

## 홍조류의 영양 성분과 항산화 활성

신정혜 · 최덕주 · 임현철<sup>1</sup> · 서종권<sup>2</sup> · 이수정<sup>3</sup> · 최선영<sup>3</sup> · 성낙주<sup>3\*</sup>

남해전문대학 호텔조리제빵과, <sup>1</sup>영남외식산업 컨설팅, <sup>2</sup>진주국제대학교 식품과학부, <sup>3</sup>경상대학교 식품영양학과

Received February 1, 2006 / Accepted March 27, 2006

**Nutrients and Antioxidant Activity of Red Seaweeds.** Jung-Hye Shin, Duk-Ju Choi, Hyun-Cheol Lim<sup>1</sup>, Jong-Kwon Seo<sup>2</sup>, Soo-Jung Lee<sup>3</sup>, Sun-Young Choi<sup>3</sup> and Nak-Ju Sung<sup>3\*</sup>. Dept. of Hotel Curinary Arts & Bakery, Namhae College, Namhae 668-801, Korea. <sup>1</sup>Yeongnam Food-Service Consulting Co., Taegu 660-034, Korea, <sup>2</sup>Division of Food Science, Jinju International University, Jinju 663-759, Korea. <sup>3</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea – Nutritional components of 4 kinds of red seaweeds, *Meristotheca papulosa*, *Chondrus ocellatus*, *Gracilaria verrucosa*, *Gigartina tenella*, were investigated to elucidate their functionality. Antioxidant activity and nitrite scavenging activity were analyzed from 70% ethanol extracted from these red seaweeds. Large difference in ash contents was found to exhibit among all samples analyzed in this study;  $9.8 \pm 0.2$  g/100g for *Gracilaria verrucosa* and *Gigartina tenella* for  $17.8 \pm 0.6$  g/100g. While its crude fiber content was almost the same as those in other sample within a range between  $2.0 \pm 0.4$  g/100g and  $6.0 \pm 0.7$  g/100 g. Phenolic compounds content of *Gracilaria verrucosa* was also the highest as  $78.4 \pm 1.0$  mg/g, while the total flavonoids contents of *Chondrus ocellatus* and *Gracilaria verrucosa* were  $14.9 \pm 0.5$  mg/g and  $13.9 \pm 0.8$  mg/g, respectively. These amounts were two folds higher than *Meristotheca papulosa* and *Gigartina tenella*. The total content of minerals was the highest in *Meristotheca papulosa* ( $12,107.7$  mg/kg). The amount of glutamic acid was relatively high despite of small variation in measured levels of composition amino acid ( $49.1 \sim 125.6$  mg/g) for most samples investigated. SOD-like ability was significantly increased with increasing sample concentration, but its activity was lower. *Gigartina tenella* with highest electron donation ability exhibited increases in activity as  $53.96 \pm 0.98\%$  in concentration of 250  $\mu$ g/ml and  $70.52 \pm 1.09\%$  in 1000  $\mu$ g/ml, respectively. In case of concentration of 100  $\mu$ g/ml, particularly, the level of hydroxy radical scavenging activity were  $57.87 \pm 1.70 \sim 62.07 \pm 0.87\%$  which was significantly higher activity than ascorbic acid and BHT. Nitrite scavenging activity was the highest in *Gracilaria verrucosa*. Its activity was also increased from  $24.04 \pm 1.9 \sim 27.52 \pm 0.82\%$  in 100~500  $\mu$ g/ml concentration to  $34.81 \pm 1.36\%$  in concentration of 1000  $\mu$ g/ml.

**Key words** – red seaweeds, nutritional components, antioxidant activity, nitrite scavenging activity

우리나라는 삼면이 바다로 난한류가 교류하는 곳이 되어 비교적 해조류 자원이 풍부하다. 연안에 자생하는 해조류의 종류는 총 63과 178속 414종에 달하며 종류별로 보면 홍조류가 32과 111속 247종으로 가장 많고 다음으로 갈조류와 녹조류의 순이다[26]. 이들 해조류 중 60~70 여종이 식용, 효료, 약용, 공업원료, 가축사료 및 비료 등으로 이용되고 있으며 [3], 식용으로 이용되는 종류는 김, 미역, 파래, 다시마, 우뚝가사리 등 일부 해조류에 국한되어 있다[15]. 영양학적으로 볼 때 해조류는 육상식물에 비하여 다량의 무기물이 함유되어 있는 주요한 무기물의 급원식품이다[23]. 해조류로부터 분리된 fucoxanthin, phlorotannin 및 phenolic compounds는 항산화 및 항돌연변이 활성을 가지는 것으로 보고되어 있으며 [31,32,34], sulfated polysaccharides는 항혈액응고, 항고혈압, 항바이러스 및 항암활성을 가지며 free radical scavenger와 항산화물질로서도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다

[35]. 해조류가 지니는 영양성분과 다양한 기능성은 최근 식생활 수준의 향상과 더불어 다기능 식품으로서 그 가치를 재평가 받고 있으며, 식품의 안전성에 대한 의식변화 및 건강추구의 욕구와 부합하여 점차 그 이용분야가 확대되고 있다.

해조류와 관련된 국내 연구 결과를 요약해 보면, 식용 해조류 12종으로부터 항산화물질의 분리[25], 국내산 주요 해조류의 식이섬유의 함량분석[4]과 지방산 조성에 대한 연구 [3]가 있다. 해조류의 기능성 규명을 위한 연구의 일환으로 Oh 등[26]은 톳, 미역, 다시마의 항돌연변이원성 및 항균성을 분석하였고, Ryu 등[28]은 해조류 추출물의 항돌연변이 활성 결과를 보고한 바 있으며, 제주산 해조류 46종에 대한 라디칼 소거활성 검색[16], 해조류 추출물의 xanthine oxidase 저해활성에 대한 보고[12]가 있다. 해조류의 가공과 관련하여 해조류의 첨가가 양파즙의 냄새에 미치는 영향을 흡착제와 비교 분석한 결과[14] 및 해조류의 겔 형성력을 이용하여 두부의 품질특성을 분석한 연구[9] 등이 보고되어 있다.

