

Article

넙미역의 영양성분 및 항산화 활성

조명래* · 윤성진 · 김윤배

한국해양과학기술원 동해연구소
(767-813) 경북 울진군 죽변면 해양과학길 48

The Nutritional Composition and Antioxidant Activity from
Undariopsis peterseniana

MyoungLae Cho*, Sung Jin Yoon, and Yun-Bae Kim

East Sea Research Institute, KIOST
Uljin 767-813, Korea

Abstract: The proximate composition, free amino acid composition and mineral contents from *Undariopsis peterseniana* were determined, and the antioxidant activities of ethanol (EtOH) and hot water extracts of *U. peterseniana* were investigated using DPPH (1,1-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) radical scavenging effects and reducing power. The contents of moisture, ash, protein, lipid and carbohydrate were 12.5%, 23.1%, 9.7%, 0.2% and 54.5%, respectively, and alginic acid content was 12.3%. The major free amino acid contents were alanine, phenylalanine, aminoethanol, valine, glutamic acid and phosphoserine. Ca (1589.1 mg) was the largest mineral followed by Na (344.6 mg), Mg (74.3 mg), Zn (10.2 mg) and Fe (1.5 mg). The total phenolic contents of EtOH and hot water extracts were exhibited at 15.7 and 4.3 mg GAE/g sample, respectively. The antioxidant activity of EtOH extract exhibited strong ABTS and DPPH radical scavenging activities with reducing power, and hot water extract also demonstrated strong ABTS radical scavenging effects. Therefore, the results of this study suggest that *U. peterseniana* contained an abundance of naturally occurring nutrients (free amino acids and minerals), and the strong antioxidant activities of EtOH and hot water extracts from *U. peterseniana* could be good sources of natural antioxidants for healthcare products.

Key words: *Undariopsis peterseniana*, free amino acid, ABTS, DPPH, reducing power

1. 서 론

활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)은 체내에서 산화작용을 일으키며 생체내의 세포막, 단백질, DNA 및 효소 등을 손상시켜 각종 질병의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Feskanich et al. 1992; Regnstrom et al. 1992). 이에 일부 식품, 화장품 및 의약품 산업에서는 ROS를 효과적으로 제거하기 위한 방법으로 저비용의 butylated

hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene(BHT), propyl gallate(PG)와 같은 합성 항산화제를 사용하고 있다. 그러나 많은 연구들에서 보고된 바와 같이 합성 항산화제는 세포내 독성을 나타내거나 암을 유발하는 등의 부작용이 우려되기 때문에 이를 대체할 수 있는 물질 개발 연구가 시급한 상황이다(Ito et al. 1986; Safer and al-Nughamish 1999). 따라서, 합성 항산화제보다 더 효능이 좋으며, 안전한 물질을 찾기 위하여 천연물을 이용한 항산화 연구는 꾸준히 수행되어 왔다. 그 결과, 육상 생물에서는 quercetin, phenolic acid, flavonoids, 해양생물에서는

*Corresponding author. E-mail : mlcho@kiost.ac

pheophorbide a, phlorotannins, chlorophyll analogs 등과 같은 항산화 물질이 분리되었다(Rice-Evans et al. 1996; Yan et al. 1996; Azuma et al. 1999; Nakayama et al. 1999; Cho et al. 2011a).

미역(*Undaria pinnatifida*)은 다시마목 미역과의 갈조류로 우리나라의 전 연안에 서식하며 연해주, 중국 및 일본 등 극동 지방에 흔하게 자생하는 해조류이고, 미네랄(Na, K, Ca, Mg, P, S 등) 및 필수 아미노산(threonine, valine, methionine, lysine 등)이 풍부하게 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Choi et al. 2008). 또한, 미역에 함유되어 있는 저분자 물질인 fucoxanthin은 항암, 항염증, 항산화 및 항비만 등에 효과가 있다고 보고 되었으며, 고분자 다당류인 알긴산은 중금속 배출, 콜레스테롤 저하, 비만 및 변비 방지 효과, 함황 다당류인 푸코이단은 항암, 항산화, 항혈액응고, 항노화 등의 다양한 생리활성이 있다고 보고되었다(Hosokawa et al. 1999; Maeda et al. 2005; Khan et al. 2007; Sachindra et al. 2007; Choi et al. 2008; Cho et al. 2011b).

넙미역(*Undariopsis peterseniana*)은 미역과의 해조류로 우리나라에는 주로 제주도 종달리, 우도, 가파도 및 청산도와 같이, 쓰시마 난류의 영향을 직접적으로 받는 지역의 수심 15 m 조하대 부근에 서식하는 것으로 알려져 있다(Lee and Koh 1991; Lee et al. 1991; Kang 1996; Lee 1998; Hwang et al. 2010a). 지금까지 수행된 넙미역에 관한 연구는 대량생산을 위한 유리배우체의 재생 및 성숙 유도, 보호대상 해조류로서 성장 및 성숙 과정을 관찰한 생태학적 특성 연구 등 주로 넙미역의 증양식 측면에서의 연구가 수행되었을 뿐(Hwang et al. 2010b; Hwang et al. 2011), 기능성 소재로써 넙미역의 이용 가치에 관한 체계적인 연구는 거의 수행되지 않았다. 따라서, 본 연구는 국내 자생 넙미역을 식품, 화장품 및 의약품 분야의 기능성 소재로 이용하고자 하였으며, 이를 위해 넙미역의 영양 성분 분석을 수행하였고, 에탄올(EtOH)과 열수로 추출한 추출물의 폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 연구하였다.

