

칠면초 분획물의 항산화 활성

최종일¹ · 김연주¹ · 김재훈¹ · 송범석¹ · 윤요한¹ · 변명우¹ · 권중호² · 전순실³ · 이주운^{1*}

¹한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소

²경북대학교 식품공학과

³순천대학교 식품영양학과

Antioxidant Activities of the Extract Fractions from *Suaeda japonica*

Jong-Il Choi¹, Yeon-Joo Kim¹, Jae-Hun Kim¹, Beom-Sok Song¹, Yohan Yoon¹,
Myung-Woo Byun¹, Joong-Ho Kwon², Soon-Sil Chun³, and Ju-Woon Lee^{1*}

¹Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea

²Dept. of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³Dept. of Food & Nutrition, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

Abstract

This study was designed to investigate the antioxidant effect of *Suaeda japonica* grown in Suncheon Bay. *S. japonica* was extracted using different solvents and the extracts were examined for their antioxidative activities with various methods. When the total phenolic contents were determined, the contents in the ethyl acetate, butanol and methanol extracts were 21.33, 17.31, and 2.33 mg/g, respectively. Fractions of butanol extract recorded the highest values of DPPH radical scavenging activity, β -carotene bleaching assay, and FRAP assay. The DPPH radical scavenging activities of butanol, ethyl acetate, methanol and water fractions were 77.46, 74.43, 47.99, and 27.70%, respectively. The FRAP value of butanol extract was 2.42 mM. But, the fraction of ethyl acetate extract was recorded the highest TBARS value. These results suggest that *S. japonica*, the specialty of Suncheon, could be a potential source of natural antioxidants.

Key words: *Suaeda japonica*, antioxidant activity, polyphenolic content

서 론

최근 다양한 종류의 천연 항산화제들이 보고되어 있지만, tocopherol만이 항산화제로서 사용되고 있는 실정이다. 우수한 항산화력과 낮은 가격 때문에 널리 사용되고 있는 합성 항산화제인 butylated hydroxytoluene(BHT)와 butylated hydroxyanisole(BHA)는 과량 섭취 시 심각한 병을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있고(1), 인체에 독성을 나타내어 사용규제를 받고 있다. 반면에 천연항산화제로 이용되고 있는 α -tocopherol 및 ascorbic acid 등은 그 항산화 효과가 낮고 가격이 상대적으로 비싸다는 단점이 있어(2), 보다 안전하고 효력이 강한 천연 항산화제의 개발이 절실히 요구되고 있다. 지금까지 연구된 항산화제에 관한 보고로는 은행잎 추출물의 LDL에 대한 항산화 효과(3), 곰취 추출물(4), 갈근(5), 녹차(6) 및 민들레 추출물의 항산화 효과(7) 등이 있다.

칠면초(*Suaeda japonica*)는 명아주과의 일년생 식물로 한국 서해안 조간대에 대단위로 분포하고 있으며 세계적인

로 구분된 해안식생 중 Sino-Japanese group의 대표 종이다. 이 종이 속한 *Suaeda*속 식물은 전형적인 염생식물인데, 이는 바닷가와 염분이 있는 호숫가 및 암염이 있는 지대에서 자라는 식물을 말한다(8). 또한 세포 안에 많은 소금기가 들어 있어 삼투압이 높기 때문에 토양 용액의 침투가 높을 때도 물을 빨아들일 수 있는 특징을 지니고 있다(9). 이러한 식물인 칠면초는 고염습 지역에서 생육이 가능할 뿐 아니라 천연 미네랄을 다량 함유하고 있어 다른 생물들과는 다른 생물학적 이용 가능성이 높은 2차 대사산물이 풍부할 것으로 생각되어(8) 기능성 소재로서의 활용 가능성을 가지고 있다. 칠면초는 식물성 소금 및 천연 염료로써 이용되고 있으며 한방에서는 뿌리를 제외한 식물체 전체를 약재로 사용하는데, 해열 효과가 있다고 알려져 있다. 하지만, 이러한 칠면초에 대해서는 기초 연구조차 진행되어 있지 않은 상태이다.

