

<http://dx.doi.org/10.15433/ksmb.2016.8.1.030>

ISSN 2383-5400 (Online)

## 제주도 연안 서식 해조류에 대한 주요 활성성분 및 항산화효능 연구

# Studies on Bioactive Substances and Antioxidant Activities of Marine Algae from Jeju Island

김태희<sup>1,2</sup>, 고석천<sup>2</sup>, 오건우<sup>1,2,3</sup>, 박현호<sup>1,2,3</sup>, 이대성<sup>4</sup>, 임미진<sup>4</sup>, 이정민<sup>4</sup>, 유종수<sup>4</sup>, 김창수<sup>5</sup>, 최일환<sup>6</sup>, 정원교<sup>1,2,3\*</sup>

Tae-Hee Kim<sup>1,2</sup>, Seok-Chun Ko<sup>2</sup>, Gun-Woo Oh<sup>1,2,3</sup>, Hyeon-Ho Park<sup>1,2,3</sup>, Dae-Sung Lee<sup>4</sup>, Mi-Jin Yim<sup>4</sup>, Jeong Min Lee<sup>4</sup>, Jong Su Yoo<sup>4</sup>, Chang-Soo Kim<sup>5</sup>, Il-Whan Choi<sup>6</sup>, Won-Kyo Jung<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 의공학과, 부산광역시 남구 용소로 45, 48513, 대한민국

<sup>2</sup>부경대학교 해양 융복합 바이오닉스 연구단, 부산광역시 남구 용소로 45, 48513, 대한민국

<sup>3</sup>부경대학교 BK21 Plus 해양 융복합 생명과학기술 센터, 부산광역시 남구 용소로 45, 48513, 대한민국

<sup>4</sup>국립 해양생물 자원관, 융복합 연구본부, 충남 서천군 장항읍 장산로 101번길 75, 33662, 대한민국

<sup>5</sup>한국 연안환경 생태 연구소, 경기도 부천시 오정구 석천로 397, 14449, 대한민국

<sup>6</sup>인제대학교 의과대학, 미생물학과, 부산광역시 부산진구 복지로 75, 47392, 대한민국

<sup>1</sup>Department of Biomedical Engineering, Pukyong National University, Busan-si 48513, Republic of Korea

<sup>2</sup>Marine-Integrated Bionics Research Center, Pukyong National University, Busan-si 48513, Republic of Korea

<sup>3</sup>Center for Marine-Integrated Biomedical Technology (BK21 Plus), Pukyong National University, Busan-si 48513, Republic of Korea

<sup>4</sup>Converging Research Division, National Marine Biodiversity Institute of Korea, Seochun-gun 33662, Republic of Korea

<sup>5</sup>Korea Institute of Coastal Ecology Inc., Bucheon-si 14449, Republic of Korea

<sup>6</sup>Department of Microbiology, College of Medicine, Inje University, Busan-si 47392, Republic of Korea

(Received 31 May 2016, Revised 24 June 2016, Accepted 24 June 2016)

**Abstract** The objective of this study was to investigate the useful components and potential antioxidant activities of 30 marine algae, collected from Jeju Island in Korea. The contents of bioactive substance of extracts from marine algae, such as total polyphenol and carbohydrate, were determined. The extract of *Distromium decumbens* had the highest amount of total polyphenol content (21.27%), and that of *Gracilaria incurvata* Okamura had the highest amount of total carbohydrate content (10.18%). The antioxidant activities of extracts obtained from algae were tested through the evaluation of DPPH radical and hydroxyl radical scavenging activity. The extracts of *Distromium decumbens*, *Sargassum hemiphyllum* (Turner) C. Agardh, *Sargassum serratifolium* (C. Agardh) C. Agardh and *Acrosorium yendoii* Yamada were found to have more than 80% DPPH radical scavenging activity and that of *Dictyota okamurae* (Dawson) Hötting, Schnetter, et Prud'homme van Reine, *Myagropsis myagroides* (Martens ex Turner) Fensholt, *Sargassum serratifolium* (C. Agardh) C. Agardh and *Cladophora wrightiana* Harvey showed more than 50% hydroxyl radical scavenging activity. These results suggest that algae collected from Jeju Island would be good raw materials for antioxidant.

**Keywords** : Algae, Antioxidant, Free radical scavenging

## 서론

해조류는 아시아 국가를 중심으로 일반 및 건강 식

품으로 주로 소비되어 왔으나, 최근 들어 유럽 및 북미지역에서도 해조류에 대한 식품영양학 및 건강 기능학적 가치 인식으로 인해 세계적으로 해조류 소

\* Corresponding author

Phone: 82-51-629-5775 Fax: 82-51-629-5775

E-mail: [wkjung@pknu.ac.kr](mailto:wkjung@pknu.ac.kr)

This is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

비량이 크게 증가되고 있다. 해조류에 대한 연구는 천연 생리활성물질을 대상으로 한 각종 질병 치료 및 건강 유지 등 효능 및 기전규명과 같은 기초 연구와 함께, 알긴산(alginic acid) 및 푸코이단(fucoidan) 등의 해조 다당류(polysaccharide) [1,2], 디에콜(dieckol), 에콜(eckol), 트리플로레톨(triphlorethol) A [3,4] 등의 폴리페놀(polyphenol) 물질을 활용한 건강식품, 화장품, 의료소재, 의약품으로 개발하고자 하는 노력이 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다.