2. 재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 넙미역(*U. peterseniana*)은 2013년도 7월에 울릉군 서면 태하리에서 채집하였다. 채집된 넙미역은 증류수로 행구어 낸 후, 40°C에서 건조, 마쇄 후, -20°C에서 보관하였다. ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), DPPH (1,1-diphenyl-1-picrylhydrazyl), TCA (trichloroacetic acid), potassium ferricyanide, potassium persulfate, ferric chloride, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, ascorbic acid (V.C), BHA (butylated hydroxyanisole)

등의 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

일반성분 분석

넙미역의 수분, 회분, 조단백질, 조지방, 탄수화물 함량은 Association of Official Agricultural Chemists (1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법을 이용하였으며, 회분은 회화로(F6010, Thermolyne, USA)에 옮겨 600°C에서 12시간 동안 가열하여 얻은 회화의 양을 측정하였다. 조단백질은 킬달법을 적용한 분석기기인 auto kjeldahl system(Buchi B-324/435/412; Buchi, Flawil, Switzerland)을 이용하였으며, 조지방 분석은 에테르 추출법을 이용하여 auto soxhlet system(SER 148, VELP Scientifica, Milano, Italy)으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 넙미역 시료 100 g 중에서 수분, 회분, 조단백질 및 조지방을 합한 값을 100에서 뺀 값으로 하였다.

유리아미노산 함량 분석

넙미역의 아미노산 함량은 AOAC 방법(1995)에 따라 아미노산 분석기를 이용하여 분석 하였다. 넙미역 시료 2.5 g에 70% EtOH 20 mL을 혼합하여 상온에서 6시간 동안 교반 후, 증류수 80 mL을 첨가하여 시료를 희석하였다. 희석된 시료를 0.2 µm filter(Whatman International, Maidstone, UK)를 이용하여 여과 후, 적량을 아미노산자동분석기(L-8900, Hitachi, Japan)로 분석하였다.

미네랄 함량 분석

넙미역의 미네랄 함량 분석은 AOAC (1984) 방법에 따라 분석하였다. 넙미역 시료 10 g을 회화용기에 취하여 예비 탄화시킨 후 600°C에서 8시간 동안 회화하였다. 회분 5 g과 0.1 N HCl 50 mL을 혼합하여 상온에서 30분간 교반하고, 0.2 µm filter(Whatman International, Maidstone, UK)를 이용하여 여과 후, 적량을 원자흡수분광광도계(ALALYST100, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 분석하였다.

알긴산 함량 측정

넙미역에 함유된 알긴산 함량은 You et al. (1997)의 방법을 응용하였다. 넙미역 시료 10 g에 0.1% 탄산나트륨(Na₂CO₃) 500 mL를 첨가하여 60°C 항온수조에서 2시간 동안 가열한 다음, 500 mL의 증류수를 첨가하였다. 혼합물을 8,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 상등액에 99% EtOH 1000 mL를 첨가하여 침전시킨 후, 8,000 rpm으로 원심 분리하여 침전물을 회수하였다. 회수된 침전물을 증류수로 용해한 다음 99% EtOH를 첨가하는 방식으로 2회 더 알긴산을 정제한 후, 동결건조하여

알긴산을 획득하였다.

넙미역 EtOH 및 열수 추출물 제조

넙미역의 EtOH 추출물은 넙미역 10 g에 99% EtOH 500 mL를 첨가하여 상온에서 5시간 동안 교반추출을 이용하여 3회 반복 추출하였다. 99% EtOH에서 추출한 시료는 40°C에서 감압농축 하였으며, 30°C 진공오븐에서 건조하였다.

넙미역의 열수 추출물은 넙미역 10 g에 500 mL의 증류수를 첨가하여 60°C에서 2시간 동안 교반추출을 이용하여 2회 반복 추출하였다. 증류수로 추출한 시료는 50°C에서 감압농축 하였으며, 동결건조기를 이용하여 열수 추출물을 획득하였다.

DPPH 라디칼 소거능

넙미역 EtOH 추출물 및 열수 추출물의 DPPH 라디칼에 대한 소거능을 확인하기 위하여 Brand-Williams et al. (1995)의 방법을 응용하였다. 0.1 mM DPPH 100 µL와 넙미역 추출물 100 µL를 96 well-plate에 분주한 다음 상온에서 30분 동안 반응시키고, microplate reader(EL-800, BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)의 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 계산식을 사용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = [(Ac - As)/Ac] \times 100$$

Ac: 대조군 흡광도, As: 시료군 흡광도

대조군은 시료 대신 에탄올을 첨가 하였으며, 비교를 위해 시중에서 사용되는 항산화제인 V.C와 BHA(100 µg/mL)를 사용하였다.