이에 본 연구에서는 칠면초를 다양한 기능성식품 소재, 화장품, 의약품 소재로 이용하기 위한 기초 자료를 마련하기 위해 용매별 분획 추출하여 다양한 방법으로 이들의 항산화

*Corresponding author. E-mail: sjwlee@kaeri.re.kr
Phone: 82-63-570-3204, Fax: 82-63-570-3207

성을 측정하였고, 기존에 알려진 항산화제인 ascorbic acid 및 BHA와 비교함으로써 칠면초 분획 추출물의 기능성 소재로서의 활용 가능성을 모색하고자 하였다. 또한 칠면초 내의 총 폴리페놀의 함량을 측정하여 항산화능의 연관을 확인하였다.

재료 및 방법

시료 준비 및 분획물 조제

본 연구에서 사용한 칠면초는 전라남도 순천 지역 일대의 해안가에서 채취하였다. 음건 세절한 칠면초 50 g에 methanol 500 mL을 가하여 25°C 수욕 상에서 6시간 동안 환류 냉각하면서 추출하여 얻어진 methanol 용액을 Whatman filter paper No. 4(Whatman International Ltd., Springfield Mill, Kent, England)로 여과한 뒤 농축하여 methanol 엑스를 얻었다. 얻어진 methanol 추출물에 증류수를 넣어 녹인 후, ethyl acetate 용액을 1:1이 되게 혼합한 후 분획 깔때기를 이용하여 ethyl acetate 층을 분리한 다음 ethyl acetate 층은 농축하여 ethyl acetate 엑스를 얻고, 잔여의 water 층에 n-butanol을 water 층과 1:1이 되도록 혼합한 후 분배하여 얻어지는 n-butanol 층과 water 층을 농축하여 n-butanol 엑스와 water 엑스를 각각 얻었다. 얻어진 용매 추출물들은 40°C에서 농축한 뒤 감압 건조시켰다. 이를 methanol에 5 mg/mL의 농도로 용해한 후 여과하여 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량

칠면초 분획 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(10)을 사용하여 분석하였다. 시료 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma Co., St. Louis, MO) 0.2 mL을 첨가하고 23°C에서 1분간 유지시켰다. 그 후 5% sodium carbonate 3 mL을 가하여 23°C에서 2시간 방치 후 분광광도계(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid(Sigma Co.)를 이용하여 검량곡선을 작성한 후 함량 계산에 활용하였다. BHA와 ascorbic acid를 1 mg/mL 농도로 제조하여 대조군으로 사용하였다.

β -carotene bleaching assay

칠면초 추출물의 β -carotene bleaching assay는 Mattaus(11)의 방법을 참고하여 항산화 효과 변화를 측정하였다. β -carotene 용액(1 mg/mL in chloroform) 1 mL, 40 μ L의 linoleic acid와 tween 80 400 μ L를 플라스크에 넣은 후 40°C에서 질소가스로 chloroform을 휘발시켰다. 100 mL의 증류수를 천천히 넣은 후 서서히 교반하였다. 이 용액 5 mL에 각 추출물을 건조 후 5 mg/mL의 농도로 용해시킨 시료 200 μ L를 넣은 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최초 흡광도를 측정한 후 반응용액을 50°C 수욕에 보관하면서 15분 간격으로 최대 120분까지 측정하였고, 실험을 통하여 측정된 흡광

도를 기준으로 항산화지수(Antioxidant index; AI)를 다음의 계산식에 의하여 계산하였다. BHA를 1 mg/mL 농도로 제조하여 대조군으로 사용하였다.

$$\text{Antioxidant index (AI)} = 100 \times \frac{\text{칠면초 추출물 첨가구의 유도기간}}{\text{무첨가구의 유도기간}}$$

DPPH 라디칼 소거능 측정

칠면초 분획 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois의 방법(12)을 이용하여 측정하였다. 각 건조된 추출물을 5 mg/mL의 농도로 methanol에 용해시킨 시료 1 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH, Sigma) 1 mL을 넣고 교반한 후 30분 동안 실온에 정치한 다음 반응용액을 분광광도계(UV 1600 PC, Shimadzu)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. BHA와 ascorbic acid를 1 mg/mL 농도로 제조하여 대조군으로 사용하였다. 전자공여능은 다음과 같은 계산식에 의해 환산되었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

