

지층이 용매 추출물의 항산화 활성

최선영¹ · 김순영¹ · 허종문² · 최한길³ · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

²경북대학교 응용생물화학부

³원광대학교 생명과학부

Antioxidant Activity of Solvent Extracts from *Sargassum thunbergii*

Sun-Young Choi¹, Soon-Young Kim¹, Jong-Moon Hur², Han-Gil Choi³ and Nak-Ju Sung^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Division of Applied Biology and Chemistry, Kyungpook National University, Deagu 702-701, Korea

³Dept. of Biological Science, Wonkwang University, Jeonbuk 570-749, Korea

Abstract

In this study, we investigated the antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum thunbergii* by measuring electron-donating ability (EDA), nitrite-scavenging ability, superoxide dismutase (SOD)-like activity, reducing power and antioxidant activity in β -carotene-linoleate model system. Total phenolic compound contents of chloroform and methanol extracts from *Sargassum thunbergii* were 22.5 ± 0.8 mg/100 mL and 20.1 ± 0.6 mg/100 mL, respectively. The EDA were proportionally increased with concentration of the extracts except hexane extract. The EDAs were 70.4% and 63.2% in methanol and water at concentration of 1000 μ g/mL, respectively. The nitrite-scavenging ability of methanol extract (pH 2.5, 1000 μ g/mL) was $89.4 \pm 0.9\%$ that was higher than those of other extracts. SOD-like ability of chloroform extract was stronger than other extracts. Reducing power of chloroform extracts at 1000 μ g/mL were 0.75 as O.D. value of 700 nm and antioxidant activities measured with β -carotene-linoleate model system were in order of methanol (78.4%)>BHT (72.1%)>chloroform (62.2%)>water (51.4%)>hexane (43.2%). These results indicated that methanol extract from *Sargassum thunbergii* showed the highest activities on the EDA, nitrate-scavenging ability and antioxidant activities while the chloroform extract had the highest effect on the SOD-like activity and reducing power.

Key words: *Sargassum thunbergii*, antioxidant activity, nitrite-scavenging ability, SOD-like activity

서 론

최근 노화와 성인병에 대한 관심이 날로 증가함에 따라 생체 내 과도하게 생성된 산소를 소거시킴으로써 노화방지, 생체방어 및 질병예방 등을 추구하고자 천연물을 중심으로 한 건강 기능성 소재의 생리활성 물질에 대한 광범위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생리활성 물질은 매우 적은 양으로 현저한 활성을 나타내는 고부가 가치의 물질로서 유용하게 이용되고 있으며, 항산화성, 항균성 및 항돌연변이성 물질의 분리로 인해 그 가치가 매우 높아 최근에는 의약품이나 식품저장을 연장시키는 보존제와 기능성 식품 및 기호식품으로의 개발에 활발히 이용되고 있다(1,2). 21C는 가공식품의 다양화로 여러 가지 식품첨가물을 사용하게 되고, 이에 따른 식품고유의 성분과 식품첨가물 간의 상호반응으로 인하여 생성되는 돌연변이 유발 물질이나 발암작용을 갖는 유

전 독성물질은 식품의 안전성 측면에서 중요한 문제로 대두되고 있다. 또 대기오염 물질, 방사선조사 및 free radical을 발생시키는 환경요인과 유기용제, 방향족 탄화 수소류, 농약 등의 독성물질에 노출될 기회가 점차적으로 증가하고 있다. 이러한 물질들이 체내에서 지속적으로 축적될 경우 반응성이 높은 활성산소의 생성 가능성이 높아지며, 이는 생체 내에서 DNA, RNA, 단백질, 지질 등과 반응하여 세포나 조직 손상으로 세포막분해, 단백질분해, 지방산화, DNA 합성 억제 등의 부작용을 야기시키게 된다(3,4).

