넣어 24시간동안 100℃에서 추출하였다. 추출 후, mesh filter로 여과하여 고형분을 제거하고, 여과하여 나온 캘러스 열수, 에탄올추출물을 각 동결건조하여 5mg/ml이 되게 정제수에 녹여 사용하였다. 이렇게 얻은 추출물을 HPLC를 이용하여 유효성분을 분석하였다. 그 결과 해국 캘러스 추출물을 성체 추출물과 비교하였을 때 유효성분으로 보이는 피크가 늘어남을 확인하였다 [Fig. 2]. 반면에 섬초롱, 슬패랭이 캘러스 추출물은 성체 추출물보다 현저히 피크가 줄어드는 것을 확인하였다. 이를 통해 성체와 캘러스에 함유하는 유효성분에 차이가 있음을 예상할 수 있다.



[Fig. 2] HPLC chromatogram of Ullengdo niche plant callus extracts.

3.3 울릉도 자생식물 캘러스 추출물의 cell viability 측정

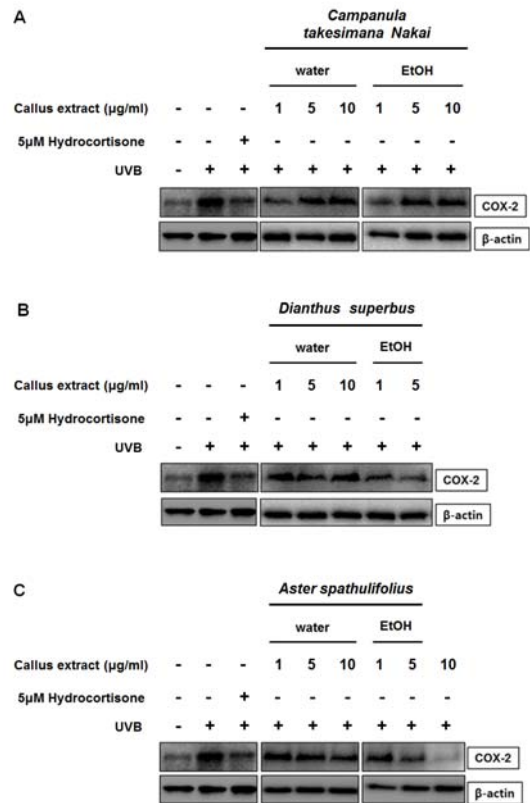
울릉도 자생식물 캘러스 추출물을 세포에 처리하여 세포의 성장 및 증식, 혹은 독성에 미치는 영향을 확인하기 위해 MTT 시험법을 이용하여 시험하였다. 각 캘러스 열수, 에탄올추출물을 1, 10, 50μg/ml의 농도로 세포에 처리하여 cell viability를 시험하였다. 그 결과 대부분의 열수, 에탄올추출물을 처리한 실험군에서 세포 독성을 거의 보이지 않았다 [Fig. 3]. 하지만 슬패랭이 캘러스 에탄올추출물을 처리한 실험군은 저 농도에서부터 cell viability가 감소함을 확인하였다. 이에 이후의 실험에서 슬패랭이 캘러스 에탄올추출물은 cell viability(%)가 최소 70%정도인 농도까지만 처리하여 효능평가를 진행하였다.



[Fig. 3] Cell Viability of Ullengdo niche plant callus extracts. A. callus water extracts, B. callus ethanol extracts.

