

## 감태(*Ecklonia cava*)를 이용한 자외선 차단 필름의 UV-B 조사에 의한 광손상으로부터 보호효과

이효근 · 원유선<sup>1</sup> · 고은별<sup>2</sup> · 김윤아<sup>2</sup> · 김정은<sup>2</sup> · 김윤정<sup>2</sup> · 한채원<sup>2</sup> · 최민우<sup>3</sup> · 김재일<sup>3\*</sup> · 전유진\*

제주대학교 해양생명과학과, <sup>1</sup>제주대학교 수산생명의학과, <sup>2</sup>신성여자고등학교, <sup>3</sup>부경대학교 식품영양학과

### Protective Effects of *Ecklonia cava* Film on UV-B-induced Photodamages

Hyo Geun Lee, Yu Sun Won<sup>1</sup>, Eun Byeol Koh<sup>2</sup>, Kim Yoon Ah<sup>2</sup>, Jeong Eun Kim<sup>2</sup>, Yoon Jeong Kim<sup>2</sup>, Chae Won Han<sup>2</sup>, Min-Woo Choi<sup>3</sup>, Jae-Il Kim<sup>3\*</sup> and You-Jin Jeon\*

Department of Marine Life Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

<sup>1</sup>Department of Aquatic Life Medicine, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

<sup>2</sup>Sinseong Girls' High School, Jeju 63308, Korea

<sup>3</sup>Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Exposure to ultraviolet (UV) radiation is associated with the development of adverse effects in skin. Among the three types of UV rays, UV-B causes the most damaging effects, inducing sunburn and penetrating the outer skin, resulting in DNA mutations and skin cancer. The objective of this study was to formulate a UV-protective film by incorporating *Ecklonia cava* extracts. Cells covered with the film were exposed to UV-B (50, 80, and 100 mJ/cm<sup>2</sup>). To determine the protective effects of the film, we evaluated cell viability, intracellular ROS generation, and apoptosis. We found that all *E. cava* extracts absorbed UV light and exhibited protective effects against UV-B-induced photodamage. Among the protective films examined in this study, that incorporating an *E. cava* 70% ethanol extract (70EX) formed the most effective protection against UV-B in HaCaT cells. These findings suggest that the application of film containing *E. cava* extract could prevent UV-B-induced photodamage, and offer protection against the detrimental effects of UV radiation, thus maintaining physiological condition.

Key words: *Ecklonia cava*, UV Protective effects, Photodamages, Algae, Ocean

## 서 론

자외선(ultraviolet, UV)은 파장에 따라 장파장(320-400 nm)의 UV-A, 중파장(280-320 nm)의 UV-B, 단파장(200-280 nm)의 UV-C로 분류된다(Verschooten et al., 2006), UV-A는 파장이 긴 광선으로 에너지는 약하지만 피부의 진피까지 도달하여 피부의 탄력을 감소시켜 주름을 생성시키는 만성 광노화의 원인이다. UV-B는 자외선중 에너지가 가장 큰 광선으로 피부의 표피와 진피의 유두층까지 도달하여 피부를 태우는 등 즉각적인 반응을 일으키며 UV-B에 대한 직접적인 피부노출은 광노화, 홍반, 색소과다침착, 피부암을 유발한다(F'guyer et al., 2003; Bowden, 2004; Afaq et al., 2005; Halliday, 2005; Moriwaki and Takahashi, 2008). UV-C는 파장이 가장 짧은 광선으로 오

존층에 의해 흡수되어 지표면에 도달하지 못하므로 피부에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 UV-A와 UV-B가 사람에게 유해한 자외선으로 알려져 있다. 자외선조사는 reactive oxygen species (ROS)를 발생시키는데 이는 피부세포와 조직을 손상시키며 피부에 주름을 형성하는 효소인 matrix metalloproteinase-1 (MMP-1)의 발현을 일으키는 등 피부에 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져있다(Kim et al., 2016). 최근 자외선손상에 대한 보호효과와 관련된 많은 연구들이 집중되고 있으며, 특히 천연물의 자외선 보호효과와 관련된 연구들이 보고되고 있다. 이와 관련된 연구로 자외선을 조사한 HaCaT cells에서 복분자와 쑥(Lee et al., 2014), 당귀음자(Kim and Park, 2015), 익모초(Kim et al., 2016)로부터 추출된 물질의 자외선보호효과와, 자외선을 조사한 human dermal fibroblast (HDF) cells에서 말채

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0714>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(6) 714-720, December 2017

