

Article

과산화아질산염과 DPPH 라디칼에 대한 해조추출물의 소거 활성 효과

이희정¹, 김유아², 박기의², 정현아¹, 유종수¹, 안종웅², 이범종³, 서영완^{2*}

¹한국해양대학교 해양과학기술연구소
(606-791) 부산광역시 영도구 동삼동 1번지
²한국해양대학교 해양과학부
(606-791) 부산광역시 영도구 동삼동 1번지
³인제대학교 화학과
(621-749) 경상남도 김해시 어방동 607번지

Studies on Screening of Seaweed Extracts for Peroxynitrite and DPPH Radical Scavenging Activities

Hee Jung Lee¹, You Ah Kim², Ki Eui Park², Hyun Ah Jung¹, Jong Su Yoo¹,
Ahn Jong Woong², Burm-Jong Lee², and Youngwan Seo^{2*}

¹Research Institute of Marine Science and Technology (RIMST),
Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

²Division of Ocean Science, Korea Maritime University,
Busan 606-791, Korea

³Department of Chemistry, Inje University,
Gimhae 621-749, Korea

Abstract : As a part of our search for novel antioxidants from the seaweeds, we have investigated radical scavenging effect for their crude extracts using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical, authentic peroxynitrite, and 3-morpholinsydnonimine (SIN-1), a peroxynitrite-generating species *in vitro*. Thirty-four seaweeds were screened for ONOO⁻ and DPPH radical scavenging activities. A potent inhibitory effect against peroxynitrite generated by SIN-1 at 5 µg/ml of methanol extracts was observed in order of *Ishige okamurae* (95.3%), *Sargassum hemiphyllum* (90.2%), *Symphocladia latiuscula* (89.6%), *Porphyra suborbiculata* (86.7%), and *Gelidium amansii* (85.9%). Also, a significant scavenging effect against direct authentic peroxynitrite was revealed for methanol extracts of *Ishige okamurae* (66.2%) and *Sargassum hemiphyllum* (55.2%) and the acetone/methylene chloride (1:1) extract of *Gigatina tenella* (61.0%). In our measurement for evaluating the capacity to scavenge the stable free radical of DPPH, acetone/methylene chloride (1:1) extracts of *Symphocladia latiuscula*, *Gloiopeltis furcata*, and *Sargassum thunbergii* and the methanol extract of *Sargassum* sp. showed an inhibitory potency of 85.8%, 82.8%, 74.1%, and 64.0%, respectively.

Key words : 해조류(seaweeds), DPPH 라디칼 소거 효과(DPPH radical scavenging effect), peroxynitrite scavenging effect

*Corresponding author. E-mail : ywseo@kmaritime.ac.kr

1. 서 론

지구 표면의 약 70%를 점유하고 있는 해양은 광대한 자원과 어류, 조개류, 해조류 등 다양한 종의 생물들이 서식하고 있다. 그 종류도 풍부하여 지구상의 전 생물 종의 약 80%(30문 50만종)를 차지하고 있다. 또한, 해양 생물은 높은 염의 농도, 수압 그리고 체표면이 해수에 노출되어 있어 병원 미생물의 침입을 받기 쉽고, 육상 생물과는 매우 다른 환경에서 서식하고 있으므로 그 진화 과정이 육상 생물체와는 전혀 다른 대사계나 생체 방어계를 발전시켜 왔음을 추측할 수 있다. 따라서 해양 천연물의 대사 산물들은 새로운 형태의 화학 구조와 다양한 생물 활성을 보여주고 있다. 병원균이나 비루스에 대한 성장 억제 물질, 생물의 생리 기능이나 생태계의 제어에 관계되는 약리 활성 물질, 세포 독성이나 항종양 활성 물질 및 유독 물질 등의 새로운 생리 활성 물질 등이 해양 생물로부터 발견되고 있다(Scheuer 1987-1990; Hoppe 1979). 특히, 해조류는 풍부한 미네랄과 비타민, 탄수화물, 단백질을 함유하고 있어 고대부터 식용하여 왔는데, 최근에는 일본에서 잼, 치즈, 와인, 차, 스프, 라면 등에 이용하고 있으며, 유럽에서는 agar, alginates, carrageenan과 같은 해조류 다당류를 식품이나 약제의 원료로 사용하고 있다(Ruperez 2002; Sanchez-Machado 2003). 녹조류(Chlorophyta), 갈조류(Phaeophyta), 홍조류(Rhodophyta) 중에서도 지금까지는 갈조류와 홍조류에 관한 연구가 주로 행해져 왔으며, 녹조류에 관한 연구는 거의 없다. 이것은 녹조류가 chlorophyll을 너무 많이 포함하고 있기 때문인 것으로 보고되고 있다(Ali et al. 2000).

