

## 지충이의 이화학적 특성

최선영 · 김순영 · 허종문\* · 신정혜\*\* · 최한길\*\*\* · †성낙주

경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원, \*경북대학교 응용생물화학부,  
\*\*남해전문대학 호텔조리제빵과, \*\*\*원광대학교 생명과학부

### A Study on the Physicochemical Properties of the *Sargassum thunbergii*

Sun-Young Choi, Soon-Young Kim, Jong-Moon Hur\*, Jung-Hye Shin\*\*

Han-Gil Choi\*\*\* and †Nak-Ju Sung

Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

\*Division of Applied Biology and Chemistry, Kyungpook National University, Deagu 702-701, Korea.

\*\*Dept. of Hotel Curinary Arts and Bakery, Namhae College, Namhae 668-801, Korea

\*\*\*Dept. of Biological Science, Wonkwang University, Jeonbuk, 570-749, Korea.

#### Abstract

This study was designed to investigate the physicochemical properties of the *Sargassum thunbergii*, by measuring general composition, minerals, amino acid, free sugar, peroxide value(POV) and thiobarbituric acid reactive substances(TBARS). The contents of crude protein and crude lipid in *Sargassum thunbergii* were 15.7±0.8% and 0.9±0.4%, respectively. Total content of amino acids was 5,635.5 mg/100 g. The glutamic acid(1,071.3±1.8 mg/100 g) content was the highest, followed by aspartic acid(645.9±1.4 mg/100 g) and phenylalanine (470.1±1.4 mg/100 g). Galactose and mannose of all free sugar showed the highest values 40.2±0.5 mg/100 g and 22.3±0.4 mg/100 g. All solvent extracts of *Sargassum thunbergii* showed lower POV than ascorbic acid, and chloroform extracts showed the strongest antioxidant activity(4.0 meq/kg) at 12 hours storage. TBARS of chloroform extract were 2.8 mg MDA/L in FeCl<sub>2</sub> and 0.9 mg MDA/L in CuSO<sub>4</sub> oxygen species.

Key words : *Sargassum thunbergii*, amino acid, free sugar, peroxide value, TBARS

#### 서 론

우리나라 해조류는 다종다양하고 특히 식용 가능한 해조류는 60종에 이르며<sup>1)</sup> 육상식물에 비하여 비타민 및 무기질 중 마그네슘, 칼슘, 요오드, 철 등의 함량이 높고<sup>2,3)</sup> 저칼로리 다당류의 독특한 구조적인 특성으로 생리활성이 강한 물질로 정장작용, 유독물질 제거 효과<sup>4)</sup>가 있어 최근 건강식품으로 많이 이용되고 있다. 특히 요오드가 풍부하게 함유되어 성장기 어린

이와 산모에게 필수적인 식품으로 이용되어 왔으며<sup>5,6)</sup>, n-3와 n-6 계열의 불포화 지방산을 다양하게 함유하고 있어 체내 대사에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다<sup>7)</sup>. 최근 생리활성 물질로 각광을 받고 있는 성분들로서, 갈조류에는 점질성 다당류인 alginic acid, laminarin, mannitol 및 fucoidan 등이 있고, 홍조류에는 agar-agar, carrageenan, porphyran 등이 함유되어 있으며 이외에도 해조류에 방향환이나 락톤 환에 붙어 있는 물질, terpene 골격을 구성하는 물질, 페놀류,

† Corresponding author : Nak-Ju Sung, Dept. of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

Tel : +82-55-751-5975, Fax : +82-55-751-5971, E-mail : snakju@gsnu.ac.kr

직쇄 탄화수소 구조를 가지는 물질, 할로젠화 지방족, 황 함유 화합물 등이 알려져 있다<sup>8,9)</sup>.