ABTS 라디칼 소거능

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 Re et al. (1999)의 방법을 응용하였다. 7 mM의 ABTS와 2.45 mM의 potassium persulfate를 첨가하여 암소에서 16시간 방치한 후, 734 nm에서 흡광도가 0.7-0.8이 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 1.5 mL와 넙미역 추출물 시료 0.5 mL를 혼합하고, 상온에서 60분간 반응시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 아래의 계산식을 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = [(Ac - As)/Ac] \times 100$$

Ac: 대조군 흡광도, As: 시료군 흡광도

대조군은 시료 대신 에탄올을 첨가 하였으며, 비교를 위해 시중에서 사용되는 항산화제인 V.C와 BHA(100 µg/mL)를 사용하였다.

환원력 측정(Reducing power)

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 reducing power는 Oyaizu (1986)의 방법을 응용하였다. 넙미역 추출물 0.5 mL와 sodium phosphate buffer(0.2 M, pH 6.6) 0.5 mL 및 1% potassium ferricyanide 0.5 mL를 첨가하여 50°C 항온수조에서 20분 동안 반응시켰다. 반응 후, 10% TCA 용액을 0.5 mL 첨가하고, 12,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리된 상등액 1 mL에 증류수 1 mL를 첨가하고, 0.1% ferric chloride 200 µL 첨가하여 상온에서 10분간 반응 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 넙미역 추출물의 환원력을 비교하기 위하여 시중에서 사용되는 항산화제인 V.C와 BHA(10 µg/mL)를 사용하였다.

총폴리페놀 함량 측정

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 총폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법을 이용하였으며, Kahkonen et al. (1999)의 방법을 응용하였다. 넙미역 추출물에 함유되어 있는 총폴리페놀 함량은 0.1 mg/mL 농도의 시료 100 µL를 400 µL 증류수와 혼합하였다. 혼합된 시료와 250 µL의 Folin-Ciocalteu reagent (1.0 N), 1.25 mL의 12.5% sodium carbonate를 첨가하고, 상온에서 40분간 반응시킨 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료 대신 에탄올을 첨가 하였으며, 표준물질로 Gallic acid를 이용하여 표준물질의 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량(mg GAE/g sample)을 계산하였다.

통계분석

이 연구에서 실험값은 SPSS 16.0 analysis software package의 paired *t*-test로 검정하여 통계 값을 구했으며, 모든 실험은 3반복으로 측정하여 측정치를 평균값±표준편차(Mean ± standard deviation)로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

넙미역의 일반성분 분석 및 알긴산 함량 측정

넙미역의 일반성분과 알긴산 함량은 Table 1에 나타내었다. 넙미역 100 g(dry weight basis)중에는 수분 12.5%, 조회분 23.1%, 조단백질 9.7%, 조지방 0.2%, 탄수화물 54.5%가 함유되어 있었다. 이러한 결과는 Choi et al. (2008)이 보고한 기장, 진도 및 완도산 미역의 일반성분(수분: 9.1-9.2%, 조회분: 29.4-33.7%, 조단백질: 11.7-16.6%, 조지방: 0.4-1.5%, 탄수화물: 43.6-47.3%)과 유사하게 나타났으며, Park et al. (2012)이 보고한 구멍쇠미역의 일반성분(수분: 4.2%, 조회분: 33.1%, 조단백질: 15.0%, 조지방: 2.3%, 탄수화물: 45.6%)과도 유사한 결과를 보였다. 따라서 넙미역의 일반성분은 완도, 진도, 기장

Table 1. Proximate composition of *U. peterseniana*

	Moisture	Ash	Protein	Lipid	Carbohydrate	Alginic acid
Contents (%)	12.5 ± 0.1	23.1 ± 0.3	9.7 ± 0.4	0.2 ± 0.1	54.5 ± 0.6	12.3 ± 0.5

산 미역 및 구멍쇠미역과 크게 차이를 보이지 않았다. 한편, 넓미역에 함유되어 있는 알긴산 함량은 12.3%로 완도, 진도, 기장산 미역에 함유되어 있는 알긴산 함량(21.0-27.8%) 보다 낮게 나타났다(Choi et al. 2008). 이상의 연구 결과에서 보듯이 넓미역의 일반성분은 완도, 진도, 기장산 미역과 크게 차이를 보이지 않았으나, 알긴산 함량은 낮게 나타났다. 따라서, 넓미역에 함유되어 있는 기능성 다당류인 알긴산은 미역의 종(species)에 따라 다르게 함유되어 있는 것으로 보여진다.

