

## 시판 미역의 영양성분 및 생리활성 분석

최재석 · 배희정 · 김양춘<sup>1</sup> · 박남희<sup>1</sup> · 김태봉<sup>2</sup> · 최영주<sup>3</sup> · 최은영<sup>4</sup> · 박선미<sup>4</sup> · 최인순<sup>4\*</sup>

신라대 RIS사업단, <sup>1</sup>기장물산(주), <sup>2</sup>기장영어조합법인, 신라대학교 <sup>3</sup>식품영양학과, <sup>4</sup>생물학과

Received February 21, 2008 / Accepted March 12, 2008

**Nutritional Composition and Biological Activities of the Methanol Extracts of Sea Mustard (*Undaria pinnatifida*) in Market.** Jae-Suk Choi, Hee-Jung Bae, Yang Chun Kim<sup>1</sup>, Nam-Hee Park<sup>1</sup>, Tae Bong Kim<sup>2</sup>, Young Ju Choi<sup>3</sup>, Eun Young Choi<sup>4</sup>, Sun Mee Park<sup>4</sup> and In Soon Choi<sup>4\*</sup>. RIS, Industry-Academic Cooperation Foundation, Silla University, Busan 617-736, <sup>1</sup>Gijang Local Products Co., and <sup>2</sup>Gijang Fishery Guild Co., Gijang-gun, Busan 619-900, <sup>3</sup>Department of Food and Nutrition and <sup>4</sup>Department of Life sciences, Silla University, Busan 617-736, Korea - This research was performed to determine the proximate compositions, mineral contents, alginic acid, antioxidative activities and amino acids of sea mustards (Miyeok: *Undaria pinnatifida*) collected from Gijang and Wando area. Ash content was higher in Gijang samples, whereas carbohydrate and moisture were higher in Wando Sil Miyeok. General compositions of dried sea mustard showed different contents as manufacture's company and places. The major free amino acids were hydroxyproline, alanine, glutamic acid and asparagine in Gijang samples. Both Gijang and Wando Sil Miyeok showed lower contents comparing with Gijang Gadak Miyeok. Major mineral content was Na, K, Ca, Mg and P, and especially, Na and K were the most abundant in both Gijang and Wando sea mustards. Alginic acid content was almost similar in both sea mustards. Antioxidative activity of methanol extract of sea mustards was measured by using DPPH radical scavenging and SOD-like activity. DPPH radical scavenging activity was 45.5% (40 µg/ml) in Gijang Gadak Miyeok and 37.0% and 26.0% (40 µg/ml) in Gijang and Wando Sil Miyok, respectively. SOD-like activity of Gijang and Wando Sil Miyok was 63% and 71% (10 µg/ml), respectively. These results show that biological activities depend on Miyeok manufacture's process. When stimulated macrophages RAW264.7 cells with lipopolysaccharide (LPS), inhibition of NO production in Gijang Sil Miyeok (44.2%) was 9% high comparing with that of Wando Sil Miyeok (35.7%).

**Key words :** Sea mustard, mineral contents, alginic acid, antioxidative activity, free amino acids

## 서 론

미역(*Undaria pinnatifida* (Harvery) Suringer)은 다시마목 미역과에 속하는 갈조류로서, 우리나라 전 연안에 분포하며 연해주, 중국, 일본 등 극동지방 특산의 해조류이다. 국내에서 생산되는 미역은 자연산과 양식산으로 크게 나뉘는데, 자연산의 경우 초겨울 동안 성장하여 주 생산시기가 3-5월인 반면에, 양식산은 양식 기술이 발달되면서 주 채취시기가 1-4월 사이로 2개월 정도 빨라졌다.

한편 국내에서 생산되는 양식미역의 품종은 북방형(*f. dilatans*) 미역과 남방형(*f. typica*) 미역으로 대별된다. 특히 북방형은 기장을 중심으로 동해에 이르기까지 생산되고, 남방형은 전남 완도를 중심으로 남해의 연근해 바다에서 생산되고 있다. 현재 기장에서 양식되고 있는 북방형 미역은 조리 후에 잘 풀리지 않으며 수면 위로 뜨고 식감이 오돌오돌하면서 매끄럽고 담백한 반면, 남방형 미역은 색깔이 청색과 검정의 중간색을 띠며 조리 후 쉽게 풀리고 가라앉지만 부드러운 것

이 특징이다.

국내에서 시판되고 있는 미역은 제조형태에 따라 건미역과 염장미역으로 나뉜다. 건미역의 경우 미역을 일광 건조하여 장기간 보관이 용이하도록 처리한 제품으로 아무런 가공공정을 거치지 않고 자연 상태에서 건조한 것으로 손으로 직접 장각의 형태를 만들어 생산한 "가닥미역"이 대표적이다. 염장미역의 경우 세척하여 소금을 제거한 후 열풍 건조하여 장기 보관이 용이하게 만든 "실미역(또는 자른 미역)"이라는 제품으로 시중에 가장 많이 유통되고 있으나, 자숙 염장, 보관하는 과정에서 자연의 맛이 많이 떨어지는 경향이 있다. 2002년도 국내 미역시장의 규모를 살펴보면 내수시장이 84%로 대부분을 차지하고 있으며, 이 중 건미역이 전체의 55%(730억원)로 가장 많이 차지하였다. 다음으로는 라면스프가 25.0%(340억원), 인스턴트 미역국이 13.0%(180억원), 기타(생미역, 염장미역, 미역줄기, 미역귀) 등이 7.0%(100억원) 순이었다[1].

