

Electron Spin Resonance를 이용한 제주 자생 해조류의 DPPH Free Radical 소거활성 검색

차선희 · 허수진 · 전유진*

제주대학교 해양생물공학과

Screening for DPPH Free Radical Scavenging Activities of Autogenous Seaweeds in Jeju Island Using a Electron Spin Resonance (ESR) Spectroscopy. Seon-Heui Cha, Soo-Jin Heo and You-Jin Jeon*. *Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea*

Abstract Extracts which were prepared by four different extractions - 80% methanol extracts (ME) at high (70°C) and a room temperature (20°C), respectively and aqueous extracts (AE) at both temperatures with the residue after the methanol extracts - of 10 green, 19 brown and 25 red seaweeds collected in Jeju Island coast were examined for their DPPH free radical scavenging activity using a ESR (electron spin resonance) spectroscopy. A variety of the extracts showed positive scavenging effect against DPPH free radical (except the green seaweeds). Among the extracts, the brown seaweed extracts exhibited the highest scavenging activity. Especially, *Sargassum* spp. of the brown seaweeds have remarkable scavenging activities - both methanolic and aqueous at the both temperatures (20°C and 70°C). On the other hand, ME showed better scavenging activity than AE in the red seaweed extracts. These results indicate that autogenous seaweeds in Jeju will be potential natural antioxidants for functional food compounds.

Key words : ESR, seaweed, antioxidant, free radical, Jeju

서 론

산소는 사람을 포함한 호기성 생물에 있어서 필수 불가결한 요소이다. 생체내 산소가 유입되어 세포내에서 이용될 때 superoxide anion, hydrogen peroxide, hydroxyl radical, singlet oxygen 그리고 지질과산화에 의한 유리 라디칼의 일종인 alkoxy radical (RO·), alkyl peroxy radical (ROO·)과 같은 활성산소종 (Reactive Oxygen Species)이 생성 된다 [11]. 또한, nitric oxide (NO)와 superoxide anion ($\cdot O_2$)이 반응하여 peroxynitrite (ONOO-)와 같은 활성질소종 (Reactive Nitrogen Species)을 생성하기도 한다. 이런 활성산소 및 활성질소들은 생체 내에서 생성될 뿐만 아니라 방향성 탄화수소, 담배, 살충제, 유기용매, 튀김 음식, 술 및 공기오염 등을 통하여 생체에 들어오

는데 생체 내 제거 기작에 의하여 대부분이 소멸되거나 생성과 소멸의 균형이 깨어질 때 생체 내에서는 각종 질환이 발생한다. 정상적인 대사 과정에서는 superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase 와 같은 항산화 효소 [15]나, ascorbate, α -tocopherol, glutathione, carotenoid, flavonoid 등의 저분자 항산화제들이 이러한 활성 산소종들을 제거시키는 연구 [13,17]가 많이 진행 되고 있으며, BHT, BHA, Trolox C 등의 합성 항산화제도 많이 개발되어 의약품과 식품분야 등에서 이용되고 있다.

항산화 효과가 있는 물질은 동식물에 널리 분포되어 있으며, 특히 많은 연구가 이루어진 분야는 식물성의 물질들이다 [14]. 탁월한 항산화 효능과 경제성 때문에 인공합성 항산화제가 많이 이용되어 왔으나 안전성에 대한 논란 뿐 만 아니라 [8] 합성항산화제

* Corresponding author

Phone: +82-64-754-3475, Fax: +82-64-756-3493

E-mail: youjinj@cheju.ac.kr

에 대한 소비자의 기피성향과 합성항산화제가 대량으로 투입된 동식물 실험에서 발암성이 보고 [2]되고 있어 합성 항산화제의 사용에 대한 소비자의 거부반응으로 그의 수요가 급격히 감소되고 있는 추세이다. 이로 인하여 효력이 탁월하고 보다 안전한 새로운 천연 항산화제의 개발이 절실히 요구되며, 해조류를 이용한 천연 항산화제 개발 및 그 이용을 적극 검토 할 수 있을 것이다.

해조류는 고대부터 아시아에서 식용으로 소비해 온 반면, 서양에서는 주로 식물성 콜로이드, 농화제(濃化劑) 및 겔 성분으로 산업 및 식품에서 응용해 왔다. 이런 선조들의 응용을 바탕으로, 최근에는 해양생물자원 유래의 천연물에 대한 기능성 천연 생리활성물질에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있으며, 해조류로부터 생리 활성 물질 중 항산화 활성 물질을 추출하고자 하는 노력은 1980년대 후반부터 시작 되었는데, 프랑스와 일본에서 특히 많은 연구가 진행되어 왔다. 해조류는 풍부한 다당류를 함유하고 있을 뿐만 아니라 다양한 미네랄과 비타민이 풍부하게 함유되어 있고, 어떤 특정 성분에서는 항균, 항산화, 항바이러스, 항암활성을 비롯하여 동맥경화, 심근경색, 고혈압, 협심증, 뇌졸중 등의 성인병 예방에 효과적이라는 보고들을 통해 해조류가 내재하고 있는 잠재적인 활성들을 엿볼 수 있다 [1,3,10,12].

