Microbiol. Biotechnol. Lett. (2017), 45(2), 118–123
http://dx.doi.org/10.4014/mbl.1609.09001
pISSN 1598-642X eISSN 2234-7305

MBL
Microbiology and Biotechnology Letters

짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*) 추출물의 항산화 효과

박지혜[1], 박선희[1], 김민지[1], 김꽃봉우리[1], 최정수[2], 안동현[1]*
[1]부경대학교 식품공학과/식품연구소
[2]경남정보대학교 호텔외식조리계열

Received: September 6, 2016 / Revised: December 14, 2016 / Accepted: December 19, 2016

Antioxidant Effect of *Sargassum hemiphyllum* Extracts
Ji-Hye Park[1], Sun-Hee Park[1], Min-Ji Kim[1], Koth-Bong-Woo-Ri Kim[1], Jung-Su Choi[2], and Dong-Hyun Ahn[1]*
[1]*Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea*
[2]*Subdivision of Culinary Arts, Kyungnam College of Information and Technology, Busan 47011, Republic of Korea*

This study was conducted to determine the antioxidant activities of ethanol and water extracts of *Sargassum hemiphyllum*. Antioxidant activities were evaluated by assessing total phenolic contents, 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, chelating effect, reducing power, and using the rancimat method. Total phenolic contents in the ethanol and water extracts were 17.91 and 13.44 mg gallic acid equivalents/g, respectively. Ethanol extract showed higher DPPH radical scavenging activity than water extract and similar activity to that of BHT. The reducing power of ethanol and water extracts increased in a concentration-dependent manner. Particularly, ethanol extract was more effective than water extract. Water extract showed a higher chelating effect compared to ethanol extract. The antioxidant index measured by rancimat was lower than those in BHT, but the ethanol extract showed a higher value than the water extract. The ethanol extract showed higher antioxidant activity than the water extract, except for the chelating effect. These results suggest that the ethanol extract of *Sargassum hemiphyllum* has more potent antioxidant activity and may be used as a source of natural antioxidants.

Keywords: **Antioxidant effect, DPPH radical scavenging, *Sargassum hemiphyllum***

서 론

체내에서 영양소의 산화과정 중 산소의 약 95% 이상은 물로 환원되지만 일부 산소가 불완전하게 전자를 흡수하는 과정에서 불안정한 산소 환원체가 되는데 이를 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)이라고 한다[1]. 활성산소는 superoxide radical (O_2^-), hydroxyl radical (·OH), peroxyl radical (ROO·)과 같은 산소 중심의 radical과 singlet oxygen ($^1O_2$), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroperoxide (ROOH)와 같은 비라디칼 종들을 포함한다. 활성산소는 정상적인 대사과정뿐만 아니라, 자외선, 스트레스, 대기오염 및 흡연과 같은 다양한 환경적 요인에 의해서도 생성된다. 활성산소가 과잉 생성될 경우 생체 내에서는 지질 과산화 반응으로 인한 과산화물질의 생성, 단백질 및 DNA의 산화로 인한 염증 유발, 암, 동맥경화, 고혈압, 류마티스 관절염과 같은 각종 질병과 노화를 촉진시킨다[2, 3]. 활성산소와 질병과의 관련성을 보고한 연구가 활발해짐에 따라 free radical의 발생을 억제시키고 산화작용으로부터 생체를 보호할 수 있는 다양한 항산화제가 개발되고 있다. BHA, BHT와 같은 합성 항산화제의 경우 탁월한 효과로 폭넓게 사용되고 있으나 다량으로 섭취하거나 체내에 축적이 될 경우 생체효소 및 지방의 변화로 피부자극, 각종 장애, 성 호르몬 감소, 신경 계통의 이상 등을 일으킬 수 있으며, 독성 및 발암성을 나타내는 것으로 보고되고 있다[1, 4, 5]. 또한 천연 항산화제로 널리 알려진 tocopherol은 안전하기는 하나 단독으로는 산화연쇄반응 저지 능력이 낮고 가격이 비싼 단점이 있다[6]. 이러한 이유로 천연물로부터 항산화 능력이 우수하면서도 독성이 없는 천연 항산화제에 관한 연구가 절실히 요구되고 있