미역은 보통 엽체와 포자엽 부위로 구분되며, 엽상부의 줄기포함 여부에 따라 함유성분도 많이 다르다. 미역은 Na, K, Ca, Mg, P, S이 풍부한 식품소재로 식이섬유소, 리놀산, 비타민 등이 풍부한 알칼리성 건강식품으로 생리활성 물질이 많

### \*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5348, Fax : +82-51-999-5176  
E-mail : ischoi@silla.ac.kr

이 함유되어 있다[4,12]. 특히 미역에 들어 있는 점질 다당류인 알긴산(alginic acid)은 중금속 및 방사능 물질의 체외배출, 콜레스테롤 저하, 비만 및 변비방지 효과와 더불어 혈압이나 당뇨 예방효과가 높다는 보고가 있다[13,22,24]. Fucoidan은 항암, 항콜레스테롤, 혈액응고저해, 혈압조절 등의 혈류개선 작용이 우수하며, 지질대사 개선에도 효과가 있는 것으로 밝혀져 있다[3,9,21]. 유리아미노산은 alanine, glycine, glutamate 및 asparagine 산 등이 있으며 미역의 부위에 따라 무기성분 및 생리활성도 다른 것으로 보고되고 있다[18].

미역에 대한 연구는 양식산 미역 원초를 대상으로 Im 등[8]은 기장산과 완도산 미역의 생시료를 이용하여 황화합물, 미네랄 및 중금속 함량을 조사하였으며, Kim 등[10]은 기장, 충남, 여수에서 양식한 미역의 식이성 섬유와 해조다당류의 함량을 연구하였으며, Lee [18]는 완도산 미역을 채취하여 일건시킨 후, 일반성분 및 알긴산 함량을 조사하였다. 무기성분 분석은 기장과 완도에서 생미역을 구입한 후, 음건하여 주요 금속이온과 미량금속이온의 함량을 분석하였으며 Im 등[8]과, Lee 등[16]이 제주도에서 채집한 미역의 일반성분과 미네랄 함량을 분석하였다. 알긴산 분석은 기장산 미역을 채취하여 음건한 후, 알긴산 함량을 측정하였다[15]. 그런데 시판되고 있는 미역제품에 대해 직접적인 성분분석과 생리활성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 최종 소비자에게 전달되는 시판 미역제품에 주안점을 두고 주산지(기장산, 진도산, 완도산)와 가공방법(가닥미역과 실미역)이 다른 제품을 각각 구입하여 이들의 일반성분, 미량금속, 유리아미노산 함량, 알긴산 함량, 항산화 효과와 항염증 효과를 조사함으로써 가공방법과 산지별 미역이 갖는 생리활성 물질을 비교, 분석하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에 사용한 건미역은 2006년 11-12월 사이에 완제품 형태로 대형 할인점과 백화점에서 구입하여 사용하였다. 구입한 미역은 제조방법에 따라 가닥미역(건미역)과 실미역(염장미역)으로 구분하였고, 원산지에 따라 가닥미역은 기장산과 진도산으로, 실미역은 기장산과 완도산으로 구분하였다. 기장산 가닥미역은 3개사(C사, G사, S사), 진도가닥미역은 1개사(N사)의 제품과, 기장산 실미역은 3개사(D사, G사, S사)의 제품, 완도산 실미역은 3개사(C사, K사, T사)의 제품을 사용하여 무기성분과 생리활성을 측정하였다. 각각의 해조류는 grinder로 분쇄한 다음 60 mesh를 통과한 분말을 사용하였으며, 실험 전까지 -20°C에 보관하였다.

### 일반성분 분석

수분, 회분, 조단백질, 조지방, 탄수화물, 열량은 Korea

Food and Drug Administration (KFDA)의 방법[14]에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법에 따라 양을 측정하였으며, 조회분은 회화로(F6010, Thermolyne, USA)에 옮겨 550°C에서 8시간 가열하여 얻은 회화의 양을 측정하였다. 조단백질과 조지방은 세미마이크로킬달법을 적용한 분석기기인 auto kjeldahl system (K-370/424/414, Buchi, Switzerland)과 에테르 추출법을 적용한 분석기기, Auto Soxhlet System (B-811/B-411, Buchi, Switzerland)을 각각 이용하여 측정하였다. 탄수화물은 시료 100 g 중에서 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 회분의 양을 감하여 얻은 양으로서 표시하고 일반성분의 시험결과는 백분율로 표시하였다.

### 유리아미노산 함량

KFDA에 따라 분석하였으며[14], 전처리는 다음과 같이 행하였다. 시료 10 g에 70% EtOH 50 ml을 혼합하여 초음파로 추출하였다. 2,000× g로 20분간 원심 분리한 후, 상등액 1 ml을 취하였다. 감압 상태에서 완전 건조한 후 0.5 ml loading buffer에 녹여 여과한 후, 적량을 아미노산자동분석기 (Biochrom 30, Biochrom, England)로 분석하였다.

### 무기염류 성분 분석

무기염류 중, Na, K, Ca, Fe, Zn, Mg 그리고 P는 KFDA의 미량영양성분시험법의 건식분해법[14]에 따라 시료 5 g를 회화용기에 취하여 예비 탄화시킨 후 550°C의 온도에서 여러 시간 가열하여 얻은 회백색의 회분을 시험용액으로 만들어 ICP (Optima 5300 DV, Perkin Elmer, England)를 사용하여 분석하였다.

### 알긴산 함량 측정

You 등[26]의 방법에 따라 시판 미역의 알긴산 함량을 측정하였다. 건조된 시료를 분쇄한 시료 10.0 g에 500 ml의 0.1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액을 첨가하여 60°C 항온수조에서 2시간 동안 가열한 다음, 3배량의 증류수를 첨가하였다. 혼합물을 원심분리하여 얻은 상등액에 95% 메탄올을 가하여 침전시킨 후, 원심분리하여 침전물을 회수하였다. 침전물을 증류수로 용해한 다음 메탄올을 가하여 침전시키는 조작을 2회 반복하여 정제한 후, 동결 건조하여 얻어진 알긴산 분말의 무게를 측정하여 알긴산 함량을 구하였다.

### 전자공여능(Electron donation ability: EDA) 측정

전자공여능 측정은 Blois의 방법[2]에 따라 *in vitro*에서 각 추출물의 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 해조류 1 g당 에탄올 10 ml의 비율로 추출한 시료를 DMSO에 녹여 각각 4, 20, 40 μl와 1.5×10<sup>-4</sup> M DPPH용액 160 μl을 섞은 다음, 최종 volume이 200 μl이 되도록 증류수를 첨가하여 37°C에서 30분 동안 반

응시킨 다음 ELISA reader를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(Electron donation ability: EDA)은 EDA (%)=(대조구 흡광도-시료 첨가구 흡광도)/대조구 흡광도×100으로 계산하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조그룹과 흡광도차를 비교하여 프리라디칼의 제거활성을 백분율로 계산하였다.

