거대녹조류 창자파래 추출물의 항균, 항산화 활성

김동현, 정귀택*

Antimicrobial and Antioxidant Activities of Extracts of Marine Green-algae *Enteromorpha intestinalis*

Dong-Hyun Kim and Gwi-Taek Jeong*

접수: 2014년 1월 28일 / 게재승인: 2014년 3월 30일
© 2014 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

Abstract: In this study, we investigate the antimicrobial and antioxidant activities of extracts of *Enteromorpha intestinalis*. To evaluate the antimicrobial and antioxidant activities, three solvents (hexane, chloroform and methanol) were applied to obtain extracts. The extraction yields are hexane (A) 1.11%, chloroform (B) 0.94%, and methanol (C) 8.2%. Also, the contents of total phenolic compounds of extract A, B, C are 4.03%, 8.15%, and 2.33%, respectively. In the results of antimicrobial activity, extract A and B have higher activity than that of extract C. Especially, *Vibrio vulnificus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* are more sensitive than others. In antioxidant activity, extract A and B present the higher DPPH activity than that of control (BHA and ascorbic acid). The DPPH radical scavenging activity and SOD-like activity are ordered as B>C>A. However, extract C show high value in ferric reducing antioxidant power assay. In nitrite scavenging activity, extract A is relatively higher than others. However, the antioxidant activities are lower than that of controls (ascorbic acid and BHA). The antioxidant activities are presented the increasing pattern of increasing by the increasing of extract concentration.

Keywords: *Enteromorpha intestinalis*, Antimicrobial activity, Antioxidant activity

1. INTRODUCTION

지구상의 동·식물로부터 항균, 항산화, 항암, 항염증 등의 효과가 있는 생리활성 물질에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 식품의 변질과 부패를 막고, 활성산소를 제거하기 위한 항균, 항산화 물질에 대한 연구가 육상의 식물을 비롯하여 바다의 해조류를 대상으로 한 연구가 보고되고 있다 [1-3].

모든 생물체들은 산소를 이용하여 에너지를 생성하는 과정에서 생성되는 활성산소의 유리로 인한 산화적 스트레스가 생체 내의 DNA, 단백질, 당, 지질 등에 비선택적, 비가역적인 변형을 가져와 노화, 암, 뇌질환, 심장질환, 자가 면역질환, 동맥경화 등 질병의 원인이 되고 있다 [3-5]. 인위적으로 활성산소의 산화작용을 억제하기 위하여 항산화 물질을 사용하고 있다. 천연 물질로부터 vitamin C, tocotrienol, flavonoid, glutathione, carotenoid 등의 항산화물질을 얻을 수 있다. 또한 식품의 품질저하를 야기하는 산화반응을 차단하기 위하여 dibutyl-l-hydroxytoluene (BHT), α -tocopherol, butyl hydroxyanisole (BHA), calcium disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA-Ca,Na), disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA-Na), nordihydroguaiaretic acid (NDGA), propyl gallate, erythorbic acid, isopropyl citrate, resin guaiac, sodium erythorbate 등과 같은 합성 항산화제를 사용하고 있다 [3,6]. 합성 항산화제는 효과와 경제성이 우수하나, 최근 안전성 문제가 제기됨에 따라 새로운 항산화 물질의 개발이 요구되고 있다 [3,7].

해조류 중 녹조류에 속하는 파래는 갈파래과에 속하며, 전 세계적으로 널리 분포하고 있으며, 주로 해안의 바위에 부착하여 서식하고 있다. 우리나라에는 납작파래 (*Enteromorpha compressa*), 가시파래 (*E. prolifera*), 잎파래 (*E. linza*), 격자파

부경대학교 생물공학과
Department of Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-738, Korea
Tel: +82-51-629-5869, Fax: +82-51-629-5863
e-mail: gtjeong@pknu.ac.kr

래 (*E. clathrata*), 창자파래 (*E. intestinalis*) 등이 서식하고 있다 [6,8]. 본 연구에 사용된 창자파래 (*link confertii*; *E. intestinalis*)는 녹조식물문 갈파래목 (Ulvales) 갈파래과 (Ulvaceae)에 속한다. 형태는 둥근 대롱 모양을 하나, 광합성으로 인한 산소가 모여 쪼글쪼글하게 꼬이거나 불규칙하게 잘록해져 창자 모양을 나타내어 ‘창자파래’라 불리고 있다 [9,10]. 창자파래는 식품으로서의 영양성 연구뿐만 아니라, 항산화, 저분자 peptide의 기능성, 항돌연변이 활성 및 암성장 억제, angiotensin-1 전환효소 저해활성 등과 같은 생리활성 성분에 대한 연구도 보고되었다 [9,11-15].