이러한 일련의 연구는 주로 식용으로 사용하고 있는 미역, 톳, 다시마, 김, 모자반 등에 국한되어 있어 다양한 해조류에

### \*Corresponding author

Tel : +82-55-751-5975, Fax : +82-55-751-5971

E-mail : snakju@gsnu.ac.kr

대한 연구에서는 심도 깊은 실험이 진행되지 못하고 있는 실정이므로 해조류와 관련한 실험분야는 아직도 많은 연구가 진행되어야 할 부분 중 하나이다. 이에 본 연구에서는 샐러드나 생선회의 장식용으로 일부 사용되고 있으나 아직은 그 이용도가 낮고, 연구가 미진한 홍조류 4종을 대상으로 하여 영양성분을 분석하고, 에탄올 추출물의 항산화 활성을 실험함으로써 그 기능성을 규명하고자 하였다.

## 재료 및 실험방법

### 실험재료

완도 및 제주 부근의 해안에서 갈래곰보(*Meristotheca papulosa* (Montagne) Kylin), 진두발(*Chondrus ocellatus*, Holmes), 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss) 및 돌가사리(*Gigartina tenella*, Harvey)를 채집한 즉시 염장하여 실험실로 운반한 후 물에 2시간 이상 침지시킨 후 흐르는 물에 3회 이상 세척하였다. 염분이 제거된 해조류는 음건하여 분쇄한 후 분석용 재료 및 용매 추출용 시료로 사용하였다.

용매 추출 시료는 음건한 해조류 각각에 5배의 70% 에탄올을 가하고 24시간 상온에서 방치한 후 여과하는 과정을 2회 반복하고 추출물을 모두 합하여 회전식 진공농축기를 이용하여 농축하였다. 완전 건조된 시료의 무게로부터 수율을 측정하고 다음 3차 증류수에 녹여 일정농도로 만들어 항산화 실험에 사용하였다.

### 일반성분의 분석

일반성분은 건조된 해조류를 분쇄기로 분쇄하여 상법에 따라 수분은 상압가열 건조법, 회분은 직접 회화법, 조지방은 soxhlet추출법, 조단백은 semi-micro Kjeldahl법으로 정량하였다. 조섬유는 AOAC법에 따라 분석하였다.

### 수용성 페놀화합물의 정량

수용성 페놀화합물은 시료의 물추출물 5 ml에 0.2 N Folin-Ciocalteu's phenol 시약 0.5 ml와 포화 무수탄산나트륨용액 5 ml를 가한 다음 잘 혼합하여 30분간 방치한 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid를 농도별로 제조하여 동일한 방법으로 시험하고 얻은 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

### 안토시아닌의 함량 측정

시료 건조 분말 2~3 g에 추출용매(ethanol : water : HCl = 85 : 13 : 2) 40 ml를 혼합하여 anthocyanin을 추출한 후 여과하여 그 여액을 200 ml로 만든 다음 실온의 암소에서 2시간 방치 후 분광광도계로 535 nm에서 흡광도를 측정하고 아래의 식에 따라 total anthocyanin의 함량을 계산하였다.

$$\text{Total anthocyanin(mg/100 g)} = \text{O.D.} \times 200 / \text{W} \times 100 \times 1 / 65.1$$

(O.D. : 시료의 흡광도, W : 시료량, 65.1 : 흡광계수)

### 총 플라보노이드의 함량

총 플라보노이드 함량은 Moreno 등[20]의 방법에 의해 측정하였다. 즉 추출물 0.1 ml에 80% 에탄올 0.9 ml를 가하여 이 혼합액 0.5 ml에 10% aluminum nitrate 0.1 ml, 1 M potassium acetate 0.1 ml 및 80% 에탄올 4.3 ml를 각각 가하였다. 위 반응액을 상온에서 40분 방치한 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였으며 표준물질로 quercetin을 사용하여 함량을 계산하였다.

### 무기물의 분석

분해용 플라스크에 시료 2 g을 취하고 진한 황산과 진한 질산을 각각 10 ml씩 차례로 가하여 hot plate상에서 무색으로 변할때까지 분해한 후, 100 ml로 정용·여과하여 Inductively Coupled Plasma(Atom Scan 25, Thermo Jorell Ash Co., France)로 분석하였고, 이때, RF power는 1,150 W, pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure는 30 psi, observation height는 15 mm로 하였다.

### 구성 아미노산의 분석

분쇄한 해조류 각 5 g에 6 N-HCl 3 ml를 가하고 질소가스를 7분간 충전시킨 후 110±1°C의 heating block에서 24시간 가수분해한 다음 여과(whatman No. 6)하여 회전진공증발기로 감압·농축하였다. 농축한 시료를 pH 2.2 구연산 완충액으로 10 ml로 만들어 일정량을 membrane filter (0.2 µm) 및 sep-pak C<sub>18</sub> cartridges에 차례로 통과시킨 다음 아미노산 자동 분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi)로써 분석·정량하였다.

### SOD 유사활성

Marklund와 Marklund[19]의 방법에 따라 일정 농도의 에탄올추출물 0.2 ml에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 3 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 가하여 25°C에서 10분간 방치한 후 1 N HCl 1 ml로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 비교하여 백분율(%)로 나타내었다.

### DPPH에 대한 전자공여능

전자공여능은 Blois[2]의 방법을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)에 대한 전자공여 효과로 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 일정농도의 해조류 에탄올추출물 시료액 1 ml에 1×10<sup>-4</sup> M DPPH용액 3 ml를 가하여 혼합한 다음 30분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료첨가구와 시료무첨가구의 흡광도의 감소율(%)로 나타내었다.

### 환원력의 측정

환원력은 Oyaizu[24]의 방법에 따라 측정하였는데, 시료 1 ml에 200 ml phosphate 완충용액(pH 6.6) 1 ml와 1% potas-

sium ferricyanide 1 ml를 가해 충분히 혼합한 다음 50°C에서 20분간 반응시킨 후에 10% TCA 용액 1 ml를 첨가하고 4,000 rpm에서 5분간 원심분리하고, 이 상정액 1 ml에 증류수 1 ml와 ferric chloride 0.1 ml를 가해 혼합한 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 값을 환원력으로 나타내었다.