일반적으로 해조류의 생리활성은 갈조류가 녹조류나 홍조류에 비하여 비교적 높은 활성을 보이며, 특히 모자반과에서 뛰어난 활성이 있다고 알려져 있는데<sup>10)</sup>, 갈조류의 생리활성과 관련된 연구로 Yamamoto 등<sup>11,12)</sup>은 갈조류로부터 추출한 당류의 일종인 fucoidan은 sarcoma 180, L-1210, Meth-A와 B-16 melanoma 등 종양세포의 성장을 저해한다고 보고하였다. Heo 등<sup>13)</sup>은 효소에 의해 가수분해된 갈조류 열수 추출물이 과산화수소에 대한 항산화 작용, DNA 손상 저해에 효과적이며 DPPH에 대한 항산화 활성은 페놀 화합물의 함량과 상관성이 있다고 보고한 바 있다. 갈조류인 파베기 모자반 추출물은 지질 과산화와 용혈작용에 대한 저해 활성을 가진다는 보고가 있으며<sup>14)</sup>, 갈조류의 황화 다당류도 항산화 활성에 기여하는데, 특히 fucan과 같은 황화 다당은 polyphenol 화합물과 더불어 항산화 활성을 갖는 해조류의 주요 성분이라는 보고도 있다<sup>9)</sup>.

한편, 지층이(*Sargassum thunbergii*)는 모자반과에 속하는 해조류 중 갈조류의 일종으로 우리나라 전 연안에 걸쳐 자생하는 풍부한 수산자원으로 어린 것은 식용으로 이용되나 주로 구충제나 퇴비로 사용되어 왔고<sup>15)</sup>, 아직 지층이의 생리활성과 이용에 대하여 체계적이고 학술적인 연구가 매우 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지층이에 대하여 기능성 식품으로써 활용 가치와 식품 소재로의 의의를 모색하기 위해 일반 성분, 이화학적 성분 및 POV와 TBARS에 의한 지질 과산화에 미치는 영향을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 시료의 조제

남해안에 서식하는 지층이를 채취하여 수돗물로 3회 수세하여 염분을 제거하고 바람이 잘 통하는 그늘진 곳에서 7일간 건조한 후 1~2mm로 분쇄한 다음 -20℃에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

POV 및 TBARS 측정용 시료는 건조 분말화된 지층이 100 g에 20배의 methanol을 가하여 12시간씩 3회 정지 추출하였다. Methanol 추출물을 모두 모아 회전식 진공 증발기를 이용하여 농축한 다음 3차 증류수와 n-hexane, chloroform, butanol을 순차적으로 가하여 계통 분획하였다. 각 용매 추출물은 감압·농축한 다음 1,000 µg/mL로 만들어 냉동보관하면서 농도별로 희석하여 시료로 사용하였다.

### 2. 일반 성분 분석

일반 성분은 상법에 따라 수분은 상압가열 건조법, 회분은 직접회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로 정량하였고 총당은 phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법, 환원당은 표준검량곡선을 이용한 DNS 비색법으로 측정하였다.

### 3. 무기물 분석

분해용 플라스크에 건조시료 0.5 g을 넣고 진한 황산과 진한 질산을 각각 10 mL씩 차례로 가하여 hot plate에서 무색으로 변할 때까지 분해한 후, 100 mL로 정용·여과(Whatman No. 6)하여 Inductively Coupled Plasma(Atom Scan 25, Thermo Jorell Ash Co., France)로 분석하였으며 분석조건으로 approximate RF Power는 1150 w, pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure는 30 psi, observation height는 15 mm로 하였다.

### 4. 아미노산 분석

건조시료 0.2 g에 6 N HCl 2 mL를 가하여, 질소가스를 7분 정도 충전시킨 후 110±1℃ heating block에서 24시간 가수분해한 다음 여과(Whatman No. 6)하여 회전진공증발기로써 감압·농축하였다. 이것을 pH 2.2 sodium citrate buffer로 10 mL로 만들어 membrane filter (0.22 µm) 및 C<sub>18</sub> sep-pak cartridges에 차례로 통과시킨 다음 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi)에 의해 분석·정량하였다.