해조류는 육상생물과는 다르게 내압, 내염 및 저온이라는 특수한 환경에서 서식하기 때문에 물리적 방어능력이 부족한 해양생물들이 적자생존의 경쟁 속에서 살아남기 위하여 만들어내는 2차대사 산물은 육상생물의 그것과는 상이한 화학적 특성을 갖는 경우가 많아 천연자원에서 의약품 등의 생리활성물질을 탐색하여 개발코자 하는 노력이 활발히 진

*Corresponding author. E-mail: snakju@gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5975. Fax: 82-55-751-5971

행되고 있다(5).

해조류로부터 분리된 항산화 물질로는 갈조류의 모자반과에서 탄닌계 및 지용성 항산화물질이, 홍조류인 서실(*Laurencia*)로부터 분리한 페놀성 화합물 및 인돌계 항산화성 물질 등이 있다(6). 점질성 다당류 및 저분자 생리활성 물질은 혈압과 콜레스테롤의 정상화 및 항 케양성 작용, 암 예방 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 해조류 중의 다당류는 항균, 항암기능을 가진다(7,8). 갈조류의 주성분은 다당류로서 cellulose와 같은 구조 다당과 세포간 점질 다당인 alginic acid, fucoidan 등이 있으며 저장 다당인 β -1,3 결합으로 이루어진 laminaran이 있는데, fucoidan과 laminaran은 항종양 활성, 항 혈액응고 활성, 항암 및 항 AIDS 등의 활성이 우수하다고 보고되어 있다(9). 특히 해조류의 생리활성은 일반적으로 갈조류가 녹조류나 홍조류에 비하여 비교적 높은 활성을 보이며, 특히 모자반과에서 뛰어난 활성이 있다고 알려져 있다(10).

본 연구에서는 해조류의 항산화 물질 소재에 관한 연구의 일환으로 남해안에 서식하고 있는 갈조류로 암세포의 성장을 억제하는 항암물질이 발견되어 부가가치가 높은 해조류라 보고된 바(11) 있으나 국내에서 거의 연구된 바가 없는 지충이(*Sargassum thunbergii*)의 용매별로 추출물의 아질산염 소거작용 및 항산화 활성을 검색하여 천연 항산화제로서의 효능과 이용가능성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 용매 분획

남해 부근의 해안에서 채취한 지충이는 수돗물로 2회 수세하여 염분을 제거하고, 바람이 잘 통하는 그늘진 곳에서 완전히 건조한 다음 적당한 크기로 세절하였다. 시료 100 g에 약 20배의 methanol을 가하여 12시간 동안 정치시켜 3회 반복 추출하였다. Methanol 추출물을 모두 모아 회전식 진공증발기를 이용하여 농축한 다음 3차 증류수와 *n*-hexane, chloroform, butanol을 순차적으로 가하여 계통 분획하였다. 각 용매 추출물은 감압·농축한 다음 1,000 μ g/mL로 만들어 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

총 페놀화합물

Folin-Denis법(12)에 따라 시료액 0.2 mL에 증류수 5 mL와 Folin-Ciocalteu 용액 0.5 mL를 차례로 가한 후 3분간 정치시킨 다음 2% NaCO_3 용액 1 mL를 가하여 혼합한 후 적정배율로 희석하여 1시간 방치하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 tannic acid를 사용하였고, 동일한 방법으로 작성된 표준곡선으로부터 총 페놀 화합물 함량을 정량하였다.

DPPH에 대한 전자공여 작용

전자공여 작용은 Kang 등(13)의 방법을 변형하여 2,2-

diphenyl-picrylhydrazyl(DPPH)의 전자공여 효과를 측정하였다. 즉, 100, 400, 700 및 1,000 μ g/mL로 농도를 조정한 시료액 1 mL에 4×10^{-4} M DPPH 용액 5 mL를 가하여 혼합한 다음 30분간 방치시킨 후 528 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구과 무첨가구의 흡광도를 이용하여 백분율로 나타내었으며, 동일한 방법으로 실험한 BHT를 대조구로 하였다.