***Corresponding author**
Tel: +82-51-629-5831, Fax: +82-51-629-5824
E-mail: dhahn@pknu.ac.kr
© 2017, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

다. 최근 천연해양식물 중에 함유된 다양한 생리활성물질에 관한 연구가 성행하여[7] 항균[8, 9], 항암[10], 항산화[8, 11], 항아토피[12] 물질에 관한 연구가 이루어져 기능성 식품 및 약품개발 소재로서 주목받고 있다.

짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*)은 모자반과의 갈조류로 손가락 모양의 뿌리에서 나온 줄기는 외가닥으로 길어지거나 두 갈래로 갈라져 윗부분에서 가지를 낸다. 잎은 얇고 주걱모양이며 기포는 알 모양으로 끝에 가시모양의 잎을 가진다. 상부의 잎이 좌우대칭이 아니기 때문에 짝잎모자반이라고 불리며 우리나라 동해안과 제주 지역 및 일본 해역에 분포한다. 짝잎모자반에 대한 연구를 보면 항알러지[13], 항돌연변이 및 암세포 증식 억제[14] 효과 등이 보고되고 있으며 세포 내 지질 과산화물 생성 억제에 관한 연구[15]가 보고되고 있다. 본 연구에서는 짝잎모자반의 에탄올 및 물 추출물을 대상으로 항산화능을 알아보고 이를 바탕으로 식품 산업에 항산화 물질로서의 적용 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*)은 부산 인근 해안에서 채취하여 담수로 깨끗이 씻은 다음 세절하고 동결 건조하여 잘게 분쇄한 후 −20℃에서 동결 저장하면서 사용하였다.

추출

동결 건조된 분말을 95% 에탄올로 추출한 다음 잔사에 물을 이용하여 추출하였다. 먼저 95% 에탄올을 시료의 10배량 가하여 실온에서 Shaker (Dongwon Science Co., Korea)를 이용하여 180 rpm으로 교반하면서 24시간 추출한 후 원심분리기(UNION 32R, Hanil Co., Korea)로 1,977 ×*g*에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액을 취한 후 남은 잔사에 동일한 용매를 가하여 같은 방법으로 2회 반복 추출하였다. 에탄올 추출 후 남은 잔사는 37℃에서 건조하여 물 추출에 사용하였다. 물 추출물은 건조된 잔사에 10배량의 증류수를 가하여 에탄올과 동일하게 3회 반복 추출하여 취하였다. 상층액은 여과지로 여과한 후 37℃ water bath에서 rotary evaporator (RE200, Yamato Co., Japan)를 이용하여 감압하에 농축하고 37℃에서 건조하였다. 건조된 시료는 −20℃에 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 페놀 화합물 함량 측정

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis법[16]을 변형하여 측정하였으며 Folin-Ciocalteu's 시약이 페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발현되는 원리를 이용하였다. 초순수 6.5 ml에 각각의 시료 0.5 ml을 가한 후 Folin-Ciocalteu's 용액 0.5 ml을 혼합하여 상온에서 3분간 정치시켰다. 다음 무수 탄산나트륨 포화용액 1 ml을 첨가하고 전체가 10 ml이 되도록 초순수 4.4 ml을 혼합하여 상온에서 1시간 방치시킨 후 UV/visible spectrophotometer (GENESYS 10 UV, USA)로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 사용하였으며 동일한 방법으로 측정하여 얻은 표준곡선으로부터 총 페놀 화합물 함량을 정량하였다. 총 페놀 화합물 함량은 mg gallic acid equivalents/g 단위로 나타내었다.