**Hydroxyl radical 소거능**

Nam과 Kang[21]의 방법에 따라 시험관에 1 mM FeSO<sub>4</sub>/EDTA 용액, 10 mM 2-deoxyribose 용액, 시료추출물을 각 0.2 ml씩 가하고 0.1 M phosphate 완충액(pH 7.4) 1.2 ml와 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 가하여 37°C 수욕상에서 1시간 반응시켰다. 여기에 2.8% TCA 용액 1 ml를 가하여 반응을 중지시킨 다음 1% TBA (Thiobarbituric acid)용액 1 ml를 가하여 다시 100°C의 수욕상에서 10분간 가열시킨 후 급냉한 것을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 ·OH 소거능(%)은 다음의 식에 의해 구하였다.

$$\cdot OH \text{ 소거능}(\%) = [1 - (A_s - A_0) / (A_c - A_0)] \times 100$$

A<sub>s</sub>와 A<sub>c</sub> : 각각 시료를 첨가한 실험구와 대조구의 흡광도  
A<sub>0</sub> : 37°C에서의 반응이 생략된 시약 혼합액의 흡광도

**아질산염 소거작용의 측정**

아질산염 소거작용 측정은 Kato 등[8]의 방법에 따라 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 ml에 각 시료 1 ml를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M 구연산 완충액으로 pH 2.5로 보정한 다음 완충액을 가하여 총 부피를 10 ml로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 ml를 취하여 2% 초산용액 3 ml와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent (1% sulfanilic acid : 1% naphthylamine = 1 : 1) 0.4 ml를 차례로 가한 후 진탕 혼합하여 실온에서 15분간 방치 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 가하여 측정하였으며, 아질산염 소거능은 100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) × 100] 으로 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**일반성분의 함량**

해조류의 일반성분 조성은 Table 1과 같다. 음건한 상태의 시료이므로 수분은 15.4±0.6~16.9±0.7 g/100 g의 범위로 시료간의 차가 적었다. 회분의 함량은 시료간의 차가 커 꼬시래기의 경우 9.8±0.2 g/100 g이었으나 돌가사리는 17.8±0.6 g/100 g 으로 가장 높은 함량이었다. 조지방은 진두발에서 1.1±0.3 g/100 g으로 정량되었으며 여타 시료에서는 1.0 g/100 g 미만으로 함량이 낮았다. 조단백의 함량은 돌가사리에서는 6.0±0.5 g/100 g에 불과하였으나 꼬시래기에서는 22.2±2.1 g/100 g으로 함량차가 컸다. 조섬유의 함량은 2.0±0.4~6.0±0.7 g/100 g의 범위였다.

Table 1. General compositions contents of red seaweeds (g/100 g)

Seaweeds	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Crude fiber
<i>Meristotheca papulosa</i>	16.1±0.9	11.6±0.5	0.8±0.1	14.4±0.9	2.0±0.4
<i>Chondrus ocellatus</i>	16.3±0.8	13.0±0.4	1.1±0.3	15.6±1.0	3.6±0.6
<i>Gracilaria verrucosa</i>	15.4±0.6	9.8±0.2	0.9±0.2	22.2±2.1	6.0±0.7
<i>Gigartina tenella</i>	16.9±0.7	17.8±0.6	0.6±0.1	6.0±0.5	2.4±0.5

Lee 등[15]은 12종의 해조류 성분을 분석한 결과 수분은 11.9~16.7 g/100 g, 조단백은 8.9~19.4 g/100 g, 회분은 9.2~16.9 g/100 g의 범위이고 시료간에 차이가 비교적 적었으나 조지방은 0.1~7.2 g/100 g의 범위로 시료간의 차이가 크다고 보고한 바 있는데 이는 본 실험의 결과와도 유사한 경향이였다. 본 실험의 결과 일반성분 중 조지방의 함량이 가장 낮았는데, 해조류는 지질함량이 낮은 식품으로 갈조류는 0.58~3.00%, 홍조류는 0.47~2.16%, 녹조류는 0.55~2.00%의 지질이 함유되어 있다고 보고되어 있다[3]. Park 등[26]의 홍조류의 성분 분석 결과와 본 실험의 결과를 비교할 때 진두발과 돌가사리의 경우 조지방, 조섬유의 함량은 유사한 범위였으나 조단백과 회분은 더 낮게 정량되었는데 이는 시료의 채취시기 및 서식지의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 국내산 홍조류의 구성 성분에 대한 Do 등[5]의 결과에 따르면 홍조류의 회분함량은 건물량으로서 9.02~30.23%, 단백질은 18.11~34.36%, 지방은 0.9% 미만이며 동일한 해조류도 채취장소에 따라 성분의 함량차이가 있다고 하였다.

**수용성 페놀화합물, 안토시아닌 및 총플라보노이드의 정량**

해조류에 함유된 페놀화합물을 정량한 결과는 Table 2와 같다. 페놀화합물은 꼬시래기에서 78.4±1.0 mg/g으로 가장 높은 함량이었으며, 돌가사리에서 45.5±0.7 mg/g으로 가장 함량이 낮았다. 해조류에 함유되어 있는 안토시아닌의 함량을 측정한 결과 꼬시래기와 진두발에서 각각 2.3±0.4 mg/100 g과 1.4±0.2 mg/100 g으로 정량되었고, 갈래곰보와

Table 2. Phenolic compounds, antocyanins and flavonoids contents of red seaweeds

Seaweeds	Phenolic compounds (mg/g)	Antocyanins (mg/100 g)	Flavonoids (mg/g)
<i>Meristotheca papulosa</i>	62.8±0.5	0.8±0.1	5.4±0.3
<i>Chondrus ocellatus</i>	57.5±0.9	1.4±0.2	14.9±0.5
<i>Gracilaria verrucosa</i>	78.4±1.0	2.3±0.4	13.9±0.8
<i>Gigartina tenella</i>	45.5±0.7	0.5±0.1	7.3±0.4

돌가사리에서는 각각 0.8±0.1 mg/100 g과 0.5±0.1 mg/100 g으로 미량 정량되었다. 총 플라보노이드의 함량은 진두발과 꼬시래기에서 각각 14.9±0.5 mg/g과 13.9±0.8 mg/g으로 정량되어 갈래곰보와 돌가사리에 비해 약 2배 정도 더 높은 함량이었다.

Kim과 Lee[10]는 톳의 건조방법을 달리하여 건조하였을 때 천일 건조시 총 polyphenol 함량이 동결건조에 비해 약 30% 정도 감소하였는데 이는 천일 건조시 햇빛에 의해 톳의 polyphenol이 산화 파괴되어 그 함량이 감소하였기 때문이라고 보고한 바 있다.