**SOD 유사활성(Superoxide dismutase-like activity: SODA) 측정**

추출물의 SOD 유사활성은 Marklund와 Marklund의 방법 [19]에 따라 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)로 전환시키는 반응을 촉매 하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 SOD 유사활성으로 나타내었다. 각 추출시료를 DMSO에 녹여 농도별로 희석하여, 시료 1, 5, 10 µl에 Tris-HCl buffer (50mM Tris [hydroxymethyl] aminomethane, 10 mM EDTA, pH 8.5) 150 µl와 7.2 mM pyrogallol을 10µl 첨가한 다음, 최종 volume 200 µl이 되도록 증류수를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응한 후 1N HCl 50 µl을 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양은 ELISA reader (VersaMax, Molecular Devices, USA)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 추출물 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도의 차이를 백분율(%)로 나타내었다. SODA (%)=(1-A/B)×100, A=추출물 첨가구의 흡광도, B=추출물 무첨가구의 흡광도.

**NO assay 및 cell viability 측정**

NO의 생성은 비색법으로 세포 상등액에 축적되는 nitrite 양을 측정하였다. 대식세포를 24-well plate에 5×10<sup>5</sup> cells/

well의 세포가 되도록 재부유하여, 최종농도가 200 µg/ml가 되도록 추출물을 처리한 다음, 1 hr 후에 LPS의 자극 하에 24 시간 배양하고 그 배양 상등액 내의 NO를 Griess 시약과 반응시켜 측정하였다[6]. 100 µl의 세포배양 상등액을 취하여 동량의 Griess 시약[1% sulfanilamide (30% acetic acid)와 0.1% N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (60% acetic acid) 혼합액]을 가하여 상온에서 20분간 반응시켰다. NO의 활성정도는 ELISA reader (VersaMax, Molecular Devices, USA)를 사용하여 800 µg/ml 범위에서 540 nm 흡광도를 측정하였다.

세포활성은 MTT assay에 의하여 측정하였다[20]. 24-well microtiter plate (Nunc, Vangaard, Neptune, NJ)에 RAW 264.7 macrophage를 5×10<sup>5</sup> cells/well의 농도로 분주하였다. 분주 24시간 후, 추출물의 최종농도가 200 µg/ml가 되도록 각 추출물이 함유되어 있는 배지를 100 µl씩 넣어 48시간 동안 배양하였다. Plate에 MTT [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT, Sigma M2128)] 2 mg/ml 용액을 20 µl씩 첨가하여 4시간 동안 배양시키고 formazan을 형성시킨 후 조심스럽게 상등액을 제거하였다. DMSO 150 µl를 첨가하여 formazan을 녹인 후 570 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**일반성분 분석**

기장 및 진도산 가닥미역과 기장 및 완도산 실미역의 일반성분을 Table 1에 나타내었다. 기장산 가닥미역 3개 회사(C사, G사, S사) 제품과 진도산 가닥미역(N사)의 일반성분(수분, 회분, 조단백질, 탄수화물, 열량)은 큰 차이가 없었으

Table 1. General compositions of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

		(g/100 g dry weight) <sup>†</sup>					
Seaweeds (area)	Company	Moisture (%)	Ash (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (kcal)
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	9.17±0.23	33.67±0.11	0.35±0.13	13.40±0.26	43.41±0.46	230.67±2.08
	G Co.	9.18±0.26	31.22±0.03	0.62±0.16	11.68±0.12	47.31±0.16	241.67±2.08
	S Co.	9.07±0.12	31.71±0.08	0.54±0.07	15.08±0.19	43.60±0.29	239.67±0.58
	Mean	9.14±0.06	32.20±1.30	0.53±0.14	13.39±1.70	44.77±2.20	237.34±5.86
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	9.08±0.13	29.36±0.17	1.47±0.26	16.59±0.21	43.49±0.39	253.67±1.15
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	9.15±0.22	31.56±0.19	1.13±0.26	16.27±0.37	41.90±0.54	242.67±1.15
	G Co.	5.01±0.06	41.20±0.18	1.09±0.11	14.11±0.04	38.59±0.21	220.67±1.53
	S Co.	10.06±0.22	24.80±0.04	0.99±0.13	18.26±0.22	45.89±0.12	252.33±22.81
	Mean	8.07±2.69	32.52±8.24	1.07±0.07	16.21±2.08	42.13±3.66	238.56±16.23
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	8.77±0.06	27.71±0.05	1.18±0.14	17.16±0.022	45.18±0.32	260.00±1.00
	K Co.	4.48±3.40	28.16±0.14	1.41±0.21	18.55±0.22	47.39±3.38	276.33±14.47
	T Co.	11.06±0.19	24.97±0.07	1.30±0.16	17.64±0.20	45.02±0.05	262.33±1.53
	Mean	8.10±3.34	26.95±1.73	1.30±0.12	17.78±0.71	45.86±1.32	266.22±8.83

<sup>†</sup> Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

며, 단지, 조지방의 경우, 기장산 가닥미역은 0.53%, 진도산 가닥미역은 1.47%로 나타나 진도산 가닥미역의 조지방 함량이 다소 높은 것으로 나타났다. 기장산 실미역 3개 회사(D사, G사, S사) 제품과 완도산 실미역 3개 회사(C사, K사, T사)의 일반성분은 유사한 함량을 나타냈으며, 회분의 경우, 기장산 실미역은 32.52%, 완도산 실미역은 26.95%로 나타나 기장산 실미역이 다소 높은 함량을 나타내었다. 완도산 미역을 채취하여 일건시킨 후, 일반성분을 조사한 Lee [18]의 결과와 진도 가닥미역의 일반성분 함량과 유사한 결과를 보였다. 제주도에서 채집한 미역의 일반성분을 분석한 Lee 등[16]의 결과를 본 실험결과와 비교했을 때, 조단백의 함량은 기장산 가닥미역과, 조지방은 진도 가닥미역과 비슷한 함량을 보인 반면, 회분의 함량은 제주도산이 16.89%로, 기장산 미역과 진도산 가닥미역의 회분함량이 훨씬 높은 것으로 나타났다.