본 연구는 국내에서 양식한 창자파래 (*E. intestinalis*)로부터 3가지의 용매 추출물 (hexane, chloroform, methanol)을 얻은 후, 이들 추출물들의 항균 및 항산화능을 조사하여 해조류 파래 유래 생리활성 물질의 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. 실험재료

실험에 사용한 파래 (*Enteromorpha intestinalis*)는 2012년에 전남 진도에서 수확한 것을 건조한 후 분쇄하여 실험에 사용하였다. 항균 활성 실험을 위하여 사용한 Muller Hinton II 배지는 MERCK 사의 제품을, 그리고, 페이퍼 디스크 (직경 8 mm)는 ToyoRoshi Kaisa, Ltd (Japan)의 제품을 사용하였다. 항산화 활성 실험을 위하여 사용한 butylated hydroxyanisole (BHA)와 ascorbic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), chlorogenic acid는 Sigma-Aldrich Co.(USA) 제품을, Na₂CO₃와 DMSO는 Kanto chemical (Japan) 제품을, 그 밖에 Folin-Ciocalteu reagent는 Wako pure chemical Co. (Japan)의 제품을 사용하였다.

2.2. 추출 및 분획

항균, 항산화 활성 측정에 사용한 파래 추출물 시료는 파래 분말에 각각의 유기용매를 순차적으로 Soxhlet 추출기를 사용하여 추출하여 유기용매를 제거한 후, 일정농도가 되도록 DMSO에 녹여 항균, 항산화 실험에 사용하였다. 사용한 추출용매로는 유전율(dielectric constant)에 따라 용매의 극성이 서로 다른 3가지의 용매 n-hexane (유전율 1.88) (A), chloroform (4.18) (B), methanol (33) (C)을 이용하여 순차적으로 추출하였다.

2.3. 항균 활성

실험에 사용한 파래 추출물은 각 용매별 추출물 (A, B, C)에서 유기용매를 제거한 후, 추출 분획 중 지질성분을 용해하기 위하여 0~50 mg/mL의 농도가 되도록 DMSO에 용해하여 일정 농도로 제조하여 항균 활성 측정용 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용된 균주는 그람음성균 (3종)인 *Vibrio vulnificus* M06-2410, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *E. coli*, 그람양성균 (3종)인 *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis* KCTC

1028, *Staphylococcus aureus* KCTC 3881, 그리고 yeast (2종)인 *Saccharomyces cerevisiae* P7222, *Candida bombicola* ATCC 11858를 사용하였다. 디스크 확산법에 의한 파래 추출물의 항균활성 검정은 다음과 같이 수행하였다. Muller Hinton II 고체배지를 페트리 접시에 분주하여 응고 후, 각각의 실험 균주 200 μ L 씩을 도말하였다. 멸균된 페이퍼 디스크를 배지 위에 6개씩 올려놓고, 미리 적정농도로 희석된 파래 분획별 추출물을 20 μ L씩 점적한 후, 34°C에서 24시간 동안 배양한 후 생성된 생육저지환의 크기를 조사하여 항균활성을 검정하였다 [3].

2.4. 항산화 활성

파래 추출물의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능, 환원력, superoxide dismutase (SOD) 유사활성, 아질산 소거능을 대조구 (BHA, ascorbic acid)와 비교하였다.

2.4.1. DPPH radical 소거능

각 추출 분획의 DPPH radical 소거능 측정은 hydrazyl에 불안정한 상태의 질소원자가 수소원자를 받아들이는 성질을 이용하여 항산화 물질과 반응하여 자체의 정색성을 소실하는 DPPH의 특성을 이용한 측정방법이다 [1-3]. 각 추출물 시료를 DMSO에 녹여 0.05~10 mg/mL의 농도로 조절하여 실험에 사용하였다. DPPH 용액은 DPPH 3 mg을 에탄올 15 mL에 녹인 용액 1.5 mL에 다시 에탄올 3 mL와 DMSO 0.5 mL를 혼합하여 제조하였다. DPPH 용액에 시료 50 μ L를 혼합하여 상온에서 10분간 반응한 후 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 50 μ L의 DMSO를 첨가하여 반응 후 얻은 흡광도 값을 사용하였다. DPPH의 전자공여능 (electron donating ability, EDA)은 EDA (%) = (B-A)/B $\times$ 100 (A: 시료의 흡광도, B: 대조구의 흡광도)로 계산하였다. 대조구로 BHA, ascorbic acid를 사용하여 항산화 활성을 비교하였다 [1-3].