Received 20 November 2017; Revised 22 November 2017; Accepted 26 November 2017

\*Corresponding author: Tel: ++82. 51. 629. 5849 Fax: +82. 51. 629. 5842

E-mail address: jikim@pknu.ac.kr; youjin@jejunu.ac.kr

나무 잎 추출물의 항산화 효과가 보고되었다(Park et al., 2014). 이에 반해 본 연구에서는 육상과 달리 해양에 존재하는 해조류로부터 자외선 보호효과를 측정하기 위해 갈조류인 감태를 사용하였다. 감태(*Ecklonia cava*)는 제주도의 수심 10 m 이내 조하대에 서식하며 풍부한 1차, 2차 대사산물을 함유하고 있다고 알려져 있다. 감태 2차 대사산물 중 phloratannins의 항산화, 항암, 항당뇨, 항바이러스, 항고혈압, 항주름, 항알러지 활성이 보고되어 있으며(Wijesekara et al., 2010), 감태 효소추출물의 자외선 보호효과와 관련된 연구결과(Ko et al., 2010) 또한 밝혀져 있다. 이를 통해 감태추출물이 자외선보호효과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 해조류인 감태를 이용하여 추출물을 제조하였고 그 추출물이 첨가된 4가지 종류의 필름을 제작하였다. 이들 필름을 적용시킨 HaCaT cell에 자외선을 조사하고, 이후 세포생존율, 활성산소발생량, apoptosis 측정을 통해 감태필름의 자외선 보호효과를 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 기기

본 실험에는 제주 성산지역에서 채취한 감태를 사용하였으며, 동결건조 이후 분쇄하여 사용하였다. 성분분석 및 세포실험 등을 위해 사용된 potassium sodium tartrate tetrahydrate, Folin & Ciocalteu's phenol reagent, dimethyl sulfoxide (DMSO), 2',7'-dichlorofluorescein diacetate (DCF-DA), 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT), bovine serum albumin (BSA), glucose, galic acid는 Sigma-Aldrich (St, Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Sodium hydrogen carbonate, sodium carbonate anhydrous, copper (II) sulfate pentahydrate, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)는 Yakuri (Japan)에서 구입하여 사용하였으며, 세포실험을 위한 Dulbecco's modified eagle's medium (DMEM) 배지와 fetal bovine serum (FBS)는 Gibco/BRL (Canada)에서 구입하여 사용하였다. 주요기기로 자외선 조사는 ultraviolet irradiator (CL-1000 series UV Crosslinker, OPTIZEN, UK) 장치를 사용하였고, 자외선 파장 흡광도 측정을 위해 microplate reader (Synergy HT Multi-Detection microplate reader, Bio-Tek, USA)를 사용하였으며 감태 추출물의 자외선 흡수파장 측정을 위해 UV/Vis spectrophotometer (OPTIGEN POP, OPTIZEN, UK)를 사용하였다. 자외선 조사 후 apoptosis는 Immunofluorescence analyzer (BD FACS caliber, BD bioscience, UK)를 사용하여 측정하였다.

### 추출물 제조

채취한 감태는 수거 후 흐르는 수돗물에서 세척과정을 거쳐 염분과 이물질을 제거하고 곧바로 동결하여 건조하였다. 건조가 끝난 시료는 분쇄기로 분쇄하여 분말화 하였다. 이 분말시료

를 사용하여 distilled water (DW) (DEX), 50% ethanol (EtOH) (50EX), 70% EtOH (70EX), 100% EtOH (100EX)로 추출하였다. 추출조건으로는 시료:용매의 비율이 5:100인 5% 추출법을 사용하였다. 감태 추출물 5 g에 각각의 용매를 100 mL을 넣고 shaking incubator (37°C, 24 h)에서 교반 추출 한 뒤 원심분리(12000 rpm, 4°C, 10 min)하여 상층액을 pore size 25 µm의 여과지를 사용하여 여과하였고 진공회전 농축기로 농축한 뒤 동결건조 후 분말화하여 최종적으로 4종의 감태 추출물을 얻었다.

### 감태 에탄올 추출물의 수율 및 함유성분 함량 분석

각 추출조건에 따른 에탄올 추출물의 수율은 추출물 액상에 들어있는 고형분 함량을 측정하는 것으로, 추출 후 얻어진 추출물 일부의 무게를 100°C 건조오븐에서 수분을 제거한 나머지 고형분 함량을 기준으로 수율을 측정하였다. 감태 추출물의 함유성분 분석은 AOAC법(1990)에 준하여 측정하였고, 당 함량 분석은 phenol-sulfuric acid method (Kuda et al., 2002) 단백질 함량 분석은 Lowry protein assay (Harrington, 1990) 폴리페놀 함량 분석은 Folin-Ciocalteu method (Chandler and Dodds, 1983)를 일부 수정하여 측정하였다.

### 세포배양 및 계대배양

감태추출물의 자외선 보호효과를 확인하기 위해 HaCaT cells (각질 형성 세포주, keratinocyte)을 사용하였다. HaCaT cells은 10% FBS와 1% penicillin (100 unit/mL)을 첨가한 DMEM 배지를 사용하여 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 배양하였다 (2010). 계대배양은 세포상태에 따라 2-3일간 계대배양하여 실험에 사용하였다.

