

## 명아주의 일반성분, 항산화활성 분석 및 흰쥐의 혈중 생화학적 분석에 관한 연구

한경식<sup>1</sup> · 정태환<sup>2</sup> · 신경옥<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>삼육대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>삼육대학교 보건바이오융합학과

### Studies on the general analysis and antioxidant component analysis of *Chenopodium album* var. *centrorubrum* and biochemical analysis of blood of mice administered *C. album*

Kyoung-Sik Han<sup>1</sup>, Tae-Hwan Jung<sup>2</sup>, and Kyung-Ok Shin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Sahmyook University

<sup>2</sup>Biomaterials Research Institute, Sahmyook University

**Abstract** The purpose of this study was to develop new food materials by analyzing nutritional components and antioxidant activities of *Chenopodium album* var. *centrorubrum*. The highest amount of mineral obtained in *C. album* was found to be 1.01±0.07 mg per 100 g of iron. The total phenolic content in *C. album* was found to be 3.77~9.57 GAE (gallic acid equivalent) mg/g. The reducing activities of leaves and roots of *C. album* determined using FRAP (ferric-reducing antioxidant power) were higher in ethanol extracts than water extracts. The ABTS radical scavenging activities of leaves and roots of *C. album* were 204.29±4.98 µmol/g and 106.96±2.81 µmol/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity was high upon extraction using ethanol (roots 20.71±0.04 µmol/g, leaves 71.08±0.33 µmol/g). HDL-cholesterol was significantly higher in the high fat diet groups supplemented with *C. album* than the control groups ( $p<0.05$ ). These results suggest that *C. album* can be used as a natural antioxidant and a functional dietary supplement.

**Key words:** *Chenopodium album* var. *centrorubrum*, mineral composition, antioxidant component analysis, blood lipid level

## 서 론

최근 잘못된 식습관과 스트레스 등의 원인으로 현대인들은 각종 염증성 질환과 비만으로 인한 합병증이 증가하고 있는 추세이다. 또한 지질은 필수지방산을 제공하고, 에너지원으로서 효율적인 체내 에너지 저장원인 영양소이지만, 지속적인 지질 섭취량의 증가와 구성 지방산 비율에 따라서 동맥경화증이나 심장순환계질환 등의 여러 가지 만성퇴행성질환을 유발할 가능성을 가지고 있다(Park, 2006). 이에 대응하기 위해 화학적으로 합성된 다양한 염증제 등을 복용하는 것이 약의 남용을 유도하고, 신체기능의 부작용을 일으키는 연구가 보고되면서 천연식물을 이용한 다양한 항염증이나 천연 항산화 제제를 찾고자 노력하고 있다(Kim 등, 2017). 합성 항산화제는 자체의 독성뿐만 아니라, 고농도 섭취에 따른 유해성이 문제시 되고 있으며, 이로 인해 식품을 통해 섭취하는 천연 항산화제가 더 효과적인 것으로 보고되면서 식품을 통해 섭취할 수 있는 천연 항산화제에 대한 연구에 많은 관심이 집중되고 있다(Lee 등, 2005).

명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*; *C. album*)는 중국 남부가 원산지이며, 전 세계적으로 약 1,500여 종, 우리나라에는 약 15여 종이 분포되어 있는 것으로 알려져 있다(Bazan 등, 2012). 명아주는 전체적으로 백색의 가루로 덮여 있어 회채, 여, 는쟁이 등으로 불리어진다. 명아주는 길이 1~1.5m의 일년초로 꽃의 개화 시기는 9~10월이며, 황록색을 띤 작은 꽃망울들이 무성하게 핀다. 예로부터 우리나라에서는 명아주를 약재로 사용하였는데, 고혈압·뇌출혈 및 중풍 방지에 효과가 있어 그 열경을 말려 약재로 사용하였으며, 건초를 태운 가루를 치통·인후통 등의 통증완화, 위장질환 예방, 설사 예방 및 천식이나 벌레물린 데까지 다양하게 사용하였다(Arora와 Itankar, 2018; Chon 등, 2009). 명아주는 영양학적으로 식이섬유가 풍부하며, 마그네슘·칼슘·철 등의 무기질과 비타민 A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, K 등이 함유되어 있다고 보고되었다(Glvez 등, 2010; Sharma 등, 2012; Park, 2016). 또한 최근 들어 다양한 선행연구(Graf 등, 2014; Kim 등, 2017; Park, 2016)를 통해 명아주의 항산화, 항염증, 항진균, 항바이러스, 항암효과, 항당뇨 작용 및 피부 노화 방지 등이 보고되고 있지만, 과학적으로 증명이 된 천연물 관련 다른 연구들에 비해 명아주의 연구내용과 기능성 식품 등으로의 활용도는 아직 미흡한 실정이다. 또한 국내에서는 보편적으로 식용 가능한 식물(식품) 위주로 항산화 연구가 진행되고 있어 예로부터 민간요법으로 사용되는 식물이나 약초에 대한 과학적인 연구는 아직도 부족하며, 지속적인 연구가 진행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 국내에서 누구나 쉽게 구할 수 있는 명아