그 동안 항산화 활성은 다양한 방법으로 측정되었는데, 예를 들어 oxygen radical absorbance capacity (ORAC)법이나 low density lipoprotein (LDL)법, β -carotene bleaching법, electron spin resonance (ESR)법 등이 있다. 이러한 방법들 중 ESR법을 이용한 항산화 연구는 외국에서는 활발히 진행되고 있으나 국내에서는 식품내에 함유된 중금속 측정 및 방사선 조사 검출 정도에한 국한 되어 사용되고 있는 실정이다.

따라서, 본 실험은 electron spin/paramagnetic resonance (ESR/EPR)를 이용하여 기존의 DPPH free radical 소거 활성을 측정 하였고, 이를 해조류 유래 천연 자원으로부터 새로운 항산화물질을 탐색하는데 적용해 보고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

시약

실험에 사용한 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

는 Sigma에서 구입하였고(St. Louis, MO, USA), capillary tube는 Marienfeld (Co., Ltd., Germany)에서 구입하여 radical 검출에 사용하였다. 그 외 모든 시약은 분석용 특급 시약을 사용하였다.

해조류

실험에 사용한 해조류는 2004년 2월~4월 사이에 제주 연안에서 채집 하였다. 동정은 제주대학교 해양생물학과학부의 도움을 받았으며, 분류한 후 수세하여 동결 건조하여 실험에 사용하였다. Table 1~3에 동정한 해조류를 녹조류, 갈조류 및 홍조류 순으로 나열하였다.

추출물의 준비

동결 건조한 해조류를 곱게 갈아 1 g을 취한 후 100 ml 메탄올에 섞어 20°C와 70°C에서 24시간동안 추출하였다. 메탄올 추출물은 여과 후 액상층은 용매를 모두 휘발시킨 후 증류수에 녹여 용액을 만들었고, 여과 후 남은 잔사는 증류수에 현탁한 후 증류수를 이용하여 위와 동일한 조건에서 추출하여 수용성 추출물을 얻었다(Fig. 1). 추출물의 농도는 rotary vacuum evaporator에서 농축 온도를 40±3°C 정도로 하여 적당한 농도로 맞추고, 여기서 얻은 시료의 농도를 동일하게 조정된 다음 0~4°C에 보관하였다. 20°C에서 얻은 메탄올 추출물을 20ME, 70°C에서 얻은 메탄올 추출물을 70ME, 20°C에서 얻은 수용성 추출물 20AE, 70°C에서 얻은 수용성 추출물을 70AE 라고 정했다.

DPPH free radical 소거 활성 측정

DMSO (dimethyl sulfoxide)에 용해시킨 DPPH 용

Table 1. Jeju autogenous green seaweeds used in this study

Scientific name	Korean name	Collected station
<i>Monostroma nitidum</i>	참흄파래	사수
<i>Enteromorpha compressa</i>	납작파래	사수
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	창자파래	사수
<i>Enteromorpha linza</i>	잎파래	성산
<i>Enteromorpha</i> sp.	파래류	사수
<i>Ulva conglobata</i>	모란갈파래	성산
<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래	성산
<i>Chaetomorpha linum</i>	실염주말	사수
<i>Codium fragile</i>	청각	조천
<i>Codium contractum</i>	몽우리청각	조천

Table 2. Jeju autogenous brown seaweeds used in this study

Scientific name	Korean name	Collected station
<i>Ishige okamurai</i>	패	이호
<i>Ishige sinicola</i>	넓패	이호
<i>Leathesia difformis</i>	바위두룩	조천
<i>Petrospongium rugosum</i>	바위주름	조천
<i>Colpomenia sinuosa</i>	불레기말	성산
<i>Endarachne bighamiae</i>	미역쇠	성산, 조천
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	고리매	성산
<i>Myelophycus simplex</i>	바위수염	조천
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	성산
<i>Ecklonia cava</i>	감태	성산
<i>Laminaria ochotensis</i>	다시마	성산
<i>Myagropsis myagroides</i>	외톨개모자반	성산
<i>Hizikia fusiforme</i>	톳	성산
<i>Sargassum coreanum</i>	큰잎모자반	성산
<i>Sargassum fulvellum</i>	모자반	성산
<i>Sargassum horneri</i>	잇바디괘쟁이모자반	성산
<i>Sargassum piluliferum</i>	구슬모자반	성산
<i>Sargassum siliquastrum</i>	파배기모자반	성산
<i>Sargassum thunbergii</i>	지층이	성산