2.4.2. 환원력 (Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay)

적당한 농도로 희석한 시료 0.2 mL에 200 mM sodium phosphate (pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide 0.2 mL를 혼합하여 50°C에서 20분간 반응 후, 10% trichloroacetic acid 0.2 mL를 첨가 후 혼합하여 10,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 0.5 mL의 상등액에 0.1% ferric chloride 0.5 mL를 혼합 후 분광광도계를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다 [1,2]. 대조구로는 BHA와 ascorbic acid를 사용하였다.

2.4.3. Superoxide dismutase (SOD) 유사활성

시료 0.2 mL에 10 mM EDTA를 함유한 50 mM tris-HCl buffer (pH 8.5) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응한 후, 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시킨 후, 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 BHA를 사용하였다. SOD 유사활성 (%) =

$[1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도})] \times 100$ [1,2].

2.4.4. 아질산 소거능

각각의 시료 0.4 mL에 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL를 첨가하고, 0.1 N HCl 및 0.2 M 구연산 완충용액 (pH 3, 6)을 사용하여 반응액의 pH를 조정한 다음 반응액의 최종부피를 10 mL로 맞추었다. 반응액을 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후, 반응액을 각각 1 mL 취하여 여기에 2% acetic acid 5 mL, Griess reagent 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하여 15 분간 실온에서 방치하여 반응 후 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아질산 소거능은 다음과 같이 계산하였다. 아질산 소거능 (%) = $[1 - \{(\text{시료첨가군의 흡광도} - \text{대조군의 흡광도}) / \text{시료첨가군의 흡광도}\}] \times 100$ [1,2].

2.5. 총 페놀성 화합물의 함량

시료 중의 총 페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis법을 변형하여 측정하였다. 미지의 시료 0.1 mL에 2배 희석된 Folin-Ciocalteu phenol reagent 1 mL를 첨가하여 혼합 후, 실온에 3분간 반응시켰다. 반응 후, Na₂CO₃ 포화용액 1 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 동안 반응시켰다. 상층액을 분광광도계를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하여 총 페놀성 화합물의 함량을 계산하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였다 [1-3].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. 추출 및 분획

항균, 항산화 활성 측정에 사용한 파래 추출물 시료는 각각의 유기용매 (n-hexane, chloroform, methanol)를 순차적으로 Soxhlet 추출기를 사용하여 추출하였다. 추출시료 20 g에 추출용매 350 mL를 사용하여 색의 변화가 없을 때까지 5 시간 동안 추출하였다 (Fig. 1). 극성이 가장 강한 methanol이 가장 많은 추출수율을 나타내었다. 각각의 추출용매의 추출수율은 hexane 1.11%, chloroform 0.94%, 그리고 methanol 8.2%이었다. 실험에 사용한 파래 추출물은 각 용매별 추출물에서 유기용매를 제거한 후 DMSO에 녹여 일정 농도 (0~10 mg/mL)가 되도록 조절하여 항균 및 항산화 활성 실험에 사용하였다. 각각의 유기용매 추출물을 추출물 A (hexane), B (chloroform), 그리고 C (methanol)로 명명하였다.

3.2. 총 페놀성 화합물의 함량

시료 중의 총 페놀성 화합물의 함량을 페놀성 물질이 phosphomolybdate와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 Folin-Denis법을 변형하여 측정할 결과 (Table 1), 1 mg/mL 농도의 추출물 A, B, C 시료 중의 총 페놀성 화합물의 함량은 각각 4.03±0.05%, 8.15±0.00%, 2.33±0.09%로 나타났다. B 분획 (chloroform) 시료에서 가장 많은 양의 페놀성 화합물이 함유되어 있음을 확인하였다.

Fig. 1. Effect of solvent on lipid extraction of *E. intestinalis* using soxhlet extractor.