활성 산소(reactive oxygen species, ROS)와 활성 질소(reactive nitrogen species, RNS)에 의한 손상으로 인한 노화 진행은 신체 노화와 관련된 퇴행성 질환의 원인들 중 가장 합리적인 이론으로 알려져 있다. ROS와 RNS들은 최외각에 홀수의 전자를 갖는 유리 래디칼 또는 중성 분자 형태로 이루어져 있다. ROS와 RNS들은 정상적인 세포 대사 과정 중 지속적으로 생성 파괴되고, 50% 이상의 과도한 양은 생체내 분자들을 손상시키고, 세포기능 저하와 세포사를 일으켜 결국은 유기체 전체의 기능 쇠퇴와 함께 퇴행성 변화는 인간을 죽음에 이르게 한다. 세포내 미토콘드리아에서 산소 호흡을 할 때 전자 하나를 받아 생성된 superoxide anion($\cdot O_2^-$)은 반응성이 비교적 낮다. 그러나 NOS(nitric oxide synthase)에 의해 만들어진 nitric oxide(NO \cdot)와 결합하여 반응성이 매우 큰 peroxyntirite anion(ONOO $^-$)을 생성한다(Pryor 1995; Reiter et al. 2002). Peroxyntirite는 지질, 단백질, DNA를 공격하여 hydroxyl radical($\cdot OH$)과 마찬가지로 많은 산화적 손상을 진행시킨

다. 따라서 우리 신체는 항산화 방어 체계로써 prooxidant/antioxidant의 균형을 유지함으로써 다양한 질환을 예방하며 적절한 노화 현상을 유지시키고 있다. 본 연구에서는 효율적이고 안정한 신규 항산화제를 개발하기 위한 목적으로 *in vitro* 상에서 superoxide anion($\cdot O_2^-$)과 nitric oxide(NO \cdot)를 동시에 발생시키는 3-morpholinsyndnonimine(SIN-1)와 authentic peroxyntirite(ONOO $^-$) 그리고 안정한 유리 래디칼로 알려져 있는 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)에 대한 34종 해조류의 methanol 추출물과 acetone/methylenechloride(1:1) 추출물의 소거 효과를 검색하였다.

2. 재료 및 방법

기기 및 시약

UV-Vis 분광도는 Shimadzu사의 UV 1201 분광기로 측정하였으며, 시약으로는 penicillamine(DL-2-amino-3-mercapto-3-methylbutanoic acid)과 dihydrorhodamine 123(DHR 123), DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical), 3-morpholinsyndnonimine(SIN-1)는 Sigma사(St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그리고 peroxyntirite(ONOO $^-$)는 Cayman(Ann Arbor, MI, USA)에서 구입하였다. 그 외 methanol, acetone과 methylene chloride는 Junsei사의 일급시약을 증류하여 사용하였다.

해조류 채집과 동정

해조류는 2002년 12월에서 2003년 2월 제주도의 귀덕, 성산포, 경상남도 기장군, 영도 중리에서 채집하였다. 실험에 사용된 시료는 해수로 씻은 후 종류별로 분류하고 냉동 보관하였으며, 각 종에 대한 표본은 한국해양대학교 해양과학기술연구소 표본실에 보관하고 있다.