유리 아미노산 함량 분석

넓미역에 함유되어 있는 구성 유리 아미노산은 Table 2에 나타난 바와 같이, 총 21종류로 분석되었다. 넓미역의 아미노산 함량은 alanine이 가장 높았으며, phenylalanine, aminoethanol, valine, glutamic acid, phosphoserine 순으로 나타났다. 한편, 기장산 미역에서는 proline, hydroxyproline 함량이 높게 나타났고, 구멍쇠미역에서는 glutamic

acid, asparagines, alanine 함량이 높게 나타났다(Choi et al. 2008; Park et al. 2012). 넓미역에는 체내에서 합성되지 않으며 반드시 음식으로 섭취해야 하는 필수 아미노산인 phenylalanine, valine의 함량이 각각 63.8, 37.2 mg (100 g dry weight basis)으로 비교적 높은 함유량을 보였으며, 맛을 내는데 중요한 glutamic acid 역시 34 mg으로 다른 아미노산 함량과 비교 하였을 때, 높은 함유량을 보였다. 넓미역과 기장, 진도, 완도산 미역의 필수 아미노산을 비교하면, 넓미역에 함유되어 있는 valine, methionine, leucine, phenylalanine은 기장, 진도, 완도산 미역보다 높게 나타났으며, threonine, isoleucine, lysine 등은 유사하게 나타났다. 필수 아미노산은 식품 단백질의 영양적 가치 평가의 기준으로서 매우 중요하다. 따라서, 넓미역은 다른 일반 미역보다 더 높은 영양적 가치를 가질 것으로 기대된다.

미네랄 함량 분석

넓미역의 미네랄은 Ca가 1589.1 mg(100 g dry weight basis)으로 가장 많이 함유되어 있었으며, Na와 Mg가 각각 344.6, 74.3 mg의 함유량으로 주요 미네랄로 밝혀졌고, Fe(1.5 mg), Zn(10.2 mg) 등은 미량으로 함유되어 있었다(Table 3). 한편, 기장, 진도, 완도산 미역의 주요 미네랄은 Ca가 76.3-101.2 mg으로 넓미역 보다 낮게 함유되어 있었으며, Na와 Mg는 각각 393.8-525.1, 83.1-94.9 mg으로 넓미역과 유사한 함유량을 보였다(Choi et al. 2008). 한편, Im et al. (2006)은 기장과 완도 다시마의 미네랄 함량을 연구 하였는데, 기장과 완도 다시마는 Ca 2,800 mg, Na 967.8 mg, Mg 486.8 mg으로 넓미역보다 높은 미네랄 함유량을 보였다. 또한, Park et al. (2012) 등이 보고한 구멍쇠미역의 주요 미네랄(Ca: 2838.4 mg, Na: 967.8 mg, Mg: 486.8 mg) 역시 넓미역보다 높은 함유량을 보였다. 따라서, 넓미역은 다시마, 구멍쇠미역보다는 낮은 미네랄 함량을 나타내었지만, 기장, 진도, 완도산 미역과 비교 하였을 때, Ca는 더 많이 함유되고 있으며, Na와 Mg는 유

Table 2. Free amino acid compositions of *U. peterseniana*

Amino acids	Contents (mg/100g of dry weight)
Phosphoserine	32.6 ± 1.4
Taurine	17.4 ± 1.3
aspartic acid	1.5 ± 0.1
Threonine	7.3 ± 0.4
Serine	4.2 ± 0.1
glutamic acid	34.1 ± 0.3
Glycine	15.5 ± 0.1
Alanine	413.8 ± 1.3
a-aminobutyric acid	0.8 ± 1.1
Valine	37.2 ± 1.5
Methionine	11.9 ± 0.1
Cystathionine	6.6 ± 0.8
Isoleucine	4.4 ± 0.4
Leucine	11.7 ± 1.6
Tyrosine	19.7 ± 1.5
Phenylalanine	63.8 ± 1.7
Aminoethanol	39.8 ± 1.4
Ammonia	29.7 ± 0.4
Ornithine	1.4 ± 0.3
Lysine	7.4 ± 0.1
Arginine	9.0 ± 0.3

Table 3. Mineral contents of *U. peterseniana*

Minerals	Contents (mg/100 g of dry weight)
Na	344.6 ± 1.9
Mg	74.3 ± 0.1
Ca	1589.1 ± 13.9
Fe	1.5 ± 0.1
Zn	10.2 ± 0.1

Table 4. Yields and total phenolic contents of EtOH extracts and hot-water extracts from *U. peterseniana*

	EtOH extracts	Hot water extracts
Yield (%)	2.7 ± 0.1	17.7 ± 1.2
Total phenolic contents (mg GAE/g sample)	15.7 ± 1.4	4.3 ± 0.3

사하게 함유되어 있기 때문에 식품 영양학적으로 일반미역보다 더 높은 가치를 가질 것으로 기대된다.

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 수율 및 총폴리페놀 함량

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 수율과 총폴리페놀 함량은 Table 4에 보여준다. 넙미역 EtOH 추출물의 수율은 2.7%로 나타났는데, 이는 Cho et al. (2012)이 보고한 홍조류 *Symphyclocladia latiuscula*, *Chondrus ocellatus*, *Carpopeltis affinis*의 EtOH 추출물 수율 1.4-1.8%와 유사하였다. 하지만, 갈조류 *Sargassum pallidum*의 70% EtOH 추출물 12.7%(Ye et al. 2009), 구멍쇠미역의 80% EtOH 추출물 12.3%(Park et al. 2012)보다는 낮은 수율을 보였다. 한편 넙미역 열수 추출물의 수율은 EtOH 추출물보다 높은 17.7%로, 갈조류 툃의 열수 추출물(16.2%)과 유사한 값을 보였다(Kim et al. 1998).

