

산야초 발효액의 항산화 활성

이영준 · 윤보라 · 김단비 · 김명동 · 이대원* · 김재근** · †이옥환

강원대학교 식품생명공학과, *정선 약초백화점,

**계명문화대학 식품영양조리학부

Antioxidant Activity of Fermented Wild Grass Extracts

Young-Jun Lee, Bo-Ra Yoon, Dan-Bi Kim, Myoung-Dong Kim, Dae-Won Lee*,

Jae-Keun Kim** and †Ok-Hwan Lee

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**Department of Jeongseon Yaccho, Jeongseon 233-808, Korea*

***Dept. of Food Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 704-703, Korea*

Abstract

Wild grass is edible, and it grows in the mountains or field areas. Wild grass has diverse biological effects, such as antiobesity, anti-cancer, antioxidant activities and immune stimulation. Currently, many studies are aimed at enhancing the efficacy of medicinal foods on biological activity using a bioconversion technology, including the fermentation process. In this study, the quality characteristics and antioxidative activity of the fermented wild grass was investigated. The antioxidant activity of fermented wild grass was assessed by various radical scavenging assays using DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP(ferric ion reducing antioxidant power), reducing power, and ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)). Moisture contents of the fermented wild grass is 49.6±0.06%. Contents of crude ash, crude protein, and crude fat were 0.65±0.01, 0.65±0.04, and 3.3±0.59%, respectively. Moreover, fermented wild grass showed that the hunter's color values were 80.36(lightness), 11.47(redness), and 44.53(yellowness), respectively. Total phenolic contents of the fermented wild grass was 1,185±159 μg GAE(gallic acid equivalent)/g. The antioxidative activities of the fermented wild grass were significantly increased in a dose dependent manner. In addition, fermented wild grass did not show any cytotoxicity up to 500 μg/ml. However, the anti-adipogenic effect of the fermented wild grass extract was barely detectable. This antioxidant potential is partly due to the phenolic compounds that are present in the fermented wild grass extracts.

Key words: wild grass, fermentation, antioxidant activity, quality characteristics, total phenol content

서론

최근 경제수준의 향상으로 인한 평균 수명의 연장과 더불어 각종 성인병들의 발병이 증가함에 따라 건강에 대한 관심이 높아져 항암, 항산화, 면역증진과 같은 생리활성 효과를 갖는 천연물에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Lee 등 2003; Sun & Tanumihardjo 2007). 또한 약물로 인한 부작용을

극복하기 위하여 약용식물로부터 생리활성을 가진 물질의 검색이 많이 이루어지고 있으며, 건강음료 개발에 약용식물을 활용하고자 하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Mok CK 2005).

산야초는 산이나 들에 자생하는 풀로, 풍부한 비타민과 무기질, 생리활성 물질들로 인한 효능을 인정을 받아, 예로부터 한의학 및 민간요법에서 식품, 기호음료, 한방, 의학에서 널리

† Corresponding author: Ok-Hwan Lee, Dept. of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: +82-33-250-6454, Fax: +82-31-241-0508, E-mail: loh99@kangwon.ac.kr

리 통용되어 왔다(Lee 등 2004). 산야초 발효액은 야생에 존재하는 약용식물에 당과 효소를 첨가한 후 자연 발효를 통해 제조하게 된다. 이때 약용식물에 존재하는 여러 가지 활성 물질들이 효소화되어 체내에서 소화 및 흡수되기 쉬운 형태로 전환된다(Lee 등 2008). 또한 발효공정을 거치게 되면 미생물의 분해 작용을 통해 새로운 유기산 및 각종 분해산물과 활성 성분의 생성, 풍미 향상, 독성의 감소 등과 같은 많은 장점을 가지며, 연구를 통하여 발효식품의 효능에 관한 연구결과들이 발표됨에 따라 발효식품의 인기가 점점 높아지고 있다(Kang 등 1997; Park 등 2006).