해조 추출물의 제조

채집한 해조류들은 사용하기 전에 $-25^{\circ}C$ 의 냉동고에 보관하였다가 해빙하여 짧게 자른 후에 먼저 acetone과 methylene chloride를 1:1 비율로 혼합하여 해조류가 충분히 잠기도록 하여 24시간 동안 방치한 후 여과하였다. 이 과정을 2회 반복하여 얻은 여액은 $40^{\circ}C$ 수욕상에서 vacuum evaporator(EYELA JAPAN)로 농축하여 acetone/methylene chloride 조추출물을 얻었다. 남은 잔사에 동량의 methanol을 부어 위와 동일한 과정을 2회 반복하여 methanol 추출물의 해조 추출물 시료를 제조하였다. DPPH 유리 래디칼의 활성 실험은 시료를 100% ethanol에 용해시켜 사용하였고 peroxyntirite 소거 활성 실험은 10% ethanol에 녹여 사용하였다.

DPPH 자유 래디칼에 대한 전자 공여능 측정

DPPH 시약 2 mg을 정확히 칭량하여 EtOH 15 ml에 녹인 용액 1.2 ml에 다시 EtOH 3 ml과 DMSO 0.5 ml을 혼합한다. 그리고 시료(f.c. 100 $\mu\text{g/ml}$) 50 μl 와 제조한 DPPH용액을 혼합하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 518 nm에서 흡광도를 측정한다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 유리 래디칼 소거 활성을 백분율로 나타내었으며, 대조군의 UV-Vis 흡광도는 0.94~0.97이 되도록 조정하였다. 그리고 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었다(Blois 1958).

$$\text{EDA}(\text{electron donating ability})(\%) = \frac{\text{대조군 흡광도} - \text{실험군 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

Peroxynitrite (ONOO⁻) 소거 활성 측정

ONOO⁻ 소거 활성은 dihydrorhodamine123(DHR123)의 산화되는 정도를 측정함으로써 검색하였다. DHR 123 (5 mM)은 dimethylformamide로 녹여서 stock 용액은 질소로 purge하여 -80°C에 보관하고, DHR123(f.c. 5 μM) 용액의 희석은 암실의 얼음 위에서, 사용하기 전에 조정하였다. Buffer는 90 mM sodium chloride, 50 mM sodium phosphate(pH 7.4)와 5 mM potassium chloride, DTPA (diethylenetriaminepenta acetic acid) 100 μM (f.c.)을 혼합하여 조정하며 사용하기 전에 냉장 보관하였다. 이 buffer 용액에 DHR123 용액을 혼합한 뒤 시료와 peroxynitrite를 첨가하고 실온에서 5분간 방치하였다. 그리고는 multi-detection microplate fluorescence spectrophotometer Synergy HT(Bio-Tek instruments, USA)로 측정하였다. Authentic peroxynitrite 대신에 SIN-1을 첨가할 경우는 실온에서 1시간 동안 방치한 후 측정하였다. SIN-1에 의한 DHR123의 산화는 점진적으로 일어나는 반면에 authentic peroxynitrite는 아주 급속히 산화를 시키기 때문이다. Excitation 파장은 485 nm, emission 파장은 530 nm로 하였으며 실온에서 측정하였다. 그리고 ONOO⁻(f.c. 10 μM)의 바탕용액은 0.3 N NaOH를 사용하였고, 실험은 triplicate로 행하였으며, 결과는 blank를 차감한 값을 평균하여 대조군에 대한 백분율로 계산하였다(Kooy *et al.* 1994).

3. 결과 및 고찰

해조류 추출물의 DPPH 래디칼 소거 효과

DPPH 래디칼을 이용한 항산화능 측정법은 주로 phenolic 구조와 aromatic amine 화합물에서 많이 사용되는 방법이다. DPPH alcohol용액은 518 nm에서 강한 UV 흡수가 있으며, 실온에서 1시간 정도는 매우 안정한 유리 래디칼이다. 전자공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 받아

phenoxy radical을 생성하게 됨으로써 518 nm에서 나타났던 DPPH의 특이적인 흡수 band가 사라지게 된다. 가시적인 DPPH의 보라색은 안정해진 분자의 몰수에 비례하여 노란색으로 변하게 된다. 이러한 DPPH는 dioxane이나 CCl₄와 같은 비극성 용매 내에서는 2차, 3차 산화 반응이 일어나기도 하나 alcohol 용액 내에서는 DPPH의 질소 원자와 alcohol간에 수소 결합이 형성되기 때문에 비교적 안정하다(Anczewicz *et al.* 1998).