**유리아미노산 함량**

기장 및 진도산 가닥미역과 기장 및 완도산 실미역의 유

리아미노산 함량을 비교한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 주요 유리아미노산은 hydroxyproline, alanine, glutamic acid, proline 그리고 asparagine이었으며, 특히 기장산 가닥미역에서 인체에서 가장 풍부한 collagen의 구성아미노산인 proline과 그 유도체인 hydroxyproline 함량이 높아 화장품이나 기능성 음료 등의 소재로 개발할 수 있을 것으로 기대된다. 그런데 기장 및 완도산 실미역에서 유리아미노산 함량이 현저히 낮아 미역 가공방법에 따라서 많은 유리아미노산이 소실되는 것으로 나타났다.

기장산 가닥미역은 유리아미노산의 함량이 진도산 가닥미역에 비해 다소 높게 나타났으며, 특히 hydroxyproline, glutamic acid, arginine 그리고 alanine의 함량은 진도산 가닥미역에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다. 기장산 실미역은 전반적으로 유리아미노산의 함량이 완도산 실미역에 비해 다소 높거나 유사한 것으로 나타났지만, hydroxyproline, glutamic acid과 alanine의 함량은 완도 실미역에 비해 월등히 높은 것으로 나타나, 가닥미역의 산지별 결과와 유사하였

Table 2. Free amino acid compositions of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) collected from Gijang, Jindo and Wando area

Amino acids	Gadak Miyek (Gijang)				Gadak Miyek (Jindo)		Sil Miyek (Gijang)				Sil Miyek (Wando)			
	C Co.	G Co.	S Co.	Mean	N Co.	D Co.	G Co.	S Co.	Mean	C Co.	K Co.	T Co.	Mean	
phosphoserine	13.0±1.0	0.0±0.0	14.9±1.0	9.3±8.1	0.7±0.1	0.9±0.2	0.7±0.3	0.0±0.0	0.5±0.5	0.2±0.0	0.8±0.1	0.0±0.0	0.3±0.4	
taurine	3.7±0.8	2.9±0.7	2.9±1.7	3.2±0.5	0.3±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1	0.2±0.1	0.1±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1	
phosphoethanolamine	2.7±0.6	1.7±0.5	1.3±0.7	1.9±0.7	0.2±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
hydroxyproline	152.0±41.3	96.6±14.7	118.3±63.6	122.3±27.9	3.6±1.0	0.2±0.1	16.2±2.3	0.0±0.0	5.5±9.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
threonine*	7.6±0.1	7.4±0.6	7.7±7.5	7.6±0.2	0.5±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
serine	14.2±2.5	12.9±1.1	12.5±5.9	13.2±8.9	0.6±0.4	0.0±0.0	3.1±0.5	0.0±0.0	1.0±1.8	0.0±0.0	0.2±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1	
asparagine	31.0±4.9	31.1±1.9	44.0±21.9	35.4±7.5	8.9±2.5	0.0±0.0	3.1±2.1	0.0±0.0	1.0±1.8	0.2±0.1	0.9±0.2	0.0±0.0	0.4±0.5	
glutamic acid	79.6±20.6	52.6±5.3	68.9±32.4	67.0±13.6	6.1±2.0	7.6±1.9	6.5±8.9	0.0±0.0	4.7±4.1	0.0±0.0	0.4±0.3	0.4±0.2	0.3±0.2	
sarcosine	5.2±4.6	0.0±0.0	0.1±0.0	1.8±3.0	0.2±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.0	0.6±0.3	0.3±0.1	0.3±0.3	
proline	31.2±1.4	37.7±1.8	32.2±16.0	33.7±3.5	2.1±1.3	0.0±0.0	7.6±2.9	0.0±0.0	2.5±4.4	0.1±0.0	0.3±0.1	0.0±0.0	0.1±0.2	
glycine	15.1±3.1	15.6±1.2	11.4±5.1	14.0±2.3	1.0±0.5	0.3±0.2	0.8±0.3	0.0±0.0	0.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
alanine	126.9±23.9	139.2±16.6	169.0±77.0	145.0±21.6	24.9±11.1	25.1±38.3	11.0±5.8	0.0±0.0	12.0±12.6	0.9±0.3	0.4±0.3	1.5±0.9	0.9±0.6	
citrulline	10.8±0.9	7.9±5.6	0.0±0.0	6.3±5.6	0.0±0.0	0.4±0.2	0.1±0.0	0.0±0.0	0.2±0.2	0.1±0.0	0.5±0.2	0.0±0.0	0.2±0.3	
a-aminobutyric acid	2.2±0.4	2.8±0.4	2.3±1.4	2.4±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
valine*	4.6±0.1	4.6±1.2	8.4±3.8	5.9±2.2	0.2±0.1	0.0±0.0	1.5±0.8	0.0±0.0	0.5±0.8	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
cystine	0.2±0.1	0.1±0.0	0.2±0.1	0.2±0.6	0.0±0.0	3.4±2.9	0.1±0.0	0.0±0.0	1.2±1.9	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
methionine*	1.3±0.4	2.0±1.3	2.8±2.1	2.0±0.8	0.0±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1	0.0±0.0	1.3±0.5	0.2±0.1	0.5±0.7	
DL-alloctystathionine	5.6±2.7	3.1±0.2	4.3±2.2	4.3±1.3	1.6±0.6	3.6±2.1	1.5±1.1	0.1±0.1	1.7±1.8	0.1±0.1	0.5±0.1	0.0±0.0	0.2±0.3	
isoleucine*	3.1±0.1	2.8±0.8	5.4±3.4	3.8±1.4	0.0±0.0	2.4±1.5	0.6±0.2	0.0±0.0	1.0±1.2	0.1±0.1	0.2±0.1	0.3±0.2	0.2±0.1	
leucine*	6.6±1.2	5.5±1.3	9.9±5.2	7.3±2.3	0.5±0.2	0.8±0.9	0.6±0.7	0.0±0.0	0.5±0.4	0.1±0.0	0.0±0.0	0.9±0.3	0.3±0.5	
tyrosine	4.7±0.3	5.6±0.4	6.5±3.5	5.6±0.9	0.2±0.1	4.3±2.1	0.2±0.1	0.0±0.0	1.5±2.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
phenylalanine*	7.3±1.2	5.4±1.0	6.4±3.6	6.4±1.0	0.3±0.1	1.1±0.6	1.4±0.7	0.0±0.0	0.8±0.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
ethanolamine	8.2±0.2	6.5±0.7	8.7±4.0	7.8±1.2	0.4±0.2	0.0±0.0	0.9±0.9	0.0±0.0	0.3±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
ammonium chloride	14.2±2.7	20.0±2.9	16.9±7.9	17.0±2.9	3.8±2.1	3.2±1.6	3.8±1.9	3.2±1.7	3.4±0.3	3.5±1.0	4.5±2.0	2.6±0.9	3.5±1.0	
ornithine	2.5±0.1	1.9±0.3	2.7±1.4	2.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
lysine*	9.3±1.0	7.1±1.0	11.4±5.9	9.3±2.2	0.7±0.2	0.0±0.0	0.5±0.3	0.0±0.0	0.2±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
1-methylhistidine	0.5±0.2	0.4±0.2	0.4±0.1	0.4±0.1	0.1±0.0	6.5±2.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
histidine*	1.2±0.2	1.3±0.2	1.4±0.5	1.3±0.1	0.0±0.0	2.2±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0	0.7±1.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	
carnosine	0.1±0.0	1.3±1.1	0.3±0.1	0.6±0.6	5.0±2.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.4±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.2	
arginine	12.9±0.1	12.2±1.6	13.7±6.9	12.9±0.8	3.1±1.9	8.8±2.8	0.0±0.0	0.0±0.0	2.9±5.1	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1	

