

## 해조류 메탄올 추출물의 항산화효과

— 연구노트 —

김병목<sup>1</sup> · 전준영<sup>1</sup> · 박영범<sup>2</sup> · 정인학<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강릉대학교 해양생명공학부

<sup>2</sup>강원도립대학 식품가공제과제빵과

## Antioxidative Activity of Methanolic Extracts from Seaweeds

Byoung Mok Kim<sup>1</sup>, Joon Young Jun<sup>1</sup>, Yeung Beom Park<sup>2</sup> and In Hak Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Marine Bioscience & Technology, Gangneung National University, Gangwon 210-702, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Processing & Bakery, Gangwon Provincial College, Gangwon 210-801, Korea

### Abstract

In this study, seven species of seaweeds (*Sargassum horneri*, *Grateloupia filicina*, *Kjellmaniella crassifolia*, *Porphyra tenera*, *Ecklonia stolonifera*, *Scytosiphon lomentaria*, *Agarum cribrosum*) from Gangwon coast were collected for antioxidative assays. The methanol soluble and insoluble (water soluble) fraction which were prepared from 75% methanol extraction were assayed by DPPH method and deoxyribose assay. The antioxidative activity of methanol soluble fraction of *Agarum*, *Scytosiphon* and *Sargassum* reached to 26.60%, 24.28% and 23.40%, respectively. The antioxidative activities of methanol insoluble fractions of the *Kjellmaniella* and *Porphyra* were assayed to 29.70% and 21.01% which were higher than methanol soluble fractions with the values of 9.26% and 8.66%, respectively. The results from DPPH assay and deoxyribose assay showed the methanol soluble fractions of *Agarum* and *Sargassum* have strong antioxidative activity. However the methanol insoluble (water soluble) fractions of seaweeds did not show any meaningful antioxidant activity excepted *Kjellmaniella* and *Porphyra*.

**Key words:** antioxidative, seaweeds, DPPH assay, hydroxyl radical, methanol soluble

### 서 론

지질의 산화는 식품 품질저하의 주요한 원인(1)일 뿐만 아니라 산화생성물은 인체에 심각한 위해를 일으키는 것으로 보고(2)되고 있다. 그에 따라 식품의 산화를 억제하기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있을 뿐만 아니라 체내에서 일어나는 산화를 제어하는데 도움이 되는 식품성분으로서 항산화능을 가진 물질에 대해서도 많은 연구(3)가 이루어지고 있다. 이러한 연구경향은 생활수준의 향상으로 평균수명이 증가하고 지질산화와 노화의 상관관계에 대한 관심이 증가하면서 더욱 활발해지고 있다(4). 수산식품에 대해서도 항산화와 관련된 다양한 연구들이 이루어지고 있으며(5,6) 우리나라에서도 많은 연구가 진행되고 있다(7-9).

해조에 대한 연구는 한천, 알긴산, 카라기난 등의 해조 다당을 이용 가공하는 연구(10,11)와 미역, 김 등의 식품성분과 가공에 관한 연구들(12,13)로부터 더욱 발전하여 해조의 기능성에 관한 연구(9,14-16)로 확대되고 있다. 해조는 세계에서 한국인이 가장 많이 소비하는 식품으로 알려져 있다

(17). 우리나라에서 해조는 식품원료로서 그 기능이 김과 같은 일부 단백질이 풍부한 것을 제외하면 주로 부식개념으로 한정되어 온 결과 쌀의 소비가 감소하면서 해조의 소비도 감소하는 경향에 있다(18,19). 국민의 영양공급에서 단백질과 칼로리가 부족하지 않게 되고 오히려 영양과잉 공급에 따른 비만과 식생활습관의 변화에 수반된 채소류와 식이섬유의 섭취부족으로 인한 부작용이 가시화되고 있음에 따라 해조에 새로운 관심이 모아지고 있다. 세계적으로 해조 다 소비 국가에 속하는 우리나라, 일본, 중국 등을 중심으로 해조의 새로운 생리활성효과에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(5,20,21).