### 5. 유리당 분석

건조시료 5 g에 80% ethanol 용액 100 mL를 가하여 15분간 균질화한 후 환류냉각관을 부착한 80℃ 수욕상에서 2시간 가온한 다음 방냉하여 원심분리(8,000 rpm, 30 min)하였다. 잔사에 80% ethanol 용액 20 mL를 가하여 상기와 같이 2회 반복 추출한 후 상층액을 모두 모아 40℃에서 회전증발기로 감압 농축하였다. 3차 증류수로써 10 mL로 만든 다음 membrane filter(0.22 µm) 및 C<sub>18</sub> sep-pak cartridges를 차례로 통과시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 분석용 시료는 Table 1과 같은 조건하에서 HPLC로 분석·동정하였으며, 동일 조건에서 표준물질을 농도별로 주입하여 얻은 검량곡선을 이용하여 정량하였다.

### 6. Peroxide Value(POV) 측정

POV는 60±1℃의 항온기에서 24시간 저장하면서 12시간 및 24시간에 각각 측정하였으며, 지층이 추출물 20 mL에 fish oil(Sigma Co., USA) 15 mL, chloroform

**Table 1. The operating conditions of HPLC for free sugar analysis in *Sargassum thunbergii***

Parameters	Condition
Instruments	Pharmacia LKB LCC 2252 LKB VWM Detector
Column	Carbohydrate analysis column (3.9 × 300mm)
Mobile phase	80% Acetonitrile
Flow rate	2.0 mL/min
Chart speed	0.5 cm/min

10 mL와 acetic acid 15 mL를 가한 후 5분간 방치하고, 증류수 75 mL를 가한 후 진탕 혼합한 후 1%의 starch solution을 지시약으로 하여 0.01 N sodium thiosulfate로 적정 한 후 POV를 측정하였다.

#### 7. Thiobarbituric Acid Reactive Substances(TBARS) 측정

TBARS는 Buege 등<sup>16)</sup>의 방법에 따라 maleic acid buffer(pH 6.5)와 Tween-20 및 0.1 N HCl로 만든 oil emulsion(사용 직전에 제조) 0.5 mL, 산소종(FeCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>) 0.1 mL 및 지층이 추출물 0.1 mL를 첨가하여 최종 반응물을 1 mL로 하여 37°C에서 1시간 동안 산화반응 시켰다. 7.2% butylated hydroxytoluene 50 μL와 trichloroacetic acid/thiobarbituric acid 용액을 2 mL 가하고 15분간 가열·냉각한 다음 2,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 531 nm에서 흡광도를 측정하였고 TBARS값은 L당 반응혼합물에 대해서 mg malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반 성분

지층이의 일반 성분, 총당 및 환원당의 함량을 측정한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 총당의 함량이 58.2±1.2%로 가장 높았고 다음으로 회분(18.4±0.8%), 조단백(15.7±0.8%), 수분(11.5±0.6%), 조지방(0.9±0.4%) 순으로 정량되었다.

식용 해조류의 일반성분 함량을 분석한 결과<sup>17)</sup>에 따르면 12종의 갈조류 중 수분은 11.85~16.65%, 조단백은 8.86~19.37%, 회분은 9.17~16.89%, 조지방은 0.71~7.21%, 총당은 6.36~20.49%의 범위로 특히 조지방이 시료에 따른 함량 차가 가장 크다고 알려져 있다.

Choe와 Choi<sup>18)</sup>는 해조류 16종의 지질 함량을 분석한 결과 갈조류는 0.58~3.00%, 홍조류는 0.47~2.16%, 녹조류는 0.55~2.00%의 지질이 함유되어 있었으며 해조류는 그룹별 지질함량의 차이가 적은 저지방질 식품이라고 하였다.

### 2. 무기질 함량

지층이의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 검출된 9종의 무기물 중 Ca의 함량은 2,288.0±2.2 mg/100 g으로 총 무기질 함량의 37.2%를 차지하였으며 Ca > Mg > Na > K > Fe > P > Mn의 순으로 높게 검출되었고 Cu와 Zn은 10 mg/100 g 미만으로 정량되었다.