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 Blois [17]의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 ml에 0.2 mM DPPH (2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액을 0.5 ml 가하고 혼합하여 30분간 방치시킨 후 UV/visible spectrophotometer로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 용매를 가하여 동일한 방법으로 측정하였으며 시료 자체의 색에 대한 흡광도 값을 보정해주기 위해 0.2 mM DPPH 대신 메탄올을 넣어 같은 방법으로 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 다음과 같이 계산하였다.

DPPH radical scavenging effect (%) =
(1 − 시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) × 100

환원력 측정

환원력은 Oyaizu [18]의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 ml에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 ml를 첨가한 후 potassium ferricyanide 용액 2.5 ml를 가해 충분히 혼합하여 50℃에서 20분간 반응시킨다. 반응이 끝나면 10% trichloroacetic acid (TCA) 용액 2.5 ml를 첨가한 다음 1977 ×*g*에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액 2 ml에 초순수 2 ml과 0.1% iron(III) chloride 용액 0.4 ml를 가하여 혼합한 후 초순수 4.4 ml를 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 ascorbic acid를 사용하였으며, 환원력은 다음과 같이 계산하였다.

Reducing power (Abs) =
시료첨가구의 흡광도 − 공시험의 흡광도

금속봉쇄력 측정

금속봉쇄력은 Shimada 등[19]의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.2 ml에 초순수 0.74 ml를 혼합한 후, 2 mM $FeCl_2$ 용액 0.02 ml와 ferrozine 용액 0.04 ml를 첨가하여

실온에서 20분간 방치한 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 용매를 가하여 동일한 방법으로 측정하였다. 또한 시료 자체의 색에 대한 흡광도 값을 보정해 주기 위해 시료 대신에 동량의 증류수를 가해 흡광도를 측정하였다.

Chelating effect (%) =
(1 − 시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) × 100

유지 산화 안정도 측정

산화 안정도 실험은 rancimat (743 Metrohm Co., Switzerland)을 이용하여 lard의 산패유도기간을 측정하였다. Reaction vessel에 lard oil을 3.0 g 취하고 최종 농도가 5, 1, 0.5 mg/ml이 되도록 시료를 첨가한 다음 vortex하여 혼합한다. Rancimat 기계에 reaction vessel을 주입한 다음 100℃에서 시간당 20 L의 여과된 공기를 주입하여 산화시켰다. 이때 발생하는 휘발성 산화생성물이 65 ml의 초순수가 들어있는 absorption vessel로 이행될 때 나타나는 전기전도도의 변화에 따라 자동적으로 산출된 유도기간으로부터 산화 안정도를 측정하였다. 추출물의 항산화 정도를 측정하고 동시에 추출물을 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 항산화 정도를 비교하여 antioxidant index (AI)로 나타내었다. AI는 각 항산화제를 첨가한 실험구의 유도기간을 대조구의 유도기간으로 나눈 값으로, 유지 산화 안정도 수치가 큰 것일수록 항산화 활성이 높음을 의미한다[20, 21].

통계 처리

본 실험결과에 대한 유의차 검정은 SAS program (Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 평균값을 분산분석 하였으며, Duncan의 다중검정법을 통해 $p < 0.05$ 수준에서 각 처리구간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 페놀 화합물 함량