2000년을 기점으로 우리나라도 고령화 사회로 진입하게 되었으며 노화와 관련된 질환이 중요한 사망원인으로 되고 있다. 노화는 자연적인 현상이지만 노화의 진행속도는 체내의 산화에 의해서 많은 영향을 받는 것으로 밝혀지고 있고(22,23) 이에 따라 노화를 억제하기 위한 체내 산화억제능이 있는 식품성분 혹은 식품에 대한 연구(15,24)가 활발해지고 있다. 우리나라 국민이 많이 소비하고 있는 해조의 생리활성

\*Corresponding author. E-mail: ihjeong@kangnung.ac.kr  
Phone: 82-33-640-2341, Fax: 82-33-647-4350

에 대한 연구는 항산화활성에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으며(25-27) 기타 angiotensin I 저해효소에 대한 연구(16), 콜라겐 가교형성에 미치는 김 추출물의 연구(28), 혈청과 간의 효소활성에 미치는 연구(29), 칼슘흡수 및 분변에 미치는 연구(30) 등 다양하게 이루어지고 있다. 이와 같은 다양한 해조의 생리활성에 대한 연구는 해조에 대한 소비자의 인식을 제고하여 해조소비 증대에 크게 기여할 수 있을 것이다. 아울러 해조소비 확대는 최근 침체일로에 있는 해조양식산업을 활성화하는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 강원도 연안에서 산업적 효용성이 높은 대형종의 해조를 선정하여 메탄올로 추출하고 그 추출물의 항산화 효과를 추출물의 추출량과 연관하여 알아보았으며 이는 해조로부터 항산화력이 있는 추출물을 제조하고자 할 때 유용한 재료를 선정하는데 좋은 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## 재료 및 방법

### 추출물의 제조

본 연구에 사용한 7종의 해조류는 2005년 5월에 강원도 강릉시에서 구입한 것을 사용하였으며, 실험실로 옮겨와 이물질 제거하고 음건한 후 80 mesh로 분쇄하였다. 잘 분쇄한 각각의 해조류는 30 g과 75% 메탄올 900 mL를 혼합하여 상온에서 12시간동안 추출한 후, 6,000×g으로 30분간 원심분리(VS-21SMTi, VISION Co., Ltd.)하여 얻은 상층액을 50°C에서 감압농축하였다. 감압농축한 다음 다시 메탄올 가용성 분획(SF)과 불용성 분획(ISF)으로 나누어 가용성 분획은 진공농축기에서 메탄올을 제거한 후 실험에 사용하였으며 불용성 분획은 물에 용해한 후 동결 건조한 것을 실험시료로 사용하였다.

### 총페놀 함량

7종의 해조류 메탄올 추출물에 대한 총페놀 함량은 De-wanto 방법(31)에 준하여, 추출된 시료 1 mL에 50% Folin-Ciocalteu시약 0.5 mL를 첨가하여 30분간 방치하고, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 실온에서 30분간 방치하고 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료추출에 사용한 추출용매를 동일하게 처리하여 사용하였으며, gallic acid를 표준곡선으로 하여 흡광도를 측정한 후 나타내었다.

### 항산화효과

**DPPH radical 소거능:** DPPH radical 소거능은 Blois의 방법(32)에 따라 앞의 추출물 제조방법으로 제조한 분획물이 DPPH radical에 전자를 공여함으로써 radical을 소거하는 효과를 517 nm에서 흡광도를 측정하여 계산한 후 나타내었다. 즉, 0.4 mM DPPH soln(99.8% methanol)을 제조한 후, 이 용액이 517 nm 파장에서 대조군의 흡광도가 0.94~0.97이 되도록 농도를 조정하였다. 농도를 조정된 DPPH

soln 3 mL에 각각의 시료 1 mL를 첨가한 후 30분간 실온에서 방치하였다가 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 반응물에 대한 흡광도를 측정하여 대조군에 대한 흡광도 감소치를 DPPH radical 소거활성으로 하여 항산화 활성도를 나타내었다.

$$\text{EDA (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample}_{\text{absorbance}}}{\text{Control}_{\text{absorbance}}}\right) \times 100$$