\*Corresponding author: Kyung-Ok Shin, Department of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea  
Tel: +82-2-3399-1657  
Fax: +82-2-3399-1655  
E-mail: skorose@syu.ac.kr  
Received July 23, 2019; revised August 27, 2019;  
accepted August 30, 2019

주를 이용하여 일반성분, 무기질 성분 및 항산화활성을 과학적인 실험을 통해 확인함으로써 새로운 식품소재 개발에 도움을 주어 기능성 식품으로서 명아주의 활용도를 높이기 위해 본 연구를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

명아주는 2017년 5~10월 사이에 불암산 근처에서 직접 채취하여  $-50\sim-40^{\circ}\text{C}$  사이에서 동결 건조(FDTL-4504, Operon, Gyeonggi-do, Korea)하였다. 분쇄한 재료 20 g씩을 500 mL의 탈 이온수(이온 교환법에 의해 용존하는 이온을 제거한 물: deionized water, DIW)와 에탄올에 각각 가하여 환류냉각기가 부착된 heating mantle에서 3시간씩 2회 추출하였다. 추출액은 압착 여과 후 원심분리(6,000 rpm, 30 min,  $4^{\circ}\text{C}$ )하고, 상등액을  $45^{\circ}\text{C}$ 에서 진공농축 후, 동결건조(LYPH-LOCK 12, Labconco, Kansas City, Mo, USA)하여 분말 시료로 하였다. 측정용 시료 조제는 80% methanol 10 mL에 동결건조 분말(1 g)을 가하고, 1시간 초음파 처리하여 용해시켜 상온에서 24시간 방치 후, 원심분리(8,000 rpm, 10 min,  $4^{\circ}\text{C}$ )하여 조제 시료(100 mg/mL)를 제조하였으며, 이를 24시간 이내에 사용하였다. 본 실험에 사용된 시약들은 각각 ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)) diammonium salt, Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchloroman-2-carboxylic acid)는 Fluka (Buchs, Switzerland), FC (Folin-Ciocalteu) reagent, TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), potassium persulfate는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) 제품, gallic acid, sodium carbonate, sodium acetate, acetic acid,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 는 Riedel de Han (Selze, Germany) 제품을 사용하였고, 기타 시약과 용매는 analytical grade를 사용하였다(Lee 등, 2017).

### 일반성분 분석

명아주 분말가루의 수분은 Lee 등(2008)과 Choi 등(2016)이 제시한 방법에 따라 상압가열건조법(FS-620, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Osaka, Japan), 회분은 직접회화법(KL-160, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Osaka, Japan), 조단백질은 micro-Kjeldahl 법에 준하여 조단백 자동분석장치(Kjeltec TM 2300, FOSS, Hgans, Sweden), 조지방의 정량은 Soxhlet 법에 준하여 측정하였다.

### 무기질 분석

구리, 아연, 철, 셀레늄 및 망간의 무기질 함량의 시료 전처리 는 건식분해법에 따라 분해 및 여과하여 증류수로 100 mL까지 정용한 시험용액으로 하였으며, 시료를 넣지 않은 공시험도 같은 방법으로 실시하였다. 전 처리된 시험용액은 유도결합 플라즈마 분광기(ICP-AES, Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, Z 6100, Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석 조건에 맞추어 분석하였다.

### 총 페놀 함량 측정(Total Phenolic Content : TPC)

총 페놀 함량 측정은 Waterhouse(2002)의 방법에 의하여 측정하였다. 조제 시료 20  $\mu\text{L}$ 에 탈 이온수 1.58 mL를 가하고, Folin-Ciocalteu's reagent 100  $\mu\text{L}$ 를 첨가하여 vortex로 혼합하였으며, 실온에서 5분간 반응시킨 후, 20% sodium carbonate 용액 300  $\mu\text{L}$ 를 첨가하여 실온의 암소에서 2시간 반응시키고 765 nm에서 흡광도(UV-visible spectrophotometer, Agilent Technologies, UMC

Science, Gyeonggi-do, Korea)를 측정하였다. 총 페놀 함량은 조제 시료 1 g에 해당하는 gallic acid equivalent (GAE mg/g dry weight)로 표시하였다(Lee 등, 2017).