현대인들의 불규칙한 생활환경과 식생활 패턴의 변화 등으로 인해 당뇨, 동맥경화, 고지혈증을 포함한 각종 성인병의 발생이 증가하고 있으며, 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)에 의한 산화적 스트레스(oxidative stress)는 성인병의 복합적인 원인들 중 하나로 알려져 있다 [5,6]. 산화적 스트레스를 유발하는 활성산소종의 종류로는 초산화물 음이온(superoxide anion,  $O_2^-$ ), 일중항 산소(singlet oxygen,  $^1O_2$ ), 수산화 라디칼(hydroxyl radical,  $\cdot OH$ ) 및 과산화수소(hydrogen peroxide,  $H_2O_2$ ) 등이 있으며, 일반적으로 활성산소종은 불안정한 상태로 인해 반응성이 높지만, 생체 내 효소 기작에 의해 대부분 소멸이 된다 [7,8]. 하지만, 각종 원인에 의해 항산화 방어계(antioxidant defense system)의 균형이 깨지게 되면 생체 내에서 활성산소종이 완전히 소멸되지 않아, 높은 반응성을 가지는 활성산소종이 생체물질과 쉽게 반응하거나 체내 고분자들을 공격하여 암, 당뇨병, 치매, 면역 질환 등 다양한 병리적인 상황을 초래하게 된다 [6,9].

항산화제는 주로 면역 증진, 생체 내의 산화적 손상 방어와 세포의 신호전달과정에 참여하는 등의 다양한 기능을 가진다. 생체 내에서의 항산화제의 주요 기능은 활성산소종의 작용에 의해 일어나는 체내 손상을 방지하는 것으로, 이를 통해 인체에 대한 산화적 스트레스의 악영향을 줄일 수 있다 [10,11]. 합성 항산화제로 잘 알려져 있는 butylated hydroxyl anisol(BHA) 및 butylated hydroxyl toluene(BHT) 등은 높은 항산화능에도 불구하고 부작용을 초래한다고 알려져 있어, 최근 천연자원으로부터 부작용이 없는 항산화제를 발굴하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [7].

이에 본 연구에서는 제주 연안에서 서식하는 30종

의 해조류에 대한 70% 에탄올 추출물을 이용하여 유용성분 함량 및 항산화 효과를 확인하여 천연 항산화제로서의 응용 가능성을 확인하고자 연구를 수행 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 추출

본 실험의 주재료인 제주 연안에 서식 해조류 30종에 대한 추출물은 국립 해양 생물 자원관에서 제공받아 연구를 수행하였다. 70% 에탄올 추출은 다음과 같이 진행하였다. 불순물 제거를 위해 시료를 수세한 후 건조 및 분쇄 후, 분쇄된 시료 100 g에 70% 에탄올을 1 L를 가하여 상온에서 24시간 동안 침지시킨 후, 원심분리기(Hanil Co., Seoul, Korea)를 사용하여 4°C에서 3,500 rpm으로 20분 동안 원심분리하여 상층액을 얻었다. 그 후 whatman filter paper를 이용하여 여과액을 얻어 40°C에서 회전 감압회전 농축기(Eyela, Tokyo, Japan)로 70% 에탄올을 제거하여 건조된 시료를 얻었다. 본 연구에서는 건조된 시료를 70% 에탄올에 녹여 실험에 사용하였다 [12].

### 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis의 방법[13]에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 20  $\mu L$ 에 Folin-Ciocalteu phenol reagent (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 100  $\mu L$ 를 넣어 혼합한 후 상온의 암실에서 3분 동안 반응시킨 후, 7.5%  $Na_2CO_3$  용액을 80  $\mu L$ 를 가하여 20분간 다시 상온의 암실에서 반응시킨 후 microplate reader (PowerWave XS2, BioTek Instruments, Inc., USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준검량곡선은 표준물질로 gallic acid를 사용하여 동일한 방법으로 작성된 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량으로 환산하였다.

### 총 당 함량 측정

총 당 함량은 Dubois의 방법[14]에 준하여 측정하였다. 시료 20  $\mu L$ 에 5% phenol 20  $\mu L$ 와 sulfuric acid 100  $\mu L$ 를 가하여 상온에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준검량곡선은 표준물질로 glucose를