최근 산야초를 이용한 건강식품이 점차 확대되고 있는 반면에, 이들 산야초 식품에 대한 식품학적 성분 분석 및 항산화 활성 등에 대한 연구는 아직 초기단계에 불과하다. 따라서 본 연구에서는 전통발효 공정을 이용한 산야초 발효액의 특성 및 항산화 활성에 대한 기초자료를 제공하고자 산야초 발효액의 일반성분, 색도, 총 페놀 함량 등의 품질특성을 분석하였고 또한 다양한 항산화 평가방법을 이용하여 항산화 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 산야초 발효액 및 실험재료

본 실험에서 사용한 산야초(솔잎, 쑥, 쇠비름, 곰취, 엄나무, 더덕, 둥글레)는 강원도 고성군에서 채취한 것으로 잎, 뿌리와 줄기를 세척 후 항아리에 담은 뒤, 설탕을 첨가하여 상온에서 180일간 식물들의 엑기스 및 성분을 침출시켰다. 그 후 거름망을 이용하여 여과한 여과액을 다시 180일간 자연 발효시켰다. 산야초 발효액을 이용하여 성분분석을 실시하였으며, -58°C 에서 72시간 동결건조하여 분말화한 후, 항산화 활성 및 항비만 효과의 시료로 이용하였다.

본 연구에서 사용된 시약은 N-acetyl-L-cysteine(NAC), insulin, 3-isobutyl-1-methylxanthine(IBMx), nitroblue tetrazolium(NBT), Oil Red O(ORO), dexamethasone(DEX), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical(DPPH), acetic acid, gallic acid, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS), isopropanol, Folin & Ciocalteu's phenol reagent, sodium carbonate, 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ), trichloroacetic acid(TCA), potassium ferricyanide, potassium persulfate 등은 Sigma(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였고, Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM), bovine serum(BS), fetal bovine serum(FBS), penicillin-streptomycin(P/S), phosphate-buffered saline(PBS) 및 trypsin-EDTA는 Gibco(Gaithersburg, MD, USA)로 부터 구입하여 사용하였다.

2. 산야초 발효액의 성분분석

산야초 발효액의 일반성분 분석은 AOAC법에 준하여 실시하였다. 수분정량은 105°C 상압가열건조법을 이용하였다. 조지방 정량은 diethylether로 추출하는 Soxhlet으로, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 조회분은 550°C 회화로를 이용한 건식회화법으로 각각 분석하였다. 모든 측정은 3회 반복하여 실시하였으며, 평균값 \pm 표준편차로 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu의 방법을 변형하여 측정하였다(Sato 등 1996). 즉, 산야초 발효액을 1 mg/ml의 농도로 제조한 뒤, 2% sodium carbonate 용액 1 ml와 10% Folin-Ciocalteu's reagent 1 ml를 혼합하여 1시간 방치 후 Microplate Reader(Molecular Devices, Sunnyvale, CA USA)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선($y=15.851x+0.0492$, $R^2=0.9992$)으로 부터 함량을 구하였다.

3. 색도 측정

산야초 발효액의 색도는 색차계(Minolta CR-400, Co. Ltd, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였고, 색차값은 Hunter's value인 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)으로 나타내었다. 이때 사용한 표준백색판의 명도, 적색도, 황색도는 각각 97.75, 0.49, 1.96이었다.

4. 산야초 발효액의 항산화 활성

1) 시료 제조

본 항산화 실험에서 사용한 시료는 -58°C 에서 72시간 동결 건조하여 분말화 한 산야초 발효액을 증류수를 용매로 이용하여 10, 50 및 100 mg/ml의 농도로 제조하여 사용하였다.

2) 전자공여능 측정

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical(DPPH)는 free radical에 대한 시료의 항산화 효능을 확인하기 위하여 사용한다. 전자공여능 측정은 Kim 등(2002)의 방법을 변형하여 측정하였다. Ethanol에 용해시킨 0.4 mM DPPH 용액 0.8 ml에 시료 0.2 ml을 첨가하여 vortex mixer로 5초간 진탕하고, 암소에서 10분 동안 방치 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 다음 식에 의하여 DPPH free radical 소거능을 나타내었다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left\{ 1 - \left[\frac{A_{\text{Experiment}} - A_{\text{Blank}}}{A_{\text{Control}}} \right] \right\} \times 100$$