\* Essential amino acids

† Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation (mg/100 g dry weight)

Table 3. Mineral contents in dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

		(unit: mg/100 g) <sup>†</sup>						
Seaweeds (area)	Company	Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	P
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	390.60±1Z.22	644.47±3.72	70.47±0.57	83.12±0.46	0.72±0.01	10.94±0.08	45.96±0.37
	G Co.	436.83±25.76	480.24±1.34	80.19±1.50	91.09±0.78	0.66±0.04	0.25±0.23	50.94±2.17
	S Co.	353.97±2.08	417.23±2.22	78.15±0.65	90.63±0.42	0.67±0.00	0.14±0.00	46.53±0.13
	Mean	393.8±41.53	513.98±117.31	76.27±5.13	88.28±4.47	0.68±0.03	0.17±0.08	47.81±2.73
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	525.10±3.21	137.83±23.18	101.17±0.95	94.86±0.42	1.06±0.00	0.30±0.00	59.24±0.43
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	758.35±63.18	264.69±2.59	71.78±0.45	63.60±0.38	0.66±0.00	0.20±0.00	35.82±0.39
	G Co.	1259.33±11.15	558.54±22.41	58.36±0.68	28.03±0.23	0.96±0.1	0.34±0.00	45.35±0.53
	S Co.	523.30±6.46	417.63±7.60	58.52±1.21	33.53±0.53	0.87±0.01	0.27±0.00	31.08±0.35
	Mean	846.96±375.98	413.62±146.97	0.63±0.08	41.72±19.14	0.01±0.00	0.27±0.07	37.42±7.27
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	578.93±8.85	354.00±1.08	76.06±0.77	67.21±0.38	1.70±0.02	0.20±0.01	36.06±0.97
	K Co.	601.77±6.37	11.45±0.42	108.97±3.33	78.83±1.07	3.04±0.09	0.46±0.03	50.53±1.87
	T Co.	474.33±44.09	458.52±13.24	136.18±5.00	84.45±1.80	2.72±0.10	0.45±0.04	62.44±4.95
	Mean	551.68±67.95	274.66±233.86	107.06±30.10	76.83±8.79	2.48±0.70	0.37±0.15	49.68±13.21

<sup>†</sup> Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

다. 전체적으로 실미역에 비해 가담미역의 유리아미노산 함량이 높은 것으로 나타났는데, 이는 실미역의 자숙과정에서 유리아미노산의 손실이 있기 때문으로 사료된다.

**무기염류 성분 분석**

4종류의 주요금속원소(Na, K, Ca, Mg)와 3종류의 미량금속원소(Fe, Zn, P)의 농도를 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다. 기장 및 진도산 가담미역 무기성분을 비교한 결과, K를 제외한 무기염류 성분은 기장산 가담미역에 비해 완도산 가담미역이 모두 높게 나타났다. 기장과 완도산 실미역의 Na과 K의 함량은 완도산 실미역에 비해 기장산 실미역이 높게 나타났고, Ca, Fe, Zn, Mg 그리고 P의 함량은 기장산 실미역에 비해 완도산 실미역의 함량이 높은 것으로 나타났다.

기장과 완도에서 생미역을 구입한 후, 음건하여 주요금속이온과 미량금속이온의 함량을 비교한 Im 등[8]의 결과와 기장산 가담미역의 미네랄 함량을 분석한 결과와 유사한 값을 보였다. 기장산 가담미역과 실미역의 미네랄 함량을 비교한 결과, Na을 제외하고는 가담미역의 미네랄 함량이 전반적으로 높거나 유사한 것으로 나타났다. 또한 경남 충무에서 채집한 미역의 미네랄 함량을 조사한 Lee와 Sung [17]의 보고에 의하면 습중량 기준으로 Fe는 265.4 ppm, Zn은 374.2 ppm, Mg는 1.11 ppm 으로 나타났다.