이용하여 동일한 방법으로 작성된 표준곡선으로부터 총 당 함량으로 환산하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Nanjo 등 [15]의 방법에 준하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼에 대한 시료의 전자공여능(Electron donating ability, EDA)을 측정하였다. 시료의 전자공여능 측정을 위해, 시료 100 µL에 0.4 mM DPPH 용액 100 µL를 넣고 30분간 상온의 암실에서 반응시킨 후 microplate reader를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능(%)

$$= \frac{(\text{무처리구 흡광도} - \text{시료첨가구 흡광도})}{\text{무처리구 흡광도}} \times 100$$

### Hydroxyl 라디칼 소거능 측정

Hydroxyl 라디칼 소거능은 Rosen과 Rauckman [16]의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 일정한 농도의 시료 20 µL를 e-tube에 넣은 후 여기에 0.3 M 5,5-dimethyl-1-pyrroline-N-oxide (DMPO) 20 µL, 10 mM FeSO<sub>4</sub> 20 µL 및 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/0.1 M phosphate buffer (pH7.4) 20 µL를 첨가하여 혼합한 다음 실온에서 2.5분 방치한 후 quartz capillary tube에 옮겨 electron spin resonance (ESR) spectroscopy로 측정하였다. 스펙트럼은 scan time: 200 sec, filed: 3461.3±50 G, time constant: 0.03 sec, power: 1 mW, amplitude: 1×1000의 조건에서 기록하였다. 시료의 hydroxyl 라디칼 소거능에 대한 계산은 DPPH 라디칼 소거 측정 방법과 동일하다.

### 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며, 그 평균값은 SPSS software (ver. 21)를 사용하여, 각 항목에 따라 평균치±표준편차를 구하여 신뢰수준 95% (p<0.05)에서 통계적 유의차를 평가하였다.

### 결과 및 고찰

국내에는 서남해역 및 제주도를 위주로 다양한 해조류가 서식하고 있으며, 해조류에 포함된 2차 대사

산물은 비만, 당뇨, 심근경색 등 많은 질환에 대한 예방 및 간손상에 대한 보호 효과를 보유하고 있는 것으로 알려져 있다 [17]. 또한, 항산화, 항암, 항바이러스, 항염증 등과 같은 다양한 생리활성 효과에 대한 보고가 증가함에 따라, 해조류에 대한 연구가 국내외에서 꾸준히 이루어지고 있다 [10]. 이에 본 연구에서는 제주 연안에 서식하는 해조류 30종의 유용성분 함량 및 항산화능을 평가하고 천연 항산화제로서의 잠재성에 대하여 확인하고자 수행되었다.

폴리페놀 화합물은 플라보노이드(flavonoids), 탄닌류(tannins), 리그난(lignans) 등을 포함하는 페놀성 화합물(phenolic compounds)을 총칭하며, 자연계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로서 주로 과일 및 해조류에 다량 함유되어 있으며, 폴리페놀의 하이드록실기(-OH)가 거대 분자와의 결합을 통해 항산화 작용, 고지혈증 및 항암, 항염 등의 뛰어난 효과를 나타낸다고 알려져 있다 [18,19].

또한, 황산기 및 카르복실기를 가지는 대부분의 해조류 유래 다당류는 혈압 강하작용, 종양세포의 성장저해 효과, 항산화 효과 등의 활성을 나타낸다고 보고된 바 있다 [20,21]. 해조류 중에서도 거대조류는 분류군에 따라 구성 다당류가 다르다. 주로 갈조류는 알지네이트(alginate), 만니톨(mannitol) 및 푸코이단(fucoidan) 등의 다당류를, 녹조류는 셀룰로스(cellulose), 만난(mannan) 및 펙틴(pectin)과 같은 다당류를, 홍조류는 아가로스(agarose) 및 포르피린(porphyrin) 등의 다당류를 포함하고 있다 [22,23].

해조류 분류군에 따른 성분 분석 및 생리 활성 측정에 대한 연구들은 갈조류가 녹조류나 홍조류에 비해 비교적 우수한 생리활성을 보인다고 보고하였다 [24]. 본 연구에 사용된 해조류 30종을 갈조류, 홍조류, 녹조류 순으로 분류하여 학명, 국명, 폴리페놀 및 당 함량 측정 결과를 Table 1에 나타내었다.

시료의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과, 두꺼부채(P5, 21.27±0.09%)가 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타냈으며, 패(P17, 12.11±0.06%), 갈색대마디말(C1, 9.86±0.51%), 잔가지모자반(P11, 9.26±0.54%), 넓패(P4, 8.99±0.38%) 순으로 총 폴리페놀 함량이 높게 나타났다. 대체적으로 갈조류의 총 폴리페놀 함량이 홍조류와 녹조류에 비해 높은 것으로 나타났으며, 이와 같은 결과는 이전 연구에서 갈조류가 녹조류나 홍조류에 비해 총 폴리페놀 함량이 높다고 보

고된 바와 같은 결과를 나타낸다 [25,26].