액 (60 uM)과 일정한 농도로 조절한 추출물 (stock concentration: 2mg/ml)을 1:1 비율로 2분 동안 상온에서 반응시킨 후 capillary tube에 옮겨 ESR spectroscopy (JES-FA 2300, Jeol, Japan, Fig. 2) 로 측정하였으며 측정 조건은 다음과 같다. Central field, 3475

Table 3. Jeju autogenous red seaweeds used in this study

Scientific name	Korean name	Collected station
<i>Porphyra tenera</i>	김	조천
<i>Scinaia okamurae</i>	매끈껍질	김녕
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	참갈고리풀	사수
<i>Gelidium amansii</i>	굵은참우뚝가사리	신촌
<i>Pterocladia Capillacea</i>	큰개우뚝	조천
<i>Lithophyllum okamurae</i>	흑돌잎	성산
<i>Carpopeltis affinis</i>	참까막살	한림
<i>Prionitis cornea</i>	붉은까막살	한림
<i>Grateloupia filicina</i>	빈참지누아리	성산
<i>Sinkoraena lancifolia</i>	털지누아리	성산
<i>Halymenia dilatata</i>	넓왕지누아리	성산
<i>Grateloupia elliptica</i>	참도박	신촌
<i>Grateloupia lanceolata</i>	가는개도박	성산
<i>Gloiopeltis furcata</i>	불들풀가사리	조천
<i>Schizymenia dubyi</i>	갈래ړ	성산
<i>Phacelocarpus</i> sp.	평꼬리풀속	성산
<i>Gracilaria textorii</i>	앞꼬시래기	성산
<i>Gracilaria verrucosa</i>	꼬시래기	한림
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	성산
<i>Chondrus crispus</i>	주름진두발	조천
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	성산
<i>Martensia denticulata</i>	비단망사	북촌
<i>Chondria cassicaulis</i>	개서실	성산
<i>Laurencia okamurae</i>	쌍말이서실	성산
<i>Polysiphonia japonica</i>	폴리사이포니아자포니카	사수

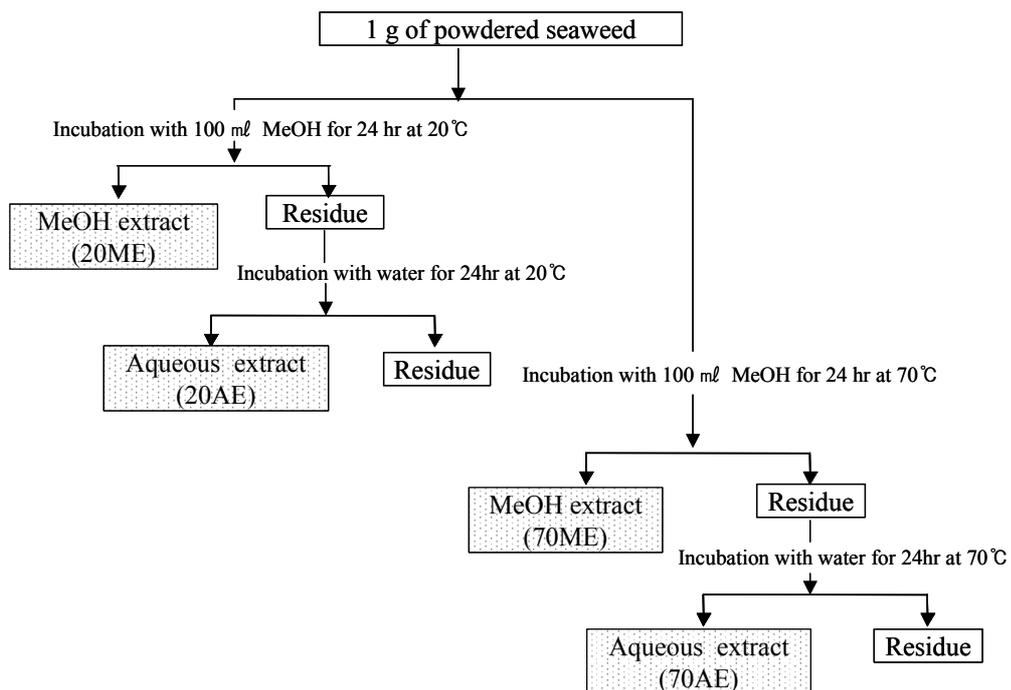


Fig. 1. Scheme for preparation of methanol and aqueous extracts at 20°C and 70°C, respectively.