Table 1. Content of total phenolic compounds in extracts A, B and C of *E. intestinalis*

Extracts	Content (%)
Hexane extract (A)	4.03±0.05
Chloroform extract (B)	8.15±0.00
Methanol extract (C)	2.33±0.09

3.3. 항균 활성

용매별 파래 추출물 (extract A, B, C)을 8 종의 미생물을 대상으로 디스크 확산법을 이용하여 항균 활성을 측정할 결과 (Table 2), 일반적으로 추출물 A와 B에서 상대적으로 높은 항균활성을 나타내었다. 특히, *V. vulnificus*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, *E. coli*에서 상대적으로 높은 항균활성을 나타내었다. 주로 추출물 A와 B는 지질 성분과 폴리페놀로 구성되어 있으리라 판단된다. 추출물 A와 B는 항산화 물질로 알려져 있는 총페놀성 화합물의 농도가 상대적으로 높게 나타났다 (Table 1). 송 등 [16]은 청미래덩굴 뿌리 추출물 분획 중 페놀성 화합물의 농도가 *Bacillus megaterium*과 *B. subtilis*에 대한 항균 활성에 비례한다고 보고하였다.

3.4. 항산화 활성

3.4.1. DPPH radical 소거능

각 추출 분획의 DPPH radical 소거능 측정은 항산화 물질과 반응하여 자체의 정색성을 소실하는 DPPH의 특성을 이용한 방법으로 측정하였다 [1-3]. 0.05 mg/mL에서 10 mg/mL의 농도에서 실험한 결과 (Fig. 2), 실험에 사용한 추출물 A, B, C 모두, 대조구로 사용한 BHA, ascorbic acid와 비교하여 항산화 활성이 낮았다. 시료의 농도가 증가할수록 직선적으로 DPPH radical 소거능이 증가하는 경향을 보였다. 1 mg/mL에서의 DPPH radical 소거능을 비교한 결과, 추출물 A, B, C에서는 각각 17.2%, 14.1%, 3.8%를 나타내어 대조구로 사용한 ascorbic acid 62.9%, BHA 96.1%에 비하여 낮은 값을 나타내

Table 2. Antimicrobial activity of extracts A, B and C of *E. intestinalis*

Conc. (mg/mL)	<i>Vibrio vulnificus</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			<i>Bacillus megaterium</i>			<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
50	++*	++	+	+++	++	++	++	+	+	-	++	+
10	++	+	+	++	++	++	++	++	+	-	++	+
5	++	+	+	++	++	++	++	+	+	-	++	+
1	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
0.5	+	+	-	+	++	+	+	+	+	+	+	+
0.1	+	+	-	-	++	-	+	+	-	-	+	+
control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Conc. (mg/mL)	<i>Candida bombicola</i>			<i>E. coli</i>			<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Staphylococcus aureus</i>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
50	++	+	+	++	++	++	++	+	+	+	+	+
10	+	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	++	++	+	++	+	+	+	+	+
1	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
0.5	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+
0.1	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+
control	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+

*-, (no); + (8-10 mm); ++ (10-12 mm); +++ (over 12 mm)

Fig. 2. Effect of *E. intestinalis* extracts on the DPPH radical scavenging activity.

었다. 추출물 A는 BHA에 비하여 5.5배 낮은 DPPH radical 소거능을 나타내었다. 김 등 [1]은 미역 열수추출물의 항산화 효과를 알아보기 위하여 DPPH radical 소거능을 측정된 결과, 시료의 농도가 5 mg/mL까지는 거의 비슷한 낮은 값 (2.9%)을 보였으며, 50 mg/mL에서 70.1%의 소거능을 얻었다고 보고하였다. 이때 대조구로 사용한 ascorbic acid의 소거능은 2.5 mg/mL에서 92.3%를 보고하였다. 다시마 열수추출물의 경우에는 2.5~50 mg/mL의 농도로 DPPH radical 소거능을 측정된 결과, 시료 농도 증가에 따라 소거능이 증가하여 1 mg/mL에서는 약 6%, 5 mg/mL에서는 약 15%, 10 mg/mL에서는 약 30%, 그리고 50 mg/mL에서는 86.4%가 제거되었다고 보고되었다 [2].

Fig. 3. Ferric reducing antioxidant power assay of *E. intestinalis* extracts.