아질산염 소거작용

Kato 등(14)의 방법에 따라 1 mM NaNO_2 용액 1 mL에 시료액을 농도별로 1 mL를 첨가하고, 0.1 N HCl 및 0.2 M 구연산 완충용액으로 반응용액의 pH를 pH 2.5, 4.2 및 6.0으로 조정한 다음 반응용액의 최종부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL, Griess시약 0.4 mL 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 분광광도계로 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염량을 산출하였다. 아질산염 소거능은 시료의 첨가 전·후의 잔존하는 아질산염의 백분율(%)로써 나타내었다.

Superoxide dismutase(SOD) 유사 활성

알칼리 상태에서 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색원리를 이용한 Marklund와 Marklund(15)의 방법에 따라 측정하였다. 시료액 0.2 mL를 tris-HCl buffer 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분간 방치한 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후 산화된 pyrogallol의 흡광도를 420 nm에서 측정하였다. SOD 유사활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 비교하여 백분율(%)로 나타내었다.

Reducing power

환원력은 Oyaizu(16)의 방법에 따라 시료액에 pH 6.6 sodium phosphate buffer 2.5 mL와 potassium ferricyanide 2.5 mL를 혼합하여 50°C에서 20분간 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하고 10분 동안 5,000 rpm에서 원심분리시켰다. 상층액, 증류수 및 1% ferric chloride를 각각 1 mL씩 가하여 혼합한 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

β -carotene-linoleate model system을 이용한 항산화 효과 측정

지충이 추출물의 항산화력은 β -carotene-linoleate model system으로 측정하였다(17). Chloroform 10 mL에 β -carotene 2 mg을 혼합한 용액에 linoleic acid 0.375 mL 및 tween-40을 첨가한 후 40°C에서 감압 농축하여 chloroform을 제거하였다. 잔류 emulsion에 3차 증류수 75 mL를 첨가하여 강하게 진탕한 emulsion용액 2.5 mL에 추출물 0.3 mL를 가하였다. 동일한 것을 두 개 만들어 하나는 0분에서, 다른 하나는 55°C에서 105분 동안 암실에서 반응시킨 다음 492 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Table 1. Total phenolic compound contents of extracts from *Sargassum thunbergii* (mg/100 mL)

Solvents	Contents
Methanol	20.1±0.6 ¹⁾
Hexane	11.7±0.5
Chloroform	22.5±0.8
Butanol	5.2±0.3
Water	10.4±0.5

¹⁾Each value was presented as mean±SD (n≥3).

결과 및 고찰

총 페놀화합물

식물체에 널리 분포되어 있는 페놀화합물은 구조식에 hydroxyl기가 존재하므로 공명 안정화된 구조를 갖게 되며, 따라서 전자를 수용하는 기작으로 항산화 반응에 직접적으로 기여하게 된다(18).

지층이 용매별 추출물을 1,000 µg/mL의 농도로 첨가하여 총 페놀함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 모든 추출물에 페놀성 화합물이 존재하고 있으며 chloroform 추출물에서 22.5±0.8 mg/100 mL로 가장 함량이 높았고, 다음으로 methanol 추출물(20.1±0.6 mg/100 mL)에서 높은 함량으로 검출되었다.

Kim과 Lee(19)는 건조방법을 달리한 갈조류인 톱의 총 페놀화합물을 측정한 결과 건물량으로 6.9±0.3~9.8±0.2 mg/mL이 검출되었으며 열처리에 의해서는 폴리페놀이 쉽게 파괴되지 않으나 천일 건조 시는 동결건조에 비해 약 30% 정도 그 함량이 낮아 햇빛에 의한 파괴가 크다고 하였다. 한편, 갈조류에는 phlorotannins 및 sulphated phlorotannins와 같은 여러 종류의 polyhydroxyphenol이 존재가 확인되어 있다(20,21).

Lim 등(22)은 모자반과에 속하는 갈조류의 추출 용매별 페놀화합물 함량을 측정한 결과 28.9±3.7~64.1±0.3 mg/mL로 정량되었고 총 페놀화합물의 함량과 항산화 활성 간에 정의 상관관계가 성립되지는 않았으며 갈조류의 페놀화합물은 phloroglucinol과 그 유도체들이라고 보고하였다.