3) FRAP 활성 측정

Benzie & Strain(1996)의 방법을 변형하여 Ferric ion reducing antioxidant power(FRAP) assay를 통한 산야초 발효액의 항산

하능을 측정하였다. Acetate buffer(pH 3.6, 300 mM) : 10 mM의 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM FeCl₃ · 6H₂O를 10:1:1의 비율로 섞어 실험직전에 만들어 산야초 발효액과 혼합하고 10분간 상온에서 보관 후 590 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4) 환원력 측정(Reducing power)

발효액의 환원력은 Oyaizu(1986)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1 ml에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액 및 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 ml씩 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA 용액을 1 ml 가하여 13,500×g에서 15분간 원심분리하여 상등액 1 ml에 중류수 및 ferric chloride를 각 1 ml씩 혼합하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원력은 시료 첨가군과 대조군의 흡광도 비를 %값으로 환산하였다.

5) ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 Roberta 등(1999)의 방법으로 측정하였다. 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulphate를 제조한 후, 암소에 하루동안 방치하여 양이온(ABTS ·⁺)을 형성시킨 후, 734 nm에서 흡광도의 값이 1.5 이하가 되도록 희석하고, 희석된 ABTS ·⁺ 용액 1 ml에 시료 20 μl를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. 항산화능은 시료를 녹인 용매인 dimethyl sulfoxide(DMSO)를 대조군으로 하여 대조군에 대한 라디칼 소거능을 백분율로 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity} = \left(1 - \frac{A_{\text{Test}}}{A_{\text{Control}}}\right) \times 100$$

5. XTT assay를 이용한 세포독성평가

3T3-L1 지방세포에 대한 산야초 발효액의 세포 독성평가는 XTT {2,3-bis (2-methoxy-4-nitro-5-sulfophenyl)-2H-tetrazolium-5-carboxanilide innersalt} assay kit를 이용하여 측정하였다(Furukawa 등 2004; Blumberg 등 2006). 3T3-L1 세포는 실험 전날 1×10⁶ cell 농도로 96-well plate에 seeding하고, 시료 10, 100 및 500 μg/ml를 처리하여 24시간 동안 배양하였다. 그 후 -20°C에 보관 중인 XTT 및 PMS(N-methylphenazonium methyl sulfate) reagent를 37°C에서 완전히 해동시킨 후, 1 ml의 XTT reagent와 20 μl PMS reagent를 혼합하여 working solution을 준비하여 놓고, 96-well medium 부피의 20% 되는 양 만큼 취하여 각각의 well에 조심스럽게 첨가하여 plate를 바닥에 붙인 상태로 가볍게 흔들면서 혼합하였다. CO₂ incubator에서 4시간 동안 배양한 후 450 nm 흡광도 값에서 690 nm의 흡광도 값을 뺀 결과 값으로 세포 독성을 계산하였다.

6. 3T3-L1 세포 배양 및 분화

3T3-L1 지방세포의 분화 과정 중, 산야초 발효액에 의한 지방세포 분화를 관찰하였다(Furukawa 등 2004; Blumberg 등 2006). 마우스 유래 3T3-L1 세포주는 American Type Culture Collection(ATCC, CL-173, Manassas, VA, USA)으로부터 분양 받아 사용하였다. 3T3-L1 전지방세포를 실험목적에 따라 24-well plate에 각각 11×10⁶ cell 농도로 seeding한 후, 10% BS 및 1% P/S를 함유한 고농도 포도당 DMEM(89%)에서 100% confluence 될 때까지 배양하였다. 이로부터 2일 후에, 지방세포 분화유도 물질(10 μg/ml insulin, 1 μM DEX, 0.5 mM IBMX)과 10% FBS 및 10% P/S를 함유한 DMEM으로 전지방세포를 지방세포로 분화 유도하였다. 지방세포 분화(day 0)시 DMEM에 시료를 각각 10 및 100 μg/ml로 처리하였고, 이때 산야초 발효액의 효과를 관찰하기 위하여 negative control에는 아무것도 처리하지 않았다. 지방세포의 분화는 분화유도 물질을 처리한 후, 2일마다 지속적으로 10 μg/ml insulin, 1% P/S, 10% FBS가 함유된 배지에 각각의 시료를 처리하였다.