천연물에서 얻어지는 페놀 화합물은 phenolic hydroxyl (OH)기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 쉽게 결합하여 항산화 및 항암 등의 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다[22]. 페놀화합물의 항산화작용은 수산기를 통한 수소공여로 라디칼들과 쉽게 공명으로 안정화될 수 있는 구조를 가지고 있어서 항산화 활성을 가지는 것으로 보고되고 있다[23]. 따라서 천연물의 항산화 연구 중에서 페놀 화합물의 함량과 항산화 활성의 연관성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 짝잎모자반 에탄올 및 물 추출물의 총 페놀 화합물 함량을 측정한 결과(Table 1), 에탄올 추출물의 경우 17.91 mg gallic acid equivalents/g이었으며 물 추출물의 경우 13.44 mg gallic acid equivalents/g으로 나타나 에탄올 추출물이 물 추출물보다 더 높은 함량을 나타내었다. 용매에 따라 추출되는 페놀 화합물의 양이 다른 것은 용매의 극성에 따라 추출되는 물질이 매우 다르게 나타나기 때문이다[11]. Lee 등[24]의 연구에서 와송의 잎, 줄기 및 뿌리 각각의 총 페놀 화합물 함량을 측정한 결과 세 처리구 모두 에탄올 추출물이 물 추출물보다 페놀 화합물 함량이 더 높았으며 Kim 등[25]의 연구에서 해조류 6종의 페놀 화합물 함량을 측정한 결과 시험된 6종 모두 에탄올 추출물이 물 추출물보다 페놀 화합물 함량이 더 높아 본 연구 결과와 일치하였다.

Table 1. Total phenolic contents (TPC) of *Sargassum hemiphyllum* extracts.

	TPC (mg/g of dry sample)
Ethanol	17.91 ± 0.27[a]
Water	13.44 ± 0.08[a]

[a]Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

DPPH radical 소거능

항산화 물질은 free radical에 전자나 수소를 공여하여 복합체를 만든다. DPPH radical 소거능 측정에 사용되는 DPPH는 짙은 자주색을 나타내는 질소 중심의 radical로서 radical 전자의 비 편재화에 의해 비교적 안정한 상태로 존재한다[26]. DPPH는 다른 free radical들과 결합하여 안정한 복합체를 만들어 항산화 활성이 있는 물질과 만나게 되면 radical이 소거되어 탈색되는 것을 비색정량하여 항산화 활성을 측정한다. 짝잎모자반 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과(Table 2), 에탄올 추출물에서는 1 및 0.5 mg/ml의 농도에서 96% 이상의 높은 라디칼 소거능을 보였으며 0.1, 0.05 및 0.005 mg/ml의 농도에서 각각 62, 28 및 5%의 라디칼 소거능을 보여 대조구인 BHT와 유의적인 차이가 없었다. 또한 물 추출물에서는 1, 0.5 및 0.1 mg/ml의 농도에서 각각 92, 90 및 44%로 대조구인 ascorbic acid와 비교하여 물 추출물이 0.1 mg/ml의 농도에서 활성이 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 이는 꽈배기 모자반 absolute 에탄올 추출물의 0.5 mg/ml의 농도에서 95%의 라디칼 소거능을 보인 Cho 등[6]의 보고와 유사하였다. 총 페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거능과 높은 상관관계가 있으며 폴리페놀이 식물의 항산화성에서 주요 역할을 하고 있으며[27], 추출

Table 2. DPPH radical scavenging effect of *Sargassum hemiphyllum* extracts.

(unit : %)

	1 mg/ml	0.5 mg/ml	0.1 mg/ml	0.05 mg/ml	0.005 mg/ml
Ethanol	96.29 ± 0.06[a]	96.34 ± 0.00	62.03 ± 0.31	28.21 ± 0.66	5.56 ± 1.49
Water	92.24 ± 0.13	90.63 ± 0.07	44.18 ± 0.33	=[b]	=
BHT	94.63 ± 0.15	94.40 ± 0.13	79.61 ± 0.71	56.06 ± 3.03	10.82 ± 0.57
Ascorbic acid	95.08 ± 0.19	95.17 ± 0.05	95.60 ± 0.11	95.73 ± 0.05	18.67 ± 1.10

[a]Means with different superscripts in the same row and column are significantly different ($p < 0.05$).
[b]Not done.

물이 함유하고 있는 페놀성 화합물이 항산화 활성에 주된 역할을 하여 총 페놀 화합물의 함량이 증가하면 항산화 활성도 증가하는 것으로 알려져 있다[28].