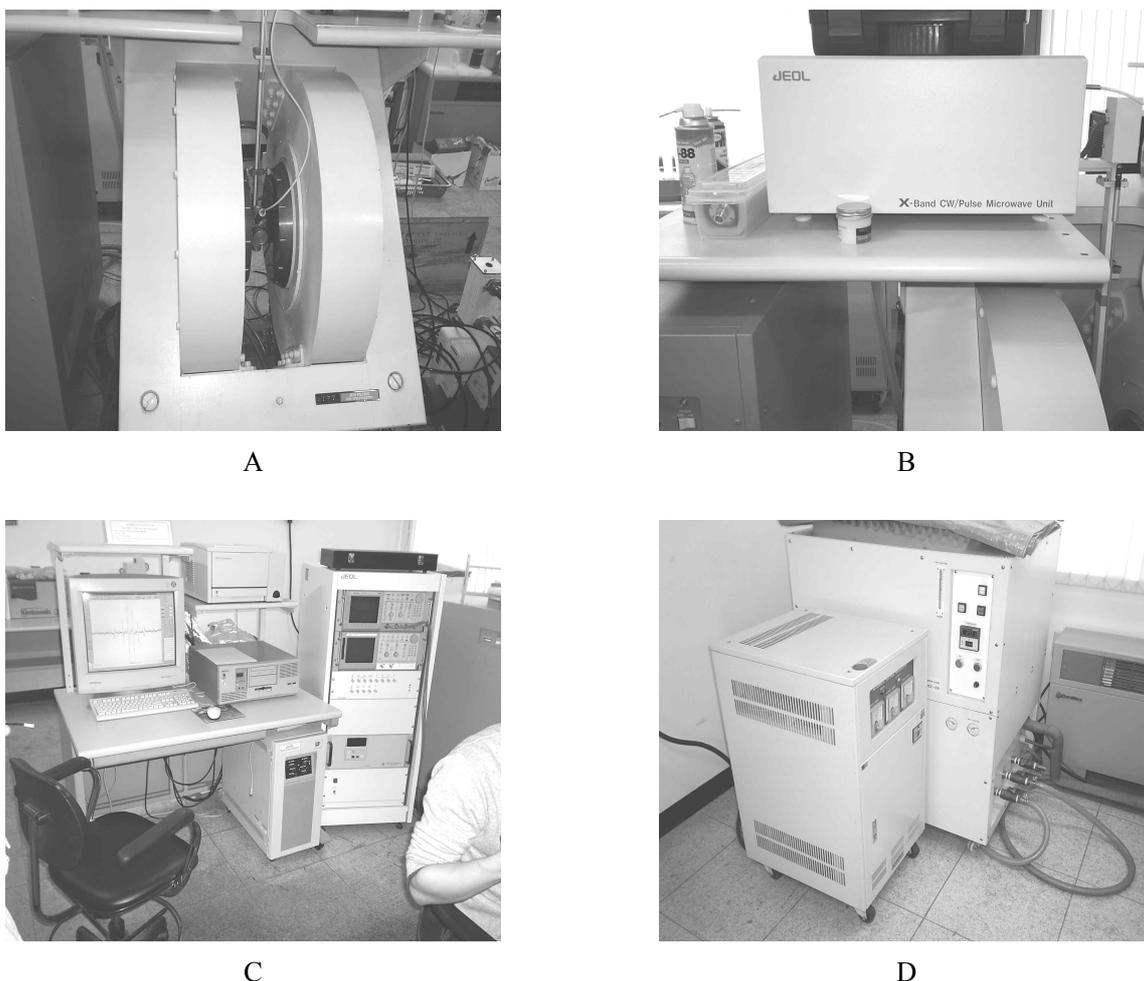


Fig. 2. ESR spectroscopy (JES-FA 2300, Jeol, Japan) system (A: Cavity, B: X-ray Spectroscopy, C: Programming, D: Cooling water).

G; modulation frequency, 100 kHz; modulation amplitude, 2 G; microwave power, 5 mW; gain, 6.3×10^5 ; and temperature, 298 K

결과 및 고찰

ESR spectroscopy는 Fig. 2에 나타난 일본 Jeol사의 JES-FA 2300 기종을 이용하였다. Fig. 3은 DPPH free radical의 ESR spectrum을 나타낸 것으로, 이 ESR의 신호를 이차적분하고 곡선피크 면적으로 정량화하여 DPPH 소거활성을 계산한다. X축을 modulation, Y축을 amplitude라 하는데 X축의 피크의 높이가 낮아질 수록 곡선 피크 면적이 감소하는 것은 라디칼 소거 활성이 증가함을 의미한다.