17종의 해조류에 있는 무기질을 분석한 결과에 따르면 Na, K, Mg, Ca, P 등의 함량이 비교적 높은 편이며 Cr, Cd, Pb, Se 등은 미미하거나 검출한계 이하의

**Table 2. Proximate composition in *Sargassum thunbergii* (%)**

Compounds	Contents
Moisture	11.5±0.6
Crude protein	15.7±0.8
Crude lipid	0.9±0.4
Ash	18.4±0.8
Total sugar	58.2±1.2
Reducing sugar	10.5±0.4

**Table 3. The contents of mineral in *Sargassum thunbergii* (mg/100 g)**

Minerals	Contents
Na	811.5±1.8
K	759.2±1.6
Mg	1,217.5±2.0
Ca	2,288.0±2.2
Mn	271.7±1.3
Fe	483.1±1.4
P	300.4±1.4
Cu	3.3±0.3
Zn	6.8±0.4
Total	6,141.6

미량으로 나타났는데, 이 중에서 Ca과 Na의 함량이 높다고 보고<sup>19)</sup>되어 있어 이는 본 실험의 결과와도 유사한 경향이였다. Ruperez<sup>20)</sup>는 해조류의 무기질 함량은 육상동식물에 비하여 월등히 높아 8~40% 정도이며, 갈조류와 홍조류의 무기질 분석 결과 Na과 K의 함량이 월등히 높고 다음으로 Ca, Mg의 순이며 Fe, Zn, Mn, Cu는 10 mg/100 g 미만으로 검출되었다고 하였다.

### 3. 아미노산 함량

아미노산 함량은 Table 4에서 보는 바와 같이 총 17종의 아미노산이 검출되었고 glutamic acid(1,071.3±1.8 mg/100 g)의 함량이 월등히 높아 다른 아미노산에 비하여 약 1.7~8.7배 정도 높은 함량으로 검출되었다. 다음으로 aspartic acid(645.9±1.4 mg/100 g) > phenylalanine(470.1±1.4 mg/100 g) > alanine(410.8±1.4 mg/100 g)의 순으로 높은 함량이었으며 이들 아미노산의 합이 총 아미노산 함량(5,635.5 mg/100 g)의 약 반을 차지하였다.

녹조류인 참 홰파래의 총 아미노산 함량은 143.4

**Table 4. The contents of amino acid in *Sargassum thunbergii*** (mg/100 g)

Amino acids	Contents
Aspartic acid	645.9±1.4
Threonine	254.8±1.2
Serine	280.2±1.3
Glutamic acid	1,071.3±1.8
Proline	285.4±1.0
Glycine	312.0±1.2
Alanine	410.8±1.4
Cystine	123.6±0.8
Valine	236.9±1.0
Methionine	129.4±0.7
Isoleucine	193.1±0.8
Leucine	338.6±1.0
Tyrosine	180.3±0.6
Phenylalanine	470.1±1.4
Histidine	178.9±0.6
Lysine	276.1±0.8
Arginine	248.1±0.8
Total	5,635.5

mg/100 g이고 갈조류인 툇은 5,850.1 mg/100 g이며 홍조류인 사무늬 김에는 4,654.0 mg/100 g으로 해조류의 종류에 따라 아미노산의 함량차가 난다고 보고<sup>21)</sup>되어 있으며 이 결과와 비교할 때 지층이의 아미노산 함량은 갈조류인 툇과 유사한 범위였다. 많은 해조류에서 aspartic acid와 glutamic acid가 아미노산의 대부분을 차지하는데 해조류의 아미노산 분석 결과 갈조류에서는 이들 아미노산이 총 아미노산의 22~44%, 녹조류에서는 26~32% 정도이며 그 함량은 계절의 영향이 크다는 보고가 있다<sup>22)</sup>.

### 4. 유리당 함량

지층이 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타낸 바와 같이 xylose, mannose, galactose, sucrose 및 maltose가 검출되었다. 총 유리당 중 galactose가 40.2±0.5 mg/100 g으로 가장 높은 함량이었고 다음으로 mannose(22.3±0.4 mg/100 g)와 maltose(16.5±0.3 mg/100 g)의 순이었다.

일반적으로 해조류의 당은 glucose, fructose, galactose, mannose, arabinose, ribose, xylose와 fucose 등이 주종을 이루며 또한 해조류의 종류에 따라 hexose phosphate나 triose phosphate도 검출되고 있으며 특히 glycerol과 glycoside 결합을 하고 있는 것이 구조적 특징이다<sup>23)</sup>.