해조류에 함유되어 있는 총폴리페놀 함량은 항산화 활성과 높은 연관성을 갖는다(Duan et al. 2006). 따라서, 본 연구에서는 넙미역의 항산화 활성을 분석하기 위하여 넙미역 추출물의 총폴리페놀 함량을 조사하였다. 그 결과, 넙미역 추출물의 총폴리페놀 함량은 EtOH 추출물이 15.7 mg(GAE/g sample)의 값을 보이면서 열수 추출물(4.3 mg) 보다 높게 나타났다. 넙미역 EtOH 추출물의 총폴리페놀 함량은 구멍쇠미역의 80% EtOH 추출물(34.1 mg) 보다는 낮은 값을 보였지만(Park et al. 2012), 홍조류 EtOH 추출물의 총폴리페놀 함량(13.1-15.0 mg)과는 유사한 값을 보였다(Cho et al. 2012). 이상의 결과에서 보듯이 해조류의 종 및 추출방법에 따라 다른 수율과 총폴리페놀 함량을 보이는 이유는 해조류는 채집시기, 서식 환경, 종 및 추출 방법에 따라 다른 생리활성을 갖는 대사산물들을 함유하고 있기 때문이다(Cho et al. 2010; Park et al. 2012).

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 항산화 활성

DPPH 라디칼 소거능

넙미역 EtOH 및 열수 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 1과 같다. 넙미역 EtOH 및 열수 추출물은 농도가 62.5 µg/mL에서 1000 µg/mL로 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능도 증가하였다. 특히, 넙미역 EtOH 추출물의 1000 µg/mL 농도에서는 약 70%의 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, 500 µg/mL 농도에서는 47%로 약간 낮

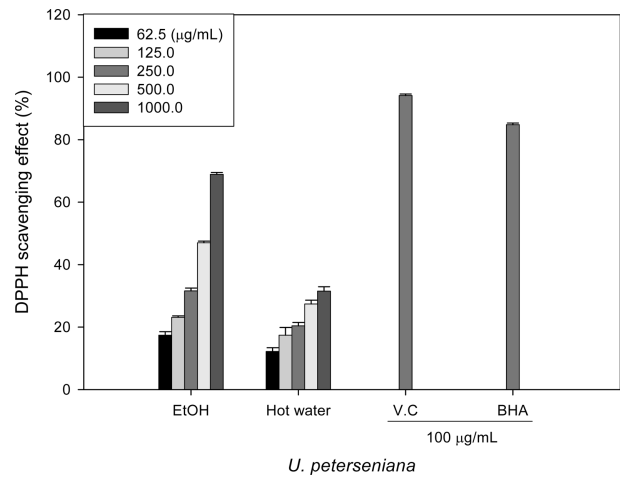


Fig. 1. DPPH (1,1-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity of EtOH extracts and hot water extracts from *U. peterseniana*. Ascorbic acid (V.C) and butylated hydroxy anisole (BHA), each at a concentration of 100 µg/mL, were used as positive controls

은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다. 그러나, 넙미역 열수 추출물은 가장 높은 농도인 1000 µg/mL 농도에서 약 30%의 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다. 비교 대조군으로 사용한 V.C와 BHA의 DPPH 라디칼 소거능은 100 µg/mL 농도에서 각각 94.1, 84.8%로 넙미역 EtOH 추출물 및 열수 추출물보다 높은 값을 보였다. 한편, Park et al. (2012)이 보고한 구멍쇠미역의 80% EtOH 추출물은 1000 µg/mL 농도에서 56.8%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, 갈조류 *S. pallidum*의 70% EtOH 추출물은 2000 µg/mL 농도에서도 넙미역보다 낮은 30.5%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였다(Ye et al. 2009). 또한, Cho et al. (2012)이 보고한 *S. latiuscula*, *C. ocellatus*, *C. affinis* EtOH 추출물은 1000 µg/mL에서 20% 이하의 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며, 녹조류 *Chaetomorpha moniliger*와 *Ulva pertusa* EtOH 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 35.5%, 28.5%로 넙미역의 DPPH 라디칼 소거능보다 낮게 나타났다(Cho et al. 2010). 이상의 결과는 넙미역의 EtOH 추출물은 효과적인 DPPH 라디칼 소거제로 사용될 수 있을 것이라 예상된다.