3.4.2. 환원력 (Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay) 환원력은 항산화 활성과 밀접한 관계를 가지고 있다고 알려져 있으며, 시료의 특성과 농도, 추출용매 등에 따라 다른 값을 나타낸다 [1,2]. 실험에 사용한 추출물 A, B, C 모두에서 대조구로 사용한 BHA, ascorbic acid와 비교하여 환원력이 5 mg/mL 이하에서는 낮게 나타났다 (Fig. 3). 농도가 증가할수록 직선적으로 증가하는 경향을 보였다. 10 mg/mL의 높은 농도에서는 B와 C의 경우에는 대조구 (ascorbic acid)에 비해 높게 나타났다. 추출물 A, B, C의 경우에는 DPPH radical 소거능 결과(Fig. 2)와는 다르게 추출물 C가 가장 높은 환원력을 나타내었으며, 추출물 A가 가장 낮았다. 미역 열수추출물의 경우에는 5 mg/mL까지는 매우 낮은 환원력 결과를 보였고, 50 mg/mL에서 약 3배의 환원력이 증가되었다고 보

Fig. 4. Superoxide dismutase (SOD)-like activity of *E. intestinalis* extracts.

고되었으나, 대체적으로 대조구 (ascorbic acid)에 비하여 낮은 값을 보고하였다 [1]. 다시마 열수추출물을 0.01~100 mg/mL까지 첨가하여 환원력을 측정된 결과에 의하면 시료의 농도가 증가할수록 환원력도 증가하였고, 총 페놀함량이 증가함에 따라 환원력도 증가하는 경향을 보고하였다 [2].

3.4.3. Superoxide dismutase (SOD) 유사활성

Superoxide dismutase (SOD)는 세포에 유해한 화학종을 과산화수소 (H_2O_2)로 전환시키는 효소이다 [1]. 이와 유사한 화학반응을 대상으로 시료의 항산화능을 조사하였다. 실험에 사용한 추출물 A, B, C는 모두 대조구로 사용한 BHA와 비교하여 항산화 활성이 낮았다 (Fig. 4). 농도가 증가할수록 시료 B는 조금 증가되는 경향을 나타냈다. 실험에 사용한 시료 모두에서 1 mg/mL 이상에서는 큰 변화 없이 일정한 값을 나타내었다. 추출물 A, B, C의 경우에는 DPPH radical 소거능 결과 (Fig. 2)와 유사하게 추출물 B, A, C의 순으로 SOD 유사활성이 높게 나타났다. 0.5-50 mg/mL 농도의 미역 열수추출물의 경우에는 최대 약 13% 정도로 모든 시료에서 낮았다고 보고되었다 [1].

3.4.4. 아질산 소거능

아질산염은 식품에 첨가하여 발색, 독소생성 억제, 산패 방지 등의 용도로 사용되고 있으나, 발암성 물질인 니트로사민의 생성반응 전구체로 알려져 있어 아질산염에 대한 소거능력이 있는 물질에 대한 연구가 진행되고 있다 [1,2]. 본 연구에서 사용한 시료의 아질산 소거능을 확인한 결과, 5 mg/mL 이하에서는 실험에 사용한 시료 B, C 모두 대조구로 사용한 BHA와 ascorbic acid에 비하여 아질산 소거능이 낮게 나타났다 (Fig. 5). 실험에 사용한 시료 중 추출물 A에서 상대적으로 높은 아질산 소거능을 보였으나, 대조구로 사용한 ascorbic acid와 BHA에 비해서는 낮은 값을 나타내었다. 시료의 농도가 증가할수록 아질산 소거능도 증가하는 경향을 보였다. 반

Fig. 5. Nitrite scavenging activity of *E. intestinalis* extracts.

면에 미역 열수추출물의 아질산 소거능의 결과, 1 mg/mL까지는 거의 활성을 보이지 않은 반면 5 mg/mL에서는 30.1%의 소거능을 보였고, 대조구로 사용한 ascorbic acid의 경우에는 5 mg/mL 이상에서는 거의 100%의 소거 활성을 보고하였다 [1]. 또한 다시마 열수추출물의 경우에는 아질산염 소거능이 농도가 증가할수록 증가하여 5 mg/mL에서 47.6%, 100 mg/mL에서는 86.2%가 제거되었다고 보고되었다 [2].