### FRAP에 의한 환원력 측정

FRAP 환원력은 Pulido 등(2000)의 방법에 의하여 FRAP 용액은 40 mM HCl에 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine)을 녹인 용액 2.5 mL와 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  2.5 mL 그리고 300 mM acetate buffer (pH 3.6) 25 mL를 혼합하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하여 준비하였다. FRAP 용액 900  $\mu\text{L}$ 에 조제 시료 30  $\mu\text{L}$ 와 탈 이온수 90  $\mu\text{L}$ 를 혼합하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 반응시킨 후, 595 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 trolox를 이용하여 TEAC  $\mu\text{mol/g}$  dry weight로 표시하였다(Lee 등, 2017).

### ABTS 라디칼 소거활성 측정

ABTS 라디칼 소거활성은 Re 등(1999)과 Lee 등(2017) 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS 용액과 140 mM potassium persulfate ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ )를 혼합하여 1216시간 암소에서 반응시킨 후 phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4)를 사용하여 734 nm 파장에서 흡광도 값 0.7 ( $\pm 0.02$ )이 되도록 희석하여 사용하였다. Radical inhibition (%)이 20~80%가 되도록 희석한 조제 시료 10  $\mu\text{L}$ 와 ABTS 용액 1 mL를 혼합하여 15분간 반응시킨 후, 734 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical cation scavenging capacity는 제시된 공식에 의하여 계산하였으며, 각 시료의 라디칼 소거능은 TEAC  $\mu\text{mol/g}$  dry weight로 나타내었다.

### DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Thaipong 등(2006)의 방법에 의하여 측정하였다. DPPH stock solution은 DPPH 24 mg을 methanol 100 mL에 용해시킨 후  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 사용하였다. DPPH 용액은 515 nm 파장에서 흡광도 값 1.1 ( $\pm 0.02$ )이 되도록 methanol로 희석하여 사용하였다. Radical inhibition (%)이 20~80%가 되도록 희석한 조제 시료 50  $\mu\text{L}$ 와 DPPH 용액 2 mL를 혼합하여 실온의 암소에서 30분간 반응시킨 후, methanol을 blank로 하여 515 nm에서 시료의 잔존 흡광도를 측정하였다(Lee 등, 2017).

### EC<sub>50</sub> value 측정

ABTS radical cation scavenging capacity와 DPPH radical scavenging capacity의 EC<sub>50</sub> value는 Alexander 등(1999)과 Lee 등(2017)의 방법에 따라 계산하였다.

### 실험동물 및 사육조건

실험동물은 (주) 한림실험동물로부터 분양 받아 ICR-mouse 6-7주령 수컷을 성숙기 모델로 잡아 실험군당 7마리를 사용하였으며, 실험동물은 시판 고형식이(PicoLab Rodent Diet)로 1주일간 적응시킨 후, 무게에 따라 완전입의 배치한 후 60일간 물과 식이를 충분히 공급(ad libitum)해 주면서 사육하였다. Choi 등(2013)의 방법에 의하여 실험 기간 동안 실험실의 사육조건은 실내온도  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 습도 40~60%를 항상 유지하였으며, 명암은 11 $\pm$ 1 시간을 주기로 조절하였다. 대조군과 명아주 분말가루를 가지고 한 실험기간은 2017년 10월 11일부터 2017년 12월 30일까지 실시하였다. 본 실험동물(Approved number; SYUIACUC 2017-018) 과정은 삼육대학교 동물실험윤리위원회(IACUC: Institutional Animal Care and Use Committees)의 지침에 따라 수행하였다.

### 동물사료 조성

Choi 등(2013)이 제시한 방법에 의하여 대조군에 사용된 동물 사료는 현재 시판되고 있는 시판용 mice 고형사료를 분말(powder form)로 만든 후 사용하였다. 사료 조성은 무게 비율로 하였으며, 대조군은 탄수화물 60% (starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)을 기준으로 단백질 21%, 지질 13% (소기름), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다. 고지방식이군은 탄수화물 53% (starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)을 기준으로 단백질 21%, 지질 20% (소기름), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다. 또한 고지방식이에 명아주 분말가루를 첨가한 실험군의 사료 조성은 무게 비율로 하여 탄수화물 33% (starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)와 명아주 분말가루를 20% 첨가, 단백질 21%, 지질 20% (소기름)를 사용하였으며, 각종 비타민, 무기질 및 섬유질의 배합은 대조군에 사용된 식이조성과 같이 각각 1, 3 및 2%로 첨가하여 구성하였다(Choi 등, 2013).