34종 해조류의 acetone/methylene chloride(1:1) 추출물과 methanol 추출물에 대해서 DPPH 래디칼 소거 활성능을 측정하였다. 보라우무의 acetone/methylene chloride (1:1) 추출물은 100 $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 85.8%의 DPPH 래디칼 소거활성이 있었으며, methanol 추출물에서는 56.8%의 소거활성이 나타났다. 그리고 불등플가사리의 acetone/methylene chloride(1:1) 추출물은 82.8%인데 반해 methanol 추출물은 20.2%의 매우 약한 래디칼 소거 활성을 보여주었다. 그리고 지중이의 acetone/methylene chloride(1:1) 추출물은 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서 74.1%의 우수한 DPPH 래디칼 소거활성이 관찰된 반면 methanol 추출물에서는 14.2%로서 거의 소거효과가 없는 것으로 나타났다. 그리고 모자반의 경우는 methanol 추출물에서 64.0%의 비교적 양호한 소거 효과가 관찰되었다. 이것은 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서의 L-ascorbic acid(96.6%)의 효과보다는 떨어지지만 합성 항산화제인 BHT(55.1%)의 효과보다는 다소 강한 것이었다. 그 외 실험한 해조류 추출물에서는 DPPH 래디칼 소거 효과가 거의 없는 것으로 확인되었다(Table 1).

해조류 추출물의 peroxynitrite(ONOO⁻) 소거 효과

Peroxynitrite(ONOO⁻)는 superoxide($\cdot\text{O}_2^-$)와 nitric oxide($\text{NO}\cdot$)사이의 반응물으로써, macrophage가 생물체내 침입하는 병원체를 포식할 수 있도록 하는 강력한 산화제의 일종이다. 즉, 활성화된 macrophage는 superoxide(O_2^-)와 nitric oxide($\text{NO}\cdot$)를 동시에 만들게 되고, 이어 급속한 속도로 생성된 peroxynitrite(ONOO⁻)는 다양한 병원균을 제거한다. 반면에 세포 대사 과정 중 과도한 양의 생성은 단백질의 thiol(-SH) 작용기나 tyrosine의 nitration, 지질과산화 반응을 일으켜 세포 대사나 signal transduction에 영향을 주어 오히려 염증이나 apoptosis에 의한 세포사를 유발하게 한다. 그러나 생물체내에는 peroxynitrite를 불활성화시키는 내인성 효소가 부족하기 때문에 특이적인 peroxynitrite의 소거제의 개발은 매우 중요하다(Sandoval *et al.* 1997; Thomson *et al.* 2003).

실험한 30종의 해조류 추출물 중에서 가장 우수한 peroxynitrite 소거활성이 있는 것은 5 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서 95.3%의 소거율이 나타난 페의 methanol 추출물이었다. 그리고 짝잎모자반(90.2%), 보라우무(89.6%), 둥근돌김

Table 1. DPPH radical scavenging effects of Seaweed extracts (100 µg/ml) (EDA(%))