전자공여 작용

지층이 용매별 추출물의 농도에 따른 전자공여 작용 결과는 Fig. 1과 같다. 합성 항산화제인 BHT를 대조군으로 하여 추출물의 농도를 100, 400, 700 및 1,000 µg/mL로 조정하여 실험한 결과, hexane 추출물을 제외한 모든 추출물에서 그 농도의 증가에 따라 전자공여능은 점차적으로 증가하는 경향이였다. 100 µg/mL에서는 모든 시료가 46.2% 미만으로 전자공여능이 낮았으나 1,000 µg/mL에서는 chloroform, methanol 및 water 추출물의 경우 60.3% 이상의 전자공여능을 나타내었다. 전자공여능은 methanol>water>butanol>chloroform>hexane 순이었으며, chloroform은 시료의 농도 증가에 따른 전자공여능의 변화가 거의 없어 1,000 µg/mL

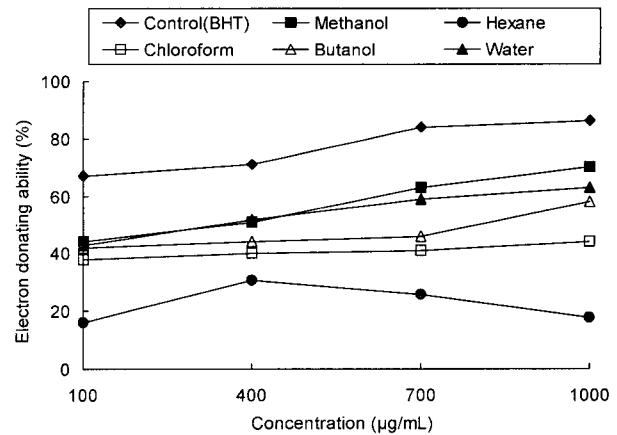


Fig. 1. The electron donating ability of extracts from *Sargassum thunbergii*.

Each value is the mean of results from triplicate experiments.

농도에서도 44.2%에 불과하였다. Hexane 추출물은 400 µg/mL 첨가 시 전자공여능이 31.4%였으나 시료의 농도가 증가함에 따라 전자공여능은 오히려 감소하여 1,000 µg/mL에서는 18.5%에 불과하였다.

Park 등(23)은 해조류 12종을 대상으로 하여 전자공여 작용을 측정한 결과 methanol 추출물에서 radical 소거능을 보였지만 다른 추출물에서는 활성을 나타내지 않았으며 특히 김>미역>다시마>BHA>파래>tocopherol>넙은미역>BHT 등으로 활성을 보였고 활성 분획을 각각 silicagel column chromatography로 분리, 정제하여 동일하게 전자공여 작용을 실험한 결과 methanol 희분에서 분리된 물질에서 강한 항산화 활성을 나타낸다고 보고하였다. 모자반, 김, 지누아리, 다시마를 용매별로 추출하여 전자공여 작용을 살펴본 결과 methanol 추출물 중 모자반에서 뛰어난 활성을 나타낸다는 연구도 있다(24).

아질산염 소거작용

지층이 추출물을 농도별로 첨가하고 pH를 달리하여 아질산염 소거작용을 실험한 결과는 Table 2와 같다. pH 2.5의 반응용액에서는 추출물의 첨가 농도가 증가함에 따라 아질산염 소거작용도 높았으며 100 µg/mL의 경우 water 추출물을 제외한 모든 추출물에서 68.4±0.7% 이상의 높은 아질산염 소거작용을 보였으며 1,000 µg/mL에서는 methanol 추출물이 89.4±0.9%로 가장 높은 아질산염 소거작용을 보였다. pH 4.2 반응용액에서 400 µg/mL 첨가 시 methanol 추출물은 75.7±0.7%로 높은 소거작용을 보인 반면에 water 추출물은 13.4±0.3%로 아질산염 소거능이 낮았다. 추출물 농도 1,000 µg/mL에서는 methanol 추출물이 85.2±0.9%로 가장 높았고, 역시 water 추출물을 제외한 모든 추출물이 67.4±0.7%이상으로 비교적 높은 소거작용을 나타내었다. pH 6.0 반응용액에서 모든 추출물은 48.8±0.5% 미만으로 소거능이 낮았으며 추출물의 농도 증가에 따른 소거 효과의 증가 폭도 적었다.