### 혈액 채취

혈액 채취방법은 Choi 등(2016)이 제시한 방법에 따라 실험동물은 사육 최종일에 12시간 절식시킨 후 CO<sub>2</sub> 가스로 마취시킨 후, 개흉하여 심장에서 채혈하였다. 채취한 각 혈액은 1시간 정도 4°C 냉장실에 놓아둔 후에 5°C 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm/15 min으로 원심분리를 하여 혈청을 분리하였으며, 분리된 혈청은 각각 100 µL씩 micro tube에 넣어 실험에 사용되기 전까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

### 혈중지질 농도 분석

혈청 콜레스테롤 함량은 Cho와 Choi(2007)이 제시한 o-phthaldehyde법으로 측정하였다. 시료를 0.1 mL씩 분취한 다음, 33% KOH 용액 0.3 mL와 95% 에탄올 3.0 mL를 첨가하고 잘 혼합한 다음, 혈청은 15분 동안 60°C 수조에서 가열시킨 후 냉각하였다. 핵산 5.0 mL를 첨가하여 혼합하고, 증류수 3.0 mL를 가한 다음 1분간 잘 혼합한 다음, 층을 분리하여 1.0 mL의 핵산층을 분취하였다. 핵산층을 질소로 농축 및 건조시키고, o-phthaldehyde 시약 2.0 mL를 첨가하여 잘 혼합하고 10분 후 발색시약으로서 진한 황산 1.0 mL를 첨가하여 잘 혼합하였으며, 황산 첨가 후 10-90분 내에 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Seoul, Korea)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준검량선에 따라 콜레스테롤의 함량을 정량하였다(Choi 등, 2016). 혈청 중의 HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량의 측정은 Cho와 Choi(2007)를 참고하여 HDL-콜레스테롤(HDL-C 555, Eiken Co., Tokyo, Japan)과 LDL-콜레스테롤(BLF, Eiken Co., Tokyo, Japan) Kit 시약을 사용하였다. HDL-콜레스테롤 함량 측정은 Cho & Choi(2007)를 참고하여 혈청 0.3 mL를 시험관에 넣고 여기서 침전시약 0.3 mL를 넣어 잘 혼합한 다음, 실온에서 10분간 방치 후 700×g에서 10분간 원심분리 하였다. 그 후 상층액 50 µL, 표준용액(100 mg/dL) 50 µL, blank로 증류수 50 µL에 각각 HDL 발색시약 3.0 mL씩을 첨가하고 잘 섞은 후, 37°C 수조상에서 5분간 가온시켰다. Blank를 대조로 하여 555 nm에서 흡광도를 측정하여 HDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다. LDL-콜레스테롤 함량 측

정은 Cho와 Choi(2007)를 참고하여 혈청 0.1 mL, 표준혈청 0.1 mL를 시험관에 넣고 여기에 BLF kit 시약 I 및 II를 각각 4.0 mL씩 넣은 후 5초간 잘 혼합한 다음, 실온(25±3°C)에서 25분간 방치 후 10분 이내에 증류수를 대조로 하여 분광광도계를 사용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하여 LDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다(Choi 등 2016). Cho와 Choi(2007)를 참고하여 혈청 중의 중성지질은 TG kit (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 시약을 사용하여 분석하였다. 혈청 10 µL, 표준용액(300 mg/dL) 10 µL와 blank로 탈이온수 10 µL에 TG kit 시약 1.0 mL씩을 첨가하고 잘 혼합한 다음, 37°C 수조상에서 5분간 반응시켰으며, Blank를 대조로 하여 분광광도계를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 중성지질의 함량을 정량하였다(Choi 등, 2016).

### 동물 혈액 내 간 기능 진단

혈액에서 phospholipid, alkaline phosphatase (ALP), aspartate transaminase (AST), alanine transaminase (ALT)은 Reitaman과 Frankel(1957) 방법에 의해 UV/VIS-spectrophotometric (Specord 200, Analytik-Jena, Jena, Germany)을 이용하여 분석하였다. Serum lactate dehydrogenase (LDH) 활성은 Martinek(1972) 방법에 의해 UV/VIS-spectrophotometric (Specord 200, Analytik-Jena, Jena, Germany)을 이용하여 분석하였다(Choi 등, 2016).

### 통계처리

실험된 모든 자료는 SPSS package version 21.0 (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 각각 평균과 표준편차를 구하였다. 평균치 비교는 one-way ANOVA 방법에 따라 실시되었으며, 평균들 간 차이의 유의성 분석( $p < 0.05$ )은 Duncan의 다중검정법에 의해 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 분석

명아주 잎의 일반성분 분석 결과는 Table 1에 제시하였다. 명아주 잎의 일반 성분 함량 중 수분은 10.63±0.15%, 조단백질은 28.72±1.00%, 회분은 19.18±0.03%, 조지방은 3.10±0.09%로 나타났다. 선행연구(Park, 2016)에서는 명아주의 일반성분 중 수분 10.5%, 조단백질 20.5%, 조회분 11.6%, 조지방 1.5% 및 조섬유 55.9%라고 보고하였으며, 이를 본 연구와 비교해 볼 때, 명아주의 수분 함량은 비슷하였으나, 조단백질·조회분·조지방은 본 연구의 명아주 잎 분말가루에서 더 높게 측정되었다.