증류수 또는 80% MeOH을 이용하여 20℃와 70℃에서 각각 추출한 여러 해조류들의 ESR을 통한 항

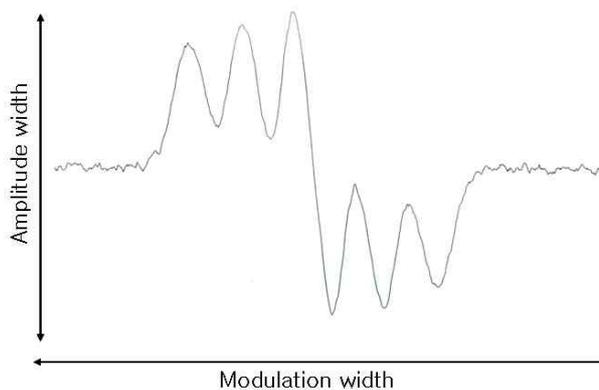


Fig. 3. Typical ESR spectrum of DPPH free radical.

산화 활성을 살펴보면 Table 4~6과 같다. Table 4에는 녹조류 (green seaweeds), Table 5에는 갈조류 (brown seaweeds) 그리고 Table 6에는 홍조류 (red seaweeds)의 DPPH free radical 소거활성을 나타내었

다. 녹조류의 DPPH free radical 소거활성을 보면 참홀파래와 납작파래의 70ME, 즉 고온의 메탄올 추출물에서만 약 40% 이상의 비교적 낮은 소거활성을 보였으며, 그 외 다른 종류의 추출물에서는 활성이 전혀 나타나지 않았다 (Table 4).

갈조류의 DPPH free radical 소거 활성은 녹조류, 갈조류 및 홍조류 중에서 가장 활성이 두드러지게 나타났다. 갈조류의 경우는 모든 추출 조건 (20AE, 20ME, 70AE 및 70ME)에서 대체적으로 높은 소거율을 나타내었다 (Table 5). 이 중 모자반의 70ME에서 98%의 아주 우수한 소거율을 나타내었다. 또한 모자

반의 수용성 추출물은 상온이나 고온 모두에서 약 93%의 소거율을 보여 유력한 항산화소재 후보물질의 가능성을 시사하였다. 큰잎모자반의 경우도 네 종류의 추출물 모두에서 약 90%의 소거율을 나타내었다. 더욱이 파베기모자반, 잇바디팽생이모자반, 구슬모자반 및 지충이를 포함한 모자반류 (*Sargassum* spp.)에서는 두 종류 이상 추출물에서 라디칼 소거 활성이 뛰어나게 나타났다 (80%이상). 이는 모자반류의 생리활성 합성 기능이나 대사활동 중 저장 물질이 같은 식물문과는 다르다는 것을 암시해 주고 있으며, 이는 생리활성 기능적인 측면 뿐 만 아니라

Table 4. DPPH free radical scavenging activity of the extracts from green algae (Tested concentration: 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$)

Scientific name	20 AE ^{a)}	70 AE ^{b)}	20 ME ^{c)}	70 ME ^{d)}
<i>Monostroma nitidum</i>	-	18.37	-11.08	43.93
<i>Enteromorpha compressa</i>	-32.72	-37.89	-11.08	41.16
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	-	-14.94	-26.37	-10.31
<i>Enteromorpha linza</i>	-6.10	-8.28	-25.53	4.39
<i>Enteromorpha</i> sp.	-14.98	-	-5.54	-14.98
<i>Ulva conglobata</i>	-19.36	-19.36	-29.08	-6.01
<i>Ulva pertusa</i>	-39.29	-44.30	-10.46	-29.92
<i>Chaetomorpha linum</i>	-62.08	-34.99	-1.74	14.91
<i>Codium fragile</i>	-0.25	-7.69	-	37.48
<i>Codium contractum</i>	26.71	26.71	-112.24	4.27

^{a)} 20AE: aqueous extract at 20°C, ^{b)} 70 AE: aqueous extract at 70°C, ^{c)} 20ME: methanolic extract at 20°C, ^{d)} 70 ME: methanolic extract at 70°C.