### 5. Peroxide Value(POV) 함량

Fish oil에 지층이 추출물을 각각 100, 400, 700 및 1,000 µg/mL 씩 첨가하고, BHT와 ascorbic acid를 대조구로 하여 60℃에서 저장하면서 12시간과 24시간(Fig. 1)저장 후 POV를 측정된 결과, 모든 시험구에서 저장 시간이 짧을수록, 추출물의 농도가 높을수록 과산화물의 생성이 억제되었다. 다른 추출물에 비해 chloroform 추출물이 가장 뛰어난 활성을 나타내어 12시간

**Table 5. The contents of free sugar in *Sargassum thunbergii*** (mg/100 g)

Free sugars	Contents
Xylose	8.6±0.2
Mannose	22.3±0.4
Galactose	40.2±0.5
Sucrose	12.1±0.2
Maltose	16.5±0.3
Total	99.7

경과 시 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서는 4.0 meq/kg으로 BHT와 비슷한 활성을 보였다. 24시간 경과 후에는 100  $\mu\text{g/mL}$ 에서 BHT와 chloroform 추출물이 각각 15.1 meq/kg 및 16.2 meq/kg에서 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서는 8.3 meq/kg과 10.2 meq/kg으로 높은 산화력을 나타내었다.

12시간과 24시간 저장시 chloroform, butanol, hexane 및 methanol 추출물 순으로 POV 함량이 낮아 뛰어난 활성을 보였으나 이는 fish oil 내에서의 과산화물 생성에는 반응 기질과 친화성이 높은 비극성 용매 추출물 내의 성분이 1차적으로 반응하여 산화 억제 작용에 기여하기 때문으로 판단된다.

6. Thiobarbituric Acid Reactive Substances(TBARS) 함량

Oil emulsion을 기질로 하여 활성 산소종( $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ )과 지층이 추출물을 농도별로(100, 400, 700 및 1000  $\mu\text{g/mL}$ ) 첨가한 후 생성된 malondialdehyde(MDA)의 양을 BHT와 ascorbic acid 첨가군과 비교하여 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다.

$\text{FeCl}_2$ 가 지방 산화에 미치는 정도는 추출물과  $\text{Fe}^{2+}$ 가 결합하는 능력이 우수할수록 항산화 활성이 뛰어나며, 특히  $\text{Fe}^{2+}$ 와  $\text{Fe}^{3+}$ 의 비가 1:1일 때 최고의 활성을 나타낸다고 보고되어 있다<sup>24)</sup>. 100  $\mu\text{g/mL}$  농도에서

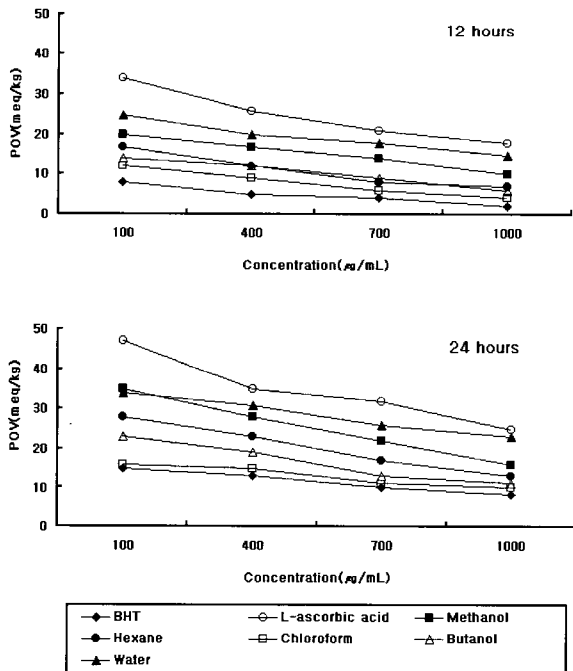


Fig. 1. Changes in peroxide value of fish oil by addition of *Sargassum thunbergii* extracts at 12 hours and 24 hours storage.