**무기물의 분석**

해조류의 무기물 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 무기물의 총 함량은 갈래곰보에서 12,107.7 mg/kg으로 가장 높았고 다음으로 진두발(9,286.4 mg/kg), 돌가사리(8,809.0 mg/kg)의 순이었고 꼬시래기(6,745.4 mg/kg)에서 그 함량이 가장 낮았다. 가장 함량이 높은 무기물은 칼슘 또는 인으로 돌가사리에서는 칼슘이 인에 비해 약 1.5배 정도 더 높은 함량이었으나 여타시료에서는 인의 함량이 1.1~1.8배 정도 더 함량이었다. 마그네슘 및 나트륨의 함량도 비교적 높게 검출되었는데 돌가사리의 경우 마그네슘의 함량이 3,540.6 mg/kg으로 여타 시료에 비하여 월등히 높은 함량이었으며 갈래곰보의 경우 나트륨이 6,803.2 mg/kg으로 월등히 높게 검출되었다.

김 등[36]은 국내산 해조류의 무기물 함량을 분석한 결과 분석된 모든 해조류에서 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 인 등이 비교적 높은 함량이었으며 이외 크롬, 카드뮴, 납, 셀레늄 등의 무기물은 그 함량이 낮거나 검출한계 이하로 검출되었다고 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 유사한 경향이었다. Ruperez[27]는 갈조류와 홍조류의 무기물 분석 결과 나트륨과 칼륨의 함량이 월등히 높아 이들 무기물이 전체 무기물 함량의 86~92%를 차지하였고 Ca, Mg의 순이며 Fe, Zn, Mn, Cu는 10 mg/100 g 미만으로 검출되었다고 하였다.

Table 3. Mineral contents of red seaweeds (mg/kg)

Seaweeds	<i>Meristotheca papulosa</i>	<i>Chondrus ocellatus</i>	<i>Gracilaria verrucosa</i>	<i>Gigartina tenella</i>
Na	6,803.2±80.1	484.9±14.2	360.0±11.0	861.5±19.3
Mg	877.3±17.4	1,151.9±20.5	167.3±11.7	3,540.6±65.4
K	470.6± 9.7	339.0±13.2	316.0±10.6	575.5±20.1
Ca	1,356.3±25.5	2,494.4±43.2	2,248.0±55.2	2,274.0±39.7
Mn	2.2± 0.5	9.9± 1.9	903.3±18.2	5.0± 0.8
Fe	109.8± 9.9	927.1±12.4	313.2±15.5	31.2± 4.3
Cu	11.1± 1.4	12.1±1.6	24.4± 3.1	7.6± 1.2
Zn	48.1± 5.2	55.1± 6.7	20.0± 2.8	41.3± 4.2
P	2,429.1±48.8	3,812.0±45.9	2,393.2±40.7	1,472.3±30.1
Total	12,107.9	9,286.4	6,745.4	8,809.0

일반적으로 해조류의 무기물 함량은 육상 식용식물에 비하여 높으며[23], 해조류의 종류, 채취 지역의 특성, 파도에 노출정도, 계절 및 생육기간 등과 같은 환경적 요인에 따라 달라진다고 보고되어 있다[18].

**구성 아미노산의 분석**

해조류의 구성 아미노산을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 해조류의 구성 아미노산은 49.1~125.6 mg/g으로 시료에 따른 함량 차가 컸으며 대부분의 시료에서 glutamic acid의 함량이 가장 높게 정량되었다. 총 아미노산의 함량이 가장 높은 꼬시래기에서는 glutamic acid, proline, aspartic acid 및 arginine의 순으로 다음으로 아미노산 함량이 높은 갈래곰보에서는 glutamic acid, aspartic acid, arginine 및 leucine순으로 높은 함량이었다. 진두발에서는 glutamic acid가 7.8±1.8 mg/g으로 가장 높은 함량이었으며 다음으로 aspartic acid가 5.8±0.8 mg/g이었으며 여타 아미노산은 5.0 mg/g 미만 함유되어 있었으며 이는 돌가사리에서도 유사한 경향이었다.

아미노산 함량은 대부분의 해조류에서 aspartic acid와 glutamic acid가 전체 아미노산 중 가장 많은 비율을 차지하는데, 갈조류에서는 대략 22~44%, 녹조류에서는 26~32% 정도이며, 홍조류에서는 비교적 함량이 낮아 14~19% 정도를 차지한다고 보고되어 있다[6]. 본 실험의 결과에서도 모든 시료에서 glutamic acid와 aspartic acid의 함량이 비교적 높게 검출되었고, 전체 아미노산 함량에 대한 비는 19~21%로 상기의 보고와 유사한 경향이었다.

Table 4. Contents of composition amino acids from red seaweeds (mg/g)

Amino acids	Seaweeds			
	<i>Meristotheca papulosa</i>	<i>Chondrus ocellatus</i>	<i>Gracilaria verrucosa</i>	<i>Gigartina tenella</i>
Aspartic acid	9.6±1.0	5.8±0.8	10.7±2.0	4.8±0.7
Threonine	5.8±0.6	2.9±0.1	7.1±1.6	2.8±0.1
Serine	5.8±0.4	2.7±0.1	6.7±0.9	2.9±0.2
Glutamic acid	11.4±1.2	7.8±1.8	12.8±1.8	5.7±1.3
Proline	2.9±0.2	3.4±0.4	12.4±1.7	2.0±0.6
Glycine	5.3±0.5	3.5±0.5	6.8±0.8	2.8±0.2
Alanine	6.4±0.7	3.7±0.7	8.6±0.7	3.4±0.3
Cystine	1.3±0.1	3.8±0.5	2.6±0.1	1.0±0.1
Valine	5.3±0.3	3.4±0.4	6.5±1.1	3.1±0.5
Methionine	2.8±0.1	1.7±0.1	1.1±0.2	1.1±0.1
Isoleucine	5.8±0.4	3.1±0.6	5.7±1.0	2.9±0.3
Leucine	7.6±1.1	5.0±0.9	9.8±1.4	1.8±0.1
Tyrosine	3.6±0.7	2.9±0.1	4.3±0.2	1.3±0.1
Phenylalanine	5.9±0.9	2.4±0.1	8.8±1.3	3.3±0.9
Histidine	2.3±0.1	2.8±0.2	3.0±0.6	2.0±0.1
Lysine	6.6±1.5	3.5±0.6	7.8±1.6	3.5±0.8
Ammonia	0.9±0.1	0.6±0.1	0.9±0.1	0.6±0.1
Arginine	8.1±1.4	4.7±0.8	10.0±2.0	4.1±1.0
Total	97.4	63.7	125.6	49.1

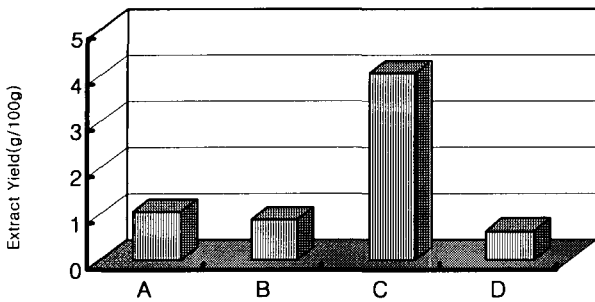


Fig. 1. Extract yielded of 70% ethanol from red seaweeds. A: *Meristotheca papulosa*(Montagne)Kylin, B: *Chondrus ocellatus*, C: *Gracilaria verrucosa*, D: *Gigartina tenella*.