Table 5. DPPH free radical scavenging activity of the extracts from brown algae (tested concentration: 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$)

Scientific name	20 AE ^{a)}	70 AE ^{b)}	20 ME ^{c)}	70 ME ^{d)}
<i>Ishige okamurai</i>	88.92	82.78	88.79	48.38
<i>Ishige sinicola</i>	-7.94	-31.38	68.21	8.37
<i>Leathesia difformis</i>	34.09	16.69	7.41	22.70
<i>Petrospongium rugosum</i>	75.65	85.21	88.57	22.70
<i>Colpomenia sinuosa</i>	89.45	-	86.96	88.85
<i>Endarachne bighamiae</i>	36.11	37.73	89.07	88.11
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	37.11	37.11	-	8.47
<i>Myelophycus simplex</i>	88.54	58.50	65.19	86.64
<i>Undaria pinnatifida</i>	-29.45	-3.05	-13.61	-
<i>Ecklonia cava</i>	88.92	87.86	89.54	87.11
<i>Laminaria ochotensis</i>	-31.57	29.86	16.31	69.24
<i>Myagropsis myagroides</i>	-	36.71	7.00	56.63
<i>Hizikia fusiforme</i>	33.06	51.25	89.10	48.72
<i>Sargassum coreanum</i>	89.23	89.76	90.35	88.42
<i>Sargassum fulvellum</i>	93.52	93.52	79.20	98.00
<i>Sargassum horneri</i>	90.22	88.11	17.62	27.77
<i>Sargassum piluliferum</i>	87.17	88.57	64.29	78.30
<i>Sargassum siliquastrum</i>	89.82	-	84.15	93.52
<i>Sargassum thunbergii</i>	85.93	68.62	-0.19	83.22

^{a)} 20AE: aqueous extract at 20°C, ^{b)} 70 AE: aqueous extract at 70°C, ^{c)} 20ME: methanolic extract at 20°C, ^{d)} 70 ME: methanolic extract at 70°C.

생물학적인 연구에도 가치가 있음을 암시해주고 있다. 항암 [9], 항산화 [5-7] 및 항염증 효과가 있는 것으로 알려진 감태의 경우도 네 종류의 추출물에서 라디칼 소거율이 약 90%로 우수한 활성을 보였다. 폐에서도 70ME를 제외한 추출물에서 80% 이상의 소거율을 나타냈으나, 같은 family인 넓패에서는 20ME에서만 약 68%의 소거율을 보여, 같은 종이지만 서로 다른 성분의 기능성 물질을 가지고 있는 것으로 사료 된다. 툫은 국내에서도 식용으로 많이 사용되고 있는 해조류로 항산화 활성 [16]이 연구된 바 있다. 본 연구 결과에 따르면 20ME에서만 약 90%의 소거율을 보였고, 다른 추출물에서는 약한 소거율을 나타내었다.

한편, 홍조류 추출물 (Table 6)에서는 주로 메탄올 추출물에서 라디칼 소거 활성이 높게 나타났으며, 가장 높은 활성을 가진 종은 폴리사이포니아자포니

카, 마디잘룩이 그리고 흑돌잎으로 각각 90.63, 90.50, 90.16%의 소거율을 나타냈으며 모두 70ME에서 관찰되었다. 폴리사이포니아자포니카가 약 90%의 소거율로 20ME에서 가장 높은 소거율을 보였으며, 이 해조류는 네종류 추출물 모두에서 좋은 소거율을 나타내었다. 또한, 폴리사이포니아자포니카의 crude extract는 NF-kB를 활성화시켜 암을 억제하는 것으로 보고된바있다 [4]. 이러한 연구결과는 이 종에 대한 생리활성을 가지는 특이적인 성분 검색을 위한 분리 가능성을 잠정적으로 암시해 주고 있다. 털지누아리, 얼룩도박, 참도박, 털지누아리 및 부채살은 20ME와 70ME에서 약 80% 이상의 높은 소거활성을 나타내었다. 한편, 비단망사에서는 20AE를 제외하고는 모두 80%이상의 우수한 소거율을 나타내었다.

홍조류 추출물의 20AE에서는 흑돌잎과 폴리사이포니아자포니카가 각각 84.9%와 83.78%의 좋은 소거활성을 보였고, 잎꼬시래기와 갈래잎에서는 약 75%이상 소거율을 나타내었고, 이외의 20AE에서는 소거활성을 거의 나타내지 않았다. 한편, 70AE에서는 비단망사가 82.29%로 가장 높은 소거율을 보였으며, 폴리사이포니아자포니카 (71.05%)가 그다음으로 높은 활성을 보여주었다. 털지누아리와 개서실은 약 50%의 평균한 소거율을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 홍조류의 생리활성 성분은 수용성 성분 보다 소수성 성분이 더 많은 비중을 차지하는 것으로 잠정적으로 판단 할 수 있다.

해조류의 항산화 물질로 알려진 것은 fucoxanthin, phlorotannin 등과 같은 색소류와 알긴산, 단백질, 펩타이드 등이 알려져 있다. 그러나 본 연구 결과 (특히 갈조류) 네개의 다른 종류의 추출물에서 라디칼 소거활성이 다양하게 나타나는 것은 생리활성 성분이 다양한 형태로 존재하는 것으로 시료된다.