Seaweeds	A+M ext.	MeOH ext.
녹조류 (Green algae)		
<i>Codium adhaerens</i> (떡청각)	17.27	13.74
<i>Enteromorpha linza</i> (잎파래)	19.08	13.97
<i>Ulva pertusa</i> (구멍갈파래)	19.22	12.08
갈조류 (Brown algae)		
<i>Sargassum honerii</i> (팽생이 모자반)	21.96	18.83
<i>Sargassum confusum</i> (알송이 모자반)	21.50	5.59
<i>Colpomenia sinuosa</i> (불레기말)	21.54	21.12
<i>Colpomenia bullosa</i> (긴불레기말)	27.37	20.70
<i>Derbesia marina</i> (테르베시아)	19.56	16.65
<i>Hisikia fuziformis</i> (뚝)	14.88	17.59
<i>Dictyota dichotoma</i> (참그물바탕말)	19.46	16.55
<i>Sargassum thunbergii</i> (지충이)	74.05	14.20
<i>Scytosiphon lomentaria</i> (고리매)	17.70	15.18
<i>Sargassum</i> sp.(모자반)	12.29	63.99
<i>Sargassum hemiphyllum</i> (짜잎모자반)	55.93	
홍조류 (Red algae)		
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i> (부챗살)	22.58	19.98
<i>Carpopeltis cornea</i> (붉은 부챗살)	19.74	16.69
<i>Lomentaria catenata</i> (마디잘록이)	31.60	17.28
<i>Gelidium amansii</i> (우뭇가사리)	15.76	13.55
<i>Gigatina tenella</i> (돌가사리)	52.76	23.33
<i>Gigatina intermedia</i> (에기돌가사리)	17.02	11.65
<i>Lomentaria hakodatensis</i> (에기마디잘록이)	17.92	11.28
<i>Carpopeltis affinis</i> (까막살)	21.65	12.40
<i>Symphyclocladia latiuscula</i> (보라우무)	85.82	56.83
<i>Corallina</i> spp.(산호말)	19.30	18.66
<i>Halymenia acuminata</i> (지누아리사촌)	16.7	12.39
<i>Plocamium telfairiae</i> (참곱슬이)	31.22	21.75
<i>Gloiopeltis furcata</i> (불등풀가사리)	82.83	20.19
<i>Corallina pilulifera</i> (작은구슬산호말)	20.71	21.85
<i>Chondria crassicaulis</i> (개서실)	26.53	24.14
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	23.10	22.68
<i>Plocamium telfairiae</i> (참곱슬이)	28.15	20.67
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (개도박)	23.41	25.39
<i>Porphyra suborbiculata</i> (둥근돌김)	16.7	13.03
<i>Grateloupia turuturu</i> (미끌도박)	13.45	14.09
L-ascorbic acid	96.64	
BHT	55.08	

(86.7%), 우뭇가사리(85.9%)의 methanol 추출물이 우수한 peroxynitrite 소거 효과가 있는 것으로 나타났다. 이것은 *in vitro* 상에서 nitric oxide(NO·)와 superoxide anion

Table 2. Peroxynitrite from decomposition of SIN-1 scavenging activity of seaweeds extracts (5 µg/ml)

Seaweeds	ONOO ⁻ from decomposition of SIN-1 (%)	
	MeOH ext.	A+M ext.
녹조류 (Green algae)		
<i>Codium adhaerens</i> (떡청각)	46.08	71.67
<i>Enteromorpha linza</i> (잎파래)	25.90	52.52
<i>Ulva pertusa</i> (구멍갈파래)	53.60	55.31
갈조류 (Brown algae)		
<i>Sargassum honerii</i> (팽생이 모자반)	30.55	20.39
<i>Sargassum confusum</i> (알송이 모자반)	62.05	
<i>Colpomenia sinuosa</i> (불레기말)	27.22	63.14
<i>Colpomenia bullosa</i> (긴불레기말)	38.22	
<i>Colpomenia bullosa</i> (긴불레기말)	38.22	66.28
<i>Derbesia marina</i> (테르베시아)	75.18	63.31
<i>Hisikia fuziformis</i> (뚝)	20.22	66.55
<i>Dictyota dichotoma</i> (참그물바탕말)	63.05	51.45
<i>Sargassum thunbergii</i> (지충이)	68.52	55.97
<i>Myelophycus simplex</i> (바위수염)	36.41	54.45
<i>Sargassum hemiphyllum</i> (짜잎모자반)	90.23	-
<i>Ishige okamurae</i> (괘)	95.25	-
홍조류 (Red algae)		
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i> (부챗살)	39.76	48.62
<i>Carpopeltis cornea</i> (붉은 부챗살)	72.89	-
<i>Gelidium amansii</i> (우뭇가사리)	5.91	68.97
<i>Gigatina tenella</i> (돌가사리)	53.19	91.55
<i>Gigatina intermedia</i> (에기돌가사리)	35.46	-
<i>Carpopeltis affinis</i> (까막살)	51.44	57.92
<i>Symphyclocladia latiuscula</i> (보라우무)	89.59	90.88
<i>Corallina</i> spp.(산호말)	16.87	-
<i>Halymenia acuminata</i> (지누아리사촌)	61.26	52.99
<i>Plocamium telfairiae</i> (참곱슬이)	54.82	77.80
<i>Corallina pilulifera</i> (작은구슬산호말)	23.28	47.70
<i>Chondria crassicaulis</i> (개서실)	52.11	59.98
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	37.44	65.32
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (개도박)	51.29	66.18
<i>Porphyra suborbiculata</i> (둥근돌김)	86.65	67.63
<i>Grateloupia turuturu</i> (미끌도박)	69.66	53.53
Penicillamine	88.16	
L-ascorbic acid	93.51	