3.4 COX-2 활성저해를 통한 항염 효과

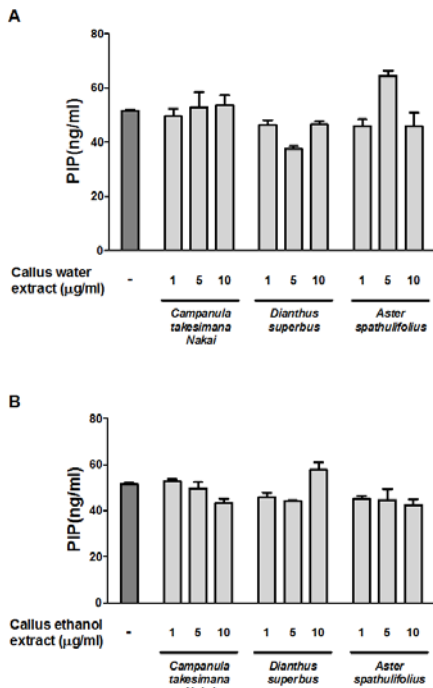
HaCaT에 UV 조사를 통해 염증과 관련된 단백질인 COX-2를 유도하고 켈러스 추출물을 처리하여 COX-2 발현에 미치는 영향을 관찰하였다. COX-2는 외부 자극에 의해 유도되는 단백질로 염증반응과 관계가 있다. 울릉도 자생식물 켈러스 추출물을 처리하여 COX-2 발현에 미치는 영향을 확인하였다. 그 결과 슬패랭이, 해국 켈러스 에탄올추출물의 농도가 증가할수록 COX-2의 발현이 감소하는 것을 확인하였다[Fig. 4]. 특히 해국 켈러스 에탄올추출물을 10µg/ml 농도로 처리한 실험군은 거의 COX-2의 발현되지 않았다. 또한 해국 켈러스 열수추출물을 처리하였을 때에도 COX-2의 발현이 감소하는 경향을 보였다. 하지만 이를 제외한 나머지 열수 추출물은 COX-2 발현에 영향을 주지 않았다.



[Fig. 4] Anti-inflammation effect of Ullengdo niche plant callus extracts. A. *Campanula takesimana Nakai* callus extracts, B. *Dianthus superbus* callus extracts, C. *Aster spathulifolius* callus extracts.

3.5 Collagen 합성 촉진능 시험을 통한 주름 개선 효과

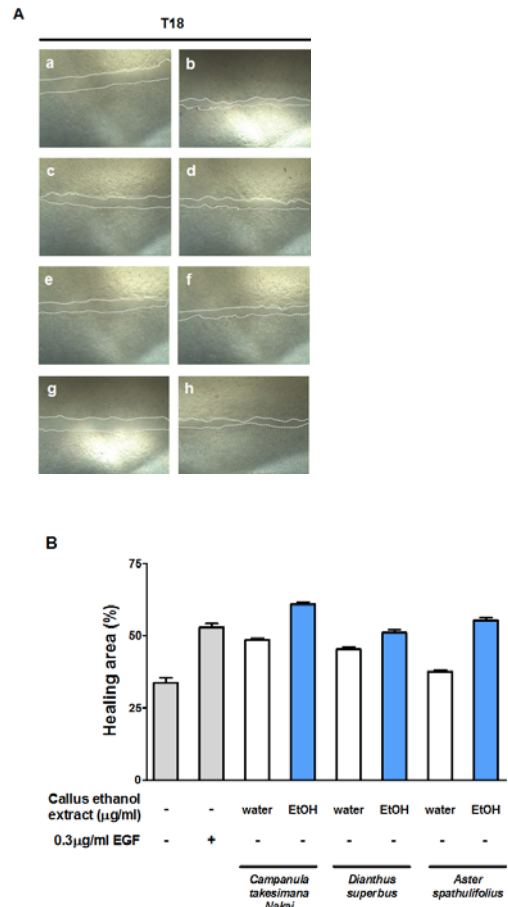
시료의 세포내 collagen의 생성 증가 정도를 PIP EIA kit를 사용하여 측정하였다. 울릉도 자생식물 켈러스 추출물의 세포내 collagen 합성에 미치는 영향을 확인하고자 세포 밖으로 분비되는 PIP의 양을 측정하였다. 그 결과 대부분의 켈러스 추출물은 대조군과 비슷한 수치를 보였다[Fig. 5]. 반면에 해국 켈러스 열수추출물을 5µg/ml 농도로 처리하였을 때 PIP의 양이 증가함을 관찰하였다. 이를 통해 해국 켈러스 열수추출물이 PIP 생성을 촉진하는데 영향을 줄 것으로 예상할 수 있다.



[Fig. 5] Anti-winkle of Ullengdo niche plant callus extracts. A. callus water extracts, B. callus ethanol extracts.