### 자외선 차단 감태필름 제조

감태필름은 이전 연구결과에 의하여 gelatin 필름 제작법을 활용해 제작하였다(López-Caballero et al., 2005). 제작한 필름에 포함된 추출물은 최종농도가 0.01% (w/w), 0.1% (w/w), 1% (w/w)이 되도록 용질인 추출물 1 mg, 10 mg, 100 mg과 gelatin 90 mg을 넣은 뒤 80°C-90°C로 가열된 증류수 10 mL에 현탁하여 교반기에서 약 2분간 교반한 뒤 아크릴판에 얇게 펼쳐진 채로 상온에서 24시간 건조하였다. 감태 추출물중 100% EtOH (100EX) 추출물은 증류수에 용해성이 좋지 않기 때문에 1% (v/v) EtOH을 용매로 사용하여 녹인 뒤 가열된 증류수로 녹여 필름을 제조하였다.

### UV-Vis Spectrometer Analysis

감태추출물의 자외선 파장 흡수범위를 확인하기 위해서 추출물을 증류수에 녹여 0.125 mg/ml 농도의 현탁물을 만들었고, 이전 연구(Roleda et al., 2006)에 따라 UV/Vis Spectrophotometer (Optizen POP, Optizen, UK)를 사용하여 분석하였다. 조사 파장은 UV-A, UV-B, UV-C 파장을 모두 포함하는 190 nm-

700 nm의 파장이며 Survey scan mode (SUR mode)에서 감태 추출물의 자외선 파장 흡수범위를 측정하였다.

**감태필름을 적용한 HaCaT cells에 자외선 조사 후 생존율 변화**

자외선 손상에 대한 감태필름의 보호효과는 감태필름을 적용한 HaCaT cells에 자외선을 조사하고 이후 HaCaT cells의 생존율을 측정하여 분석하였다. 감태추출물을 함유한 필름은 추출물의 최종농도가 각각 0.01% (w/w), 0.1% (w/w), 1% (w/w)가 되도록 제조하였다. 먼저 HaCaT cells ( $1 \times 10^5$ )을 24 well plate에 seeding하고 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 배양하였으며 24시간 뒤 4가지 종류의 감태필름을 씌우고 UV-B 50, 80, 100 mJ/cm<sup>2</sup>를 조사하였다. UV-B 조사 후 1% penicillin (100 unit/mL)을 첨가한 DMEM 배지로 교체해주었으며 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 24시간 배양한 뒤 2 mg 농도의 MTT를 100 µL처리하였다. 이후 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 3시간 배양한 후 형성된 불용성 결정을 DMSO로 완전히 녹여 빛을 차단시키고 microplate reader (Synergy HT Multi-Detection microplate reader, Bio-Tek, USA)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정한 뒤 생존율을 구하였다. 대조구는 자외선을 조사하지 않은 실험군과 감태추출물이 함유되지 않은 gelatin 필름을 적용시킨 실험군을 이용하였다.

**감태필름을 적용한 HaCaT cells에 자외선 조사 후 활성산소 발생량 변화**

감태필름을 적용한 HaCaT cells에 자외선(50, 80, 100 mJ/cm<sup>2</sup>)을 조사하였고, 이후 세포내(intracellular) ROS 발생량을 측정하여 자외선 흡수차단 보호효과를 분석하였다. Intracellular ROS 측정은 DCF-DA가 세포내에서 아세틸기가 유리된 2',7'-dichlorofluorescein (DCFH)의 형태에서 ROS와 반응하여 형광물질을 생성하는 특성을 이용하였다(Rosenkranz et al., 1992). 먼저 HaCaT cells ( $1 \times 10^5$ )을 24 well plate에 seeding하고 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 배양하였으며 24시간 뒤 4가지 종류의 감태필름을 씌우고 UV-B를 조사하였다. UV-B 조사 후 1% penicillin (100 unit/mL)을 첨가한 DMEM 배지로 교체해주었으며 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 30분 배양한 뒤 500 µg/ml 농도의 DCF-DA 25 µL를 처리하였고 다시

CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader (Synergy HT Multi-Detection microplate reader, Bio-Tek, USA)를 사용하여 485/530 nm (excitation/emission)에서 형광을 측정하였다.