**Hydroxyl radical 소거능:** Hydroxyl radical 소거능은 Halliwell 등의 방법(33)을 이용하였으며, hydroxyl radical은 FeSO<sub>4</sub>의 존재하에 Fenton 반응으로 생성시켰다. 반응용액은 10 mM FeSO<sub>4</sub>, EDTA, 2-deoxyribose용액 각각 200 μL와 시료용액 200 μL, 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 7.0) 1 mL를 넣어 총 1.8 mL로 제조하였으며, 반응용액에 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 200 μL를 넣어 37°C에서 3시간동안 반응을 진행시키고 난 후 2.8% TCA 1 mL를 넣고 반응을 정지시킨 뒤 1% TBA 1 mL를 첨가하여 100°C에서 10분간 발색시키고 급냉한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Hydroxyl radical scavenging effect (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample}_{\text{absorbance}}}{\text{Control}_{\text{absorbance}}}\right) \times 100$$

### 통계분석

본 연구의 실험결과에서 평균과 표준편차는 SPSS program 2001(34)을 이용하여 계산하였고, one-way ANOVA test를 실시한 후, 최소 유의차 검정(LSD)에 의해 평균간의 유의차를 95% 유의수준(p<0.05)에서 Duncan's multiple range test에 의해 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 해조추출물의 메탄올 가용성 분획(SF)과 불용성 분획(ISF)의 수율 및 항산화효과

본 연구에 사용된 7가지 해조로부터 메탄올로 추출한 다음 농축 건조한 것을 다시 메탄올에 재용해하여 가용성 분획과 불용성 분획으로 구분하여 수율을 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. 구멍쇠미역, 고리매, 팽생이모자반에서 각

**Table 1. Yield of methanol-soluble/insoluble from methanolic extracts of seaweeds**

Sample	Extracts (g/100 g dried seaweed)	
	Soluble	Insoluble
<i>Sargassum horneri</i>	23.40 ± 0.31 <sup>1)c2)</sup>	1.95 ± 0.53 <sup>e</sup>
<i>Grateloupia filicina</i>	16.71 ± 0.43 <sup>d</sup>	8.76 ± 0.43 <sup>c</sup>
<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	9.26 ± 0.22 <sup>f</sup>	29.70 ± 0.60 <sup>a</sup>
<i>Porphyra tenera</i>	8.66 ± 0.03 <sup>f</sup>	21.01 ± 0.65 <sup>b</sup>
<i>Ecklonia stolonifera</i>	12.27 ± 0.18 <sup>c</sup>	6.46 ± 0.30 <sup>d</sup>
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	24.28 ± 0.10 <sup>b</sup>	4.87 ± 0.93 <sup>d</sup>
<i>Agarum cribrosum</i>	26.60 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.18 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> All data were expressed as mean ± SD with three replications.

<sup>2)</sup> Values within column with different superscript letters are significantly different at p<0.05.

**Table 2. Antioxidant activities for soluble and insoluble of methanolic extract from seaweeds**

	Sample	TP (mg/g)	EDA (%)	·OH (%)
Soluble	<i>Sargassum horneri</i>	7.22±0.03 <sup>1)b2)</sup>	83.98±0.46 <sup>a</sup>	87.11±0.35 <sup>a</sup>
	<i>Grateloupia filicina</i>	1.57±0.03 <sup>d</sup>	40.94±0.83 <sup>e</sup>	35.10±2.52 <sup>e</sup>
	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	1.12±0.01 <sup>e</sup>	48.23±1.46 <sup>d</sup>	74.39±1.30 <sup>c</sup>
	<i>Porphyra tenera</i>	0.35±0.00 <sup>g</sup>	32.66±1.27 <sup>f</sup>	59.20±2.60 <sup>d</sup>
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	2.44±0.13 <sup>c</sup>	78.08±0.28 <sup>b</sup>	— <sup>3)</sup>
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	0.37±0.01 <sup>f</sup>	21.55±0.55 <sup>g</sup>	56.35±2.94 <sup>d</sup>
	<i>Agarum cribrosum</i>	10.84±0.07 <sup>a</sup>	71.40±1.88 <sup>c</sup>	82.00±0.64 <sup>b</sup>
Insoluble	<i>Sargassum horneri</i>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	5.50±3.57 <sup>a</sup>	—
	<i>Grateloupia filicina</i>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	1.66±1.78 <sup>b</sup>	—
	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	0.09±0.00 <sup>a</sup>	3.12±0.95 <sup>ab</sup>	—
	<i>Porphyra tenera</i>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	2.37±0.61 <sup>b</sup>	—
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	5.52±0.48 <sup>a</sup>	—
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	0.002±0.00 <sup>e</sup>	—	—
	<i>Agarum cribrosum</i>	0.004±0.00 <sup>d</sup>	—	—

Concentration of sample: 6 mg/mL.