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 지용성 및 수용성 성질의 항산화 물질 모두 사용 가능한 보편적인 항산화 활성 측정 방법으로, ABTS의 양이온 라디칼의 흡광도가 항산화 활성 물질에 의해 감소되는 원리에 기초한 방법이다(Kim et al. 2002). 넙미역 EtOH 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 16.4-84.7%, 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 3.3-

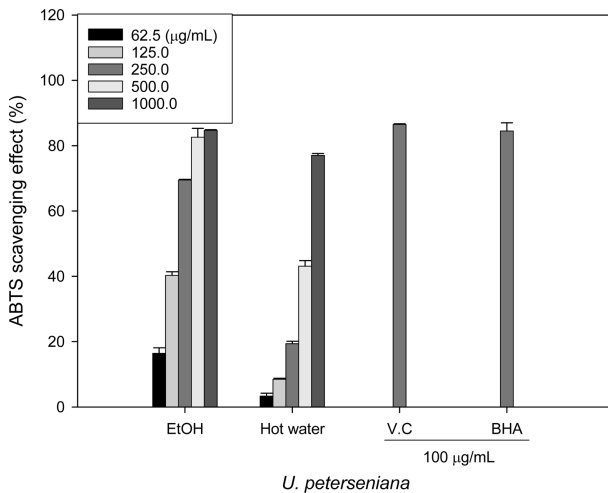


Fig. 2. ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) radical scavenging activity of EtOH extracts and hot water extracts from *U. peterseniana*. Ascorbic acid (V.C) and butylated hydroxy anisole (BHA), each at a concentration of 100 µg/mL, were used as positive controls

77.0%로 농도가 증가하면서 라디칼 소거능도 증가하였다 (Fig. 2). 특히 넓미역 EtOH 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 500 µg/mL 농도에서도 82.6%의 값을 보이면서 비교 대조군으로 사용한 V.C(86.5%) 및 BHA(84.5%)의 ABTS 라디칼 소거능과 유사한 값을 보였으며, 250 µg/mL에서 역시 69.5%의 높은 ABTS 라디칼 소거능을 보였다. 한편, 넓미역 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 1000 µg/mL 농도에서는 77.0%로 높게 나타났으나, 500 µg/mL 농도에서는 43.1%로 약간 낮아졌다. 넓미역 EtOH 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 Ahn et al. (2011)에 의해 보고된 *Ishige okamura* 및 *Undaria pinnatifida* EtOH 추출물 500 µg/mL 농도에서의 ABTS 라디칼 소거능(45.0, 20.1%) 보다 높게 나타났다. 하지만, *Ecklonia cava*, *E. stolonifera*, *Eisenia bicyclis* EtOH 추출물 500 µg/mL의 ABTS 라디칼 소거능(90.6, 91.2, 91.3%) 보다는 낮게 나타났다. 또한 넓미역 EtOH 및 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 홍조류 EtOH 추출물(1000 µg/mL, 1.1-16.2%)보다 높은 ABTS 라디칼 소거능을 보였으며, 넓미역 EtOH 추출물은 녹조류 MeOH 추출물(200 µg/mL, 34.5%)보다 높은 ABTS 라디칼 소거능을 보였다 (Shanab et al. 2011; Cho et al. 2012). 따라서, 넓미역 EtOH 및 열수 추출물은 효과적으로 ABTS 라디칼을 소거하는 것으로 판단된다.

환원력 측정(reducing power)

환원력 측정은 ferric-ferricyanide (Fe^{3+})가 항산화 활성

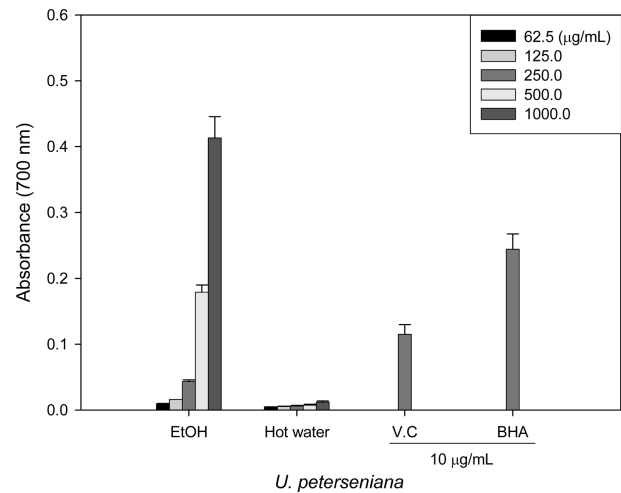


Fig. 3. Reducing power of EtOH extracts and hot water extracts from *U. peterseniana*. Ascorbic acid (V.C) and butylated hydroxy anisole (BHA), each at a concentration of 10 µg/mL, were used as positive controls

물질에 의하여 ferrous (Fe^{2+})로 환원되는 능력을 700 nm에서 측정하는 방법으로, 넓미역 EtOH 및 열수 추출물의 reducing power는 Fig. 3에 나타내었다. 넓미역 EtOH 추출물은 농도가 높아짐에 따라 reducing power가 증가하였으나, 넓미역 열수 추출물은 1000 µg/mL 농도에서도 흡광도 0.012로 reducing power를 거의 보이지 않았다. 또한, 넓미역 EtOH 추출물은 1000 µg/mL 농도에서 흡광도 0.413의 값을 보이면서 비교 대조군으로 사용한 V.C(0.115)와 BHA(0.230)보다 높은 reducing power를 보였다. 넓미역 EtOH 추출물의 reducing power는 구멍쇠미역 80% EtOH 추출물(1000 µg/mL, 0.25), *U. pinnatifida*의 EtOH 추출물(500 µg/mL, 0.123)보다 높게 나타났으나, *E. cava*, *E. stolonifera*, *E. bicyclis* EtOH 추출물(500 µg/mL, 0.880, 1.081, 1.147)보다는 낮았다(Ahn et al. 2011; Park et al. 2012). 한편, 넓미역 EtOH 추출물은 녹조류 *E. prolifera*의 EtOH 추출물(1000 µg/mL, 0.249), 홍조류 *Porphyra yezoensis*, *Kappaphycus alvarezii*의 EtOH 추출물(500 µg/mL, 0.114, 0.101) 보다 높은 reducing power를 보였다(Ahn et al. 2011; Cho et al. 2011). 따라서, 넓미역 EtOH 추출물은 Fe^{3+} 를 Fe^{2+} 로 효과적으로 환원시킨다고 생각된다.