FRAP(Ferric-reducing antioxidant potential) 측정

칠면초 추출물의 FRAP 측정 방법은 Benzie와 Strain의 방법(13)을 참고하여 측정하였다. FRAP reagent는 25 mL acetate buffer(300 mM, pH 3.6)를 37°C에서 가온한 후, 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ, Sigma) 5 mL과 20 mM ferric sulfate(FeSO_4) 2.5 mL을 가하여 제조하였다. 제조된 0.9 mL FRAP reagent에 각 건조된 추출물을 5 mg/mL의 농도로 용해시킨 칠면초 추출물 0.03 mL과 증류수 0.09 mL를 넣은 다음 37°C에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 분광광도계(UV 1600 PC, Shimadzu)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료 대신 메탄올을 넣어 측정하였다. BHA와 ascorbic acid를 1 mg/mL 농도로 제조하여 대조군으로 사용하였고, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2.5 및 5 mM의 농도로 반복하여 작성한 FeSO_4 의 검량식에 대입하여 환산하였다.

지질산패도 측정

칠면초 추출물의 지질산패도(TBARS)의 측정은 분쇄된 육 5 g을 15 mL 증류수와 칠면초 추출물 1 mL과 함께 균질기(DIAX 900, Heidolph Co. Ltd., Germany)를 사용하여 균질화하였다. 균질화된 시료를 37°C 항온수조에서 저장하면서 0, 60, 120분 후에 시료 1 mL을 취하여 2-thiobarbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL과 50 μ L BHA를 혼합한 후 90°C 수조에서 15분간 가열한 후 얼음물에서 10분간 냉각하였다. 반응용액을 원심분리기(VS-5500, Vision scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 600 \times g에서 20분 동안 원심분리한 후 그 상등액을 분광광도계(UV 1600PC, Shimadzu)를 이용하여 532 nm에서 측정하였다. 대조구는 칠면초 추출물 대신

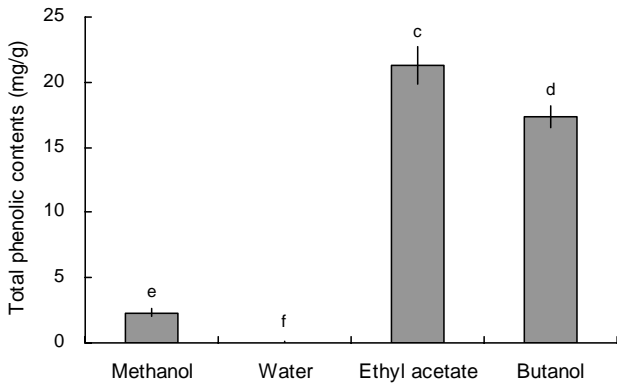


Fig. 1. Total phenolic contents of different extract fractions of *Suaeda japonica*.

^{a-f}Values with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

메탄올을 사용하였다. 측정된 흡광도를 기준으로 표준곡선에 따라 TBARS 값을 mg malondialdehydes/kg sample로 계산하였다.

통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software(14)에서 프로그램에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