<sup>1)</sup>All data were expressed as mean±SD with five replications.

<sup>2)</sup>Values within column with different superscript letters are significantly different at p<0.05.

<sup>3)</sup>Not detected.

각 메탄올 가용성 분획이 26.60%, 24.28%, 23.40%로 높게 나타났으며 메탄올에 녹지 않고 물에 용해하는 극성이 강한 성질의 불용성 분획은 각각 2.05%, 4.87%, 1.95%로 매우 적은 것으로 나타났다. 지누아리와 곰피의 경우 메탄올 가용성 분획이 16.71%, 12.28%로 나타났으며 메탄올에 녹지 않고 수용성 물질인 불용성 분획은 각각 8.76%, 6.46%였다. 이에 비하여 재래종다시마와 김은 메탄올 가용성 분획이 각각 9.26%, 8.66%이고 메탄올 불용성 분획이 29.70%, 21.01%로 나타나 극성이 강한 메탄올 불용성 분획이 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

#### 총페놀 함량과 항산화효과

식물의 항산화에 관한 연구에서 페놀 화합물의 함량과 항산화력과의 연관성에 많은 연구자들이 주목하고 있다(35, 36). 7종의 해조 메탄올 추출물의 메탄올 가용성 분획과 불용성 분획에 대한 총페놀 함량과 free radical 소거능을 측정한 결과를 Table 2에서 보면 해조추출물에서도 총페놀 함량과 free radical 소거능은 관련성이 매우 높은 것으로 나타났다.

페놀 함량은 메탄올 가용성 분획에서 높게 나타난 반면에 불용성 분획에는 거의 존재하지 않는 것으로 나타났으며 따라서 radical 소거능도 거의 측정되지 않았다. Table 1의 메탄올 가용성 분획의 함량이 높은 구멍쇠미역과 팽생이모자반의 총페놀 함량이 각각 10.84 mg/g과 7.22 mg/g으로 높았으며 전자공여능과 hydroxy radical 소거능도 71.40%와 83.98%로 모두 매우 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 Kim과 Lee(25)의 톱의 건조방법에 따른 총페놀 함량 6.87~9.76 mg/g의 값을 보인 결과와 잘 일치하였다. 그러나 본 실험에 사용한 팽생이모자반의 DPPH radical 소거능이 톱에서 보인 36~53%보다 월등히 높은 결과를 보였다. 반면에 추출특성에서 유사한 경향을 보인 고리매는 전자공여능이 21.55%로 7종의 해조중에서 가장 낮았으며 hydroxy radical 소거

능도 구멍쇠미역과 팽생이모자반에 비하여 비교적 낮은 값을 보였다. 추출물에서 메탄올 가용성 분획이 중간정도를 보였던 지누아리와 곰피의 경우 총페놀 함량이 각각 1.57 mg/g과 2.44 mg/g이지만, 곰피의 전자공여능은 총페놀 함량이 10.84 mg/g인 구멍쇠미역보다 더 높은 값을 보였으나 hydroxy radical 소거능은 나타나지 않았으며, 지누아리에서는 전자공여능과 hydroxy radical 소거능이 모두 40.94%와 35.10%의 값을 보여주었다. 추출물 중 메탄올 가용성 분획의 함량이 가장 낮은 것으로 나타난 재래종다시마와 김의 총페놀 함량도 각각 1.12 mg/g과 0.35 mg/g으로 아주 낮은 것으로 나타났으며 전자공여능도 48.23%와 32.66%를 보였다. 그러나 hydroxy radical 소거능은 74.39%와 59.20%를 보여 비교적 우수한 항산화능을 가지는 것으로 볼 수 있었다.