이상의 연구 결과에서 보듯이 넓미역 EtOH 추출물은 넓미역 열수 추출물 보다 높은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능과 환원력을 보였다. 이러한 이유는 넓미역 EtOH 추출물에 함유되어 있는 phenolic compounds(fucoanthin 등) 때문이라 예상되지만, 정확한 항산화 활성 성분을 분석하기 위해서는 HPLC를 이용하여 단일물질로의 분리가

필요할 것으로 보인다.

4. 결 론

본 연구는 넓미역을 기능성 소재로 이용하기 위하여, 넓미역의 일반성분 분석, 알긴산 함량, 유리 아미노산 함량, 미네랄 함량, 넓미역 EtOH 추출물 및 열수 추출물의 총폴리페놀 함량과 항산화 활성을 연구하였다. 그 결과, 넓미역은 수분 12.5%, 회분 23.1%, 조단백질 9.7%, 조지방 0.2% 및 총탄수화물 54.5%의 함량을 보였으며, 알긴산이 12.3% 함유되어 있었다. 넓미역의 주요 아미노산 함량은 alanine이 가장 높았으며, phenylalanine, aminoethanol, valine, glutamic acid, phosphoserine 순으로 나타났다. 또한 넓미역의 미네랄 함량은 Ca(1589.1 mg), Na(344.6 mg), Mg(74.3 mg)가 Fe(1.5 mg), Zn(10.2 mg) 보다 높았다. 넓미역 EtOH 및 열수 추출물의 총폴리페놀 함량은 각각 15.7 mg과 4.3 mg으로 분석 되었으며, 넓미역 EtOH 추출물은 효과적인 DPPH, ABTS 라디칼 소거능 및 reducing power를 보였고, 넓미역 열수 추출물은 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었다. 결론적으로 넓미역은 유리 아미노산 및 미네랄을 풍부하게 함유하고 있어 영양학적 가치가 높으며, 넓미역 추출물은 높은 항산화 활성을 갖기 때문에 향후 기능성 식품, 화장품 및 의약품 소재로 사용될 가능성이 있을 것이라 기대된다.

사 사

이 연구는 한국해양과학기술원(Korea Institute of Ocean Science and Technology, KIOST)의 연구비(과제 번호: PE98921) 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 표합니다.

참고문헌

- AOAC (1984) Official Methods of Analysis, 14th ed, Association of Official Analytical Chemists, Association of Official Agricultural Chemist International, Washington, DC, USA
- AOAC (1995) Official Methods of Analysis, 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Association of Official Agricultural Chemist International, Washington, DC, USA, 1298 p
- Ahn SM, Hong YK, Kwon GS, Shon HY (2011) Evaluation of antioxidant and nitrite scavenging activity of seaweed extracts. *J Life Sci* **21**:576-583
- Azuma K, Nakayama M, Koshika M, Lpoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamaguchi Y, Ito H, Higashio H (1999) Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agric Food Chem* **47**:3963-3966
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol* **28**:25-30
- Cho ML, Lee DJ, You SG (2012) Radical scavenging activity of ethanol extracts and solvent partitioned fractions from various red seaweeds. *Ocean and Polar Res* **34**:445-451
- Cho ML, Lee HS, Kang IJ, Won MH, You SG (2011a) Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chem* **127**:999-1006
- Cho ML, Lee BY, You SG (2011b) Relationship between oversulfation and conformation of low and high molecular weight fucoidans and evaluation of their in vitro anticancer activity. *Molecules* **16**:291-297
- Cho ML, Kang IJ, Won MH, Lee HS, You SG (2010) The antioxidant properties of ethanol extracts and their solvent-partitioned fractions from various green seaweeds. *J Med Food* **13**:1232-1239
- Choi JS, Bae HJ, Kim YC, Park NH, Kim TB, Choi YJ, Choi EY, Park SM, Choi IS (2008) Nutritional composition and biological activities of the methanol extracts of sea mustard (*Undaria pinnatifida*) in Market. *J Life Sci* **18**: 387-394
- Duan XJ, Zhang WW, Li XL, Wang BG (2006) Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from red alga, *Polysiphonia urceolata*. *Food Chem* **95**:37-43
- Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC, Colditz GA (1992) Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J Natl Cancer Inst* **92**:1812-1823
- Hosokawa M, Wanezake S, Miyauchi K, Kurihara H, Kohno H, Kawabata J, Odashima S, Takahashi K (1999) Apoptosis-inducing effect of fucoxanthin on human leukemia cell line HL-60. *Food Sci Technol Res* **5**:243-246
- Hwang EK, Gong YG, Ha DS, Park CS (2010a) Inducing the regeneration and maturation of free-living gametophytes of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Laminariales, Phaeophyta). *Korean J Fish Aquat Sci* **43**:231-238
- Hwang EK, Gong YG, Park CS (2010b) Ecological characteristics of the endangered brown alga, *Undariopsis peterseniana* (Kjellman) Miyabe et Okamura, at Jeju Island, Korea: Growth and maturation. *Korean J Fish Aquat Sci* **43**:63-68
- Hwang EK, Shim CH, Ha DS, Gong YG, Park CS (2011)