**알긴산 함량 측정**

기장 및 진도산 가담미역과 기장 및 완도산 실미역의 알긴산 함량은 21.0~27.8 g/100 g 으로 가담미역에서는 유사한 알긴산 함량을 보였으나 실미역은 기장산(21.0%)에 비해 완도산(26.8%)에서 다소 높은 함량을 나타내었다(Table 4). 일반적으로 미역의 알긴산 함량은 부위에 따라 많은 차이가

Table 4. Alginic acid contents of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

Seaweeds (area)	Company	Alginic acid (g/100 g) <sup>†</sup>
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	24.83±0.92
	G Co.	27.56±2.43
	S Co.	28.65±3.23
	Mean	27.01±2.00
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	27.83±2.21
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	18.04±2.17
	G Co.	15.26±2.60
	S Co.	31.54±3.63
	Mean	21.61±8.71
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	29.92±0.74
	K Co.	23.61±6.83
	T Co.	26.96±2.15
	Mean	26.83±3.16

<sup>†</sup> Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

나며, 알긴산은 주로 자엽부에 존재하는 것으로 알려져 있다. Lee [18]의 보고에 의하면 미역의 알긴산 함량은 25.9~32.2%로 불용성 알긴산이 수용성알긴산에 비해 2~3배 많으며, 총 알긴산함량은 포자엽(32.2%)에, 수용성 알긴산함량은 엽상부(10.1%)에서 높게 나타났다.

기장산 미역을 채취하여 음건한 후, 알긴산 함량을 측정한 Lee 등[15]의 결과와 본 연구의 기장 가담미역과 실미역의 알긴산 함량을 비교한 결과, 큰 차이를 보이지 않았다. 완도산 미역을 채취하여 일건한 후, 알긴산 함량을 비교한 Lee [18]의 결과와도 유의하였다.

알긴산은 점질 다당류로 중금속 및 방사능 물질의 체외배

출, 콜레스테롤 침착방지, 변비에방 및 비만 방지효과와 더불어 혈압을 낮추며 당뇨예방, 항암효과가 큰 것으로 알려져 있다[23].

**전자공여능(Electron donation ability: EDA) 측정**

항산화 활성은 DPPH radical scavenging 활성을 측정하여 기장 및 진도산 가닥미역과 기장 및 완도산 실미역의 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다(Table 5). 기장 및 진도산 가닥미역의 메탄올 추출물 40 µg/ml 농도에서 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 각각 45.5% 및 33.5%로 기장산 가닥미역에서 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타났으며, 기장 및 완도산 실미역의 항산화 활성은 각각 37.0%와 27.0%로 역시 기장산 실미역이 소거효과가 높은 것으로 분석되었다. 다시마의 경우도 기장산이 완도산에 비해 DPPH 라디칼 소거능이 높은 것으로 보고되어 있으며[5], 이러한 결과는 해조류의 생산지와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

항산화 활성은 해조류에 존재하는 polyphenol의 함량과 밀접한 관계가 있으며, 건조방법에 따라 많은 차이가 있는 것으로 알려져 있다[11]. 전자공여능은 시료의 flavonoid 및 polyphenol성 물질 등에 대한 항산화 작용의 지표로 알려져 있으며, 이러한 물질들은 free radical을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 높다. 이러한 항산화 물질들은 활성산소를 비롯한 다른 유해한 라디칼에 대한 소거활성을 기대할 수 있으며, 인체 내에서 free radical에 의한 노화를 억제하는 척도로 이용할 수 있다[25].

Table 5. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

Seaweeds (area)	Company	DPPH radical scavenging activity (%) <sup>†</sup>		
		4(µg/ml)	20(µg/ml)	40(µg/ml)
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	22.50±0.71	33.00±1.41	43.06±0.05
	G Co.	28.00±0.00	35.50±0.71	42.00±0.02
	S Co.	22.00±0.00	36.50±0.65	51.50±0.77
	Mean	24.17±3.33	35.00±1.80	45.52±5.21
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	17.50±0.71	25.50±0.52	33.50±0.29
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	23.00±1.41	30.50±3.54	42.50±2.12
	G Co.	28.50±5.19	35.00±8.49	40.50±4.18
	S Co.	13.00±0.20	19.50±0.82	28.00±1.41
	Mean	21.50±7.86	28.33±7.97	37.00±7.86
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	19.00±1.41	25.00±2.83	29.00±2.83
	K Co.	21.00±2.83	26.50±0.52	29.50±0.71
	T Co.	10.00±1.73	16.00±1.42	22.50±2.12
	Mean	16.67±5.86	22.33±5.51	27.00±3.91

<sup>†</sup>Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

**SOD 유사활성(Superoxide dismutase-like activity: SODA 측정)**

기장 및 진도산 가닥미역과 기장 및 완도산 실미역의 methanol 추출물을 이용하여 SOD 유사활성 측정 결과를 Table 6에 나타냈다. SODA 측정 결과, 미역의 메탄올추출물 농도가 증가할수록 항산화 효과가 증가하였고, 기장 및 진도산 가닥미역의 SOD 유사활성은 각각 66.1%와 72.5% (10 mg/ml)였으며, 기장 및 완도산 실미역의 SODA 유사활성은 각각 63.0%와 71.4% (10 mg/ml)로 측정되어, SOD-like 활성은 진도산 가닥미역과 완도산 실미역의 methanol 추출물에서 높게 나타났다. Superoxide dismutase (SOD)는 항산화 효소로서 세포에 유해한 oxygen radical를 과산화수소로 전환시키고 다시 catalase에 의하여 무해한 물 분자와 산소분자로 전환시켜 활성산소로부터 생체를 보호하는 것으로 알려져 있다[21]. SOD는 분자량이 비교적 큰 단백질로서 열이나 알칼리에 약하여 이러한 단점을 보완할 수 있는 저분자물질로 체내에서 역할이 유사한 SOD 유사활성 물질에 대한 연구가 진행되어 있다.