Table 2. The activity of nitrite-scavenging of extracts from *sargassum thunbergii* in reaction condition of pH 2.5, 4.2 and 6.0

Extracts concentration (µg/mL)	Nitrite-scavenging activity (%)			
	pH 2.5	pH 4.2	pH 6.0	
Methanol	100	76.6±0.9 ¹⁾	68.3±0.8	30.2±0.5
	400	78.7±0.8	75.7±0.7	33.4±0.4
	700	81.6±1.0	80.1±1.0	37.9±0.5
	1000	89.4±0.9	85.2±0.9	48.8±0.5
Hexane	100	68.7±0.8	67.6±0.8	13.5±0.3
	400	71.6±0.9	70.2±0.7	15.2±0.2
	700	75.7±0.6	74.4±0.8	15.3±0.3
	1000	81.8±1.2	75.8±0.9	25.5±0.5
Chloroform	100	68.4±0.7	68.5±0.9	11.7±0.4
	400	80.5±0.8	72.6±1.2	19.8±0.5
	700	80.7±0.8	74.7±1.0	17.5±0.5
	1000	85.9±0.9	73.9±0.9	24.7±0.5
Butanol	100	74.5±0.7	44.1±0.5	8.3±0.4
	400	79.8±0.9	61.4±0.6	12.7±0.3
	700	80.3±1.0	64.7±0.6	13.5±0.4
	1000	84.5±1.2	67.4±0.7	19.6±0.4
Water	100	30.4±0.5	15.2±0.4	4.4±0.2
	400	35.6±0.4	13.4±0.3	7.6±0.2
	700	37.4±0.6	22.4±0.4	9.8±0.3
	1000	38.6±0.5	26.3±0.3	15.4±0.5

¹⁾Each value was presented as mean±SD (n≥3).

Park과 Park(25)의 보고에 의하면 갈조류가 녹조류나 홍조류보다 아질산염 분해효과가 월등히 뛰어나며 특히 갈조류 중 곰피, 감태, 구렁쇠 미역이 pH 1.2에서 80 mg%이상의 효과를 보였고 이 중 소거작용이 뛰어난 곰피를 첨가농도에 따른 용매별 아질산염 소거작용은 살펴본 바, 본 연구와 달리 ethyl acetate 추출물에서 아질산염 소거작용이 다른 추출물에 비해 우수하다고 하였다. Kim(26)은 파래추출물을 pH 조건에 따라 아질산염 소거능을 측정된 결과 pH 1.2에서 chloroform 추출물 0.2 mL 첨가 시 25.2%로 가장 높은 아질산 소거율을 보였고, pH 4.5와 pH 6.0 경우 hexane 추출물에서 3.1~24.9%의 소거 효과를 보였으나 다른 추출물에서는 추출물 농도가 증가할수록 오히려 촉진되는 경향을 보인다 고 보고하였다.

해조류의 아질산염 소거 효과는 해조류의 자체 성분으로 다량 함유되어 있는 유기산, 환원당 및 불포화 지방산인 linoleic acid가 아질산의 함량을 감소시키기 때문이라고 보고되어 있다(25).

SOD 유사활성

Superoxide(O²⁻)의 산화 억제작용을 알아보기 위하여 superoxide와 반응하여 갈변물질을 생성하는 pyrogallol 자동산화 반응을 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 지층이 추출물 100 µg/mL 첨가 시 6.2~25.1%로 대조구 BHT 42.3%에 비해 라디칼 소거 반응이 매우 낮았으나, 1,000 µg/mL 첨가 시 chloroform 추출물에서 61.4%의 항산화 효과를 보여 대조구(71.2%)에 근접한 결과를 보였다.