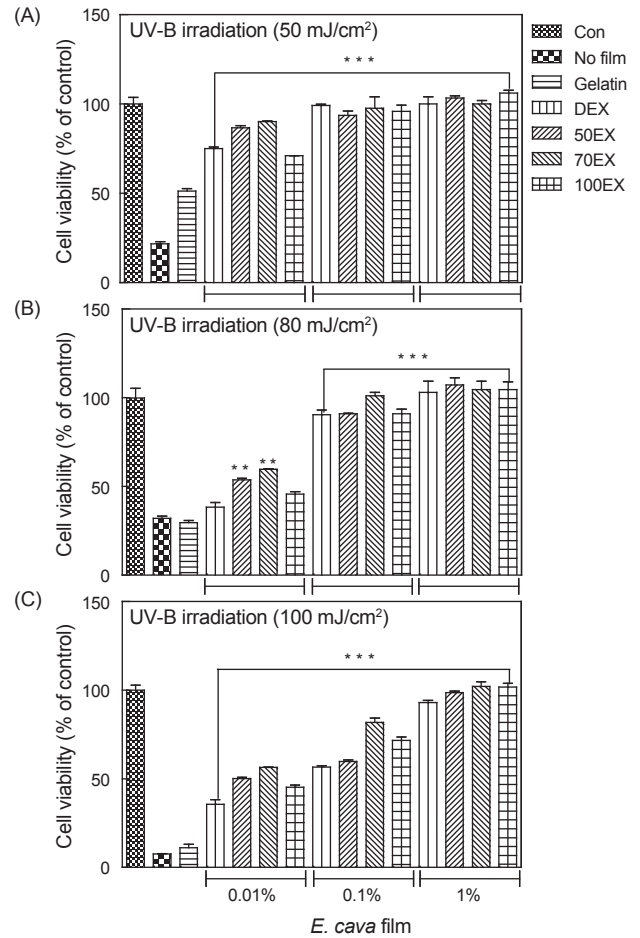


Fig. 1. UV absorption spectrum of *Ecklonia cava* extracts [distilled water (DW) (DEX), 50% ethanol (EtOH) (50EX), 70% EtOH (70EX), 100% EtOH (100EX)]. Each extracts (0.125 mg/ml) were dissolved in DW. Spectrum was measured using UV-Vis spectrophotometer.

Table 1. The yields and proximate chemical components of *Ecklonia cava* extracts [distilled water (DW) (DEX), 50% ethanol (EtOH) (50EX), 70% EtOH (70EX), 100% EtOH (100EX)]. Each value is the average of triplicate and each bar indicates mean±standard derivation (SD)

	DEX	50EX	70EX	100EX
Yield (%)	21.07 ± 1.46	26.88 ± 0.57	16.23 ± 2.55	2.33 ± 0.56
Polysaccharides (%)	20.15 ± 2.05	21.60 ± 0.57	13.70 ± 0.99	11.06 ± 0.35
Polyphenols (%)	9.21 ± 0.00	16.99 ± 0.14	20.73 ± 0.14	14.53 ± 0.28
Protein (%)	7.21 ± 0.01	18.16 ± 0.01	21.40 ± 0.02	21.48 ± 0.04

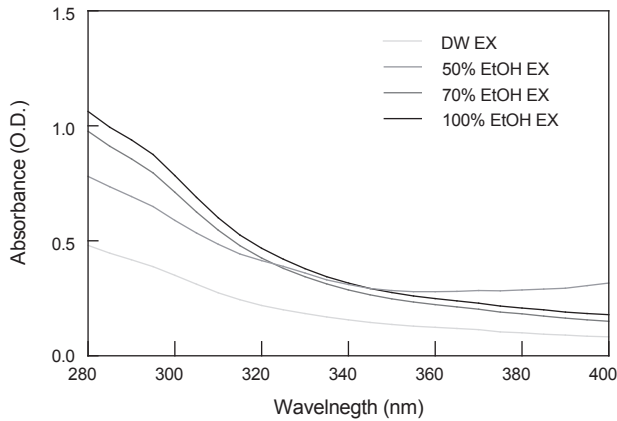


Fig. 2. Effect of *Ecklonia cava* films [gelatin film (Gelatin), distilled water (DW) extracts film (DEX), 50% ethanol (EtOH) extracts film (50EX), 70% EtOH extracts film (70EX), 100% EtOH extracts film (100EX)] on UV-B radiation-induced cell viability in HaCaT cells. The cells were exposed to UV-B and their viability were measured by MTT assay. Each value is the average of triplicate and each bar indicates mean±standard derivation (SD). \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001 compared with No film group. (A) 50 mJ/cm<sup>2</sup>, (B) 80 mJ/cm<sup>2</sup>, (C) 100 mJ/cm<sup>2</sup>.

Apoptosis

자외선 조사 이후 apoptosis 발생정도를 측정하기 위해 Immunofluorescence analyzer (BD FACS caliber, BD bioscience, UK)로 세포주기(cell cycle)를 분석하였다. 세포주기 측정을 위한 전처리 과정으로 자외선 조사 후 48시간뒤 phosphate buffered saline (PBS)으로 수세 후 trypsin으로 세포를 떼어내고 원심분리하여 세포들을 수거하였으며 수거된 세포에 70% EtOH을 넣고 CO<sub>2</sub> incubator (5%, 37°C)에서 30분간 반응시킨 후, 2 mM 농도인 EDTA로 두 번 수세한 다음 37°C 30분 동안 propidium iodide (PI) 염색처리하여 Immunofluorescence analyzer로 세포주기를 측정하였다.