**NO 생성 저해 효과**

대장균(*Escherichia coli*)에 의하여 생성된 bacterial lipopolysaccharise (LPS)를 대식세포에 처리하여 NO를 유도시킨 다음, 기장 및 진도산 가닥미역과 기장 및 완도산 실미역의 메탄올추출물을 각각 처리하여 NO 합성에 미치는 영향

Table 6. Superoxide dismutase (SOD)-like activity (%) of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

Seaweeds (area)	Company	Superoxide dismutase (SOD)-like activity (%) <sup>†</sup>		
		1(µg/ml)	5(µg/ml)	10(µg/ml)
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	44.38±2.31	56.70±1.59	72.47±6.31
	G Co.	30.69±5.37	46.06±7.27	68.48±3.20
	S Co.	25.23±3.44	46.73±3.16	57.37±6.03
	Mean	33.43±9.86	49.83±5.96	66.11±7.82
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	34.00±2.69	46.24±5.52	72.46±3.67
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	36.34±7.19	64.39±3.36	85.57±9.02
	G Co.	28.72±6.44	46.74±5.57	70.11±8.62
	S Co.	17.51±4.47	32.22±4.38	33.46±3.94
	Mean	27.52±9.47	47.78±16.11	63.05±26.76
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	33.41±1.23	52.62±3.64	68.67±9.75
	K Co.	38.65±4.66	56.78±7.88	64.44±8.43
	T Co.	33.85±3.31	62.37±5.52	81.16±8.03
	Mean	35.30±2.91	57.26±4.89	71.42±8.69

<sup>†</sup>Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

Table 7. Inhibitory effects of NO synthesis (%) of methanol extracts of dried sea mustard (*U. pinnatifida*) from Gijang, Jindo and Wando area

Seaweeds (area)	Company	Inhibition of NO synthesis (%) <sup>†</sup>
Gadak Miyeok (Gijang)	C Co.	61.87±2.38
	G Co.	20.15±8.57
	S Co.	40.16±1.00
	Mean	40.73±20.87
Gadak Miyeok (Jindo)	N Co.	28.60±3.09
Sil Miyeok (Gijang)	D Co.	52.03±2.51
	G Co.	44.19±6.32
	S Co.	36.44±10.26
	Mean	44.22± 7.78
Sil Miyeok (Wando)	C Co.	32.97±2.24
	K Co.	39.03±2.38
	T Co.	35.15±1.40
	Mean	35.72±3.07

<sup>†</sup> The final concentration of the sample was 200 µg/ml  
Data are mean value of triplicate determinations±standard deviation

을 조사하였다(Table 7). 각 미역의 methanol 추출물(200 µg/ml)을 처리하여 LPS에 의한 NO생성 저해효과는 기장 및 완도산 가닥미역의 경우 각각 40.7%와 28.6%였으며, 기장 및 완도산 실미역의 NO생성 저해효과는 각각 44.2%와 35.7%로 가닥미역과 실미역 모두 기장산에서 NO생성 억제율이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 미역 methanol 추출물이 면역기능과 밀접한 관계가 있음을 보여주는 것이다.

NO는 대부분의 포유류 동물의 세포내에서 생성되고 신경계에서는 화학적 신호 전달 물질로서 혈관계에서는 혈압 조절과 혈소판의 응집 및 호중성구의 집합작용, 골격근에서는 대사와 근 수축 조절 등 생리학적으로 중요한 역할을 한다 [7]. 최근 염증반응을 완화시키는데 있어서도 종래에 사용되어 온 NO를 소거하는 방식보다는 superoxide anion의 생성을 저해하거나 NADPH oxidase의 활성을 감소시키는 방법 [27]이 더욱 비중 있게 다루어지고 있다.

세포독성활성은 MTT분석을 통하여 측정하였으며 LPS로 처리된 대식세포는 약 50% 정도의 세포감소를 나타냈지만 미역추출물을 첨가하면 정상수준으로 회복되는 것이 관찰되었다(data not shown).

## 요 약

시판되는 기장산, 진도산 및 완도산 미역 완제품(가닥미역과 실미역)의 일반성분, 미량금속, 유리아미노산 함량, 알긴산 함량, 항산화 효과와 항염증 효과를 조사하여 산지별 미역의 생리활성을 비교, 분석하였다.

수분, 조지방, 조단백질, 탄수화물의 함량과 칼로리에서 큰 차이가 없었으나, 회분의 경우, 기장산 실미역은 32.5%, 완도산 실미역은 26.6%로 나타나 기장산 실미역이 다소 높은 함량을 보였다. 조지방의 경우, 기장산 가닥미역은 0.53%, 진도산 가닥미역은 1.47%로 나타나 진도산 가닥미역의 조지방 함량이 다소 높은 것으로 나타났다.

가닥미역의 주요 유리아미노산은 hydroxyproline, alanine, glutamic acid, proline 그리고 asparagine이었으며, 실미역은 유리아미노산 함량이 현저히 낮아 미역 가공 공정에 따라서 많은 유리아미노산이 소실되는 것으로 나타났다.

4종류의 주요금속원소(Na, K, Ca, Mg)과 3종류의 미량금속원소(Fe, Zn, P)의 농도를 비교한 결과, Ca, Fe, Zn, Mg 그리고 P의 함량은 기장산 가닥미역과 실미역에 비해 완도산 가닥미역과 실미역의 함량이 높은 것으로 나타났다.

알긴산의 함량은 가닥미역의 경우 제품별 유의한 차이가 없었으며, 실미역의 경우 완도산 실미역(26.0%)이 기장산 실미역(21.0%)에 비해 다소 높은 값을 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능을 기장 및 진도산 가닥미역의 메탄올 추출물 40 µg/ml 농도에서 측정된 결과, 각각 45.5% 및 33.5%로 기장산 가닥미역에서 라디칼 소거능이 높게 나타났으며, 기장 및 완도산 실미역의 경우 각각 37.0%와 27.0%로 기장산 실미역의 라디칼 소거효과가 높은 것으로 분석되었다. SOD 유사활성을 측정 결과, 추출물 농도가 증가할수록 항산화 효과가 증가하였고, 기장 및 진도산 가닥미역의 메탄올 추출물(10 mg/ml)의 SOD 유사활성은 각각 66.1%와 72.5%였으며, 기장 및 완도산 실미역의 메탄올 추출물(10 mg/ml)의 SODA 유사활성은 각각 63.0% 및 71.4%로 분석되었다.