(·O₂⁻)을 동시에 생성시키는 SIN-1을 첨가하였을 때의 결과이다. Peroxynitrite 소거제로 잘 알려져 있는 penicillamine과 L-ascorbic acid을 5 µg/ml 농도로 실험했을 때

Table 3. Peroxynitrite scavenging activity of seaweeds extracts (5 µg/ml)

Seaweeds	Authentic ONOO ⁻ (%)	
	MeOH ext.	A+M ext.
녹조류(Green algae)		
<i>Codium adhaerens</i> (떡청각)	9.46	14.66
<i>Enteromorpha linza</i> (잎파래)	12.22	14.69
<i>Ulva pertusa</i> (구멍갈파래)	4.29	12.93
갈조류(Brown algae)		
<i>Sargassum honerii</i> (괘쟁이 모자반)	10.78	10.79
<i>Sargassum confusum</i> (알송이 모자반)	5.93	-
<i>Colpomenia sinuosa</i> (불레기말)	13.14	24.50
<i>Colpomenia bullosa</i> (긴불레기말)	-	10.56
<i>Derbesia marina</i> (테르베시아)	9.63	11.06
<i>Hisikia fuziformis</i> (돛)	18.25	34.44
<i>Dictyota dichotoma</i> (참그물바탕말)	14.37	24.56
<i>Sargassum thunbergii</i> (지충이)	43.45	20.27
<i>Myelophycus simplex</i> (바위수염)	18.93	3.22
<i>Sargassum hemiphyllum</i> (짜잎모자반)	55.23	-
<i>Ishige okamurae</i> (괘)	66.21	-
홍조류(Red algae)		
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i> (부챗살)	-	11.08
<i>Carpopeltis cornea</i> (붉은 부챗살)	6.36	-
<i>Gelidium amansii</i> (우뭇가사리)	-	16.27
<i>Gigatina tenella</i> (돌가사리)	1.75	60.97
<i>Gigatina intermedia</i> (에기돌가사리)	3.79	-
<i>Carpopeltis affinis</i> (까막살)	-	2.59
<i>Symphyocladia latiuscula</i> (보라우무)	44.94	38.53
<i>Corallina spp.</i> (산호말)	6.61	-
<i>Halymenia acuminata</i> (지누아리사촌)	9.22	16.60
<i>Corallina pilulifera</i> (작은구슬산호말)	10.79	18.30
<i>Chondria crassicaulis</i> (개서실)	19.12	23.02
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	6.54	24.46
<i>Plocamium telfairiae</i> (참곱슬이)	-	23.45
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (개도박)	11.97	19.11
<i>Porphyra suborbiculata</i> (등근돌김)	3.86	9.16
<i>Grateloupia turuturu</i> (미끌도박)	18.55	7.21
Penicillamine	90.36	-
L-ascorbic acid	98.07	-

나타난 88.2%와 93.5%의 효과와 거의 비슷한 정도였다.

또한, authentic peroxynitrite(ONOO⁻)를 첨가했을 때 결과는 괘와 짜잎모자반의 methanol 추출물이 각각 66.2%, 55.2% 그리고 돌가사리의 acetone/methylene chloride(1:1) 추출물이 61.1%의 peroxynitrite의 소거 효과를 보여주었다.

그 외 나머지 모든 시료에서는 매우 저조한 소거 활성이 확인되었다(Tables 2, 3).