통계학적 분석

실험결과와 통계처리는 3회 반복 실험에 의한 평균±표준편차(mean ± standard deviation)로 나타내었으며, 유의성검정은 Graph pad prism (virson 5.0) 프로그램을 활용한 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)를 통해 나타내었다.

결과 및 고찰

감태추출물의 수율 및 성분

감태추출물의 성분 분석결과는 Table 1에 나타냈으며, 함유성분 중 탄수화물, 단백질, 폴리페놀 함량을 측정하였다. 분석 결과 탄수화물 함량은 50% EtOH 추출물에서 가장 높았으며 폴

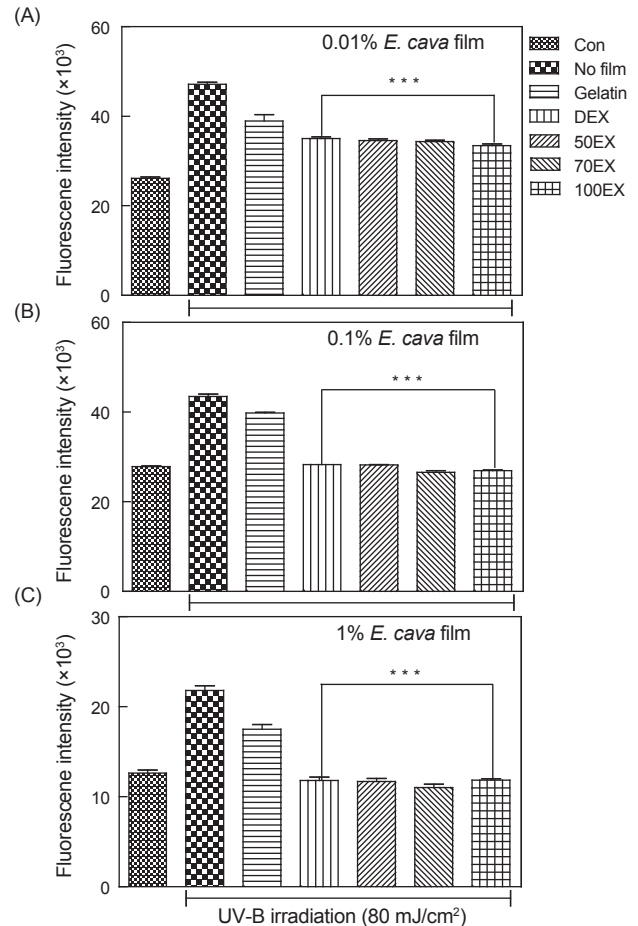


Fig. 3. Effect of *Ecklonia cava* films [gelatin film (Gelatin), distilled water (DW) extracts film (DEX), 50% ethanol (EtOH) extracts film (50EX), 70% EtOH extracts film (70EX), 100% EtOH extracts film (100EX)] on UV-B radiation-induced ROS (reactive oxygen species) generation in HaCaT cell. The cells were exposed to UV-B (80 mJ/cm<sup>2</sup>). ROS generation was measured by DCF-DA assay. Each value is the average of triplicate and each bar indicates the mean ± standard derivation (SD). \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001 compared with No film group. (A) 0.01% film, (B) 0.1% film, (C) 1% film.

리페놀 함량은 70% EtOH 추출물에서 가장 높았고 단백질 함량은 70% EtOH 와 100% EtOH 추출물에서 가장 높았다. 수율은 측정 결과 50% EtOH 추출물에서 가장 높은 수율을 나타내었다.

UV-Vis Spectrophotometer를 통한 감태 추출물의 자외선 파장 흡수범위 측정

감태추출물의 자외선 흡수파장 범위를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 감태추출물은 UV-A는 거의 흡수하지 못했지만 UV-B 파장범위를 상당히 흡수하는 것을 알 수 있었다. 추출물