또한, 총 당 함량을 측정한 결과는 꼬불꼬시래기 (R2, 17.35±0.69%)의 총 당 함량이 가장 높게 나타났으며, 짝잎모자반(P13, 9.66±0.24%), 벗붉은잎(R6,

9.43±0.14%), 외톨개모자반(P10, 9.56±0.14%), 고사리모자반(P2, 8.99±0.24%) 순으로 높은 총 당 함량을 나타냈다. 평균적으로는 홍조류, 갈조류, 녹조류 순으로 당 함량이 높았으며, 이는 이전 연구들과 비교

**Table 1.** Information and contents of useful component from Jeju algae used in this study.

Scientific name	Korean name	No	Polyphenol Content (%)	Content (%)
<b>Phaeophyta</b>				
<i>Dictyota okamurae</i> (Dawson) Hötning, Schnetter, et Prud'homme van Reine	개그물바탕말	P1	4.44±0.07	2.93±0.50
<i>Sargassum filicinum</i> Harvey	고사리모자반	P2	3.62±0.12	8.99±0.24
<i>Sargassum siliquastrum</i> (Mertens ex Turner) C.Agardh	파배기모자반	P3	2.70±0.28	4.59±0.14
<i>Ishige sinicola</i> (Setchell et Gardner) Chihara	넓괘	P4	9.00±0.38	2.48±0.06
<i>Distromium decumbens</i>	두켜부채	P5	21.27±0.09	2.17±0.84
<i>Dictyopteris divaricate</i> (Okamura) Okamura	미끈뼈대그물말	P6	7.26±0.14	0.79±0.63
<i>Padina arborescens</i> Holmes	부챗말	P7	4.22±0.39	0.01±0.001
<i>Padina crassa</i> Yamada	분부챗말	P8	2.24±0.35	0.42±0.01
<i>Sargassum confusum</i> C. Agardh	알송이모자반	P9	4.94±0.01	0.62±0.14
<i>Myagropsis myagroides</i> (Martens ex Turner) Fensholt	외톨개모자반	P10	5.93±0.25	9.56±0.14
<i>Sargassum micracanthum</i> (Kützting) Enflicher	잔가시모자반	P11	9.26±0.54	3.19±1.35
<i>Sargassum thunbergii</i> (Mertens es Roth) Kuntze	지충이	P12	4.44±0.50	3.64±0.24
<i>Sargassum hemiphylum</i> (Turner) C.Agardh	짝잎모자반	P13	6.66±0.25	9.66±0.24
<i>Sargassum coreanum</i> J Agardh	큰잎모자반	P14	3.21±0.01	0.67±0.01
<i>Sargassum serratifolium</i> (C. Agardh) C. Agardh	툽니모자반	P15	8.35±0.15	0.86±0.01
<i>Sargassum fusiformis</i> (Harvey) Okamura	툽	P16	2.24±0.02	5.14±0.36
<i>Ishige okamurae</i> Yendo	괘	P17	12.11±0.06	2.88±1.20
<b>Rhodophyta</b>				
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (Gmelin) Silva	각시꼬시래기	R1	6.11±0.08	1.89±0.27
<i>Gracilaria incurvata</i> Okamura	꼬불꼬시래기	R2	5.67±0.69	10.18±0.69
<i>Gracilaria verrucosa</i> (Hudson) Papenfuss	꼬시래기	R3	3.59±0.15	5.90±2.78
<i>Acrosorium yendoi</i> Yamada	누은분홍잎	R4	5.71±0.84	3.04±0.41
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan	바다고리풀	R5	7.16±1.65	2.73±0.69
<i>Callophylis japonica</i> kamura in De Toni & Okamura	벗붉은잎	R6	5.52±0.16	9.43±0.14
<i>Carpopeltis angusta</i> (Harvey) Okamura	붉은뼈까막살	R7	4.21±0.19	4.23±0.67
<i>Martensia bibaril</i> Y. Lee	비바리비단망사	R8	7.06±0.32	7.52±0.24
<i>Chondria crassicaulis</i> Harvey	서실	R9	3.87±0.08	0.11±0.01
<i>Gracilaria textorii</i> (Suringar) Hariot	잎꼬시래기	R10	2.98±0.01	2.49±0.27
<i>Grateloupata crispate</i> (Okamura) Lee	주름까막살	R11	4.70±0.78	5.02±0.01
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	참사슬풀	R12	4.38±0.26	0.17±0.04
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Cladophora wrightiana</i> Harvey	갈색대마디말	C1	9.86±0.51	2.21±0.24

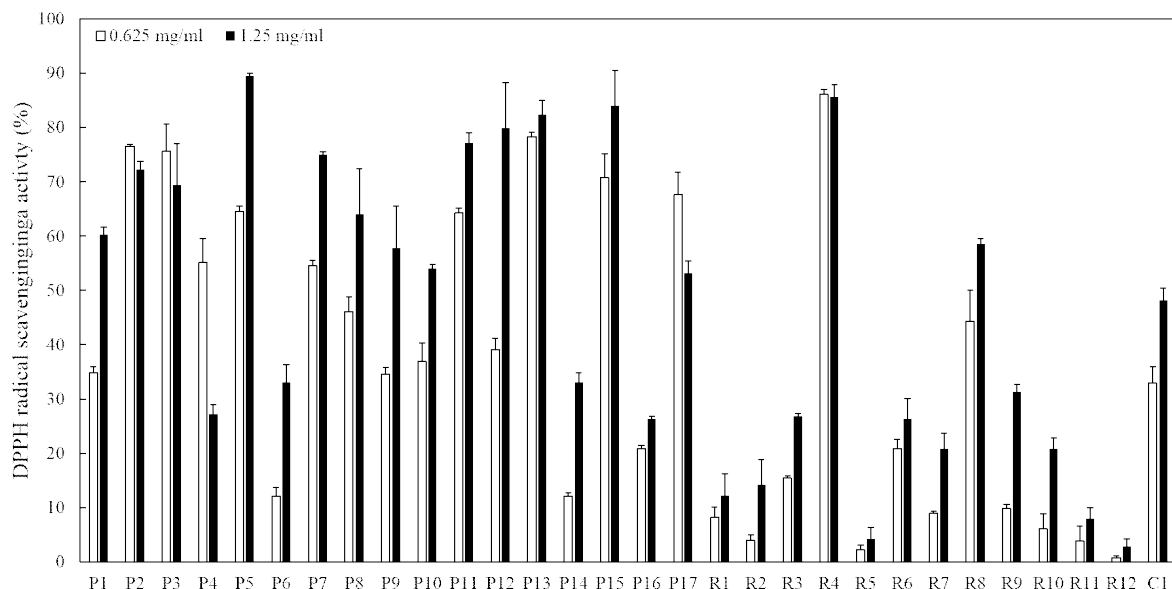
하여 유사한 결과를 나타낸다 [27].