폴리페놀 측정

칠면초 분획 추출물의 폴리페놀 함량 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 폴리페놀 함량을 측정한 결과 ethyl acetate 추출물의 폴리페놀 함량이 21.33 mg/g으로 분획물 중 가장 높았다. 다음으로 butanol, methanol 추출물 순으로 17.31 mg/g, 2.33 mg/g이었으며, water 추출물에서는 폴리페놀이 검출되지 않아 추출용매에 따른 폴리페놀 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 건조된 함초 1.0 g에는 약 2.4~2.6%의 페놀 화합물이 함유되었다고 보고한 Song 등(15)의 결과와 비교하면 칠면초 추출물에서도 함초와 유사한 폴리페놀 함량이 얻어졌으며, 국내 식물성 식품의 총 폴리페놀의 함량을 분석한 Lee 등(16)의 보고에서 감잎(5.80 mg/g), 울피(2.10 mg/g), 칩뿌리(2.0 mg/g)보다 매우 높은 폴리페놀 함량을 나타내었다. 천연식물의 페놀성 화합물들은 단순한 phenol류, phenolic acid, phenylpropanoid류 및 flavonoid류 등이 대부분으로서, 항균, 항알러지, 항산화, 항암, 충치예방, 심장질환 및 당뇨병 예방 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며(17), 페놀성 항산화제들은 연쇄반응에서 알킬 라디칼이나 알킬퍼옥시 라디칼에 수소를 공여하여 그 라디칼을 제거함으로써 산화를 억제하는 작용을 가진 물질로 알려져 있음에(18) 근거하여, 본 실험 결과는 칠면초의 폴리페놀에 의한 항산화 효능을 입증하는 것으로 천연 항산화제로써 이용

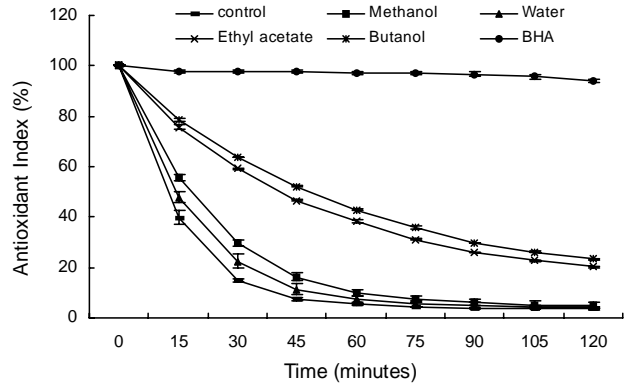


Fig. 2. β -carotene bleaching assay of different extract fractions of *Suaeda japonica*. Control: methanol.

가치가 있을 것으로 사료된다.

항산화 활성의 측정

각 칠면초 분획 추출물의 폴리페놀 성분을 확인한 후 항산화 활성을 측정하였다. 하나의 항산화 활성 측정 방법으로 모든 라디칼의 생성 원인이나 복잡한 생물계에서의 항산화 활성을 설명할 수 없기 때문에 본 연구에서는 β -carotene bleaching assay, DPPH radical scavenging activity, FRAP assay, TBARS value 등을 이용하여 각 분획에 대한 항산화 활성을 확인하였다.

β -carotene bleaching assay 측정

칠면초 추출물의 β -carotene bleaching assay 측정 결과를 Fig. 2에 나타내었다. β -carotene 용액은 시간이 지남에 따라 탈색이 심해져 흡광도가 감소하였으며, 각각의 추출물은 서로 다른 탈색정도를 보여주었다. 무첨가군에는 시료 대신 methanol을 첨가하여 실험하였다. 칠면초 butanol 추출물이 다른 추출물보다 흡광도의 감소 정도가 더 적었으며 다음으로 ethyl acetate, methanol, water 추출물 순이었다. Butanol 추출물과 ethyl acetate 추출물의 탈색은 유의적으로 차이가 있었고, methanol, water 추출물은 무첨가군과 비슷한 정도의 활성을 나타내었다. BHA가 처리된 대조군은 높은 항산화력으로 인해 처리시간동안 흡광도의 변화가 거의 없었으나, 식품에 합성항산화제를 첨가할 때 간비대증(19)이나 발암효과 등의 유해한 증상들이 우려되므로 법적 최대 허용량을 0.02%로 규제하고 있다(20). β -carotene bleaching assay는 β -carotene의 황색이 lipid peroxy radical($LOO \cdot$)의 첨가에 의하여 탈색화되는 것을 측정하는 방법으로 소수성의 fraction이 효과가 있을 것으로 예측되었으며 butanol 추출물이나 ethyl acetate 추출물이 lipid peroxy radical에 대한 높은 억제능이 있는 것을 의미한다.