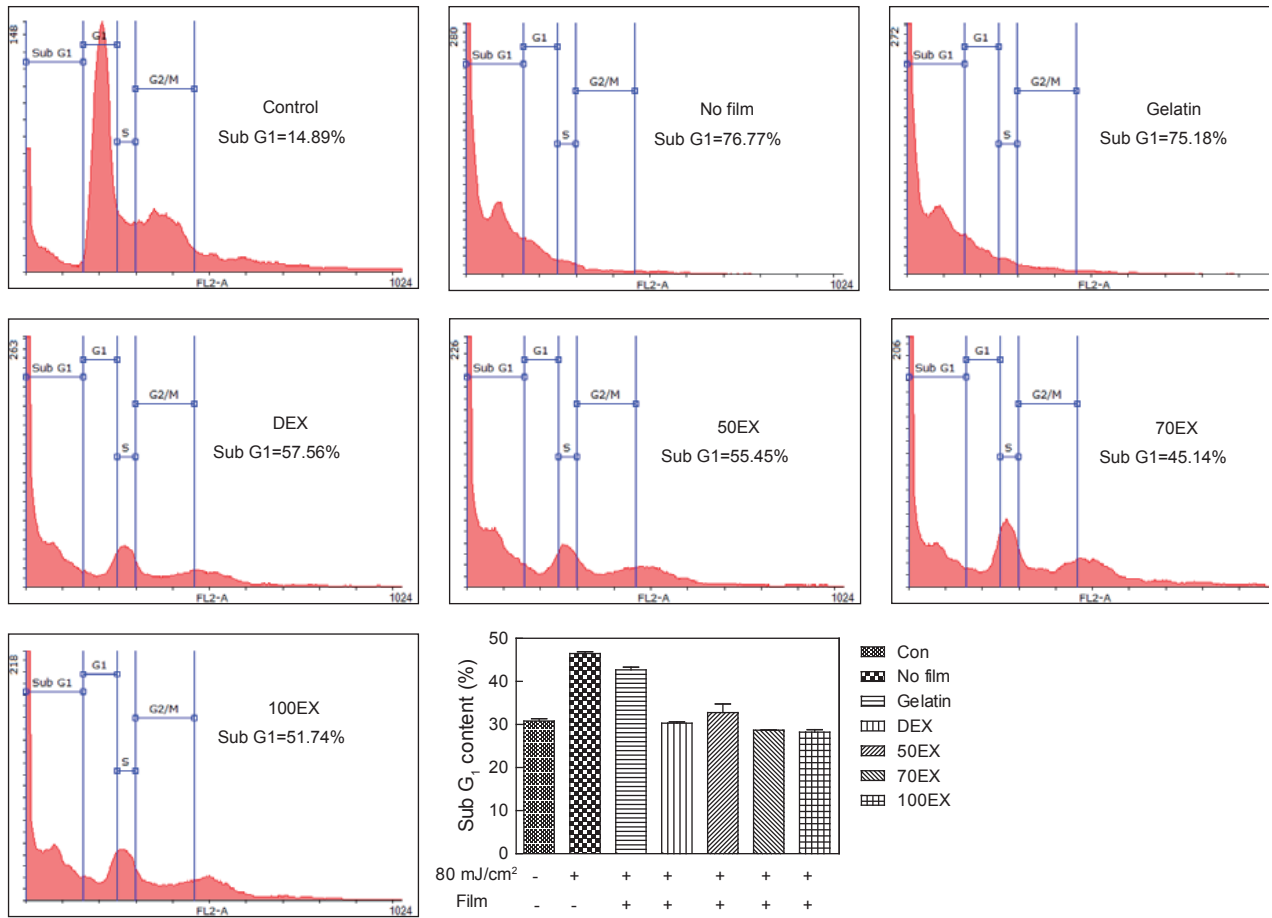


Fig. 4 Effect of *Ecklonia cava* films [gelatin film (Gelatin), distilled water (DW) extracts film (DEX), 50% ethanol (EtOH) extracts film (50EX), 70% EtOH extracts film (70EX), 100% EtOH extracts film (100EX)] on UV-B radiation-induced apoptosis in HaCaT cell. The cells were exposed to UV-B (50, 80 and 100 mJ/cm<sup>2</sup>). Apoptosis was measured by cell cycle analysis by propidium iodide (PI) staining method. Percentages of apoptotic cells are shown in each panel. The data represent the percentages of Sub-G1 cell populations in cell cycle distribution. Control; No film, Gelatin film (Gelatin); *E.cava* films [distilled water (DW) extracts film (DEX), 50% ethanol (EtOH) extracts film (50EX), 70% EtOH extracts film (70EX) and 100% EtOH extracts film (100EX)].

중에서는 DW 추출물(DEX) 보다는 EtOH 추출물의 UV-B 흡수능력이 더 우수한 것을 알 수 있었으며, EtOH 추출물 중에서는 70% EtOH (70EX) 추출물과 100% EtOH (100EX) 추출물의 UV-B 흡수능력이 높은 것을 알 수 있었다.