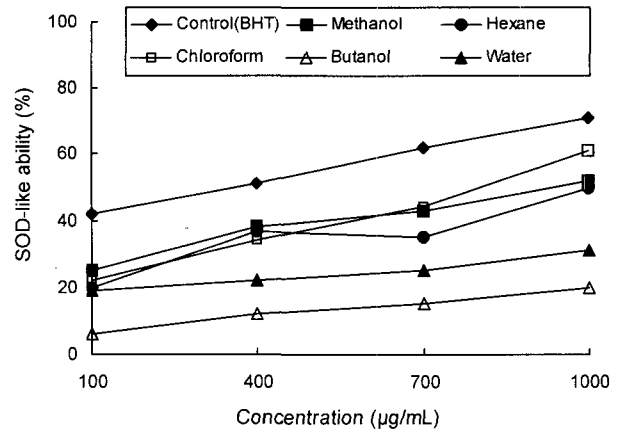


Fig. 2. SOD-like activity of extracts from *Sargassum thunbergii*. Each value is the mean of results from triplicate experiments.

항산화제는 1차적인 chain-breaking 항산화제와 2차적인 방어적 항산화제, 두 그룹으로 나눌 수 있는데 해조류 추출물의 superoxide radical 소거활성을 실험한 결과 활성이 낮았는데 이는 chain-breaking 항산화제로서 작용하기 때문이라는 보고가 있다. 이 기작은 peroxy radical에 빠르게 전자를 제공하여 줌으로서 지질과산화 과정의 체인 반응을 파괴하는데 peroxy radical에 비하여 반응성이 적은 radical을 형성함으로써 반응이 종결되고 이로 인하여 과산화 과정은 더 천천히 진행되게 된다(22).

Reducing power

금속이온의 환원력을 측정된 흡광도 수치는 그 자체가 시료의 환원력을 나타내므로 높은 흡광도 수치는 높은 환원력을 나타낸다. 지층이 용매별 추출물의 농도를 100, 400, 700 및 1,000 µg/mL으로 첨가하여 환원력을 측정된 결과(Fig. 3) 100 µg/mL에서 환원력은 0.22~0.40 범위였다. 대표적인 항산화제인 ascorbic acid와 비교할 때 100 µg/mL과 400 µg/mL의 농도에서는 환원력에 큰 차이가 없었으나 1,000 µg/mL에서는 ascorbic acid의 환원력(1.39)이 큰 폭으로 상승한

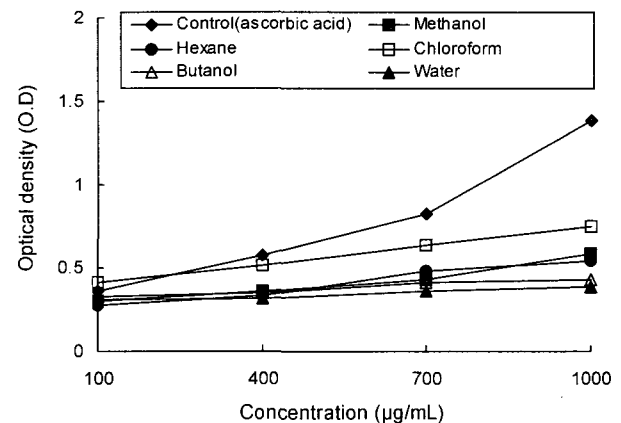


Fig. 3. Reducing power of extracts from *Sargassum thunbergii*. Each value is the mean of results from triplicate experiments.