해조류의 단백질 함량은 계절과 종에 따라서 달라지는데 겨울에서 봄에 함량이 높으며 여름에 그 함량이 가장 낮고 [6], 갈조류는 단백질 함량이 비교적 낮아 건물량으로 3~15%이며 녹조류와 홍조류는 건물량으로 10~47%의 범위라고 보고[1]되어 있다. 본 실험의 결과 4종의 시료가 모두 홍조류이고 비슷한 시기에 채취된 것임에도 불구하고 함량차가 심한 것은 해조류의 단백질 함량이 무기물과 마찬가지로 채취지역의 특성이나 생육조건 등 여러 조건이 더 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

**추출 수율**

각 해조류를 70% 에탄올로 추출한 후 용매를 제거하고 완전건조하여 추출 수율을 계산한 결과는 Fig. 1과 같다. 추출 수율은 꼬시래기가 4.06%로 가장 높았고 다음으로 진두발이 1.05%였다. 갈래곰보와 돌가사리는 각각 0.90%와 0.65%로 건조량에 대한 추출 수율은 1% 미만에 불과하였다. 해조류는 종류, 서식지 및 계절적 특성에 따라 함유성분의 차이가 크기 때문에[18], 시료간에 추출수율에 대차를 보이는 것으로 생각된다.

**SOD 유사활성**

Pyrogallol의 자동산화 반응을 이용하여 SOD 유사활성을 측정된 결과는 Table 5와 같다. SOD 유사활성은 시료의 농

도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나 전체적인 활성은 낮아 BHT가 250 µg/ml 농도에서 56.65±1.62%의 활성을 나타내는데 비해 해조류는 1000 µg/ml 농도에서 가장 높은 활성을 보인 진두발이 34.59±0.87%에 불과하였으나, ascorbic acid 보다는 유의적으로 높은 활성을 나타내었다.

해조류 추출물의 superoxide radical 소거활성을 실험한 결과 활성이 낮았는데, 이는 해조류 추출물이 peroxy radical에 빠르게 전자를 제공하여 줌으로서 지질과산화 과정의 체인 반응을 파괴하는 1차적 chain-breaking 항산화제로서 작용하기 때문이라는 보고가 있다[17].

**DPPH에 대한 전자공여능**

홍조류 에탄올 추출물의 전자공여능을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 시료들의 전자공여능은 SOD 유사활성과 비슷한 경향을 보여 시료의 농도가 증가할수록 활성이 높았다. 대조구로 사용한 ascorbic acid는 100 µg/ml에서도 93.02±0.65%의 전자공여능을 나타내었으며 BHT의 경우도 85.52±0.38%로 높은 활성을 나타내었다. 그러나 시료의 경우 100 µg/ml 농도에서는 3.33±0.37~34.48±1.1%로 대조구에 비해 그 활성이 유의적으로 낮았으며 시료간에도 유의적인 차이가 있었다. 가장 활성이 높은 돌가사리의 경우 250 µg/ml 농도에서 53.96±0.98%로 50% 이상의 활성을 보였으며 1000 µg/ml 농도에서는 70.52±1.09%로 그 활성이 증가하였다.

Park 등[25]은 12종 해조류의 활성물질을 분리하고 항산화능을 측정된 결과 극성용매인 메탄올 추출물에서는 높은 전자공여능을 나타내었으나 다른 분획에서는 활성이 거의 없었고 김, 미역 및 다시마 메탄올 분획물의 전자공여능은 합성 항산화제인 BHA나 BHT와 비교할 때 같은 수준이거나 우수한 것으로 측정되었다고 보고한 바 있다. 해조류의 전자공여능을 측정된 결과 녹조류나 홍조류에 비해 갈조류에서 활성이 높으며 홍조류에서는 비단풀과 꼬시래기의 활성이 비교적 높았다는 보고[16]도 있다.

Lee 등[13]은 DPPH에 대한 해조류 추출물의 항산화력을 평가한 결과 항산화 활성을 나타내는 성분은 어떠한 단일 성분이 아니라 여러 성분이 복합적으로 존재함으로써 상승효

Table 5. SOD-like ability of ethanol extracts from red seaweeds (%)

Seaweeds	Sample concentration (µg/ml)			
	100	250	500	1000
<i>Meristotheca papulosa</i>	4.83±0.44 <sup>aA</sup>	11.27±0.69 <sup>bA</sup>	15.68±0.88 <sup>cA</sup>	20.93±1.02 <sup>dA</sup>
<i>Chondrus ocellatus</i>	7.02±0.85 <sup>aB</sup>	13.62±0.55 <sup>bB</sup>	21.57±0.49 <sup>cB</sup>	34.59±0.87 <sup>dD</sup>
<i>Gracilaria verrucosa</i>	4.96±0.78 <sup>aA</sup>	11.08±0.76 <sup>bA</sup>	18.66±0.59 <sup>cAB</sup>	22.98±0.57 <sup>dB</sup>
<i>Gigartina tenella</i>	6.05±0.29 <sup>aAB</sup>	11.92±0.39 <sup>bA</sup>	15.95±0.83 <sup>cA</sup>	25.48±0.51 <sup>dC</sup>
Ascorbic Acid	15.86±0.57 <sup>aC</sup>	18.88±0.89 <sup>bC</sup>	21.50±0.52 <sup>bB</sup>	24.86±0.56 <sup>dC</sup>
BHT	41.45±0.85 <sup>aD</sup>	56.65±1.62 <sup>bD</sup>	65.28±5.97 <sup>cC</sup>	77.51±1.08 <sup>dE</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Each value with different superscripts within the different concentration significantly difference at p<0.05.  
<sup>A,B,C,D,E</sup> Each value with different superscripts within the samples significantly difference at p<0.05.