환원력

환원력의 측정은 시료에 존재하는 reductones이 수소 원자를 제공함으로써 free radical 연쇄를 변환시키며, reductones는 또한 과산화의 일정한 전구물질과 반응하여 과산화의 형성을 방해하는 것으로 항산화 활성과 직접적인 연관이 있는 것으로 알려져 있다[29, 30]. 시료 중에 항산화제와 같이 환원력을 가진 성분이 존재하게 되면 Fe^{3+}/ferricyanide complex를 Fe^{2+} 상태로 환원시키면서 청색을 띠게 되는데 환원력에서의 흡광도 수치는 그 자체가 시료의 환원력을 나타내어 높은 환원력을 가지는 물질은 흡광도 수치가 높게 나타난다[31, 32]. 짝잎모자반 추출물의 환원력을 측정한 결과(Table 3), 에탄올 추출물의 경우 1, 0.5, 0.1 mg/ml의 농도에서 각각 0.35, 0.20, 0.06의 값을 보였으며 물 추출물의 경우 에탄올 추출물과 같은 농도에서 각각 0.20, 0.11, 0.04의 값을 보여 에탄올 추출물이 물 추출물보다 높은 환원력을 가지는 것으로 나타났다. 에탄올과 물 추출물 모두 대조구인 ascorbic acid보다는 낮은 환원력을 보였다. 이는 Kim 등[11]의 연구에서 패 추출물의 환원력을 측정한 결과 총 페놀 화합물 함량이 비교적 높은 발효주정 추출물의 환원력은 높고 총 페놀 화합물 함량이 낮은 물 추출물은 환원력이 낮다고 보고되어 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 3. Chelating effect of *Sargassum hemiphyllum* extracts.

(unit : %)

	1 mg/ml	0.5 mg/ml	0.1 mg/ml
Ethanol	9.03 ± 0.80[a]	-[b]	-
Water	28.02 ± 1.56	19.51 ± 0.37	-
EDTA	100.04 ± 0.08	100.00 ± 0.00	99.65 ± 0.60

[a]Means with different superscripts in the same row and column are significantly different ($p < 0.05$).
[b]Less than 5%.

금속봉쇄력

Fe, Cu, Co, Ni, Sn과 같은 금속이온 인자는 산화 환원이 용이한 금속이지만 이들의 금속염은 지질 산화 과정에서 촉매로 작용할 수 있는 금속이다. 철의 축적으로 인한 과잉현상은 철과 생체 내 존재하는 H_2O_2와의 Fenton reaction ($Fe^{2+}+H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+}+OH^-+H^+OH^{\cdot}$)에 의해 세포노화 및 세포손상을 야기하는 강력한 hydroxy radical이나 superoxide radical 등의 생성을 촉진하여 세포내 지질 및 단백질의 산화를 촉진하고, 식품의 가공 및 저장 중에는 지방질의 산화를 촉진한다[33]. 짝잎모자반 추출물의 금속봉쇄력은 Table 4와 같다. 짝잎모자반 에탄올 추출물의 경우 1 mg/ml의 농도에서 9%의 낮은 활성을 나타내었으며 물 추출물의 경우 1 및 0.5 mg/ml의 농도에서 각각 28% 및 19%의 활성을 나타내어 에탄올 추출물보다 물 추출물의 활성이 더 높게 나타났다. 이에 대조구인 EDTA의 경우 1, 0.5 및 0.1 mg/ml의 농도에서 모두 100%에 가까운 값을 보여 에탄올과 물 추출물 모두 EDTA보다 낮은 금속봉쇄력을 보였다. 이는 Lee 등[24]의 연구결과에서 와송의 에탄올 추출물은 DPPH radical 소거능과 환원력에서 높은 활성을 나타내었고, 물 추출물은 금속봉쇄력에서 더 높은 활성을 보인 것으로 보고되었으며, Lee 등[34]의 연구결과에서 노랑느타리버섯 균사체 에탄올 추출물은 5 mg/ml의 농도에서 60% 이상의 항산화능을 가지나 금속봉쇄력은 10% 미만으로 나타나 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. 따라서 항산화능의 주된 기작이 금속봉쇄력에 기인한 것이 아닌 것으로 사료되었으며 이들의 결과와 꽈배기모자반 추출물이 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다[35].