명아주과에 속하는 시금치의 경우 가식부 100 g당 수분 89.4 g, 단백질 3.1 g, 지질 0.5 g 및 회분 1.0 g이었으며, 비트의 경우 가식부 100 g당 수분 92.9 g, 단백질 2.2 g, 지질 0.1 g 및 회분 2.0 g로 보고되었다(RDA, 2006). 선행연구(Park 등, 1994)에서는 비닐 하우스 재배 시금치의 경우 수분 92.84%, 회분 2.04%, 단백질 3.20% 및 지방 0.35%라고 보고하였다. 본 연구에서 같은 명아주과에 속하는 시금치와 비교해 볼 때, 명아주에는 단백질과 지방 함량이 높은 것으로 나타났으며, 수분 함량은 시금치보다 낮은 것으로 나타났다.

Table 1. Proximate composition of *C. album*

Composition (%)	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
<i>C. album</i>	10.63±0.15 <sup>1)</sup>	28.72±1.00	3.10±0.09	19.18±0.03

<sup>1)</sup>Mean±SD

**Table 2. Mineral composition of *C. album***

Composition (mg/100 g)	<i>C. album</i>
Copper	0.24±0.01 <sup>1)</sup>
Zinc	0.42±0.02
Iron	1.01±0.07
Selenium	0.01±0.001
Manganese	0.43±0.02

<sup>1)</sup>Mean±SD

**무기질 분석**

명아주 잎의 무기질 분석 결과는 Table 2와 같다. 명아주 잎에는 철의 함량이 100 g당 1.01±0.07 mg으로 가장 많이 함유되어 있으며, 망간 0.43±0.02 mg, 아연 0.42±0.02 mg, 구리 0.24±0.01 mg 및 셀레늄 0.01±0.001 mg이 함유되어 있었다. 명아주과에 속하는 시금치와 비트의 경우 가식부 100 g당 철의 함량은 각각 2.6과 4.0 mg으로 보고되었으며(RDA, 2006), 이와 비교해 볼 때, 본 실험에서 명아주의 철의 함량은 낮은 것으로 나타났다.

**총 페놀 함량과 FRAP에 의한 환원력**

명아주의 총 페놀 함량과 FRAP에 의한 환원력 측정은 Table 3에 제시하였다. 명아주의 뿌리와 잎에서 총 페놀 함량은 탈 이온수 추출보다 에탄올 추출의 경우 각각 5.26±0.12와 9.57±0.20 GAE mg/g로 높았다. 선행연구(Kim 등, 2017)에서는 참마와 명아주의 에탄올 추출물의 경우 페놀 함량은 각각 35.15와 17.47 mg/100 g로 보고하였다. 총 페놀 함량 조사는 채소류의 항산화 기능성을 미리 예측해 볼 수 있어 많은 연구에서 실시하고 있으며, 선행연구(Lee 등, 2005)에서도 케일, 브로콜리, 비트 및 시금치 등이 페놀성 화합물을 가지고 있어 항산화 기능이 있다고 보고하였다.

명아주의 잎과 뿌리의 FRAP 환원력은 57.92~125.19 TEAC µmol/g로 나타났으며, FRAP 환원력은 에탄올 추출 결과가 특히 잎(125.19±1.11 TEAC µmol/g)과 뿌리(67.58±1.32 TEAC µmol/g)에서 높았다. 또한 명아주의 총 페놀 함량과 FRAP에 의한 환원력은 탈 이온수 추출과 에탄올 추출에 있어서 뿌리에 비해 잎에서 더 높게 측정되었다. 선행연구(Li 등, 2008)에서 45종의 medicinal plant의 80% 메탄올 추출물의 환원력이 1.23~453.53 µmol/g

이라는 보고하였으며, 새로운 신약 재료로 많이 쓰이고 있는 herbal medicine인 윈터체리(*Withania somnifera*)의 열수 추출물과 hot methanol 추출물이 677과 1,266 µmol/g, *Encostemma littorale*의 열수 추출물과 hot methanol 추출물이 244와 659 µmol/g의 환원력을 나타내었다고 보고하였다(Vinotha 등, 2014).