- Regeneration and maturation induction of free-living gametophytes of *Undariopsis peterseniana* for their mass production. Korean J Fish Aquat Sci **44**:155-161
- Im YG, Choi JS, Kim DS (2006) Mineral contents of edible seaweeds collected from Gijang and Wando in Korea. J Korean Fish Soc **36**:16-22
- Ito N, Hirose M, Fukushima S (1986) Modifying effects of antioxidants on chemical carcinogenesis. Toxicol Pathol **14**:315-323
- Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M (1999) Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J Agric Food Chem **47**:3954-3962
- Kang JW (1996) On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull Pusan Fish Coll **7**:1-12
- Khan MNA, Cho JY, Lee MC, Kang JY, Park NG, Fuji H, Hong YK (2007) Isolation of two anti-inflammatory and one pro-inflammatory polyunsaturated fatty acids from the brown seaweed *Undaria pinnatifida*. J Agric Food Chem **55**:6984-6988
- Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY (2002) Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. J Agric Food Chem **50**:3713-3717
- Kim KY, Seo HD, Lee HS, Jo HY, Yang HC (1998) Studies on the blood anticoagulant polysaccharide isolated from hot water extracts of *Hizikia fusiforme*. J Korean Soc Food Sci Nutr **27**:1204-1210
- Lee IK, Choi DS, Oh YS, Kim GH, Lee JW, Kim KY, Yoo JS (1991) Marine algal flora and community structure of Chongsando Island on the south sea of Korea. Korean J Phycol **6**:131-143
- Lee KW, Koh SJ (1991) Algal flora of four islets without inhabitants along the coast of Cheju Island. Rep Sci Res, Four inhabited islets in the vicinity of Cheju Island. Cheju MBC 235-269
- Lee YP (1998) *Undariella*, a new genus of the Alariaceae (Laminariales, Phaeophyta). Algae **13**:419-426
- Maeda H, Hosokawa M, Sashima T, Funayama K, Miyashita K (2005) Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. Biochem Biophys Res Commun **332**:392-397
- Nakayama R, Tamura Y, Kikuzaki H, Nakatani N (1999) Antioxidant effect of the constituents of Susabinori (*Porphyra yezoensis*). J Am Oil Chem Soc **76**:649-653
- Oyaizu M (1986) Studies on products of browning reaction prepared from glucoseamine. Jpn J Nutr **44**:307-314
- Park SJ, Min KJ, Park TG (2012) Nutritional characteristics and screening of biological activity of *Agarum cribrosum*. Korean J Food Nutr **25**:842-849
- Park KI, Donaghy L, Kang HS, Hong HK, Kim YO, Choi KS (2012) Assessment of immune parameters of manila clam *Ruditapes philippinarum* in different physiological conditions using flow cytometry. Ocean Sci J **47**:19-26
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med **26**:1231-1237
- Regnstrom J, Nilsson J, Tornvall P, Landou C, Hamsten A (1992) Susceptibility to low-density lipoprotein oxidation and coronary atherosclerosis in man. Lancet **339**:1183-1186
- Rice-Evans CA, Miller HJ, Oaganga G (1996) Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radic Biol Med **20**:933-956
- Sachindra NM, Sato E, Haeda H, Hosokawa M, Niwano Y, Kohno M, Miyashita K (2007) Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of marine carotenoids fucoxanthin and its metabolites. J Agric Food Chem **55**:8516-8522
- Safer AM, al-Nughamish AJ (1999) Hepatotoxicity induced by the antioxidant food additive, butylated hydroxytoluene (BHT), in rats: an electron microscopical study. Histol Histopathol **14**:391-406
- Shanab SMM, Shalaby EA, El-Fayoumy EA (2011) *Enteromorpha compressa* exhibits potent antioxidant activity. J Biomed Biotechnol **2011**:726405. doi:10.1155/2011/726405
- Yan XJ, Li XC, Zhou CX, Fan X (1996) Prevention of fish oil rancidity by phlorotannins from *Sargassum kjellmanianum*. J Appl Physiol **8**:201-203
- Ye H, Zhou C, Sun Y, Zhang X, Liu J, Hu Q, Zeng X (2009) Antioxidant activities in vitro of ethanol extract from brown seaweed *Sargassum pallidum*. Eur Food Res Technol **230**:101-109
- You BJ, Im YS, Jeong IH, Lee KH (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

Received Sep. 17, 2013

Revised Oct. 18, 2013

Accepted Nov. 15, 2013