Table 6. Electron donation ability of ethanol extracts from red seaweeds (%)

Seaweeds	Sample concentration (µg/ml)			
	100	250	500	1000
<i>Meristotheca papulosa</i>	3.33±0.37 <sup>aA</sup>	10.73±2.32 <sup>bA</sup>	17.19±0.83 <sup>cA</sup>	33.33±1.72 <sup>dB</sup>
<i>Chondrus ocellatus</i>	8.54±0.83 <sup>aC</sup>	21.35±1.20 <sup>bB</sup>	33.96±0.72 <sup>cB</sup>	56.88±0.63 <sup>dC</sup>
<i>Gracilaria verrucosa</i>	5.94±1.32 <sup>aB</sup>	9.06±1.19 <sup>bA</sup>	18.85±1.18 <sup>cA</sup>	27.92±1.10 <sup>dA</sup>
<i>Gigartina tenella</i>	34.48±1.10 <sup>aD</sup>	53.96±0.98 <sup>bC</sup>	63.85±1.10 <sup>cC</sup>	70.52±1.09 <sup>dD</sup>
Ascorbic Acid	93.02±0.65 <sup>aF</sup>	93.23±1.00 <sup>aE</sup>	93.54±0.95 <sup>aD</sup>	94.27±0.65 <sup>bF</sup>
BHT	85.52±0.38 <sup>aE</sup>	86.04±0.45 <sup>aD</sup>	86.25±0.42 <sup>aD</sup>	87.71±0.24 <sup>aE</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Each value with different superscripts within the different concentration significantly difference at p<0.05.

<sup>A,B,C,D,E,F</sup> Each value with different superscripts within the samples significantly difference at p<0.05.

과 또는 보호효과가 나타나며, 항산화성분은 해조류의 지리적 위치, 계절과 성장조건, 성장 정도 등에 따라서 다르다고 보고하였다.

**Hydroxy radical 소거능**

홍조류 4종의 70% 에탄올 추출물을 이용하여 hydroxy radical의 소거활성을 측정된 결과(Table 7) 시료의 농도가 증가할수록 hydroxy radical 소거활성도 유의적으로 증가하였다. 모든 시료들이 ascorbic acid에 비해 활성이 더 높았으며 100 µg/ml의 농도에서는 시료의 radical 소거활성이 57.87±1.70~62.07±0.87%의 범위로 BHT 및 ascorbic acid에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 돌가사리의 경우 62.07±0.87~81.23±1.50%로 시료 중 활성이 가장 높았다.

Yan 등[33]은 해조류 27종의 추출물 대부분이 OH 라디칼 제거 능력이 있다고 보고 한 바 있으며, 해조류 추출물의 OH 라디칼 소거 활성이 60% 정도라는 보고[30] 도 있다. 반면, Heo 등[7]은 당질과 단백질 분해 효소를 이용한 해조류 추출물의 OH 라디칼 소거 활성은 40% 미만으로 낮았으며, 해조류의 항산화 활성은 phenolic 화합물 외에 저분자 polysaccharides, 색소, 단백질과 펩타이드 등이 영향을 미친다고 보고하였다.

**환원력**

에탄올 추출물의 농도를 달리하여 환원력을 측정된 결과는 Table 8과 같다. 250 µg/ml이하의 농도에서는 환원력이 0.09이하로 낮고 시료간에 유의적인 차이가 없었으며, 갈래

Table 7. Hydroxy radical scavenging ability of ethanol extracts from red seaweeds (%)

Seaweeds	Sample concentration (µg/ml)			
	100	250	500	1000
<i>Meristotheca papulosa</i>	57.87±1.70 <sup>aC</sup>	60.90±1.49 <sup>bB</sup>	67.97±1.02 <sup>cB</sup>	76.10±1.30 <sup>dB</sup>
<i>Chondrus ocellatus</i>	58.77±2.00 <sup>aC</sup>	67.23±2.04 <sup>bC</sup>	74.03±1.10 <sup>cC</sup>	76.47±0.95 <sup>cB</sup>
<i>Gracilaria verrucosa</i>	59.27±0.78 <sup>aC</sup>	69.60±0.44 <sup>bCD</sup>	76.77±0.65 <sup>cD</sup>	79.77±0.86 <sup>dC</sup>
<i>Gigartina tenella</i>	62.07±0.87 <sup>aD</sup>	72.33±0.50 <sup>bD</sup>	79.17±1.21 <sup>cD</sup>	81.23±1.50 <sup>dC</sup>
Ascorbic Acid	18.47±1.86 <sup>aA</sup>	21.77±2.74 <sup>aA</sup>	33.53±2.61 <sup>bA</sup>	44.77±0.15 <sup>cA</sup>
BHT	40.80±1.61 <sup>aB</sup>	70.77±1.79 <sup>bD</sup>	89.13±1.79 <sup>cE</sup>	98.30±0.44 <sup>dD</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Each value with different superscripts within the different concentration significantly difference at p<0.05.

<sup>A,B,C,D,E</sup> Each value with different superscripts within the samples significantly difference at p<0.05.

Table 8. Reducing power of ethanol extracts from red seaweeds

Seaweeds	Sample concentration (µg/ml)			
	100	250	500	1000
<i>Meristotheca papulosa</i>	0.03±0.00 <sup>aA</sup>	0.05±0.01 <sup>bA</sup>	0.05±0.01 <sup>bA</sup>	0.11±0.01 <sup>cA</sup>
<i>Chondrus ocellatus</i>	0.04±0.00 <sup>aA</sup>	0.06±0.00 <sup>bA</sup>	0.10±0.00 <sup>cB</sup>	0.15±0.01 <sup>dC</sup>
<i>Gracilaria verrucosa</i>	0.04±0.01 <sup>aA</sup>	0.06±0.00 <sup>bA</sup>	0.08±0.00 <sup>bB</sup>	0.13±0.01 <sup>dB</sup>
<i>Gigartina tenella</i>	0.05±0.00 <sup>aA</sup>	0.09±0.00 <sup>bA</sup>	0.16±0.00 <sup>cC</sup>	0.27±0.00 <sup>dD</sup>
Ascorbic Acid	0.75±0.04 <sup>aC</sup>	2.56±0.09 <sup>bC</sup>	3.00±0.00 <sup>cE</sup>	3.00±0.00 <sup>cF</sup>
BHT	0.45±0.01 <sup>aB</sup>	0.97±0.02 <sup>bB</sup>	1.64±0.03 <sup>cD</sup>	2.73±0.01 <sup>dE</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Each value with different superscripts within the different concentration significantly difference at p<0.05.

<sup>A,B,C,D,E,F</sup> Each value with different superscripts within the samples significantly difference at p<0.05.