4. CONCLUSION

본 연구에서는 국내에서 양식한 창자파래 (*E. intestinalis*)로부터 추출한 3가지의 추출물 (hexane, chloroform, methanol)을 대상으로 추출물들의 항균 및 항산화능을 조사하였다. 추출수율은 hexane (A) 1.11%, chloroform (B) 0.94%, 그리고 methanol (C) 8.2%이었다. 추출물 A, B, C 중의 총 페놀성 화합물의 함량은 각각 4.03%, 8.15%, 2.33%로, 추출물 B (chloroform) 시료가 가장 많은 양의 페놀성 화합물이 함유되어 있었다. 용매별 파래 추출물 (extract A, B, C)의 항균활성을 측정된 결과, 추출물 A와 B에서 상대적으로 높은 항균활성을 나타내었으며, 특히, *V. vulnificus*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, *E. coli*에서 상대적으로 높은 항균활성을 나타내었다. 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능, SOD 유사활성, 환원력, 아질산 소거능에 대한 실험을 수행한 결과, DPPH radical 소거능과 SOD 유사활성은 추출물 B, A, C의 순으로 높았다. 반면에 환원력 측정에서는 추출물 C가 가장 높았으며, 추출물 A가 가장 낮았다. 아질산 소거능에서는 시료 중 추출물 A에서 상대적으로 높았으나, 대조구로 사용한 ascorbic acid와 BHA에 비해서는 낮은 값을 나타내었다. 시료의 농도가 증가할수록 항산화 활성도 증가하는 경향을 보였다. 위의 연구결과로부터 창자파래 추출물의 식품소재 및 생리활성 물질로의 개발가능성을 확인하였다.

Acknowledgements

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2012R1A1A2006718).

REFERENCES

- Kim, Y. S., H. G. Nam, H. J. Shin, M. S. Na, M. H. Kim, C. W. Lee, J. S. Kim, Y. L. Piao, and W. S. Cha (2011) Effect of hot water extract of *Undaria pinnatifida* on the activities of antioxidant and nitrite scavenging. *KSBB J.* 26: 151-156.
- Kim, Y. S., C. O. Kang, M. H. Kim, W. S. Cha, and H. J. Shin (2011) Contents of water extract for *Laminaria japonica* and its antioxidant activity. *KSBB J.* 26: 112-118.
- Jeong, G. T., K. M. Lee, and D. H. Park (2006) Study of antimicrobial and antioxidant activities of *Rumex crispus* extract. *Korean Chem. Eng. Res.* 44: 81-86.
- Aruoma, O. I. (1994) Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. *Food Chem. Toxicol.* 32: 671-754.
- Davies, K. F. and A. L. Goldberg (1987) Proteins damaged by oxygen radicals are rapidly degraded in extracts of red blood cells. *J. Biol. Chem.* 262(17): 8227-8261.
- Korean society of food science and technology (2008) Encyclopedia of food science and technology, Gwangil munhwasa, South Korea.
- Choe, S. Y. and K. H. Yang (1982) Toxicological studies of antioxidants butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxy anisole (BHA). *Korean J. Food Sci. Technol.* 14: 283-288.
- http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000726628
- Han, Y. B. (2010) Edible seaweed II - Components and biological activity. pp. 262-269. Korea University Press, South Korea.
- Lee, Y. P. (2008) Seaweed in Jeju. Academic Press, South Korea.
- Kwak, C. S., S. A. Kim, and M. S. Lee (2005) The Correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1143-1150.
- Kim, S. A., J. Kim, M. K. Woo, C. S. Kwak, and M. S. Lee (2005) Antimutagenic and cytotoxic effects of ethanol extracts from five kinds of seaweeds. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 451-459.
- Park, J. H., K. C. Kang, S. B. Baek, Y. H. Lee, and K. S. Rhee (1991) Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 256-261.
- Lee, H. O., D. S. Kim, J. R. Do, and Y. S. Ko (1999) Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of algae. *J. Korean Fish. Soc.* 32: 427-431.
- Choi, J. S., J. H. Lee, and J. H. Jung (1997) The screening of nitrite scavenging effect of marine, algae and active principles of *Ecklonia Stolonifera*. *J. Korean Fish. Soc.* 30: 909-915.
- Song, J. H., S. H. Song, Y. G. Yang, B. G. Son, Y. W. Choi, and J. S. Kang (1999) Antimicrobial activity of extract from *Smilax china*. *J. Agri. Tech. & Dev. Inst.* 3: 163-168.