**ABTS 라디칼 소거활성**

명아주 잎과 뿌리의 ABTS 라디칼 소거활성은 Table 4에 제시하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 명아주의 잎과 뿌리에서 탈 이온수 추출보다 에탄올 추출에서 각각 204.29±4.98과 106.96±2.81 µmol/g로 높았다. 선행연구(Gawlik-Dziki 등, 2009)에서는 명아주가 ABTS 라디칼 소거활성을 가지고 있어 지질과산화 억제 효과를 높이고, 항산화활성이 우수하다고 보고하였다. 또한 선행연구(Vinotha 등, 2014)에서 herbal medicine인 *Withania somnifera*의 ABTS 라디칼 소거활성은 열수 추출물과 hot methanol 추출물이 각각 88.42와 389.07 µmol/g, *Encostemma littorale*의 ABTS 라디칼 소거활성이 열수 추출물과 hot methanol 추출물이 각각 38.95와 253.80 µmol/g를 나타내었다는 보고가 있는데, 이와 명아주의 ABTS 라디칼 소거활성을 비교해 보면, 식물의 분류는 다르지만, 명아주의 잎과 뿌리가 ABTS 라디칼 소거활성 능력이 우수하다고 판단된다.

**DPPH 라디칼 소거활성**

DPPH 라디칼 소거활성은 Table 5에 제시하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 15.99~71.08 µmol/g를 나타내었고, 두 가지 분석 결과 모두 에탄올 추출(뿌리 20.71±0.04 µmol/g, 잎 71.08±0.33 µmol/g)에서 높았다. Kim 등(2017)의 연구에서는 명아주 추출물은 0.1, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 mg/mL에서 각각 10.25, 14.02, 22.24, 41.92, 62.71, 71.96, 75.07, 77.73%의 DPPH 라디칼 소거활성을 보였으며, 6 mg/mL의 농도에서 70% 이상의 라디칼 소거활성을 보였다고 보고하였다. Park(2016)의 연구에서는 명아주의 에탄올 추출물은 10 ppm 39.7%, 25 ppm 47.7%, 50 ppm 58.4%로 dibutyl hydroxytoluene (BHT) 72.1%보다 소거능은 낮게 관찰되었지만, 단일 물질이 아닌 천연물로서는 우수하다고 평가하였다. 또한 선행연구(Kim과 Jeong 2010)에서는 명아주 잎 에탄올 추출물은 IC<sub>50</sub> =>160 µg/mL이고, 부탄올 분획물은 IC<sub>50</sub> =86.8 µg/mL의 농

**Table 3. Total phenolic content and FRAP value of *C. album***

<i>C. album</i>	Total phenolic content (GAE mg/g)		FRAP (TEAC µmol/g dry weight)	
	DIW <sup>1)</sup>	EtOH <sup>2)</sup>	DIW	EtOH
Leaf	4.94±0.47 <sup>3)</sup>	9.57±0.20	76.19±1.29	125.19±1.11
Root	3.77±0.33	5.26±0.12	57.92±1.48	67.58±1.32

<sup>1)</sup>Deionized water extract

<sup>2)</sup>Ethanol extract

<sup>3)</sup>Values represented mean±SD of three parallel measurements.

**Table 4. ABTS radical cation scavenging activity of *C. album***

<i>C. album</i>	TEAC (µmol/g dry weight)		EC <sub>50</sub> values (mg/mL)	
	DIW <sup>1)</sup>	EtOH <sup>2)</sup>	DIW	EtOH
Leaf	99.48±2.10 <sup>3)</sup>	204.29±4.98	10.18±0.21	4.96±0.12
Root	73.76±0.70	106.96±2.81	13.73±0.13	9.47±0.25

<sup>1)</sup>Deionized water extract

<sup>2)</sup>Ethanol extract

<sup>3)</sup>Values represented mean±SD of three parallel measurements.

**Table 5. DPPH radical scavenging activity of *C. album***

<i>C. album</i>	TEAC ( $\mu\text{mol/g}$ dry weight)		EC <sub>50</sub> values (mg/mL)	
	DIW <sup>1)</sup>	EtOH <sup>2)</sup>	DIW	EtOH
Leaf	21.38±0.33 <sup>3)</sup>	71.08±0.33	36.99±0.56	11.13±0.05
Root	15.99±0.10	20.71±0.04	49.47±0.29	38.19±0.07

<sup>1)</sup>Deionized water extract<sup>2)</sup>Ethanol extract<sup>3)</sup>Values represented mean±SD of three parallel measurements.**Table 6. Serum lipid levels in mice**

Variables	Control	HF 20%	HF 20% + <i>C. album</i> 20%	Significance
Total cholesterol (mg/dL)	149.00±9.90 <sup>1)a</sup>	164.00±1.41 <sup>b</sup>	170.50±10.61 <sup>c</sup>	0.05 <sup>2)</sup>
HDL-cholesterol (mg/dL)	127.00±11.31 <sup>a</sup>	141.00±1.41 <sup>b</sup>	149.50±0.71 <sup>c</sup>	0.05
LDL-cholesterol (mg/dL)	17.00±2.83	23.50±0.71	23.00±5.66	NS <sup>3)</sup>
Triglyceride (mg/dL)	112.50±2.12 <sup>b</sup>	63.50±4.95 <sup>a</sup>	116.50±51.62 <sup>b</sup>	0.05