주로 항산화제의 보호능력은 자유 라디칼 소거능, 항산화 효소의 활성, 산화 효소의 억제 등을 통해 평가한다. 본 연구에서는 항산화제의 보호능력을 평가하기 위해 자유 라디칼 및 활성산소종 소거능을 이용하였다. 자유 라디칼 소거능 측정을 위해 화학적으로 유도되어 비교적 안정적이며 반응계에서 전자를 공여 받으면 고유의 자색이 없어지는 특성을 가진 DPPH 라디칼에 대한 소거능 측정법[7]을 사용하고, 활성산소종 소거능 측정을 위해 생체 대사과정에서 Fe<sup>2+</sup>나 Cu<sup>2+</sup>이온의 존재 하에서 과산화수소가 분해되어 생성되며, 활성산소종 중에서도 반응성이 강해 생체 내 각종 조직 등의 산화와 돌연변이를 유발하는 물질로 알려진 hydroxyl 라디칼에 대한 소거능 측정법을 사용하였다 [24].

시료의 자유 라디칼 소거능 측정을 위한 DPPH 라디칼 소거능은 0.625 mg/mL과 1.25 mg/mL의 두 가지 농도에서 각각 측정하였으며, 결과는 Fig. 1과 같다. 0.625 mg/mL의 농도에서 DPPH 라디칼 소거능은 누은홍잎(R4, 86.14±0.92%), 짝잎모자반(P13, 78.32±0.78%), 고사리모자반(P2, 76.49±0.41%), 파배기모자반(P3, 75.68±4.97%), 톱니모자반(P15, 70.73±4.42%) 순으로 높은 소거능을 보였으며, 1.25 mg/mL의 농도에서는 두꺼부채(P5, 89.57±0.43%), 누은분홍잎(R4, 85.64±2.21%), 톱니모자반(P15, 84.05±6.47%), 짝잎모자반(P13,

82.43±2.55%) 순으로 높은 소거능이 나타났다. 결과에 따르면, 갈조류의 DPPH 라디칼 소거능이 녹조류와 홍조류에 비하여 우수하게 나타났다. 이전 연구 결과에 따르면 [28], 갈조류에는 우수한 항산화 활성을 보이는 플로로탄닌(phlorotannin)이 많이 함유되어 있어 갈조류의 DPPH 라디칼 소거능이 녹조류와 홍조류에 비해 높게 나온 것으로 사료된다.

시료의 활성산소종 소거능을 측정하기 위해 실시한 hydroxyl 라디칼 소거능에 대한 결과는 Fig. 2에 ESR signal과 그래프로 나타내었다. hydroxyl 라디칼 소거능 또한 0.625 mg/mL과 1.25 mg/mL의 농도로 측정하였으며, 0.625 mg/mL의 농도에서 갈색대마디말(C1, 52.71±0.93%), 톱니모자반(P15, 51.18±0.44%), 앞꼬시래기(R10, 43.36±1.10%), 부챗말(P7, 42.11±0.51%), 미끈뼈대그물말(P6, 41.50±0.59%)의 순서대로 소거능이 높게 나타났으며, 1.25 mg/mL에서는 갈색대마디말(C1, 72.52±1.66%), 외톨개모자반(P10, 58.13±2.55%), 개그물바탕말(P1, 51.57±2.96%), 톱니모자반(P15, 51.34±2.96%), 짝잎모자반(P13, 44.58±3.37%) 순으로 높은 hydroxyl 라디칼 소거능을 보였다. 녹조류에 속하는 갈색대마디말이 hydroxyl 라디칼 소거능이 가장 우수하였으나, 전체적으로 갈조류의 hydroxyl 라디칼 소거능이 우수하였다. 갈조류는 이전의 연구에 의해 높은 hydroxyl 라디칼 소거능에 대해서 보고된 바 있으며 [29], 본 연구에서의 결과는 이전 연구와 유사한 양상을 나타내었



**Figure 1.** DPPH radical scavenging activity of extract from algae. Experiment was performed in triplicate and data mean±standard deviation.