3.6 울릉도 자생식물 캘러스 추출물의 상처치료 효과

Wound healing assay를 이용하여 캘러스 추출물에 의한 세포의 migration을 촉진하는지의 유무를 관찰하여 상처치료 효과를 평가하고자 하였다. HaCaT을 배양한 plate에 스크래치를 낸 후 캘러스 추출물을 처리하여 wound healing area를 계산하였다. cell viability가 최소 70%정도인 농도 내에서 가장 높은 농도를 정해 처리하였다. 슬패랭이 캘러스 에탄올추출물을 제외한 나머지 열수추출물은 50µg/ml, 에탄올추출물은 50µg/ml을 처리하여 시험하였다. 슬패랭이 캘러스 에탄올추출물은 5µg/ml로 처리하였다. 그 결과 각각의 캘러스 에탄올추출물을 처리한 실험군이 열수추출물을 처리한 것보다 효과가 좋았다[Fig. 6]. 양성대조군인 EGF를 처리한 것과 비슷한 정도로 healing area가 증가 하였다. 특히 섬초롱캘러스 에탄올추출물은 EGF를 처리한 것보다 더 효과가 좋음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 세포의 migration을 촉진하여 healing area가 증가하였음을 예상할 수 있다.



[Fig. 6] Wound healing effect of Ullengdo niche plant callus extracts. A. Wound healing cell images ; a. control, b. 0.3µg/ml EGF, c. *Campanula takesimana Nakai* callus water extract, d. *Campanula takesimana Nakai* callus ethanol extract, e. *Dianthus superbus* callus water extract, f. *Dianthus superbus* callus ethanol extract, g. *Aster spathulifolius* callus water extract, h. *Aster spathulifolius* callus ethanol extract. B. Wound healing area(%) of Ullengdo niche plant callus extracts.

4. 결론

울릉도 자생식물 후보군 5종 중 섬초롱, 슬패랭이, 해국 총 3종의 캘러스 유도를 성공하고 유도된 캘러스를 대량배양 하였다. 각각의 캘러스를 열수, 에탄올추출을 통해 얻은 추출물을 1, 5, 10µg/ml의 농도로 세포에 처리하여 항염 및 주름 개선 등의 효능평가 시험을 진행하였다.