<sup>1)</sup>Mean±SD<sup>2)</sup>Significant at  $p < 0.05$  by ANOVA-test<sup>3)</sup>NS: Not significantHDL-cholesterol: high density lipoprotein-cholesterol, LDL-cholesterol: low density lipoprotein-cholesterol, HF 20%: high fat diet 20%, HF 20% + *C. album* 20%: high-fat powder diet 20% + *C. album* 20%**Table 7. Comparison of liver function test in mice**

Variables	Control	HF 20%	HF 20% + <i>C. album</i> 20%	Significance
Alkaline phosphatase (ALP) (U/L)	59.00±14.14 <sup>1)b</sup>	41.00±0.00 <sup>a</sup>	61.50±2.12 <sup>c</sup>	0.05 <sup>2)</sup>
Aspartate aminotransferase (AST) (U/L)	62.00±8.49	66.50±94.05	72.50±6.36	NS <sup>3)</sup>
Alanine aminotransferase (ALT) (U/L)	14.00±1.41 <sup>a</sup>	13.50±9.19 <sup>a</sup>	17.50±2.12 <sup>b</sup>	0.05
Lactate dehydronase (LDH) (U/L)	323.00±121.62 <sup>b</sup>	623.00±173.95 <sup>c</sup>	294.50±70.00 <sup>a</sup>	0.05

<sup>1)</sup>Mean±SD<sup>2)</sup>Significant at  $p < 0.05$  by ANOVA-test<sup>3)</sup>NS: Not significantHF 20%: high fat diet 20%, HF 20% + *C. album* 20%: high-fat powder diet 20% + *C. album* 20%

도에서 DPPH 소거능이 있다고 보고하였으며, 이는 명아주 추출물이 DPPH 라디칼 소거활성을 가지는 뒷받침할 수 있는 연구라고 강조하였다.

선행연구(Lee 등, 2005)에서는 항산화제의 활성 정도를 측정하기 위해 DPPH 라디칼을 직접적으로 제거함으로써 항산화제의 산화 가능한 흡광도의 감소 정도를 적정해 내는 DPPH 시스템을 통해 DPPH 라디칼 소거활성을 관찰한 결과, 비트(36.98  $\mu\text{g/mL}$ ) 케일, 당근 및 시금치 순이라고 보고하였으며, 명아주과에 속하는 시금치의 경우는 총 페놀 함량은 높은 것에 비해 DPPH 라디칼 소거능은 그다지 우수하지 못하다고 보고하였다(Lee 등, 2005).

최근 대체 천연 먹거리로 제기되고 있는 moss (*H. plumaeforme*, *T. kanadae*, *L. juniperoides*)의 열수 추출물과 70.5% 에탄올 추출물의 소거활성이 42.11~298.78  $\mu\text{mol/g}$ 이라는 보고(Shin 등, 2016) 하였으며, *E. arvense* (root, reproductive stem, vegetative stem)의 열수 추출물과 70.5% 에탄올 추출물의 시료 농도에 따른 소거활성이 각각 49.33~940.44, 96.00~1044.89 및 119.33~1,021.00  $\mu\text{mol/g}$ 이라는 보고하였다(Kim 등, 2016). 또한 생면 제조 시 승검초분말 첨가가 증가할수록 DPPH 라디칼 저해 활성은 증가하며, 총 폴리 페놀성 화합물과 DPPH 라디칼 소거활성은 플라보노이드 및 기타 페놀성 물질들에 대한 항산화 작용의 지표로 사용되며 총 폴리 페놀성 화합물 함량이 증가하면 DPPH 라디칼 소거활성은 정의 관계로 증가한다고 보고하였다(Hwang 등, 2019).

### 동물 혈중지질 농도

흰쥐의 혈액 내 지질 농도는 Table 6에 제시하였다. 혈중 총 콜레스테롤 농도는 대조군에서 149.00±9.90 mg/dL로 가장 낮은 반면에, 중성지방 농도는 HF 20%군에서 63.50±4.95 mg/dL로 가장 낮았다( $p < 0.05$ ). 선행연구(Johnson-Johnson Diagnostics 2001; Sheo, 2001; Sheo와 Sheo 2002)에서는 흰쥐의 정상 혈중 총 콜레스테롤은 220 mg/dL이며, 혈중 LDL-콜레스테롤 양을 10.47~82.7 mg/dL로 측정자에 따라 큰 차이를 보인다고 지적하였다. 본 연구에서 HDL-콜레스테롤은 다른 군에 비해 HF 20% + *C. album* 20%군에서 149.50±0.71 mg/dL로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). 선행연구(Blair 등, 1989; Park 등, 2009)에서는 HDL-콜레스테롤은 다른 지단백질과는 달리 심혈관계질환의 유발 위험성을 감소시키는 유익한 지단백질로서, 총 콜레스테롤 중의 HDL-콜레스테롤이 차지하는 비율을 높임으로써 단순한 이상지질혈증 등의 억제작용 뿐만 아니라, 관상동맥경화증을 비롯한 각종 동맥경화증을 예방할 수 있는 가능성이 있다고 보고하였다.