DPPH 라디칼 소거능 및 FRAP(ferric-reducing antioxidant potential) 측정

DPPH 라디칼 저해능은 항산화능을 측정하는데 가장 널리 사용되는 방법으로 항산화 물질의 전자공여능을 보여주

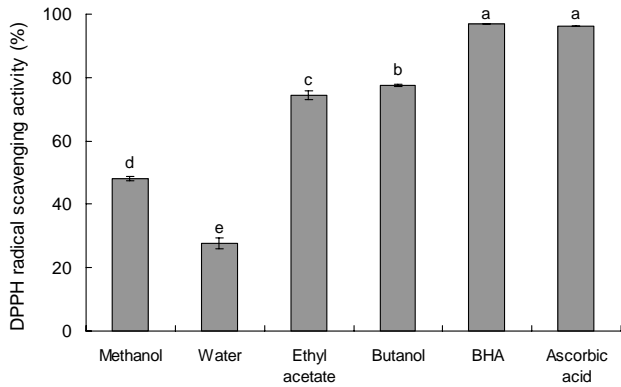


Fig. 3. DPPH radical scavenging effect of different extract fractions of *Suaeda japonica*.

^{a-e}Values with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

고 있다. 칠면초 분획 추출물의 DPPH 라디칼에 대한 전자공여능을 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 칠면초 butanol 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 77.46%로 나타났으며 ethyl acetate, methanol 및 water 추출물 순으로 74.43, 47.99, 및 27.70%의 라디칼 소거능이 나타났다. 칠면초 butanol 추출물의 라디칼 소거능은 칠면초 water 추출물의 세 배에 해당하는 높은 라디칼 소거능을 나타내었다. 칠면초 분획 추출물이 DPPH 라디칼에 전자를 제공함으로써 산화의 원인인 유리 라디칼을 안정화 시키는 역할을 함으로써 항산화 활성을 나타낸다.

FRAP 방법은 비교적 최근 Benzie와 Strain(13)에 의해 개발된 총 항산화능을 측정하는 방법으로 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine(Fe^{3+} -TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine(Fe^{2+} -TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것으로 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다는 점에 착안하여 고안되어진 방법이다. 실험 결과 butanol 추출물의 FRAP value가 2.42 mM로 가장 높았으며 ethyl acetate, methanol, water 추출물 순으로 1.99, 0.52, 0.27 mM로 나타났다(Table 1). Butanol 추출물과 ethyl acetate 추출물은 모두 중간 정도의 항산화 활성(FRAP 값이 0.5에서 1.0 사이) 이상을 갖는 것으로 확인되었으며, 부추 메탄올 추출물의 FRAP value가 0.162 μ M이라고 보고한 Moon

Table 1. Ferric-reducing antioxidant potential value of the different extract fractions of *Suaeda japonica*

Fraction	FRAP value (mM)
Methanol	0.52 ^{d2)}
Water	0.27 ^e
Ethyl acetate	1.99 ^c
Butanol	2.42 ^b
BHA	7.96 ^a
Ascorbic acid	8.32 ^a
SEM ¹⁾	0.10

¹⁾Standard errors of the mean ($n=3$).

²⁾Values with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

등(21)의 보고에 비하면 매우 높은 항산화 활성을 나타내었다. 각 추출물들의 FRAP value는 β -carotene bleaching assay 및 전자공여능 측정 결과와 동일한 결과를 보였으며, 이는 칠면초 butanol 추출물이 높은 항산화 활성을 가지고 있음을 의미한다.

지질산패도(TBARS) 측정

식품은 산화에 의해 생성된 과산화물이 2차 산화생성물로 분해되어 지방분해효소 및 미생물 대사 등에 의해 지질이 분해되므로 저장기간이 경과함에 따라 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 값은 증가한다(22). 칠면초 추출물의 지질산패도를 TBARS 수준으로 조사하여 Fig. 4에 나타내었다. 모든 실험구간에서 저장 시간이 경과함에 따라 TBARS 값은 증가하는 경향이 있었다($p < 0.05$). 저장 시간이 경과함에 따른 지질산패도 증가 정도가 매우 낮은 BHA와 ascorbic acid에 유사하게 칠면초 추출물의 증가도는 무처리 군에 비해 낮은 TBARS 값을 나타내어 칠면초 추출물이 돈육 내 지질산패를 저하시킴을 알 수 있었다. 특히, methanol 및 ethyl acetate 추출물은 다른 추출물에 비해 낮은 정도의 TBARS value를 나타내어 methanol 및 ethyl acetate 추출물의 높은 항산화능을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 앞선 항산화 활성 실험과 비교하여 보면 methanol, butanol, ethyl acetate 추출물들에는 서로 다른 기작을 갖는 항산화 활성 물질들이 존재한다고 사료된다.