그 결과 슬페랭이와 해국 켈러스 에탄올추출물을 처리하였을 때 COX-2의 발현이 현저히 감소하는 것을 확인하였고, 또한 해국 켈러스 열수추출물을 처리하였을 때 collagen 합성이 촉진됨을 확인하였다. 뿐만 아니라 wound healing assay를 이용한 상처 치유능 평가에서 모든 켈러스 에탄올 추출물에서 healing area가 증가하는 것을 관찰하였다. 특히 섬초롱 켈러스 에탄올 추출물의 효과가 좋았다. 이러한 효능평가 결과를 통해 울릉도 자생식물 켈러스 추출물에서 항염과 상처 치유 등의 효능을 가짐을 확인하였다. 이를 통해 울릉도 자생식물에서 유용한 켈러스 추출물은 자연친화적이고 친환경적인 소재로 개발함으로 다양한 항염, 주름 개선 및 상처 치료 관련 제품 보급뿐 아니라 국내 자생식물의 활용한 다양한 산업에 좋은 개발소재로 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] Kang, B. H. "Native plants and useful plants" *Korean J. Seed Sci.* 28, 12-16, 2008.
- [2] Chung, G. Y., M. S. Park, B. M. Nam, K. N. Hong, J. Jang and C. H. Lee, "The regional folk plants in inland of Gyeongsangbuk-do(I)" *Korean J. Plant Res.* 23, 465-479, 2010.
- [3] Im, H. T., H. H. Hong, H. D. Son, M. S. Park, B. M. Nam, B. K. Kwon, C. H. Lee and G. Y. Chung, "The usage of regional folk plants in Gyeongsangnam-do" *Korean J. Plant Res.* 24, 419-429, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7732/kjpr.2011.24.4.419>
- [4] Kim, Mi-Seon, Kim, Kyoung-Hee, Yook, Hong-Sun, "Antioxidative Effects of Campanula takesimana Nakai Extract" *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 41, 1331-1337, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.10.1331>
- [5] In-Sik Shin, Mee-Young Lee, HyeKyung Ha, Woo-Young Jeon, Chang-Seob Seo and Hyeun-Kyoo Shin, "Dianthus superbus fructus suppresses airway inflammation by downregulating of inducible nitric oxide synthase in an ovalbumin-induced murine model of asthma" *Journal of Inflammation.* 9, 41-50, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1476-9255-9-41>
- [6] Eun-Jin Yang, Eun-Young Yim, Gwanpil Song, Gi-Ok Kim, Chang-Gu Hyun, "Inhibition of nitric oxide production in lipopolysaccharide-activated RAW 264.7 macrophages by Jeju plant extracts" *Interdisc Toxicol.* 2, 245-249, 2009.
- [7] Shuai K, Liu B. "Regulation of JAK-STAT signalling in the immune system" *Nat Rev Immunol.* 3, 900-911, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nri1226>
- [8] Kim Y, Kim BH, Lee H, Jeon B, Lee YS, Kwon MJ et al. "Regulation of skin inflammation and angiogenesis by EC-SOD via HIF-1a and NF-kB pathways" *Free Radic Biol Med* 51, 1985-1995, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2011.08.027>
- [9] 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.
- [10] van Meerloo J1, Kaspers GJ, Cloos J, "Cell sensitivity assays: the MTT assay" *Methods Mol Biol.* 731, 237-45, 2011.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-61779-080-5_20
- [11] Fotakis G, Timbrell JA, "In vitro cytotoxicity assays: comparison of LDH, neutral red, MTT and protein assay in hepatoma cell lines following exposure to cadmium chloride" *Toxicol Lett.* 160, 171-7, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.07.001>
- [12] Potapovich AII, Lulli D, Fidanza P, Kostyuk VA, De Luca C, Pastore S, Korkina LG, "Plant polyphenols differentially modulate inflammatory responses of human keratinocytes by interfering with activation of transcription factors NFκ B and AhR and EGFR-ERK pathway" *Toxicol Appl Pharmacol.* 255, 138-49, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2011.06.007>
- [13] Atsushi Masamune, Shin Hamada, Kazuhiro Kikuta, Tetsuya Takikawa, Shin Miura, Eriko Nakano, Tooru Shimosegawa. "The angiotensin II type I receptor blocker olmesartan inhibits the growth of pancreatic cancer by targeting stellate cell activities in mice" *Journal of Gastroenterology.* 48, 602-609, 2013.
- [14] Cho S, Kim HH, Lee MJ, Lee S, Park CS, Nam SJ, Han JJ, Kim JW, Chung JH, "Phosphatidylserine prevents UV-induced decrease of type I procollagen and increase of MMP-1 in dermal fibroblasts and human skin in vivo" *J Lipid Res.* 49, 1235-45, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1194/jlr.M700581-JLR200>
- [15] Justin C Yarrow, Zachary E Perlman, Nicholas J Westwood, Timothy J Mitchison, "A high-throughput cell migration assay using scratch wound healing, a comparison of image-based readout methods" *BMC Biotechnology.* 4, 21, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6750-4-21>
- [16] Coomber BL, Gotlieb AI, "In vitro endothelial wound repair. Interaction of cell migration and proliferation" *Arteriosclerosis.* 10, 215-222, 1990.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.ATV.10.2.215>

[17] Lampugnani MG, "Cell migration into a wounded area in vitro" Methods Mol Biol. 96, 177-182, 1999.

최 윤 희(Yunhee Choi)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경희대학교 생물학 전공 (이학학사)
- 2000년 2월 : 광주과학기술원의생명과학 전공 (이학석사)
- 2013년 11월 ~ 현재 : (주)바이오 에프디엔씨 근무

<관심분야>
생명과학

정 해 수(Haesoo Jung)

[정회원]



- 2012년 2월 : 청운대학교 화장품과학 전공 (이학학사)
- 2011년 8월 ~ 현재 : (주)바이오 에프디엔씨 근무

<관심분야>
화장품 과학

조 문 진(Moonjin Cho)

[정회원]



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

<관심분야>
화학

송 미 영(Miyoung Song)

[정회원]



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

<관심분야>
생명과학, 화학

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)바이오 에프디엔씨 근무

<관심분야>
생명과학

모 상 현(Sang Hyun Moh)

[정회원]



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

<관심분야>
생명과학, 나노과학