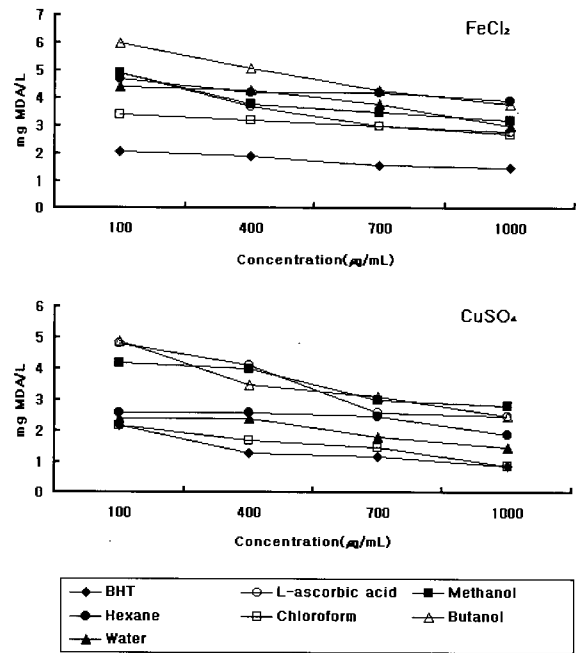


Fig. 2. Effect of *Sargassum thunbergii* extracts reacted with ferrous chloride( $\text{FeCl}_2$ ) and cupric sulfate( $\text{CuSO}_4$ ) on lipid oxidation of oil emulsion.

BHT(2.1 mg MDA/L)보다는 활성이 떨어지나 추출물 중 chloroform 추출물이 3.4 mg MDA/L로 높은 활성을 보였고 다른 추출물은 4.2 mg MDA/L 이상으로 항산화 활성이 낮았다. 반면 1,000  $\mu\text{g/mL}$  농도에서는 BHT는 1.5 mg MDA/L였으며 그 다음으로 chloroform 추출물과 ascorbic acid 첨가군은 2.8 mg MDA/L로 동일한 활성을 나타내었다.

$\text{CuSO}_4$ 의 첨가시 지층이 추출물과  $\text{Cu}^{2+}$ 와의 결합능은 100  $\mu\text{g/mL}$  농도일 때 chloroform 추출물이 2.2 mg MDA/L로 대조구인 BHT와 동일하게 높은 활성을 나타낸 반면 ascorbic acid 첨가군은 4.8 mg MDA/L로 낮은 활성을 보였다. 지층이 추출물의 농도가 높아질수록 강한 항산화력을 보였고, 특히 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서도 chloroform 추출물이 0.9 mg MDA/L로 TBARS 함량이 낮아 다른 추출물에 비해서 항산화 활성이 높음을 알 수 있었다.

요 약

본 연구는 남해안에 서식하고 있는 해조류인 지층이에 대하여 기능성 식품으로서의 활용가치를 알아보 고자 이화학적 성분을 분석하고 지층이 용매 추출물의 항산화능을 비교하고자 POV와 TBARS를 측정하였다. 지층이의 조단백질과 조지방의 함량은 각각 15.7

$\pm 0.8\%$ 와  $0.9\pm 0.4\%$ 였다. 9종의 무기질 중 Ca이 2,288.0  $\pm 2.2$  mg/100 g으로 높게 검출되었고, 아미노산은 glutamic acid가 1,071.3 $\pm 1.8$  mg/100 g으로 가장 함량이 높았으며, 다음으로 aspartic acid (645.9 $\pm 1.4$  mg/100 g) > phenylalanine(470.1 $\pm 1.4$  mg/100 g)의 순이었다. 유리당의 함량은 galactose가 40.2 $\pm 0.5$  mg/100 g으로 가장 높았고 FeCl<sub>2</sub>와 CuSO<sub>4</sub>에 대한 항산화 활성은 추출물의 농도가 높아짐에 따라 항산화능이 증가하는 경향이었고 특히 chloroform 추출물에서 항산화 활성이 우수하였다.