7. Oil red O staining을 이용한 지방축적량 관찰

분화 과정에 따른 3T3-L1 세포 내 지방축적량을 측정하고자 각각의 시료를 처리하여 24-well에서 8일 동안 분화된 3T3-L1 세포의 배양액을 제거한 후, 10% formalin 용액 500 μl를 첨가하여 5분간 실온에서 방치한 뒤 제거하였다. 그 후 동량의 formalin 용액으로 분화된 3T3-L1 세포 1시간 이상 실온에서 방치한 후, formalin을 제거하고 60% isopropanol 용액 500 μl로 세척하여 세포를 완전히 건조시켰다. 완전히 건조된 세포들은 미리 제조해 둔 ORO working solution(Oil red O : DDW=6 : 4)으로 세포 내 축적된 지방성분들을 충분히 염색한 후, 중류수를 이용하여 세포를 3~4회 세척하고, 완전히 건조시켰다. 세포 내 축적된 지방 성분과 결합한 Oil red O는 100% isopropanol을 이용하여 모두 용출시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정하였다(Furukawa 등 2004; Blumberg 등 2006).

8. 통계분석

실험결과는 SAS package(release 9.2)를 이용하여 one-way ANOVA 분석 수행하였고, 평균값의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산야초 발효액의 성분분석

산야초 발효액의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 산야초 발효액의 수분함량은 49.6%로 나타났고, 조지방은 3.3%, 조단백은 0.65%, 조회분은 0.65%의 수치를 나타내었다. 산야

Table 1. Proximate composition and total phenolic content of fermented wild grass extracts

Sample	Moisture (%)	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Total phenolic content ($\mu\text{g GAE}^1/\text{g}$)
Fermented wild grass	49.6±0.06 ²⁾	0.65±0.01	0.65±0.04	3.3±0.59	1,185±159

¹⁾ Gallic acid equivalent, ²⁾ Mean±S.D.

초 발효액에 존재하는 폴리페놀의 함량은 1,185±159 $\mu\text{g GAE/g}$ 으로 나타났다.

2. 산야초 발효액의 색도 분석

산야초 발효액의 색도 분석은 Table 2와 같다. 명도(lightness)를 나타내는 L값은 100에 가까울수록 white를 나타내며, 적색도(redness)를 나타내는 a값은 +값의 경우 red를 나타내고, -값을 나타낼수록 green을 나타낸다. 한편, b값은 yellow

ness(황색도)로 +값일 경우 yellow를, -에 가까울수록 blue를 나타낸다. 색도 분석에서 L값은 80.36으로 나타났으며, a값과 b값은 각각 11.47과 44.53으로 측정되었다.

3. 항산화능 측정

DPPH radical은 아스코르빈산 및 토코페롤, polyhydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류에 의해 전자나 수소를 받아 환원되어 안정한 분자를 형성하게 될 때, 보라색이 탈색되어지는 원리를 이용하여 다양한 천연소재로부터 항산화 물질을 탐색하기 위해 많이 이용되고 있으며, 비교적 짧은 시간 내에 간단하게 항산화능을 측정할 수 있어 널리 사용되고 있는 방법이다(Que 등 2006). 산야초 발효액의 DPPH assay 결과는 Fig. 1(a)와 같다. 산야초 발효액의 10, 50 및 100 mg/ml의 농도에서 DPPH radical 소거활성은 각각 34.9±0.8, 55.37±1.0 및

Table 2. Hunter's color values of fermented wild grass extracts

Sample	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾
Fermented wild grass extracts	80.36±0.46	11.47±0.22	44.53±0.24

¹⁾ Lightness(L), ²⁾ Redness(a), ³⁾ Yellowness(b).