홍조류인 보라우무와 우뭇가사리, 돌가사리가 peroxynitrite 소거 활성이 뛰어나다는 결과는 이미 문헌에 보고 되었으며 본 연구의 결과와 잘 일치한다(Chung *et al.*, 2001). 그러나 괘와 짜잎모자반, 등근돌김의 peroxynitrite에 대한 소거 활성에 대한 실험은 이것이 처음이며 항산화 활성이 있음이 확인되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 효율적이고 안정한 신규 항산화제를 개발하기 위해 34종의 해산 식물을 채집하여 조추출물을 제조하여 항산화 효과를 검색하였다. 항산화 활성 실험은 안정한 유리 래디칼로 알려져 있는 DPPH와 생물체내에서 생성되는 활성 산소종 중에서 가장 강력한 산화제인 peroxynitrite에 대한 소거 활성을 *in vitro*상에서 실험하였다. peroxynitrite 소거 활성이 가장 뛰어난 것은 갈조류에 속하는 짜잎모자반과 괘로 확인되었다. 그리고 SIN-1에 대해서 특이적으로 활성을 나타낸 시료는 홍조류인 우뭇가사리, 보라우무, 등근돌김이었다. 특히, 보라우무는 DPPH 소거 활성이 가장 우수한 해조류였으며, 그 외 불등풀가사리, 지충이, 모자반에서 DPPH 소거 활성이 관찰되었다. 또한 보라우무는 DPPH와 peroxynitrite 모두에 대해서 항산화 활성이 유의적인 것으로 확인되었다. 그 외 나머지 해조류 시료들은 항산화 효과가 거의 없는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 한국학술진흥재단의 중점연구소 지원(KRF-2002-005-C00008)에 의하여 이루어졌습니다.

참고문헌

- Ali, M.S., M. Jahangir, M. Saleem, M.K. Pervez, S. Hameed, and V.U. Ahmad. 2000. Metabolites of marine algae collected from Karachi-coasts of arabian sea. *Natural Product Sciences*, 6(2), 61-65.
- Ancerevicz, J., E. Migliavacca, P.A. Carrupt, B. Testa, F. Bree, R. Zini, J.P. Tillement, S. Labidalle, D. Guyot, A.M. Chauvet-Monges, A. Crevat, and A.L. Ridant. 1998. Structure-property relationships of trimetazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Biology & Medicine*, 25(1), 113-120.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, *Nature*, 26, 1199-1200.

- Chung, H.Y., H.R. Choi, H.J. Park, J.S. Choi, and W.C. Choi. 2001. Peroxynitrite scavenging and cytoprotective activity of 2,3,6-tribromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether from the marine alga *Symphyclocladia latiuscula*. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 3614-3621.
- Hoppe, H.A. 1979. *Marine Algae in pharmaceutical Science*. Walter de Gruyter- Berlin-New York, 139 p.
- Kooy, N.W., J.A. Royall, H. Ischiropoulos, and J.S. Beckman. 1994. Peroxynitrite-mediated oxidation of dihydrohodamine 123. *Free Radical Biology & Medicine*, 16, 149-156.
- Pryor, W. and G. Squadrito. 1995. The chemistry of peroxynitrite: a product from the reaction of nitric oxide with the superoxide anion. *A. J. Physiol.*, 264, 699-722.
- Reiter, R.J., D.X. Tan, and S. Burkhardt. 2002. Reactive oxygen and nitrogen species and cellular and organismal decline : amelioration with melatonin. *Mechanism of Aging and Development*, 123, 1007-1019.
- Ruperez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 79, 23-26.
- Sanchez-Machado, D.I., J. Lopez-Cervantes, J. Lopez-Hernandez, and P. Paseiro-Losada. 2003. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds, *Food Chemistry*. (in press)
- Sandoval M., R.A. Ronzio, D.N. Muanza, D.A. Clark, and M.J.S. Miller. 1997. Peroxynitrite-induced apoptosis in epithelial(T84) and macrophage(RAW 264.7) cell lines : Effect of legume-derived polyphenols(phytolens) NITRIC OXIDE. *Biology and Chemistry*, 1(6), 476-483.
- Scheuer, P.J. 1987-1990. ed., *Bioorganic Marine Chemistry*. Springer-Verlag, New York. 123 p.
- Thomson L., A. Denicola, and R. Radi. 2003. The trypanothione-thiol system in *Trypanosoma cruzi* as a key antioxidant mechanism against peroxynitrite-mediated cytotoxicity. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 412, 55-64.

Received , 2003

Accepted , 2003