다. 항산화 물질이 hydroxyl 라디칼을 소거하는 주된 과정은 지질과산화 과정의 진행 방해나 ROS 소거

때문이라고 알려져 있으며 [24], 이를 통해, 갈조류에 포함되어 있는 폴리페놀 등의 성분에 의해 hydroxyl

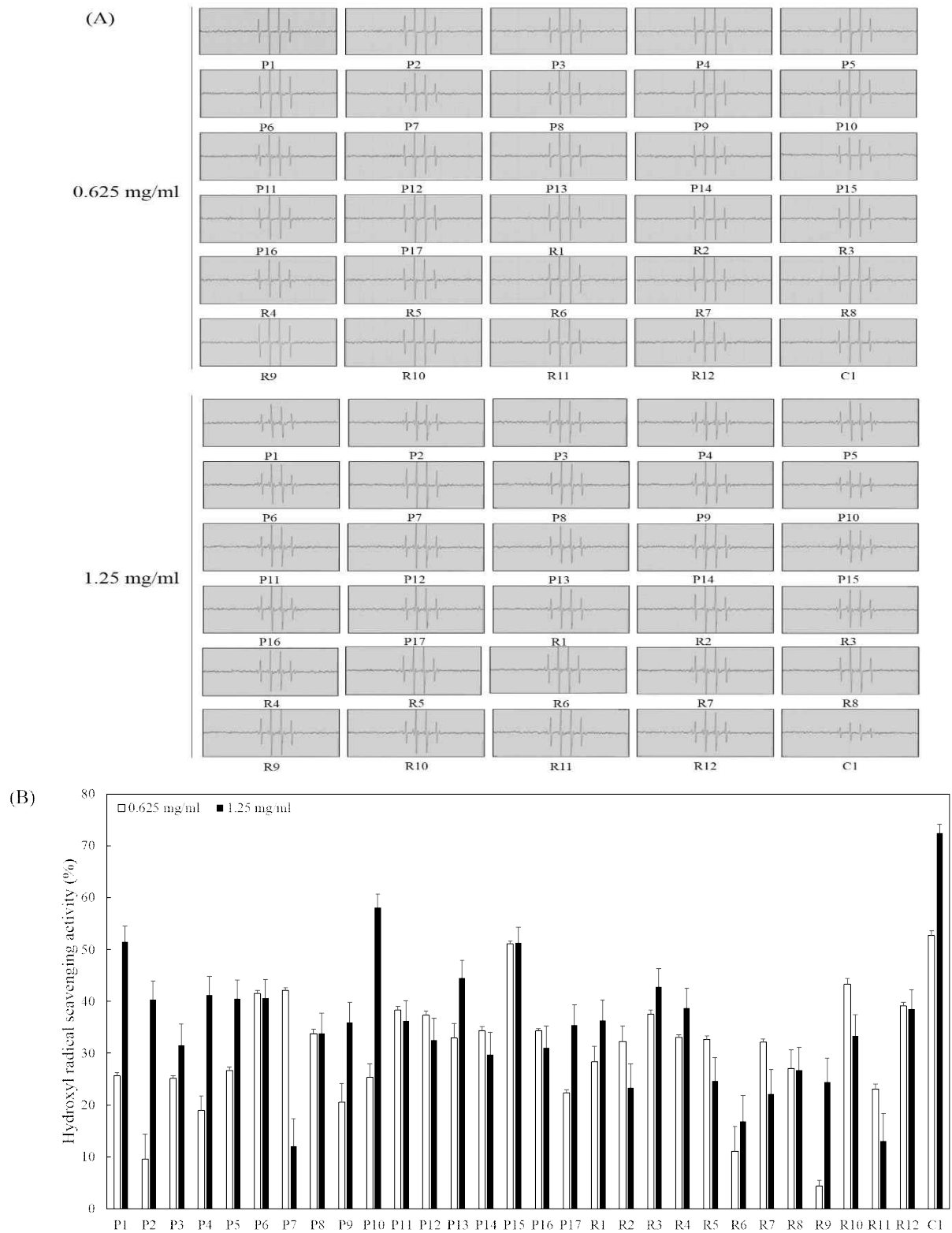


Figure 2. (A) ESR signal (B) hydroxyl radical scavenging activity of extract from algae. Experiment was performed in triplicate and data mean±standard deviation.

라디칼이 소거능이 높은 것으로 사료된다.

제주 연안 서식 해조류 30종으로부터 추출된 시료들의 자유 라디칼 및 활성산소종 소거능에 대한 결과를 종합적으로 살펴보면, 갈조류는 hydroxyl 라디칼과 DPPH 라디칼 소거능이 모두 높게 나타났으며, 녹조류에 속하는 갈색대마디말은 hydroxyl 라디칼 소거능이 갈조류와 홍조류에 비해 높게 관찰되었다. 이는 갈조류에는 폴리페놀 화합물이 많아 높은 자유 라디칼 소거능을 보이며, 녹조류에는 폴리페놀 화합물과 더불어 다른 항산화 물질이 포함되어 있는 것으로 사료된다. 홍조류의 경우, 갈조류와 녹조류에 비해 뛰어난 자유 라디칼 및 활성산소종 소거능을 보이지는 않지만, 높은 총 당 함량을 통하여 항산화 활성 이외의 항응고, 항균 등의 활성을 가질 것으로 간주된다 [30,31].