Table 4. Reducing power of *Sargassum hemiphyllum* extracts.

(unit : Absorbance at 700 nm)

	1 mg/ml	0.5 mg/ml	0.1 mg/ml
Ethanol	0.35 ± 0.00[a]	0.20 ± 0.00	0.06 ± 0.00
Water	0.20 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.04 ± 0.00
Ascorbic acid	1.92 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.19 ± 0.00

[a]Means with different superscripts in the same row and column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Antioxidant activity of *Sargassum hemiphyllum* extracts on lard oil.

	Antioxidant index[a]		
	5 mg/ml	1 mg/ml	0.5 mg/ml
Ethanol	1.52 ± 0.10[b]	1.49 ± 0.18	0.80 ± 0.03
Water	0.32 ± 0.11	0.22 ± 0.17	0.25 ± 0.10
BHT	12.51 ± 0.59	8.17 ± 0.15	6.67 ± 0.19

[a]Antioxidant index : induction time of oil containing of each extraction/induction time of test oil.
[b]Means with different superscripts in the same row and column are significantly different ($p < 0.05$).

유지 산화 안정도

Rancimat에 의한 항산화지수는 시료를 첨가한 후 유지를 일정한 온도로 가열하면서 공기를 주입하면 유지가 산화되어 aldehyde, ketone 등의 저분자량 휘발성 산화생성물이 발생하기 시작한다. 이러한 휘발성 산화생성물들이 증류수의 전기전도도를 증가시키면 이 차이를 측정하여 유도기간을 산출함으로써 일정조건에서의 유지 산패의 정도를 측정하거나 항산화제의 효율을 분석할 수 있는 것이다[24]. 짝잎모자반 추출물의 유지 산화 안정도를 알아보기 위해 rancimat에 의한 항산화도를 알아본 결과(Table 5), 에탄올 추출물 및 물 추출물은 5, 1, 0.5 mg/ml의 농도에서 각각 1.52, 1.49, 0.80 및 0.32, 0.25, 0.22의 유지 산화 억제능을 보여 농도가 증가함에 따라 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며 두 추출물 사이에도 유의적인 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 대조구인 BHT와 비교해 보았을 때 BHT의 유지 산화 억제능은 12.51, 8.17, 6.17로 에탄올 및 물 추출물보다 활성이 높은 것으로 나타났다. 이는 Kim 등[36]의 연구에서 패 70% 발효주정 추출물을 감마선 조사한 후 rancimat에 의한 항산화도를 측정한 결과 5 mg/ml의 농도에서 1.07의 유지 산화 억제능을 보여 짝잎모자반 에탄올 및 물 추출물의 결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 항산화물질과 그 상태에 따라 유도기간이 다르게 나타나는 것은 각각의 항산화물질은 과산화물의 생성을 제어할 수도 있고 항산화 물질 내부에 함유한 금속 성분 등에 의해서 과산화물의 생성을 촉진할 수도 있기 때문이다[37].