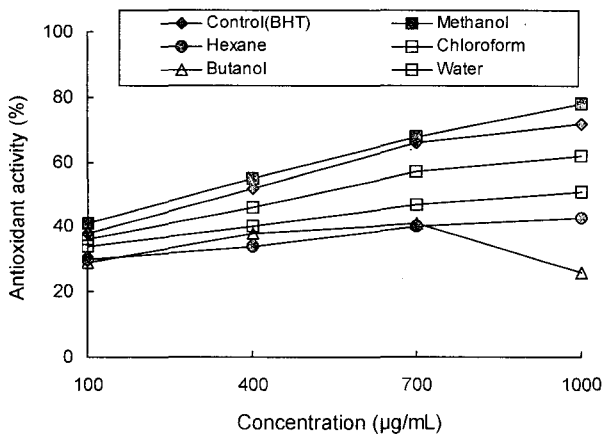


Fig. 4. Antioxidant activity of extracts from *Sargassum thunbergii* in β -carotene-linoleate system. Each value is the mean of results from triplicate experiments.

데 비하여 시료 추출물들의 환원력은 0.39~0.75에 불과하였다. Chloroform 추출물의 경우 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서는 O.D.값이 0.41이었으나 농도의 증가와 더불어 환원력도 높아져 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 에서는 0.75로 시료 중 환원력이 가장 높았다.

해조류 중 높은 환원력을 보인 감태(2.72), 곰피(2.67) 및 구렁쇠 미역(1.42)은 아질산염 소거능도 높아 아질산염 소거작용과 환원력이 밀접한 상관관계가 있다는 보고가 있는데 (25) 본 실험의 결과에서 볼 때 환원력은 chloroform 추출물이 여타 시료에 비해 월등히 높는데 비하여 아질산염 소거능은 methanol이나 hexane 추출물과 유사한 범위로서 환원력과 아질산염 소거능 사이에 정의 상관관계가 성립되지는 않은 것으로 판단된다.

β -carotene-linoleate model system에서 항산화 효과

β -carotene-linoleate model system을 이용하여 지층이 용매별 추출물의 항산화 효과를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 합성 항산화제인 BHT를 대조구로 하였을 때 100 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서는 29.3~41.1%로 추출물들과 대조구간의 큰 차이가 없었으나 700 $\mu\text{g/mL}$ 이상에서는 methanol 추출물의 항산화 활성이 BHT보다 높아져 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서는 78.4%로 가장 활성이 높았다. Butanol 추출물을 제외한 모든 시료에서 농도가 증가될수록 항산화 효과도 높아지는 경향이였다. Butanol 추출물의 경우 700 $\mu\text{g/mL}$ 까지는 농도가 증가함에 따라 항산화 활성도 증가하였으나 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 에서는 오히려 활성이 저하하여 26.5%에 불과하였다. Butanol 추출물에서 시료의 농도가 증가할수록 항산화 효과가 낮게 측정된 것은 추출물의 농도가 지나치게 높을 경우 산화활성을 가지는 성분 간의 상호 반응으로 인하여 산화작용을 촉진시키기 때문으로 생각된다.

요 약

지층이(*Sargassum thunbergii*)의 기능성을 밝히고 식품

으로서 이용성을 증대시키기 위하여 전자공여 작용, 아질산염 소거작용, SOD 유사활성, 환원력 및 β -carotene-linoleate model system을 이용하여 항산화능을 측정하였다. 총 페놀함량은 chloroform 추출물이 22.5 ± 0.8 mg/100 mL, methanol 추출물이 20.1 ± 0.6 mg/100 mL였으며, 전자공여 작용은 hexane 추출물을 제외한 모든 시료에서 추출물의 농도가 높을수록 그 효과가 증가하였으며, 특히 추출물의 농도 1000 $\mu\text{g/mL}$ 일 때 methanol 추출물과 water 추출물에서 각각 70.4%와 63.2%로 radical 소거능이 강했다. 아질산염 소거작용은 pH 2.5 반응용액에서 추출물의 농도가 증가할수록 뛰어난 소거작용을 보였으며 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 에서 methanol 추출물이 $89.4 \pm 0.9\%$ 로 가장 높은 아질산염 소거작용을 보였고 반대로 water 추출물은 $38.6 \pm 0.5\%$ 로 낮은 소거효과를 보였다. SOD 유사활성은 chloroform 추출물이 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 첨가 시 61.4%로 활성이 가장 높았다. β -carotene-linoleate model system에서 항산화 활성을 측정하였을 때 시료의 첨가 농도가 증가할수록 항산화 활성이 높아지는 경향을 보였으며 가장 활성이 높은 methanol 추출물의 경우 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 78.4%로 대조구인 BHT(72.1%)보다 더 항산화 활성이 높았다.