곰보의 경우 시료 중에서 환원력이 가장 낮았다. 시료 중 환원력이 가장 높았던 돌가사리도 ascorbic acid나 BHT와 비교할 때 환원력은 매우 낮아 1000 µg/ml 농도에서도 0.27에 불과하였다.

환원력은 항산화력과 밀접한 관계에 있으며, 일반적으로 reductone의 존재와 관련이 있다고 알려져 있다. 항산화 반응은 reductones가 제공하는 수소원자가 free radical 사슬을 분쇄함으로써 시작되는데, 환원력은 반응조건에 첨가되는 시료의 농도에 따라 달라지며, 대부분이 시료 첨가량의 증가에 따라 환원력이 상승하는 경향이거나 추출용매에 따른 환원력의 차이는 시료의 성질에 따라 상이함을 나타내는 것으로 보고 되어있다[11].

**아질산염 소거능**

홍조류 에탄올 추출물의 아질산염 소거능을 평가한 결과 (Fig. 2) 모든 시료가 ascorbic acid와 BHT에 비해서 소거 활성이 낮았으며 그 활성의 경향도 시료마다 다소 상이하였다. 즉, 시료 중 소거능이 가장 높은 꼬시래기의 경우 100~500 µg/ml 농도에서는 24.04±1.9~27.52±0.82%의 범위로 시료의 농도 변화에 따른 소거능의 차이가 적었으나 1000 µg/ml 농도에서는 34.81±1.36%로 증가하였다. 그러나 돌가사리의 경우 100~500 µg/ml 까지는 시료의 농도가 증가함에 따라 아질산염 소거능도 높아졌으나 1000 µg/ml 농도에서는 오히려 소거능이 낮아져 3.54±0.58%에 불과하였다. 갈래곰보의 경우 시료 중 아질산염 소거능이 가장 낮아 1000 µg/ml 농도에서도 소거능은 3.85±0.65%에 불과하였다. 진두발은 250 µg/ml 농도까지는 소거능의 차이가 없다가 500 µg/ml 농도에서는 5.38±0.87%이던 것이 1000 µg/ml 농도에서는

14.62±0.1%로 약 2.7배 정도 아질산염 소거능이 높아졌다.

아질산염의 소거는 아질산염이 환원성 물질에 의하여 nitric oxide로 전환되기 때문인데 ascorbic acid, cysteine, hydroquinone 및 nicotinamide adenine dinucleotide, phenolic compounds 등이 주로 환원성 물질로서 작용하며 시료의 아질산염 소거능이 상이한 것은 이들 물질들의 환원력 차이에 기인하는 것이라는 Shin[29]의 보고가 있다. 본 실험의 결과에서 각 시료간의 아질산염 소거 활성이 서로 상이한 것도 시료 중에 함유되어 있는 환원성 물질의 종류나 함량 차이에 기인하는 것으로 추정된다.

**요 약**

갈래곰보(*Meristotheca papulosa* (Montagne) Kylin), 진두발(*Chondrus ocellatus*, Holmes), 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss) 및 돌가사리(*Gigartina tenella*, Harvey)를 대상으로 영양성분을 분석하고, 에탄올 추출물의 항산화 및 아질산염 소거 활성을 실험함으로써 그 기능성을 규명하고자 하였다. 회분의 함량은 시료간의 차가 커 꼬시래기의 경우 9.8±0.2 g/100 g이었으나 돌가사리는 17.8±0.6 g/100 g으로 가장 높은 함량이었다. 조섬유의 함량은 2.0±0.4~6.0±0.7 g/100 g의 범위였다. 페놀화합물은 꼬시래기에서 78.4±1.0 mg/g으로 가장 높은 함량이었으며, 총 플라보노이드의 함량은 진두발과 꼬시래기에서 각각 14.9±0.5 mg/g과 13.9±0.8 mg/g으로 정량되어 갈래곰보와 돌가사리에 비해 약 2배 정도 더 높은 함량이었다. 무기물의 총 함량은 갈래곰보에서 12,107.7 mg/kg으로 가장 높았다. 구성 아미노산은 49.1~125.6 mg/g으로 시료에 따른 함량 차가 컸으며 대부분의 시료에서 glutamic acid의 함량이 가장 높게 정량되었다. SOD 유사활성은 시료의 농도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나 전체적인 활성은 낮았다. 전자공여능이 가장 높은 돌가사리의 경우 250 µg/ml 농도에서 53.96±0.98%로 50% 이상의 활성을 보였으며 1000 µg/ml 농도에서는 70.52±1.09%로 그 활성이 증가하였다. 100 µg/ml의 농도에서는 시료들의 hydroxy radical 소거활성은 57.87±1.70~62.07±0.87%의 범위로 ascorbic acid나 BHT에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 아질산염 소거능은 꼬시래기에서 가장 높았는데 100~500 µg/ml 농도에서는 24.04±1.9~27.52±0.82%의 범위였으나 1000 µg/ml 농도에서는 34.81±1.36%로 증가하였다. 이상의 항산화 활성을 평가한 결과 본 실험에 사용된 홍조류 4종은 전자공여능과 hydroxy radical 소거활성이 우수하였다.

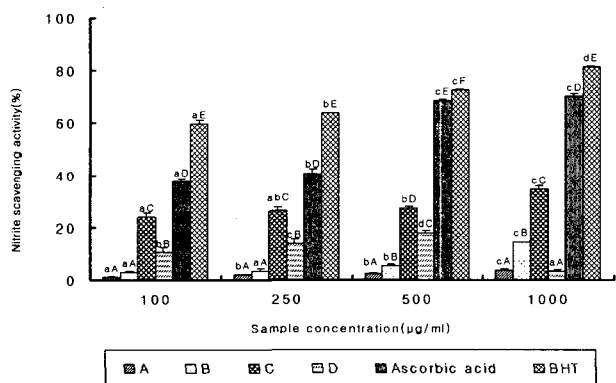


Fig. 2. Nitrite scavenging activity of EOH extracts from red seaweeds  
 A: *Meristotheca papulosa* (Montagne) Kylin, B: *Chondrus ocellatus*, C: *Gracilaria verrucosa*, D: *Gigartina tenella*.  
 a,b,c,d Each value with different superscripts within the different concentration significantly difference at p<0.05.  
 A,B,C,D,E,F Each value with different superscripts within the samples significantly difference at p<0.05.