칠면초 분획 추출물 중 butanol 추출물은 전자공여능, β -carotene bleaching assay 및 FRAP 측정 결과 가장 높은 항산화 활성을 보여주었고, ethyl acetate 추출물은 폴리페놀 및 TBARS, 전자공여능, FRAP 측정 실험에서 높은 항산화 활성을 보여주었다. 이러한 결과는 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과 butanol 추출물과 ethyl acetate에서 높은 총 페놀함량이 얻어졌던 결과와 일치한다. 따라서 추출물내의 총 페놀함량과 항산화 활성의 높은 연관관계를 보여준다. 하지만, water 추출물의 경우는 폴리페놀이 거의 확인되지 않았지만, DPPH 라디칼 소거능의 활성을 보였다. 따라서 water 추출물에는 비타민, 단백질이나 천연다당류와 같은 비페놀

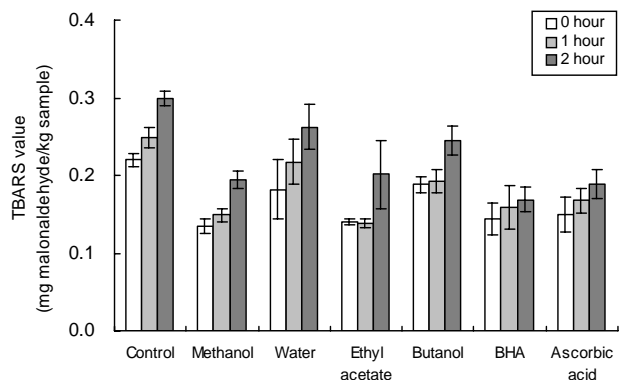


Fig. 4. TBARS value of different extract fractions of *Suaeda japonica*. Control: methanol.

류의 항산화 물질이 있는 것으로 예측된다. 또한, 칠면초 각 분획 추출물의 다른 항산화 측정 방법으로 확인된 활성의 차이는 각 분획마다 다른 항산화 기작을 하는 화합물이 있다는 것을 의미한다. 이러한 결과들로부터 칠면초 추출물의 항산화 활성은 합성 항산화제를 대체할 천연 항산화제로서의 기능성 소재로서 활용가능성을 제시한다고 할 수 있다.

요 약

칠면초(*Suaeda japonica*)를 식품 및 공중보건 산업에서 활용하기 위한 기초자료를 마련하기 위하여 항산화성을 측정해 보았다. 칠면초 분획 추출물의 폴리페놀 함량을 측정된 결과 ethyl acetate 추출물의 폴리페놀 함량이 21.33 mg/g으로 나타났고, 다음으로 butanol(17.31 mg/g), methanol(2.33 mg/g) 순이었으며, water 추출물에서는 폴리페놀이 검출되지 않았다. β-carotene bleaching assay를 측정한 결과 칠면초 butanol 추출물의 흡광도 감소 정도가 가장 적었고 다음으로 ethyl acetate, methanol 및 water 추출물 순으로 나타났다. 칠면초 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과 butanol, ethyl acetate, methanol 및 water 추출물 순으로 각각 77.46, 74.43, 47.99 및 27.70%로 나타났다. FRAP 측정 결과 butanol 추출물의 FRAP value가 2.42 mM로 가장 높게 나타났다. 칠면초 추출물은 모두 무처리군보다 낮은 지질산패도(TBARS)를 나타내었으며, 특히 methanol 및 ethyl acetate 추출물이 높은 지질산패 저하능을 나타내었다. Butanol 추출물은 전자공여능, β-carotene bleaching assay 및 FRAP 실험에서 가장 높은 항산화 활성을 보여주었고, ethyl acetate 추출물은 폴리페놀 및 TBARS 측정 실험에서 높은 항산화 활성을 나타내어 칠면초 각각의 추출물에 다양한 항산화물을 갖는 항산화제가 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국원자력연구원의 기본연구지원과제, 한국 과학재단과 과학기술교육부의 연구비 지원(과제관리번호 KOSEF R01-2008-000-20213-0)에 의해 수행되었습니다.