본 결과는 이전의 spectrophotometric법 [5,6]보다 ESR spectroscopy법을 이용했을 때 라디칼 소거율이 다소 높게 측정되었다. 이는 ESR이 순간적으로 자유 라디칼을 움직이지 못하도록 trapping하여 라디칼의 양을 측정하는 것으로 기존의 분광광도계를 이용하면 미처 시약과 반응을 하지 못하여 소거율이 낮게 검출되는 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구 결과 다양한 해조류 추출물은 추출 용매와 온도를 감안하여 보면, 한 종 (species)이 다양한 형태의 라디칼 소거 기능을 하는 물질을 가지고 있는 것으로 사료

Table 6. DPPH free radical scavenging activity of the extracts from red algae (tested concentration: 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$)

Scientific name	20AE ^{a)}	70AE ^{b)}	20ME ^{c)}	70ME ^{d)}
<i>Porphyra tenera</i>	-	-6.23	50.93	57.44
<i>Scinaia okamurae</i>	6.79	21.36	21.54	6.79
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	-	61.80	80.14	66.31
<i>Gelidium amansii</i>	25.87	33.66	33.34	63.76
<i>Pterocladiaella Capillacea</i>	9.22	-6.72	13.01	68.21
<i>Lithophyllum okamurae</i>	84.90	43.06	79.45	90.16
<i>Carpopeltis affinis</i>	65.78	44.08	48.51	88.29
<i>Prionitis cornea</i>	67.15	25.72	7.57	68.06
<i>Grateloupia filicina</i>	16.34	-2.02	35.31	82.38
<i>Sinkoraena lancifolia</i>	31.88	12.70	86.61	87.08
<i>Halymenia dilatata</i>	42.87	28.24	81.13	77.37
<i>Grateloupia elliptica</i>	55.48	3.64	89.63	87.17
<i>Grateloupia lanceolata</i>	43.87	55.17	85.34	89.82
<i>Gloiopeltis furcata</i>	-8.00	20.77	-5.60	68.84
<i>Schizymenia dubyi</i>	76.21	44.27	5.67	62.45
<i>Phacelocarpus</i> sp.	36.83	47.70	24.38	25.59
<i>Gracilaria textorii</i>	78.77	31.26	16.16	67.25
<i>Gracilaria verrucosa</i>	13.64	41.81	66.78	86.33
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	-4.95	15.88	89.26	84.81
<i>Chondrus crispus</i>	-16.81	23.57	5.76	77.02
<i>Lomentaria catenata</i>	23.04	-28.05	74.56	90.50
<i>Martensia denticulata</i>	30.23	82.29	86.86	89.60
<i>Chondria cassicaulis</i>	20.64	49.28	67.28	53.99
<i>Laurencia okamurae</i>	45.58	-14.98	49.19	65.72
<i>Polysiphonia japonica</i>	83.78	71.05	89.85	90.63

^{a)}20AE: aqueous extract at 20°C, ^{b)}70 AE: aqueous extract at 70°C, ^{c)}20ME: methanolic extract at 20°C, ^{d)}70 ME: methanolic extract at 70°C.

되며, 이는 천연자원 유래의 항산화제 후보로서의 잠재적인 가능성을 제시해 주고 있으며, ESR spectroscopy를 이용하여 항산화 능력을 측정하는데 유리하다는 것도 제시해 주고 있다.

이상에서 본 바와 같이 해조류가 항산화 성분을 함유하고 있는 것으로 여겨지며, 여기에는 수용성 성분과 용매에 의해 추출되는 성분들도 많은 것으로 여겨진다. 그러나 해조류는 지리적 위치, 계절과 생장조건 등에 따라 변화 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구 결과에서 활성이 없었던 추출물에 대해 생리활성 물질이 존재하지 않는 종이라고 단정 짓기가 어렵다. 따라서, 각 지역별, 계절별로 해조류를 수거하여 항산화 활성을 측정하는 것이 앞으로 남겨진 과제 중의 하나로 생각된다.

요 약

본 실험은 electron spin/paramagnetic resonance (ESR/EPR)를 이용하여 기존의 DPPH free radical 소거 활성을 측정하였고, 이를 해조류 유래 천연자원으로부터 새로운 항산화물질을 탐색하는데 적용해 보았다. 연구 결과, 녹조류 추출물에서는 참홀과래, 납작과래 및 청각의 고온 메탄올 추출물에서만 약간의 라디칼 소거활성을 나타내었고, 이 외의 추출물에서는 소거활성이 거의 보이지 않았다. 갈조류는 총 71개의 추출물 중 37개의 추출물에서 80% 이상의 소거율을 보여 아주 우수한 항산화 물질을 가진 family로 여겨지며, 특히 모자반류 (*Sargassum* spp.)는 수용성과 메탄올, 고온과 상온의 모든 추출물에서 높은 라디칼 소거 활성을 보여 앞으로의 신소재 물질 후보로 선별되었다. 홍조류에서는 수용성보다는 메탄올 추출물에서 대체적으로 높은 소거활성이 검색되어, 나중에는 유기용매 분획물을 제조하여 라디칼 소거능을 측정 할 수 있을 것이다. 이처럼 해조류는 라디칼 소거 능력을 가지는 성분을 여러 형태로 다량으로 함유 하고 있는 것으로 사료되며 앞으로의 연구에 기대가치를 더해 줄 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 지구생명자원