LPS에 의하여 유도된 NO 합성은 미역의 methanol 추출물 200 µg/ml농도로 처리하였을 때, 기장 및 완도산 실미역의 NO 합성은 각각 44.2%와 35.7%로 나타났으며 가닥미역의 경우는 기장 및 진도산이 각각 40.7%와 28.6%로 나타나 산지에 따른 차이를 보였다. 특히 가공과정에 따라 생리활성 성분이 소실되는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

미역의 산지별 생산량과 가공방법에 대해 유용한 자료를 제공해주신 수산업관측센터의 백은영 박사님께 깊이 감사드립니다.

## References

- Baek, E. Y. 2007. A study on the distribution structure of seaweed market in Korea. *Korea Maritime Review* 272, 55-68.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of

- a stable free radical. *Nature* **181**, 1198-1200.
3. Bojakowski, K., P. Abramczyk, M. Bojakowska, A. Zwolinska, J. Przybylski and Z. Gacjong. 2001. Fucoidan improves the renal blood flow in the early stage of renal ischemia / reperfusion injury in the rat. *J. Physiol. Pharmacol.* **52**, 137-143.
  4. Choi, J. H., I. S. Kim, J. I. Kim and T. H. Yoon. 1991. Studies on antiaging action of brown algae (*Undaria pinnatifida*) 1. Dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in serum lipids. *Kor. J. Gerontol.* **1**, 173-178.
  5. Choi, J. S., S. H. Shin, Y. M. Ha, Y. C. Kim, T. B. Kim, S. M. Park, I. S. Choi, H. J. Song and Y. J. Choi. 2008. Mineral contents and biological activities of dried sea tangle (*Laminaria japonica*) collected from Gijang and Wando in Korea. *J. Life Sci.* (in press)
  6. Green, L. C., D. A. Wagner, J. Glogowski, P. L. Skipper, J. S. Wishnok and S. R. Tannenbaum. 1982. Analysis of nitrate, nitrite, and [15N] nitrate in biological fluids. *Anal. Biochem.* **126**, 131-138.
  7. Guzik, T. J., T. Korbut and T. Adamek-Guzik. 2003. Nitric oxide and superoxide in inflammation and immune regulation. *J. Physiol. Pharmacol.* **54**, 469-487.
  8. Im, Y. G., J. S. Choi and D. S. Kim. 2006. Mineral contents of edible seaweeds collected from Gijang and Wando in Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **39**, 16-22.
  9. Maeda, H., M. Hosokawa, T. Sashima, K. Funayama and K. Miyashita. 2005. Fucoxanthin from edible seaweed, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **332**, 392-397.
  10. Kim, D. S., D. S. Lee, D. M. Cho, H. R. Kim and J. H. Pyeun. 1995. Trace components and Functional saccharides in Marine algae. 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *J. Kor. Fish Soc.* **28**, 270-278.
  11. Kim, J. A. and J. M. Lee. 2004. The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. *Kor. J. Food Culture* **19**, 200-208.
  12. Kim, K. H. and C. S. Kim. 1982. Studies on the manufacture of *Undaria pinnatifida*, laver and it's physicochemical properties. *Kor. J. Food Sci. Tech.* **14**, 336-341.
  13. Kim, K. H. and D. J. Cheng. 1984. Optimum conditions for extracting alginic acid from and amino acid composition of its extraction residue. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **16**, 336-340.
  14. KFDA. Korea Food and Drug Administration. 2005. Food Standards Codex. pp. 1267, Korean Foods Industry Association, Seoul. Korea.
  15. Lee, D. S., H. R. Kim, D. M. Cho, T. J. Nam and J. H. Pyeun. 1998. Uronate compositions of alginates from the edible brown algae. *J. Kor. Fish Soc.* **31**, 1-7.
  16. Lee, I. K., S. C. Shim, H. O. Cho, and C. O. Rhee. 1971. On the components of edible marine algae in Korea I. The components of several edible brown algae. *J. Kor. Agri. Chem. Soc.* **14**, 213-220.
  17. Lee, J. H. and N. J. Sung. 1980. The content of minerals in algae. *J. Kor. Soc. Food & Nutr.* **9**, 51-58.
  18. Lee, Y. J. 2004. A study on mineral and alginic acid contents by different parts of sea mustards (*Undaria pinnatifida*). *Kor. J. Food Culture* **19**, 691-700.
  19. Marklund, S. and G. Marklund. 1975. Involvement of superoxide aminoradical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**, 468-474.
  20. Mosmann, T. 1983. Rapid calorimetric assay for cellular growth and survival application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods* **65**, 55-63.
  21. Murata, M., K. Ishihara, H. Saito, 1999. Hepatic fatty acid oxidation enzyme activities are stimulated in rats fed the brown seaweed, *Undaria pinnatifida* (Wakame). *J. Nutr.* **129**, 146-151.
  22. Sato, M., T. Hosokawa, T. Yamaguchi, T. Nakano, K. Muramoto and T. Kahara. 2002. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from Wakame (*Undaria pinnatifida*) and their antihypertensive effect in spontaneously hypersensitive rats. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 6245-6252.
  23. Sosulski, F. W. and A. M. Cadden. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *J. Food Sci.* **47**, 1472-1477.
  24. Suetsuna, K., K. Kaekawa and J. R. Chen. 2004. Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* (Wakame) peptide on blood pressure in spontaneously hypersensitive rats. *J. Nutr. Biochem.* **15**, 267-272.
  25. Torel, J., J. Gillard and P. Gillard. 1986. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochemistry* **25**, 383-385.
  26. You, B. J., Y. S. Im, I. H. Jeong and K. H. Lee. 1997. Effect extraction conditions on bile acids binding capacity in vitro of alginate extracted from sea tangle (*Laminaria* spp.). *J. Kor. Fish Soc.* **30**, 31-38.
  27. van der Veen, R. C. 2001. Nitric oxide and T cell immunity. *Int. Immunopharmacol.* **1**, 1491-1500.