UV-B 조사 후 손상으로부터 보호효과

자외선 손상에 대한 보호효과는 감태필름을 HaCaT cells에 적용한 뒤 UV-B를 조사하고 이후 세포생존율과 세포내 활성산소 발생량을 각각 분석하였다(Fig. 2, Fig. 3). 50 mJ/cm<sup>2</sup> 세기의 자외선 조사후 생존율을 비교했을 때(Fig. 2A), No film에서는 약 70-80%의 세포가 사멸한 것을 알 수 있었고 추출물이 함유되지 않은 Gelatin film의 경우 No film보다는 높은 생존율을 보였으나 50%의 세포가 사멸한 것을 알 수 있었다. 이에 반

해 추출물이 함유된 필름을 적용한 처리구는 전반적으로 높은 생존율을 나타내었다. 0.01% 필름을 적용한 그룹에서는 70% EtOH추출물 함유 필름이 비교적 높은 생존율을 보였고, 0.1%와 1% 추출물 함유 필름을 적용한 그룹에서는 평균 90% 이상의 세포생존율을 나타냈다(Fig. 2A). 자외선 강도 80 mJ/cm<sup>2</sup>에서 세포생존율을 비교한 결과(Fig. 2B), No film과 Gelatin film에서는 40% 이하의 세포생존율을 나타내었다. 0.01% 추출물 함유 필름을 적용한 그룹에서는 70% EtOH (70EX) 필름이 비교적 높은 생존율을 보였고 0.1% 추출물 함유 필름을 적용한 처리구에서 모두 85% 이상의 세포생존율을 나타냈으며, 1% 추출물 함유 필름의 경우 90% 이상의 생존율로 Control과 비슷한 세포생존율을 나타냈다(Fig. 2B). 100 mJ/cm<sup>2</sup>에서 세포생존율을 측정된 결과는 Fig. 2C에 나타내었다. No film과

Gelatin film에서는 20% 이하의 세포생존율을 나타내었고 추출물함유 필름을 적용한 처리구에서 비교적 높은 세포생존율을 나타내었다. 측정결과 0.01%, 0.1% 추출물 함유 필름을 적용한 그룹 중 70% EtOH 추출물 함유 필름이 비교적 높은 생존율을 보였고 1% 추출물 함유 필름을 적용한 그룹은 Control과 비슷한 세포생존율을 나타내었다.

80 mJ/cm<sup>2</sup> 세기의 UV-B를 조사한 이후 활성산소발생량을 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. No film과 Gelatin film에 비해 추출물함유 필름을 적용한 처리구에서 활성산소의 발생량이 비교적 낮았으며, 특히 0.1%와 1% 추출물 필름을 적용한 처리구에서 자외선을 조사하지 않은 Control 그룹과 비슷한 수치를 나타내는 것을 알 수 있었다(Fig. 3B, 3C). 이상의 결과들에서 감태추출물 함유 필름이 자외선 조사에 의한 세포사멸과 세포내 활성산소의 발생을 억제할 수 있음을 알 수 있다.

### UV-B 조사에 대한 세포자살(apoptosis) 억제

감태필름을 적용한 HaCaT cells에 자외선 조사 후 48시간 뒤 Immunofluorescence analyzer (BD FACS caliber, BD bioscience, UK)를 사용하여 세포주기를 측정하였고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 세포주기에서 apoptotic cell accumulation이 일어날 경우 Sub G1 phase의 비율이 높아지게 되고, 그 비율을 억제하는 정도를 비교함으로써 자외선-유도 apoptosis로부터의 보호효과를 분석할 수 있다(Sitailo et al., 2002). 분석결과 Control에 비해서 No film와 Gelatin film에서 Sub G1이 75% 이상을 나타내며 세포자살 비율이 높은 수치를 나타내었다. 이에 반해 감태 추출물 필름을 적용한 그룹에서는 Sub G1의 비율이 45-60%였으며 필름 중에서는 70% EtOH (70EX) 필름에서 45.14%로 Sub G1의 비율이 가장 낮은 것으로 나타났다(Fig. 4).

이상의 결과들을 종합하였을 때, 감태추출물은 자외선중 UV-B 파장범위를 흡수하는 것을 알 수 있었으며, 감태필름을 제조하여 HaCaT cells에 적용하여 자외선 조사후 세포생존율, intracellular ROS 생성, apoptosis를 측정한 결과 감태필름이 UV-B 조사에 대한 광손상으로부터 보호효과를 가지고 있음을 확인하였다. 따라서 감태추출물을 이용한 UV 흡수필름은 피부 건강의 유지, 자외선에 의해 유발되는 다양한 질병의 예방에 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 감태필름을 이용하여 건물 외벽이나 태양광선이 통하는 곳의 표면에 부착하였을 때 상당한 UV 필터효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 결과는 해양생물자원의 보다 효율적인 활용방안뿐만 아니라 고갈되는 육상자원의 대체자원으로서의 이용가능성을 제시해 주는 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음.

## References

Afaq F, Syed DN, Malik A, Hadi N, Sarfaraz S, Kweon MH, Khan N, Zaid MA and Mukhtar H. 2007. Delphinidin, an anthocyanidin in pigmented fruits and vegetables, protects human hacat keratinocytes and mouse skin against UVB-mediated oxidative stress and apoptosis. *J Invest Dermatol* 127, 222-232. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.jid.5700510>.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis (15<sup>th</sup> Edition)*. Helrich K, ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.