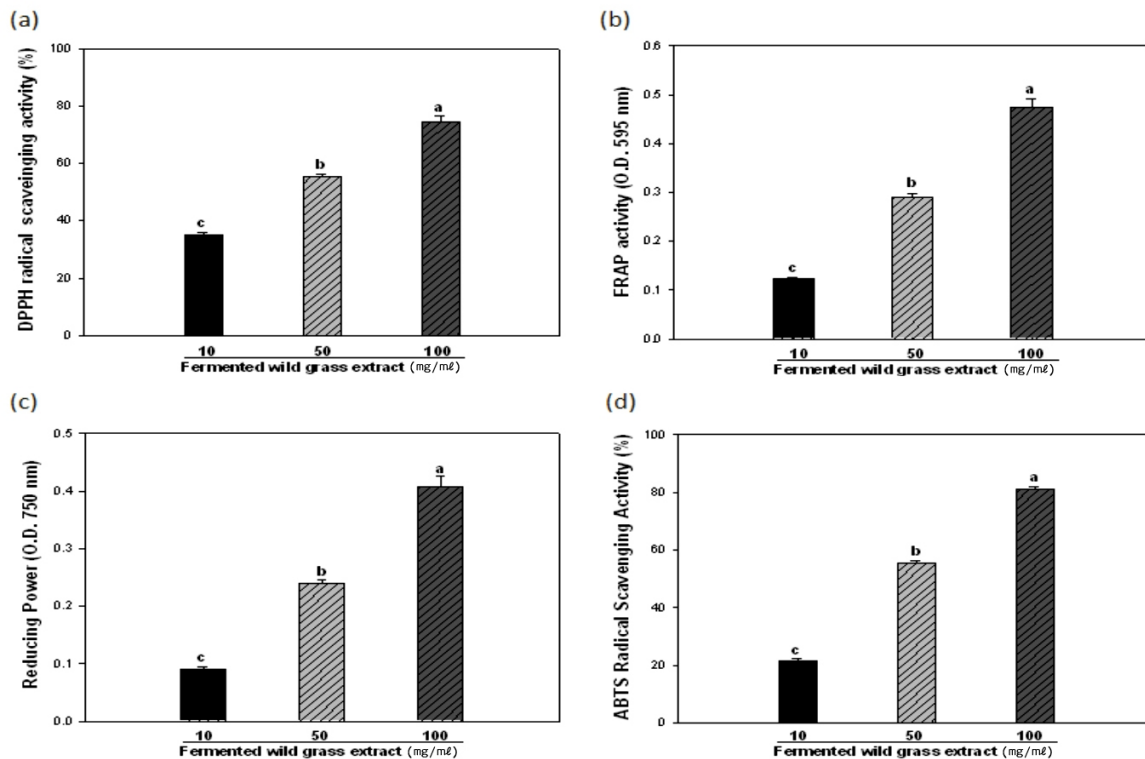


Fig. 1. DPPH radical scavenging activities(a), FRAP value(b) and reducing power(c), ABTS radical scavenging activities(d) of fermented wild grass extracts. Each bar represents the mean±S.D. of quadruplicate determinations, n=3. Statistical analysis was performed using the one-way ANOVA($p<0.05$).

74.61±2.0%로 산야초 추출물의 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성도 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. FRAP 방법은 앞에서의 DPPH radical 소거활성 측정과는 메커니즘이 다른 항산화 검증법으로 DPPH 방법의 경우 free radical을 직접적으로 소거하는 것을 이용한 항산화 활성을 평가하는 방법인 반면, FRAP 방법은 산화 및 환원 반응을 이용한 측정방법이다(Student 등 1980). FRAP 방법으로 측정된 산야초 발효액의 결과는 Fig. 1(b)와 같이 산야초 발효액의 10, 50 및 100 mg/ml의 농도에서 FRAP 활성은 각각 0.112, 0.289 및 0.473으로 나타났다. 환원력은 700 nm에서 ferric-ferricyanide (Fe^{3+})혼합물이 수소를 공여하여 유리라디칼을 안정화시켜 ferrous(Fe^{2+})로 전환하는 환원력을 흡광도 값으로 나타낸 것으로 결과는 Fig. 1(c)와 같이 산야초 발효액의 10, 50 및 100 mg/ml의 농도에서의 환원력은 0.09, 0.24와 0.4의 값을 나타내 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. ABTS법은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 $ABTS \cdot^+$ 이 시료 중의 항산화성 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색되는 것을 이용하여 항산화력을 측정하는 방법으로, DPPH assay의 경우 자유라디칼을 소거하는 반면, ABTS는 양이온 라디칼을 소거하는 차이를 가지며, 두 기질과 반응물과의 결합 정도가 달라져 라디칼 제거 능력의 차이를 보인다(Li 등 2007; Jeong 등 1994). ABTS radical 소거활성을 분석한 결과는 Fig. 1(d)과 같다. 산야초 발효액의 10, 50 및 100 mg/ml의 농도에서 ABTS radical 소거활성은 각각 21.5, 55.51 및 81.07%로 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다. 항산화능을 평가하는 네 종류의 실험에서 산야초 발효액의 경우, 농도별로 항산화능이 유의적으로 증가하는 것으로 보아 항산화 효과가 있는 것으로 생각된다.