#### 요 약

본 실험에는 강원도의 대표적인 갈조류로 재래종다시마, 팽생이모자반, 그리고 수심이 비교적 깊은 곳에 식생하는 곰피와 구멍쇠미역, 녹조에 속하는 고리매, 우리나라 국민이 가장 많이 소비하고 있는 해조이면서 홍조류에 속하는 김과 동해안 특산 홍조류이며 지역민들이 즐겨 먹고 있는 지누아리의 해조 7종이 사용되었다. 이 7종의 해조로부터 75% 메탄올로 상온에서 추출하여 얻어진 추출물을 용매를 완전히 제거한 후 다시 메탄올에 용해하는 메탄올 가용성 분획(SF)과 메탄올에 녹지 않지만 물에 용해하는 극성이 강한 성질의 불용성 분획(ISF)으로 분리하여 각 분획의 함량을 측정하였으며 DPPH를 이용한 전자공여능과 hydroxy radical 소거능을 측정하여 항산화효과를 분석하였다. 메탄올 가용성 분획은 구멍쇠미역, 고리매, 팽생이모자반이 26.60~23.40%로

높았으며 재래종다시마와 김이 9.26%와 8.66%로 낮았다. 메탄을 불용성이며 수용성 분획은 재래종다시마와 김에서 29.70%와 21.01%로 가장 높았으며 그 외의 해조에서는 지누아리 8.76%, 곱피 6.46%, 고리매 4.87%, 구멍쇠미역 2.05%, 팽생이모자반 1.95%로 아주 낮았다. DPPH를 이용한 전자공여능 평가와 hydroxy radical 소거능 평가에서 메탄을 가용성 분획이 높은 해조, 즉 구멍쇠미역과 팽생이모자반에서 우수한 항산화효과를 보였으며 이와 같은 평가결과는 총페놀 함량이 높은 것과 잘 일치하였다. 갈조류인 곱피는 전자공여능은 우수한 것으로 평가되었으나 hydroxy radical 소거능은 나타나지 않았다. 메탄을 추출물에서 재용해하지 않는 메탄을 불용성 분획은 실험에 사용된 7종의 해조 모두에서 총페놀이 거의 없는 것으로 나타났으며 전자공여능과 hydroxy radical 소거능 평가에서 효과를 전혀 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 해조의 항산화효과는 메탄올에 용해하는 성분이 강한 항산화효과를 지니는 것으로 나타났으며 이 효과는 페놀 화합물과 관련이 깊은 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 2003년도 강릉대학교 해외파견연구지원사업과 2004년도 산업자원부지정 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터의 지원에 의한 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