### 참고문헌

1. 李仁圭, 姜悌源. 韓國藻類學會誌. 1:311. 1986
2. Lee, KH, You, BJ and Jung, IH. Improving the processing and storage conditions of salted sea mustard (*Undaria pinnatifida*). *Korean J. Food Nutr.* 12:66-72. 1983
3. Choe, SN and Choi, KJ. Fatty acid compositions of sea algae in the southern sea coast Korea. *Korean J. Food Nutr.* 15:58-63. 2002
4. Hahn, JK and Koh, JB. Effect of *Undaria pinnatifida* on serum and liver lipids in rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 1:17-23. 1986
5. Cho, DM, Kim, DS, Lee, DS, Kim, HR and Pyeun, JH. Trace components and functional saccharides in seaweed-1. Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. *J. Korean Fish Soc.* 28:49-59. 1995
6. Kim, DS, Lee, DS, Cho, DM, Kim, HR and Pyeun, JH. Trace components and functional saccharides in marine algae-2. Dietary fiber contents and distribution of the distribution polysaccharides. *J. Korean Fish Soc.* 28:270-278. 1995
7. 이양자. 유지영양의 문제점과 개선방향. 식품과학과 산업, pp.23, 13. 1990
8. Lahaye, M and Kaeffer, B. Seaweed dietary fibers : structure, physicochemical and biological properties relevant to intestinal physiology. *Sci. Aliments.* 17: 536-584. 1997
9. Ruperez, P, Ahrazem, O and Leal, J. A potential antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from the edible marine brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *J. Agric. Food Chem.* 50:840-845. 2002
10. Lee, NH and O, KL. Screening of radical scavenging effects from marine algae. *Cheju Journal of Life Science* 3:95-101. 2000
11. Yamamoto, I, Takahashi, M, Tamura, E, Maruyama, H and Mori, H. Antitumor activity of edible marine algae : Effect of crude fucoidan fraction prepared from edible brown seaweeds against L-1210 leukemia. *Hydrobiologi.* 116:145-150. 1984
12. Yamamoto, I, Nagumo, T, Takahashi, T, Fujihara, M, Suzuki, Y and Iizima, N. Antitumor effect of seaweeds : III. Antitumor effect of an extract from *Sargassum kjellmanianum*. *Jap. J. Exp. Med.* 51:187-189. 1981
13. Heo, SJ, Park, EJ, Lee, KW and Jeon, YJ. Antioxidant activities of enzymic extracts from brown seaweeds. *Bioresource Technology.* 96:1613-1623. 2005
14. Lim, SN, Cheung, PCK, Ooi, VEC and Ang, PO. Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed *Sargassum siliquastrum*. *J. Agric. Food Chem.* 50:3862-3866. 2002
15. Kim, YS and Choi, HG. Epiphytic algae growing on *Sargassum thunbergii* in southern and western coast of Korea. *Korean J. Ecol.* 27:173-177. 2004
16. Buege, JA and Aust, SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* 52: 302-310. 1978
17. Lee, IK, Shim, SC, Cho, HO and Rhee, CO. On the components of edible marine algae in Korea. *J. Korean Agri. Chem. Soc.* 3:213-220. 1971
18. Choe, SN and Choi, KJ. Fatty acid compositions of sea algae in the southern sea coast of Korea. *Korean J. Food Nutr.* 15:58-63. 2002
19. 김영명, 박덕천, 김은미, 도정룡. 국내산 주요 해조류의 무기질 및 식이섬유 조성. 춘계 수산관련 학회 공동학술대회 발표요지집. pp.153-154. 2002
20. Ruperez, P. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry.* 79:23-26. 2002
21. 天野秀臣: 水産生物化学(山口勝己 編). 恒星社厚生, 東京. pp.170-212. 1991
22. Fleurence, J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science Technology.* 10:25-28. 1999
23. 西澤一俊. 海藻の生化学と利用(日本水産學會 編). 恒星社厚生閣, 東京. pp.9-22. 1983
24. Minotti, G. and Aust, SD. Redox cycling of iron and lipid peroxidation. *Lipids.* 27:219-221. 1992

(2005년 11월 29일 접수; 2006년 2월 14일 채택)