요 약

본 연구는 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*)을 95% 에탄올과 물로 각각 추출하여 항산화 활성을 조사하였다. 짝잎모자반 추출물의 총 페놀 화합물 함량을 측정한 결과, 에탄올 추출물과 물 추출물 각각 17.91 mg/g과 13.44 mg/g으로 에탄올 추출물이 물 추출물보다 더 높은 페놀화합물 함량을 나타내었다. DPPH radical 소거능 측정 결과 1, 0.5, 0.1 mg/ml의 농도에서 에탄올 및 물 추출물은 각각 96, 96, 62% 및 92, 90, 44%로 에탄올 추출물이 더 높은 radical 소거능을 보였으며, 에탄올 추출물은 천연 항산화제인 BHT와 유사한 소거능을 보였다. 환원력의 경우 에탄올과 물 추출물 모두 대조구인 ascorbic acid에 비하여 낮은 값을 보였으며 에탄올 및 물 추출물 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 금속봉쇄력의 경우 1 mg/ml의 농도에서 에탄올 추출물은 9%의 활성을 나타냈으며 물 추출물은 28%의 활성을 보여 에탄올 추출물보다 더 높은 활성을 나타내었다. Rancimat에 의한 유지 산화 억제능의 경우 에탄올 추출물이 물 추출물보다 더 높은 활성을 보였지만 대조구인 BHP에 비해 낮은 항산화력을 나타내었다. 짝잎모자반 추출물은 뛰어난 DPPH radical 소거능으로 높은 항산화 활성을 가지며 특히 물 추출물보다 에탄올 추출물에서 더 높은 활성을 가지는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구 결과, 짝잎모자반은 천연 항산화 소재로서의 활용 가능성이 내재되어 있다고 사료된다.

Acknowledgments

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NO. 2012R1A6A1028677).

References

1. Branen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **52**: 59-63.
2. Balavoine GG, Geletii YV. 1999. Peroxynitrite scavenging by different antioxidants. Part I: convenient assay. *Nitric Oxide* **3**: 40-54.
3. Squadrito GL, Pryor WA. 1998. Oxidative chemistry of nitric oxide: the roles of superoxide, peroxynitrite, and carbon dioxide. *Free Radic. Biol. Med.* **25**: 392-403.
4. Ito N, Fukushima S, Hasegawa A, Shibata M, Ogiso T. 1983. Carcinogenecity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *J. Natl. Cancer Inst.* **70**: 343-352.
5. Jeon YH, Kil JH, Kim Sm, Kim MH, Kim MR. 2008. Analysis of antioxidative activity and antimutagenic effect of ethanol extract from *Schizandra chinensis* Baillon. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **18**: 746-752.
6. Hatano T. 1995. Constituents of natural medicines with scavenging effects on active oxygen species - tannins and related polyphenols. *J. Nat. Med.* **49**: 357-363.
7. Cho SH, Cho JY, Kang SE, Hong YK, Ahn DH. 2008. Antioxidant activity of mojabanchromanol, a novel chromene, isolated from blown alga *Sargassum siliquastrum*. *J. Med. Food* **29**: 479-484.

8. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Yoon SY, Lee CJ, *et al.* 2010. Effects of gamma irradiation on antioxidant, antimicrobial activities and physical characteristics of *Sargassum thunbergii* extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**: 431-437.
9. Yoon SY, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim SJ, Lee SJ, *et al.* 2009. Antimicrobial activity of the solvent extract from different parts of *Orostachys japonicus. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**: 14-18.
10. Kim SA, Kim J, Woo MK, Kwak CS, Lee MS. 2005. Antimutagenic and cytotoxic effects of ethanol extracts from five kinds of seaweeds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**: 451-459.
11. Kim MJ, Choi JS, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Lee SJ, *et al.* 2009. Effects of heat and pH treatments on antioxidant properties of *Ishige okamurai* extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* **41**: 50-56.
12. Jeong DH, Ahn NK, Choi YK, Park JH, Bae NY, Park SH, *et al.* 2015. Inhibitory effect of *Sargassum fulvellum* water extract on 2,4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis-like skin lesions in mice. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* **43**: 150-157.
13. Na HJ, Moon PD, Ko SG, Lee HJ, Jung HA, Hong SH, *et al.* 2005. *Sargassum hemiphyllum* inhibits atopic allergic reaction via the regulation of inflammatory mediators. *J. Pharmacol. Sci.* **97**: 219-226.
14. Choi HJ, Kil JH, Bak SS, Kong CS, Park KY, Seo YW, *et al.* 2006. Inhibitory effects of solvent extracts from seven brown algae on mutagenicity and growth of human cancer cells. *J. Life Sci.* **16**: 1080-1086.
15. Choi HJ, Seo YW, Lim SY. 2007. Effect of solvent extracts from *Sargassum hemiphyllum* on inhibition of growth of human cancer cell lines and antioxidant activity. *J. Life Sci.* **17**: 1533-1538.
16. Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I-The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* **10**: 63-68.
17. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use or a stable free radical. *Nature* **181**: 1990-2100.
18. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* **44**: 307-315.
19. Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J. Agric. Food Chem.* **40**: 945-948.
20. Chon SU, Yoon JS, Boo HO. 2004. Allelopathic and antioxidant activities of extracts and residues from persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) leaves. *Korean J. Weed Sci.* **24**: 21-29.
21. Oh JY, Choi U, Kim YS, Shin DH. 2003. Isolation and identification of antioxidative components from bark of *Rhus javanica linne*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**: 726-732.
22. Cuvelier ME, Richahard H, Berset C. 1998. Antioxidative activity of phenolic composition of pilot plant and commercial extracts of sage and rosemary. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **73**: 645-652.
23. Choi SY, Kim SY, Hur JM, Choi HG, Sung NJ. 2006. Antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum thunbergii*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**: 139-144.
24. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, *et al.* 2009. Antioxidant activity of leaf, stem and root extracts from *Orostachys japonicus* and their heat and pH stabilities. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**: 1571-1579.
25. Kim SJ, Lee GS, Moh SH, Park JB, Auh CK, Chung YJ, *et al.* 2013. Phenolic contents and antioxidant activities of six edible seaweeds. *J. Korea Acad. Industr. Coop. Soc.* **14**: 3081-3088.
26. Oh JH, Kim EH, Kim JL, Moon YI, Kang YH, Kang JS. 2004. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**: 1079-1084.
27. Zhou K, Yu L. 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT –Food Sci. Technol.* **39**: 1155-1162.
28. Seo YH, Kim IJ, An SY, Hwang KM. 1999. Electron donating ability and contents of phenolic compounds, tocopherols and carotenoids in waxy corn (*Zea mays* L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**: 581-585.
29. Arabshahi-Delouee S, Urooj A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chem.* **102**: 1233-1240.
30. Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro*, pp. 1-18. *In*. Hudson BJF (ed.), *Food antioxidants,* Elsevier Science Publishers Ltd, London.
31. Choi YM, Chung BH, Lee JS, Cho YG. 2006. The antioxidant activities of *Artemisia* spp. collections. *Korean J. Med. Crop Sci.* **51**: 209-214.
32. Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A. 2005. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J. Ethnopharmacol.* **10**: 287-293.
33. Lee GH. 2014. Studies on the antioxidative activity and antidiabetic efficacy of the extract of fermented *A. victorialis* var. *platyphyllum*. *Ph. D. Thesis,* Joongbu University
34. Lee YL, Huang GW, Liang ZC, Mau JL. 2007. Antioxidant properties of three extracts from *Pleurotus citrinopileatus. LWT –Food Sci. Technol.* **40**: 823-833.
35. Cho SH, Kang SE, Cho JY, Kim AR, Park SM, Hong YK, *et al.* 2007. The antioxidant properties of brown seaweed (*Sargassum siliquastrum*) extracts. *J. Med. Food* **10**: 479-485.
36. Kim MJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Lee SJ, *et al.* 2008. Effects of γ-irradiation on antioxidant and physicochemical properties of *Ishige okamurai* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **37**: 1485-1490.
37. Martínez-Tomé M, Murcia MA, Frega N, Ruggieri S, Jiménez AM, Roses F. 2004. Evaluation of antioxidant capacity of cereal brans. *J. Agric. Food Chem.* **52**: 4690-4699.