### 문헌

1. Tseng YC, Xiong YL, Webster CD. 2005. The preservation of the quality of the muscle in the frozen Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) by prestorage antioxidant dipping treatments. *Int J Food Sci Technol* 40: 841-848.
2. Proctor PH, Reynolds ES. 1984. Free radicals and disease in man. *Physiol Chem Phys Med NMR* 16: 175-195.
3. Kuo JM, Yeh DB, Pan BS. 1999. Rapid photometric assay evaluating antioxidative activity in edible plant material. *J Agric Food Chem* 47: 3206-3209.
4. Ito K, Hori K. 1989. Seaweed chemical composition and potential food uses. *Food Rev Intern* 5: 101-144.
5. Yan X, Nagata T, Fan X. 1998. Antioxidative activities in some common seaweeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 52: 253-262.
6. Wong CK, Ooi VE, Anq PO. 2000. Protective effects of seaweeds against liver injury caused by carbon tetrachloride in rats. *Chemosphere* 41: 173-176.
7. Lee KH, Jeong IH, Lee JH. 1984. Effects of muscle extracts of fish and shell-fish on the oxidation of methyl linoleate. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 444-450.
8. Park JH, Kang KC, Baek SB, Lee YH, Rhee KS. 1991. Separation of antioxidant compounds from edible algae. *Korean J Food Sci Technol* 23: 256-261.
9. Heo SJ, Lee KW, Song CB, Jeon YJ. 2003. Antioxidant activity of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Algae* 18: 71-81.
10. Kim DS, Park YH. 1984. Uronic acid composition, block structure and related properties of alginic acid. *Bull Korean Fish Soc* 17: 391-397.
11. Do JR. 1997. Extraction and purification of agar from *Gelidium amansii*. *J Korean Fish Soc* 30: 423-427.
12. Han BH, Bae TJ, Kim BS. 1984. Stability of chlorophyll during processing and storage of salted undaria pinnatifida. *Korean J Food Sci Technol* 16: 71-77.
13. Lee KH, Song SH, Jeong IH. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage. *Bull Korean Fish Soc* 20: 408-418.
14. Jung KJ, Jung BM, Kim SB. 2001. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. *Korean J Food Sci Technol* 33: 633-640.
15. Kim JA, Lee JM. 2004. Changes of chemical components and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* (harvey) OKAMURA with blanching times. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 219-226.
16. Kim YM, Do JR, In JP, Park JH. 2005. Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activities of laver (*Porphyra tenera*) protein hydrolysates. *Korean J Food Nutr* 18: 11-18.
17. Sahoo D. 2000. *Farming the Ocean-Seaweed Cultivation and Utilization*. Aravali Books Internationa (P) Ltd, New Delhi. p 13.
18. Ministry of maritime affairs & fisheries. 2004. *Statistical year book of maritime affairs and fisheries*.
19. Korea health industry development institute. 2004. Report on 2002 national nutrition survey by season.
20. Fujimoto KH, Kaneda OT. 1985. Screening for antioxygenic compounds in marine algae and bromophenols as effective principles in a red algae *Polysiphonia ulceolate*. *Bull Japan Soc Csi Fish* 51: 1139-1143.
21. Ismael, amin, Tan Siew Hong. 2002. Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Mal J Nutr* 82: 167-177.
22. Schmuck A, Fuller CJ, Devaraj S, Jialal I. 1995. Effect of aging on susceptibility of low-density lipoproteins to oxidation. *Clin Chem* 41: 1628-1632.
23. Podda M, Grundmann-Kollmann M. 2001. Low molecular weight antioxidants and their role in skin aging. *Clin Exp Dermatol* 26: 578-582.
24. Lee J, Koo N, Min DB. 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Compr Rev Food Sci Food Safty* 3: 21-33.
25. Kim JA, Lee JM. 2004. The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. *Korean J Food Culture* 19: 200-208.
26. Yoo MY, Kim SK, Yang JY. 2004. Characterization of an antioxidant from sporophyl of *Undaria pinnatifida*. *Kor J Microbiol Biotechnol* 32: 307-311.
27. Park KE, Jang MS, Lim CW, Kim YK, Seo YW, Park HY. 2005. Antioxidant activity on ethanol extract from boiled-water of *Hizikia fusiformis*. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 435-439.
28. Han HS, Bae SJ, Kim MH. 2004. Effects of *Porphyra tenera* extracts on formation of collagen cross-link in ovariectomized rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 324-330.
29. Jung KJ, Jung BM, Kim SB. 2002. Effect of porphran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on liver lipid peroxidation in hyperlipidemic rats and on immunological functions in mice. *Korean J Food Sci Technol* 34: 325-329.
30. Lee JG, Lim YS, Joo DS, Jeong IH. 2002. Effects of diet with sea tangle (*Kjellmaniella crassifolia*) on calcium absorption, serum composition and feces in rats. *J Korean Fish Soc* 35: 601-607.

31. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
32. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
33. Halliwell B, Gutteridge JM, Aruoma OI. 1987. The deoxy-ribose method: a simple "test tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Anal Biochem* 165: 215-219.
34. SPSS V12.0. 2001. SPSS base 12.0 user's guide. p 349-357.
35. Liu Z, Ma LP, Zhou B, Yang L, Liu ZL. 2000. Antioxidative effects of green tea polyphenols on free radical initiated and photosensitized peroxidation of human low density lipoprotein. *Chem Phys Lipids* 106: 53-63.
36. Tedesco I, Russo M, Russo P, Iacomino G, Russo GL, Carraturo A, Faruolo C, Moio L, Palumbo R. 2000. Antioxidant effect of red wine polyphenols on red blood cells. *J Nutr Biochem* 11: 114-119.

(2006년 6월 20일 접수; 2006년 8월 21일 채택)