## 결 론

본 연구에서는 제주에 서식하는 해조류 30종에 대한 총 폴리페놀 및 총 당 함량 분석과 항산화능 평가를 위해 DPPH 및 hydroxyl 라디칼 소거활성을 측정하였다. 그 결과, 다른 분류군에 비해 폴리페놀 함량과 당 함량은 갈조류와 홍조류에서 각각 높았으며, 녹조류에 속하는 갈색대마디말은 각각 폴리페놀과 당 함량이 갈조류와 홍조류에 비해 낮은 것으로 확인되었다. 또한, 폴리페놀 함량이 높았던 갈조류가 DPPH와 hydroxyl 라디칼 소거능이 높으며, 녹조류에 속하는 갈색대마디말은 hydroxyl 라디칼 소거능이 높은 것으로 확인되었다.

해당 연구를 통해, 제주 연안에 서식하는 해조류들 중 고함량의 폴리페놀과 당이 포함된 추출물들이 염증, 암, 조직협착, 심혈관 질환 등과 같은 심각한 질환을 야기하는 활성산소종을 효과적으로 소거하는 것을 확인하였으며, 아울러 체내 부작용이 있는 것으로 잘 알려진 BHA, BHT 등의 합성 항산화제의 대체 항산화제로서 가능성을 가지고 있음을 확인하였다.

## 감사의 글

이 연구는 해양수산부 해양 수산 기술 실용화사업 (PJT200673), 한국연구재단 신진연구자 지원사업

(2013R1A1A1A05013577)과 2016년 국립해양생물자원관의 재원(2016M00600)으로 수행하였다.

## References

1. Choi, J. H., Kim, D. I., Park, S. H., Kim, D. W. and Koo, J. G. 1999. Effects of Sea Tangle (*Laminaria japonica*) and Fucoïdan Components on the Attack of Oxygen Radicals in Kidney. *J. Korean Fish. Soc.* **32**, 758-763.
2. Kim, M. J., Choi, J. S., Song, E. J., Lee, S. Y., Kim, K. B. W. R., Lee, S. J., Kim, S. J., Yoon, S. Y., Jeon, Y. J. and Ahn, D. H. 2009. Effects of heat and pH treatments on antioxidant properties of *Ishige okamurai* extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* **41**, 50-56.
3. Lee, S. H., Park, M. H., Heo, S. J., Kang, S. M., Ko, S. C., Han, J. S. and Jeon. Y. J. 2010. Dieckol isolated from *Ecklonia cava* inhibits  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase in vitro and alleviates postprandial hyperglycemia in streptozotocin-induced diabetic mice. *Food. Chem. Toxicol.* **48**, 2633-2637.
4. Kang, M. C., Cha, S. H., Wijesinghe, W. A. J. P., Kang, S. M., Lee, S. H., Kim, E. A., Song, C. B. and Jeon, Y. J. 2013. Protective effect of marine algae phlorotannins against AAPH-induced oxidative stress in zebrafish embryo. *Food Chem.* **48**, 950-955.
5. Lee, B. B., Park, S. R., Han, C. S., Han, D. Y., Park, E., Park, H. R. and Lee, S. C. 2008. Antioxidant activity and inhibition activity against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of *Viola mandshurica* extracts. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 405-409.
6. Lee, M. H., Lee, J. W., Park, C., Han, M. H., Hong, S. H. and Choi, Y. H. 2015. Antioxidant, Antimicrobial and Anticancer Properties of Seven Traditional Herb-combined Remedies. *J. Life Sci.* **25**, 406-415.
7. Hyon, J. S., Kang, S. M., Han, S. W., Kang, M. C., Oh, M. C., Oh, C. K., Kim, D. W., Jeon, Y. J. and Kim, S. H. 2009. Flavonoid component changes and antioxidant activities of fermented *Citrus grandis* Osbeck peel. *J. Korean Soc. Nutr.* **38**, 1310-1316.
8. Lee, K. M., Jeong, G. T. and Park, D. H. 2004. Study of antimicrobial and DPPH scavenger activity of wood vinegar. *Korean J. Boptechnol. Bioeng.* **19**, 381-384.