공동연구개발사업 (제주도 생물자원을 이용한 기능성 화장품 소재 개발)의 주관 부서인 한국생명공학 연구원의 위탁과제로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Chen, C. Y. and Chou, H. N. 2002. Screening of red alga filaments as a potential alternative source of eicosapentaenoic acid. *Mar. Biotechnol.* **4**, 189-192.
2. Frankel, E. N. 1996. Antioxidants in lipid foods and their on food quality. *Food Chem.* **57**, 51-54.
3. Frlich, I. and Riederer, P., 1995. Free radical mechanisms in dementia of Alzheimer type and the potential for antioxidant treatment. *Drug. Res.* **45**, 443-449.
4. Gwak, J. S., Park, S. Y., Cho, M. J. Song, T. Y., Cha, S. H., Kim, D. E., Jeon, Y. J., Shin, J. K., and Oh, S. T. 2006. *Polysiphonia japonica* extract suppresses the Wnt/ β -catenin pathway in colon cancer cells by activation of NF- κ B. *Intern. J. Mole. Med.* **17**, 1005-1010.
5. Heo, S. J., Cha, S. H., Lee, K. W., and Jeon. Y. J.. Antioxidant activities of red algae from Jeju Island. *Algae* **21**, 149-156.
6. Heo, S. J., Cha, S. H., Lee, K. W., Cho, S. K. and Jeon. Y. J. 2005 Antioxidant activities of chlorophyta and phaeophyta from Jeju Island. *Algae* **20**, 251-260.
7. Heo, S. J., Park, E. J., Lee K. W and Jeon Y. J. 2005. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Biores. Technol.* **96**, 1613-1623.
8. Ito, N. S., Fukushima, A., Hasegawa M., Shibata, and Ogis, O. T. 1983. Carcinogenicity of butylated hydroxyl anisole in F344 rats. *J. Nat. Cancer Inst.* **70**, 343-347.
9. Kim, K. N. Heo, S. J., Song, C. B Lee, J., Heo, M. S., Yeo I. K., Kang, K. A., Hyun, J. W., and Jeon, Y. J. 2006. Protective effect of *Ecklonia cava* enzymatic extracts on hydrogen peroxide-induced cell damage. *Process Biochem.* **41**, 2393-2401.
10. Nagayama K., Iwamura Y., Shibata T., Hirayama I., Nakamura T., 2002. Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *J. Antimicrob. Chemoth.* **50**, 889-893.
11. Oberley, T. D., Schultz, J. L., Li, N and Oberley, L. W. 1995. Antioxidants enzyme levels as a function of growth state in cell culture. *Free Radical Biol. Med.* **19**, 53-65.
12. Okai, Y., Higashi, O. K., Ishizaka, S., Ohtani, K., Matsui, Y. I., Yamashita U. 1998. Possible immunomodulating activities in an extract of edible brown alga, *Hijikia fusiforme* (Hijiki). *J. Sci. Food Agric.* **76**, 56-62.
13. Ottino, P., and Duncan J. R. 1997. Effect of α -tocopherol succinate on free radical and lipid peroxidation levels in BL6 melanoma cells. *Free Radical Biol. Med.* **22**, 1145-1151.
14. Shin, D. H. 1997. The study course and movement of natural antioxidants. *Kor. Food Sci. Tech.* **30**, 14-18.
15. Shull S., Heints, H., Periasamy, M., Manohar, M.,

- Yvonne MW Janssen, Joanne P Marsh, and Brooke T Mossman 1991. Differential regulation of antioxidant enzymes in response to oxidants. *J. Biol. Chem.* **226**, 24398-24403.
16. Siriwardhana, N., Lee, K. W., Kim, S. H., Ha, J. H., Park, P. J. and Jeon, Y. J. 2004. Lipid peroxidation inhibition effects of *Hizikia fusiformis* methanolic extract on fish oil and linoleic acid. *Food Sci. Technol. Internat.* **10**, 65-72.
17. Traber, M. G., 1997. Vitamin E, oxidative stress and 'healthy ageing'. *Eur. J. Clin. Invest.* **27**, 822-824.