4. 산야초 발효액의 세포독성 및 지방세포 분화에 미치는 영향

3T3-L1 지방세포에 대한 산야초 발효액의 세포 독성은 Fig. 2와 같다. 산야초 발효액의 경우 10, 100 및 500 μ g/ml의 모든 농도에서 세포 독성을 나타내지 않았으며, 현미경 상에서의 morphology의 변화도 관찰되지 않았다. 따라서 산야초 발효액의 경우 10, 100 및 500 μ g/ml에서는 세포 독성을 가지지 않을 것으로 생각된다. 한편, 3T3-L1 세포는 분화과정을 거쳐 세포 내 중성지방을 축적하는 특징을 가지는데, 이때 산야초 발효액에 의한 지방세포의 분화 억제 정도를 Oil Red O staining 방법으로 평가한 결과(Fig. 3), 3T3-L1 지방세포의 분화에 대한 산야초 발효액의 항비만 효과는 미비하게 나타났다.

이상의 결과로 볼 때, 산야초 발효액은 폐놀성 화합물을 함유하고 있으며, 다양한 항산화 실험 모델에서 활성을 나타내었다. 그러나 지방세포 분화 억제를 통한 항비만 활성에는

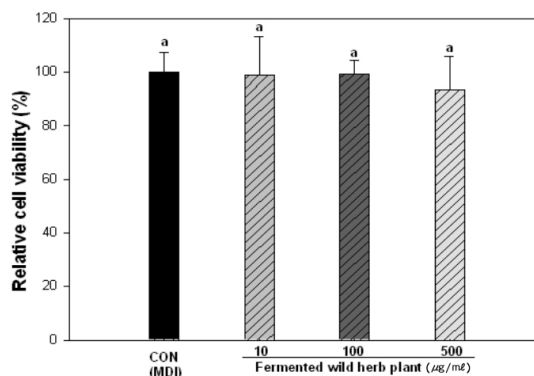


Fig. 2. Effect of fermented wild grass extracts on cell viability. Cell viability was measured by XTT assay. The exponentially growing cells were plated into 96-well plates at a density of 1×10^6 cells/well in DMEM/BS medium and incubated for 24 h prior to treatment at 37°C in 5% CO₂. Cells were divided into a control group and a fermented wild grass extracts groups. Each value is the mean±standard deviation of the results from five different plates (n=5) and is representative of results from at least two different experiments. Statistical analysis was performed using the one-way ANOVA ($p < 0.05$).

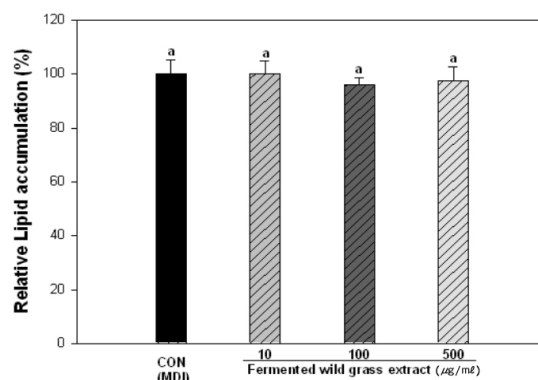


Fig. 3. Effect of fermented wild grass extracts on lipid accumulation during adipogenesis of 3T3-L1 preadipocytes. Oil red O staining at day 8. Lipid accumulation determined by absorbance at 490 nm.