9. Hyun, J. M., Park, K. J., Kim, S. S., Park, S. M., Lee, Y. J. and An, H. J. 2015. Antioxidant and Anti-inflammatory Effects of Solvent Fractions from the Peel of the Native Jeju Citrus ‘Hongkyool’ and ‘Pyunkyool. *J. Life Sci.* **25**, 1132-1138.
10. Kim, S. J., Lee, G. S., Moh, S. H., Park, J., Auh, C. K., Chung, Y., Ryu, T. K. and Lee, T. K. 2013. Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Six Edible Seaweeds. *J. Korea Acad. Industr. Coop. Soc.* **14**, 3081-3088.
11. Ko, Y. H., Moon, Y. S., Sohn, S. H., Jung, C. Y. and Jang, I. 2012. Effect of Dietary Supplementation of Plum or Omija on Growth Performance, Blood Biochemical Profiles and Antioxidant Defense System in Broiler Chickens. *Korean J. Poult. Sci.* **39**, 121-131.
12. Wijesinghe, W. A. J. P., Lee, W. W., Kim, Y. M., Kim, Y. T., Kim, S. K., Jeon, B. T., Kim, J. S., Heu, M. S., Jung, W. K., Ahn, G., Lee, K. W. and Jeon, Y. J. 2011. Value-added fermentation of *Ecklonia cava* processing by-product and its antioxidant effect. *J. Appl. Phycol.* **24**, 201-209.
13. Folin, O. and Denis, W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* **12**, 239-243.
14. Duboi, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
15. Nanjo, H., Adachi, H., Aketa, M., Mizoguchi, T., Nishihara, T. and Terada, T. 1995. The role of cysteine in the alteration of bovine liver dihydrodiol dehydrogenase 3 activity. *Biochem. J.* **17**, 233-238.
16. Rosen, G. M. and Rauckman, E. J. 1980. Spin trapping of the primary radical involved in the activation of the carcinogen N-hydroxy-2-acetylaminofluorene by cumene hydroperoxide-hematin. *Mol. Pharmacol.* **17**, 233-238.
17. Bae, H. M., Cho, E. K., Kim, H. Y., Kand, S. H. and Choi, Y. J. 2012. Biological Analysis of Enzymatic Extracts from *Capsosiphon Fulvescens* Using the *Microbulbifer* sp. AJ-3 Marine Bacterium. *J. Life Sci.* **22**, 627-633.
18. Kim, S. J., Lee, G., Moh, S. H., Park, J., Auh, C. H., Chung, Y., Ryu, T. K. and Lee, T. K. 2013. Phenolic contents and antioxidant activities of six edible seaweeds. *J. Korea Acad. Industr. Coop. Soc.* **14**, 3081-3088.
19. Kim, E. J., Choi, J. Y., Yu, M., Kim, M. Y., Lee, S. and Lee, B. H. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* **44**, 337-342.
20. Na, H. S., Kim, J. Y., Park, J. S., Choi, G. C., Yang, S. I., Lee, J. H., Cho, J. Y. and Ma, S. J. 2014. Characteristics of marine algae extracts using subcritical water extract method. *Korean. J. Food Preserv.* **21**, 62-68.
21. Lee, W. W., Ahn, G. A., Kang, N., Kim, E. A., Jee, Y. and Jeon, Y. J. 2015. Radio-protective Effect of a Polysaccharide from *Ishige okamurae* against Gamma Ray-irradiated Mouse Immune Cells. *J. Chitin Chitosan* **20**, 229-236.
22. Kim, J. H., Kim, Y. H., Kim, S. K., Kim, B. W. and Nam, S. W. 2011. Properties and industrial applications of seaweed polysaccharides-degrading enzymes from the marine microorganisms. *Korean J. Microbiol. Biotechnology* **39**, 189-199.
23. Choi, S. Y., Kim, S. Y., Hur, J. M., Choi, H. G. and Sung, N. J. 2006. Antioxidant Activity of Solvent Extracts from *Sargassum thunbergii*. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 139-144.
24. Joung, Y. M., Park, S. J., Lee, K. Y., Suh, J. K., Hwang, S. Y., Park, K. E. and Kang, M. H. 2007. Antioxidative and antimicrobial activities of *Lilium* Species extracts prepared from different aerial parts. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 156-160.
25. Heo, S. J., Cha, S. H., Lee, K. W., Cho, S. and Jeon, Y. J. 2005. Antioxidant activities of chlorophyta and phaeophyta from Jeju Island. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.* **20**, 251.
26. Shin, J. H., Choi, D. J., Lee, S. J., Cha, J. Y. and Sung, N. J. 2008. Antioxidant Activity of Black Garlic (*Allium sativum* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 965-971.
27. Pereira, L. 2011. A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. In: Seaweed and Vitor H. Pomin(eds), Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses, Nova Science Publishers, pp 15-47.
28. Kim, K. N., Heo, S. J., Cha, S. H. and Jeon, Y. J. 2006. Evaluation of DPPH radical scavenging activity of Jeju seaweeds using high throughput screening (HTS) technique. *J. Mar. Biosci. Biotechnol.* **1**, 170-177.
29. Kim, B. M., Jun, J. Y., Park, Y. B. and Jeong, I. H.



2006. Antioxidative activity of methanolic extracts from seaweeds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 1097-1101.
30. Yoon, J. A., Yu, K. W., Jun, W. J., Cho, H. Y., Son, Y. S. and Yang, H. C. 2000. Screening of anticoagulant activity in the extracts of edible seaweeds and optimization of extraction condition. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **29**, 1098-1106.
31. Vinoth Kumar, R., Murugesan, S., Bhuvaneshwari, S. and Thennarasan, S. 2016. *In vitro* antibacterial effects of red alga *Champia parvula* (C. Agardh) of various solvents against human pathogenic bacterial. *Int. J. Pharm.* **4**, 111-116.