문 헌

- Goldberg I. 1994. *Functional Foods*. Chapman & Hall Press, New York. p 3-16.
- Sadaki O. 1996. The development of functional foods, and materials. *Bioindustry* 13: 44-50.
- Sozmen EY, Tanyakin T, Onat T, Kufay F, Erlacin S. 1994. Ethanol-induced oxidative stress and membrane injury in rat erythrocytes. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 32: 741-744.
- Cerutti PA. 1985. Proxidant states and tumor promotion. *Science* 227: 375-381.
- 정지형. 1996. 수산과학의 하이테크. 부산수산대학교 해양과학공동연구소. p 219.
- Numata A, Kanbara S, Takahashi C, Fujiki R, Yoneda M, Usami Y, Fujita E. 1992. A cytotoxic principle of the brown alga *Sargassum tortile* and structures of chromenes. *Phytochem* 31: 1209-1213.
- Jimenez-Escrig A, Goni-Cambrodon I. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch Latinoam Nutr* 49: 114-120.
- Kim HS, Kim GJ. 1998. Effects of the feeding *Hijikia fusiforme* (Harvey) Okamura on lipid composition of serum in dietary hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 718-723.
- Collic S, Fischer AM, Tapon-Breaudiere J, Boisson C, Durand P, Jozefonvicz J. 1991. Anticoagulant properties of a fucoidan fraction. *Thromb Res* 48: 121-130.
- Lee NH, O KL. 2000. Screening of radical scavenging effects from marine algae. *Cheju J Life Science* 3: 95-101.
- Khuang C, Itoh H, Mizuno T, Ito H. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweeds, umitoranoo (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotechnol Biochem* 59: 563-567.
- Gutfinger T. 1958. Polyphenols in olives. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.

13. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean Food Sci Technol* 28: 232-239.
14. Kato H, Lee IE, Chyen N, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibitory of nitrosamine formation by nondialyzable melannins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
15. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
16. 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.
17. Kim TH. 2002. Antioxidant and free radical-scavenging properties of *Phellinus baumi* extracts. *MS Thesis*. Gyeongsang Natl Univ.
18. Kim MR, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE. 1999. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1201-1207.
19. Kim JA, Lee JM. 2004. The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. *Korean J Food Cult* 9: 200-208.
20. Park YB, Ahn JK, Yoo SJ, Park DC, Kim IS, Park YH, Kim SB. 1998. Elucidation of anti-tumor initiator and promoter derived from seaweed-4: Desmutagenic principles of *Ecklonia stolonifera* extracts against carcinogenic heterocyclic amines. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 537-542.
21. Knöss W, Glombitza KW. 1993. A phenolsulphatase from the marine brown alga *Cystoseira tamariscifolia*. *Phytochemistry* 32: 1119-1123.
22. Lim SN, Cheung PCK, Ooi VEC, Ang PO. 2002. Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *J Agric Food Chem* 50: 3562-3866.
23. Park JH, Kang CC, Back SB, Lee YH, Lee CS. 1991. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. *Korean J Food Sci Technol* 23: 256-261.
24. 정인학, 김병목, 이진경, 임영선, 김민형, 최혜정, 박수지. 2003. 추출용매를 달리한 해조류 추출물의 항산화 특성. 한국수산학회 추계발표집. p 61-62.
25. Park YB, Park UY. 2000. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by seaweed. *J Kangwon Provincial Univ* 3: 43-49.
26. Kim BJ. 2002. Nitrite-scavenging and inhibition of sea lettuce (*Enteromorpha linza*) extracts for the N-nitrosamine formation. *MS Thesis*. Gyeongsang Natl Univ.

(2005년 11월 22일 접수; 2005년 12월 27일 채택)