나타내지 않았다. 향후, 산야초 발효액의 활성 증대를 위해서는 산야초 발효공정의 개선 및 발효원료의 선별 등을 통하여 효능이 증대된 발효액의 개발이 필요한 것으로 사료되었다.

요 약

본 연구에서는 산야초 발효액의 품질특성 및 항산화 효과를 평가하였다. 산야초 발효액의 수분함량은 49.6±0.06%이었으며, 조회분 0.65±0.01%, 조지방 3.3±0.59%, 조단백질 0.65±

0.04%이었다. 그리고 산야초 발효액의 총 페놀함량 분석 결과, $1,185 \pm 159 \mu\text{g GAE/g}$ 으로 나타났다. 색도 분석에서 L값은 80.36으로 나타났으며, a값과 b값은 각각 11.47 및 44.53으로 측정되었다. 다양한 항산화 평가 모델(DPPH, FRAP, 환원력, ABTS)을 통하여 산야초 발효액의 항산화 활성을 측정된 결과, 산야초 발효액의 농도가 증가함에 따라 항산화능이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 한편, 산야초 발효액은 지방세포에 대한 세포독성을 나타내지 않은 반면, 지방세포 분화에 대한 억제 효능은 미비하게 나타났다. 따라서 산야초의 발효액을 제조시 기능성 향상을 위한 발효공정의 개선 및 최적화 등의 추후 연구가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구의 일부는 강원대학교 농업생명과학연구원의 지원에 의한 결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA
- Benzie I, Strain J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Blumberg JM, Tzamelis I, Astapova I, Lam FS, Flier JS, Hollenberg AN. 2006. Complex role of the vitamin D receptor and its ligand in adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J Biol Chem* 281:11205-11213
- Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, Nakayama O, Makishima M, Matsuda M, Shimomura I. 2004. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest* 114:1752-1761
- Jeong JW, Lee YC, Jung SW, Lee KM. 1994. Flavor components of citron juice as affected by the extraction method. *Korean J Food Sci Technol* 26:709-712
- Kang JM, Cha IH, Lee YK, Ryu HS. 1997. Identification of volatile essential oil and flavor characterization and antibacterial effect of fractions from *Houttuynia cordata* Thunb. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:209-213
- Kim JH, Park JH, Park SD, Choi SY, Seong JH, Hoon KD. 2002. Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower(*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Kor J Food Sci* 34:617-624
- Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, LEE SH, Chung SK. 2008. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Kor J Food Pres* 15:445-449
- Lee MK, Choi GP, Ryu LH, Lee GY, Yu CY, Lee HY. 2004. Enhanced immune activity and cytotoxicity of *Artemisia capillaris* Thunb. extracts against human cell lines. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12:36-42
- Lee SE, Hwang HJ, Ha JS, Jeong HS, Kim JH. 2003. Screening of medical plant extracts for antioxidant activity. *Life Sci* 73:167-179
- Li H, Choi YM, Lee JS, Park JS, Yeon KS, Han CD. 2007. Drying and antioxidant characteristics of the shiitake(*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:250-254
- Mok CK. 2005. Quality characteristics of instant tea prepared from spray-dried Omija(*Schizandra chinensis* Baillon) extract grape juice mixture. *Food Engineer Prog* 9:226-230
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of the browning reaction. Antioxidative activities of browning reaction products prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44:307-315
- Park MS, Rim YS, and Shin SC. 2006. Comparison of the properties and extracting conditions of juice preparation from *Schizandra nigar*. *J Korean Forestry Soc* 95:453-485
- Que F, Mao L, Zhu C, Xie G. 2006. Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. *LWT-Food Sci Technol* 39:111-117
- Roberta R, Nicoletta P, Anna P, Anath P, Min Y, Catherine RE. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad Biol Med* 26:1231-1237
- Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agric Food Chem* 44:37-44
- Student AK, Hsu RY, Lane MD. 1980. Induction of fatty acid synthetase synthesis in differentiating 3T3-L1 preadipocytes. *J Biol Chem* 255:4745-50
- Sun T, Tanumihardjo SA. 2007. An integrated approach to evaluate food antioxidant capacity. *J Food Sci* 72:159-165