**참 고 문 헌**

1. Arasaki, A. and T. Arasaki. 1983. Low calories, high nu-

- trition vegetables from the sea to help you look and feel better. pp. 39-42. Japan Publications Inc.
2. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **26**, 1199-1200.
  3. Choe, S. N. and K. J. Choi. 2002. Fatty acid compositions of sea algae in the southern sea coast of Korea. *Korean J. Food & Nutr.* **15**, 58-63.
  4. Do, J. R., E. M. Mim, J. G. Koo and K. S. Jo. 1997. Dietary fiber contents of marine algae and extraction condition of the fiber. *J. Korean Fish Soc.* **30**, 291-296.
  5. Do, J. R., Y. J. Nam, J. H. Park and J. H. Jo. 1997. Studies on chemical composition of red algae. *J. Korean Fish Soc.* **30**, 428-431.
  6. Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science and Technology* **10**, 25-28.
  7. Heo, S. J., E. J. Park, K. W. Lee and Y. J. Jeon. 2005. Antioxidant activities of enzymic extracts from brown seaweeds. *Bioresource Technology* **96**, 1613-1623.
  8. Kato, H., I. E. Lee, N. V. Chuyen, S. B. Kim and F. Hayase. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by non-dialyzable melanoidins. *Agric. Bio. Chem.* **51**, 1333-1338.
  9. Kim, D. H., M. S. Lim and Y. O. Kim. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 249-254.
  10. Kim, J. A. and J. M. Lee. 2004. The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia Fusiformis* with drying methods. *Korean J. Food Cult.* **9**, 200-208.
  11. Kim, J. G., Y. M. Kang, K. S. Eum, Y. M. Ko and T. Y. Kim. 2003. Antioxidative activity and antimicrobial activity of extracts from medicinal plants (*Akebia quinata* Decaisn, *Sciruflyuatiilis* A. gray, *Gardenia jasminoides* for. *grandiflora* Makino). *J. Agri. Life Sci.* **37**, 69-75.
  12. Kim, O. K., T. G. Lee, Y. B. Park, D. C. Park, Y. W. Lee, S. G. Yeo, I. S. Kim, Y. H. Park and S. B. Kim. 1996. Inhibition of xanthineoxidase by seaweed extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 1069-1073.
  13. Lee, H. B., B. W. Choi, J. H. Chun and B. S. Yu. 1996. Extraction of water soluble antioxidants from seaweeds. *J. Korean Ind. & Eng. Chemistry* **7**, 1067-1077.
  14. Lee, H. J. and Y. K. Park. 1999. Effect of seaweeds and absorbents on volatile flavor components of onion juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**, 1477-1483.
  15. Lee, I. K., S. C. Shim, H. O. Cho and C. O. Rhee. 1971. On the components of edible marine algae in Korea, 1. The components of several edible brown algae. *J. Korean Agricultural Chemical Society* **14**, 213-220.
  16. Lee, N. H. and K. L. Oh. 2000. Screening of radical scavenging effects from marine algae. *Cheju Journal of Life Science* **3**, 95-101.
  17. Lim, S. N., P. C. K. Cheung, V. E. C. Ooi and P. O. Ang. 2002. Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 3562-3866.
  18. Mabeau, S. and J. Fleurence. 1993. Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science and Technology* **4**, 103-107.
  19. Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**, 468-474.
  20. Moreno, M. I. N., M. I. N. Isla, A. R. Sampietro and M. A. Vattuone. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J. Ethnopharmacology* **71**, 109-114.
  21. Nam, S. H. and M. Y. Kang. 2000. Screening antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **43**, 141-147.
  22. Oh, C. K., C. S. Park, M. C. Oh, J. S. Hyun, B. O. Kim and S. H. Kim. 1996. Desmutagenic and antimicrobial effects of the extract from seaweeds by different ethanol concentration. *Cheju National Univ. R.I.I.T. Jour.* **7**, 11-20.
  23. Ortega-Calvo, J. J., C. Mazuelos, B. Hermosin and C. S. iz-Jiménez. 1993. Chemical composition of spirulina and eucaryotic algae food products marketed in Spain. *Journal of Applied Phycology* **5**, 425-435.
  24. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J. Nutr.* **44**, 307-315.
  25. Park, J. H., K. C. Kang, S. B. Beak, Y. H. Lee and K. S. Rhee. 1991. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 256-261.
  26. Park, Y. H., J. H. Pyeon, H. K. Oh and Y. J. Kang. 1976. Utilization of unexploited algae for food or other industrial uses, 1. Chemical composition of unexploited algae and extraction of algae protein. *J. Korean Fish Soc.* **9**, 155-162.
  27. Ruperez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry* **79**, 23-26.
  28. Ryu, B. H., B. H. Chi, D. S. Kim and M. S. Ha. 1986. Desmutagenic effect of extracts obtained from seaweeds. *J. Korean Fish Soc.* **19**, 502-508.
  29. Shin, J. H. 2002. The formation and inhibition of N-nitrosamine in common Korean foods. Ph. D. thesis of Gyeongsang National University.
  30. Siriwardhana, N., K. W. Lee, S. H. Kim, J. W. Ha and Y. J. Jeon. 2003. Antioxidant activity of *Hizikia fusiformis* on reactive oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibition. *Food Sci. Tech. Int.* **9**, 339-346.
  31. Yan, X. J., X. C. Li, C. X. Zhou and X. Fan. 1996. Prevention of fish oil rancidity by phlorotannins from *Sagassum kjellmanianum*. *J. Appl. Phycol.* **8**, 201-203.
  32. Yan, X. J., Y. Chuda, M. Suzuki and T. Nagata. 1999. Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hizikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **63**, 605-607.
  33. Yan, X., T. Nagata and X. Fan. 1998. Antioxidative activities in some common seaweeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* **52**, 253-262.



34. Yasuji, O. and H. O. Kiyoka. 1994. identification of anti-mutagenic activities in the extract of an edible brown algae. *Hijikia fusiformis*, (Hijiki) by ume gene expression system in *Salmonella typhimurium* (TA 1535/pSK 1002). *J. Sci. Food Agric.* **66**, 103-109.
35. Zhang, Q., N. Li, X. Liu, Z. Zhao, Z. Li and Z. Xu. 2004. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its *in vivo* antioxidant activity. *Carbohydrate Research* **339**, 105-111.
36. 김영명, 박덕천, 김은미, 도정룡. 2002. 국내산 주요 해조류의 무기질 및 식이섬유 조성. 2002 춘계 수산관련학회 공동 학술대회 발표요지집. pp. 153~154.