문 헌

1. Seog HM, Seo MS, Kim HM, Ahn MS, Lee YT. 2002. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 889-892.
2. Sa JH, Lee W, Shin IC, Jeong KJ, Shim TH, Oh HS, Kim YJ, Cheung EH, Kim GG, Choi DS. 2004. Antioxidant effect of *Rosa davurica* pall extract on oxidation of human low density lipoprotein (LDL). *Korean J Food Sci Technol* 36: 311-316.
3. Yan LJ, Dray-Lefaix MT, Packer L. 1995. *Ginkgo biloba* extract (EGb 761) protects human low density lipoproteins against oxidative modification mediated by copper. *Biochem Biophys Res Com* 213: 360-366.
4. Jeong J, Kim E, Hwangbo H, Ham S. 1998. Effects of *Ligularia fischeri* extracts on oxidation of low density lipoprotein. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1214-1221.
5. Park CO, Kim KS, Ji YA, Ryu BH. 1997. Antioxidant activity of daidzin and puerarin toward oxidation of human low density lipoprotein. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 25-31.
6. Park CO, Jin SH, Ryu BH. 1996. Antioxidant activity of green tea extracts toward oxidation of human low density lipoprotein. *Korean J Food Technol* 28: 850-858.
7. Yag KS, Jeon CM. 1996. Effect of *Taraxacum coreanum* Nakai on low density lipoprotein oxidation. *Korean J Pharmacogn* 27: 267-273.
8. Jung BM, Park JA, Bae SJ. 2008. Growth inhibitory and quinone reductase induction activities of *Salicornia herbacea* L. fractions on human cancer cell lines *in vitro*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 148-153.
9. Lee HJ, Kim YA, Ahn JW, Lee BJ, Moon SG, Seo Y. 2004. Screening of peroxytrite and DPPH radical scavenging activities from salt marsh plants. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 57-61.
10. Gao X, Bjork L, Trajkovski V, Uggla M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J Sci Food Agric* 80: 2021-2027.
11. Mattaus B. 2002. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *J Agric Food Chem* 50: 3444-3452.
12. Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
13. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 230: 70-79.
14. Nie N, Bent D, Hull C. 1970. *SPSS: Statistical package for the social sciences*. McGraw-Hill, New York.
15. Song HS, Kim DP, Jung YH, Lee MK. 2007. Antioxidant activities of red hamcho (*Salicornia herbacea* L.) against lipid peroxidation and the formation of radicals. *Korean J Food Nutr* 20: 150-157.
16. Lee YS, Joo EY, Kim NW. 2006. Polyphenol contents and physiological activity of the *Lespedeza bicolor* extracts. *Korean J Food Preserv* 13: 616-622.
17. Azuma K, Nakayama M, Koshica M, Lppoushi 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.
18. Labuza TP. 1973. Kinetic of lipid oxidation in foods. *CRS Crit Rev Food Technol* 2: 355-405.
19. Omaye ST, Reddy KA, Cross CE. 1977. Effects of butylated hydroxytoluene and other antioxidants in mouse lung metabolism. *J Toxicol Environ Health* 56: 829-836.
20. Kasuga A, Aoyagi Y, Sugahara T. 1988. Antioxidant activities of edible plants. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 35: 828-834.
21. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and anti-oxidative activities of Buchu (Chines chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35: 493-498.
22. Brewer MS, Ikins WG, Harbers CA. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground fork during long-term frozen storage: effects of packaging. *J Food Sci* 57: 558-563.

(2008년 12월 5일 접수; 2009년 1월 14일 채택)