Bowden GT. 2004. Prevention of non-melanoma skin cancer by targeting ultraviolet-B-light signaling. *Nat Rev Cancer* 4, 23-35. <http://dx.doi.org/10.1038/nrc1253>.

Chandler SF and Dodds JH. 1983. The effect of phosphate, nitrogen and sucrose on the production of phenolics and solasodine in callus cultures of *Solanum laciniatum*. *Plant Cell Reports* 2, 205-208. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00270105>.

F'guyer S, Afaq F and Mukhtar H. 2003. Photochemoprevention of skin cancer by botanical agents. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 19, 56-72. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0781.2003.00019.x>.

Halliday GM. 2005. Inflammation, gene mutation and photoimmunosuppression in response to UVR-induced oxidative damage contributes to photocarcinogenesis. *Mutat Res* 571, 107-120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2004.09.013>.

Harrington CR. 1990. Lowry protein assay containing sodium dodecyl sulfate in microtiter plates for protein determinations on fractions from brain tissue. *Anal Biochem* 186, 285-287. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(90\)90081-J](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(90)90081-J).

Kim TY and Park JP. 2015. Antioxidant and protective effects of gagam-danguieumja on ultraviolet B-induced damage in human keratinocytes. *J Physiol Pathol Korean Med* 29, 475-484. <http://dx.doi.org/10.15188/kjopp.2015.12.29.6.475>.

Kim TY, Jang SA, Chae YB, Bak JP. Antioxidant and protective effects of *Leonurus sibiricus* l. extract on ultraviolet b (uvb)-induced damage in human keratinocytes. *Korean J Plant Res* 1, 011-019. <http://dx.doi.org/10.7732/kjpr.2016.29.1.011>.

Kim TY, Jang SA, Chae YB and Bak JP. 2016. Antioxidant and protective effects of *Leonurus sibiricus* L. extract on ultraviolet B (UVB)-induced damage in human keratinocytes. *Korean J Plant Res* 29, 11-19. <http://dx.doi.org/10.7732/kjpr.2016.29.1.011>.

Ko SC, Cha SH, Heo SJ, Lee SH, Kang SM and Jeon YJ. 2010. Protective effect of *Ecklonia cava* on UVB-induced oxidative stress: *in vitro* and *in vivo* zebrafish model. *J Appl Phycol* 23, 697-708. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9565-z>.

Kuda T, Taniguchi E, Nishizawa M and Araki Y. 2002. Fate of water-soluble polysaccharides in dried *Chorda filum* a brown alga during water washing. *J Food Compos Anal* 15, 3-9. <http://dx.doi.org/10.1006/jfca.2001.1037>.

- Lee SH, Ha SE, Lee JK and Park JK. 2014. Effects of *Rubus coreanus* and *Artemisia princeps* extracts on the ultraviolet B-induced DNA damage responses in HaCaT cells. *J Life Sci* 2, 112-117. <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2014.24.2.112>.
- Lo'pez-Caballero ME, Go'mez-Guille'n MC, Pe'rez-Mateos M and Montero P. 2005. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloid* 19, 303-311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.06.006>.
- Moriwaki S and Takahashi Y. 2008. Photoaging and DNA repair. *J Dermatol Sci* 50, 169-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdermsci.2007.08.011>.
- Park HC, Jung TK and Yoon KS. 2014. Antioxidative activity of extract of *Cornus walteri* wanger leaves in human dermal fibroblast irradiated by UVB. *KSBB J* 29, 432-436. <http://dx.doi.org/10.7841/ksbbj.2014.29.6.432>.
- Roleda MY, Clayton MN and Wiencke C. 2006. Screening capacity of UV-absorbing compounds in spores of arctic laminariales. *J Exp Mar Biol Ecol* 338, 123-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2006.07.004>.
- Rosenkranz AR, Schmaldienst S, Stuhlmeier KM, Chen W, Knapp W and Zlabinger GJ. 1992. A microplate assay for the detection of oxidative products using 2',7'-dichlorofluorescein-diacetate. *J Immunol Methods* 156, 39-45. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1759\(92\)90008-H](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1759(92)90008-H).
- Sitailo LA, Tibudan SS and Denning MF. 2002. Activation of caspase-9 is required for UV-induced apoptosis of human keratinocytes. *J Biol Chem* 277, 19346-19352. <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M200401200>.
- Verschooten L, Declercq L and Garmyn M. 2006. Adaptive response of the skin to UVB damage: role of the p53 protein. *Int J Cosmetic Sci* 28, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2494.2006.00299.x>.
- Wijesekara I, Yoon NY and Kim SK. 2010. Phlorotannins from *Ecklonia cava* (Phaeophyceae): biological activities and potential health benefits. *Biofactors* 36, 408-414. <http://dx.doi.org/10.1002/biof.114>.