최근 선행연구(Kim 등, 1998; Lee 등, 2006; Lim, 2006; Matsumoto 등, 1998)에서는 다양한 천연 추출물(울무, 꾸지뽕 등)을 이용하여 혈중 콜레스테롤과 중성지방 농도를 낮추기 위한 시도가 활발히 진행되고 있으며, 따라서 본 연구는 천연 추출물을 이용한 기초연구로서 향후 명아주의 항산화 효과와 지질 개선에 대한 분자생물학적 및 조직병리학적 후속연구가 필요하다고 판단된다.

## 동물 혈액 내 간 기능 진단

흰쥐의 혈중 생화학적 혈액 분석 결과는 Table 7에 제시하였다. Alkaline phosphatase (ALP)는 41.00~61.50 U/L (units per liter)로 나타나 세 군 모두 정상수치인 40~250 U/L 범위 안에 들었다. Aspartate aminotransferase (AST)는 62.00~72.50 U/L로 조사되었다. 녹십자 기준치(Green Cross Reference Lab., 2007)에 의하면, 사람의 경우 정상범위가 남자 0~37 U/L, 여자 0~31 U/L, 소아 15~55 U/L이며, 특히 선행연구(Choi 등, 2016)에서는 사람에서 7~40 U/L이 정상범위이며, AST가 생체 내에서 아미노기 공급에 중심적 기능을 가지며, 당 신생에도 관여한다고 보고하였다. 또한 AST의 수치가 증가하면 분포하는 장기의 세포변성 및 괴사를 반영하며, 특히 간질환과 심장질환의 유력한 지표로 널리 이용된다고 보고하였다(Choi 등, 2016). 본 연구에서 모든 군에서 AST의 수치가 일정하게 높게 측정되었는데, 그 이유는 쥐 마취 과정 및 해부를 통해 심장에서 혈액을 채취하는 과정에서 심장에 무리가 되어 모든 군에서 일시적으로 AST 수치가 상승한 것으로 판단된다. Alanine aminotransferase (ALT)는 13.50~17.50 U/L로 나타나 정상범위인 4~43 U/L 안에 들었다. 특히 혈중 ALT의 수치의 상승은 최근 연구에서 대사증후군과 연관성이 있는 것으로 보고되었다(Kim, 2009). 혈중 lactate dehydrogenase (LDH)는 다른 두 군에 비해 HF 20%+C. album 20%군에서 294.50±70.00 U/L로 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ). 선행연구(Choi 등, 2016)에서는 LDH는 몸 안의 당이 분해되어 에너지로 변할 때 작용하는 효소로써 여러 조직 세포 중에 함유되어 있으므로 세포가 파괴되면 혈중 LDH는 높아진다고 보고하였다. 또한 혈중 LDH는 악성종양, 간질환, 심장질환, 혈액질환 등에서 큰 활성을 보이는 경우가 많아 이들 질환을 스크리닝 하는데 유용한 검사항목이고, 신체의 혈중 정상치 250~350 U/L이라고 보고하였다. 본 연구에서는 고지방식이군(HF 20%)에서 특히 LDH가 정상범위를 크게 벗어났다.

## 요약 및 결론

본 연구는 예로부터 민간요법에서 위를 보호하고, 열을 내리게 하며, 습진 치료 및 강장제 효과가 있다고 알려진 명아주를 이용하여 명아주의 영양학적인 측면을 알아보기 위해 무기질 함량, 항산화활성 및 동물실험을 실시하였다. 명아주는 철의 함량이 100 g당 1.01±0.07 mg으로 조사한 무기질 중 가장 많이 함유되어 있었으며, 망간, 아연, 구리 및 셀레늄도 함유되어 있었다. 총 페놀 함량 3.77~9.57 GAE mg/g로 나타났으며, 뿌리와 잎에서 탈 이온수 추출보다 에탄올 추출의 경우 각각 5.26±0.12 GAE mg/g와 9.57±0.20 GAE mg/g로 총 페놀 함량이 높았다. 명아주의 뿌리와 잎의 FRAP 환원력은 57.92~125.19 TEAC  $\mu$ mol/g로 나타났으며, FRAP 환원력은 에탄올 추출에서 높았다. ABTS 라디칼 소거활성은 명아주의 잎과 뿌리에서 탈 이온수 추출보다 에탄올 추출에서 각각 204.29±4.98과 106.96±2.81  $\mu$ mol/g로 높았으며, DPPH 라디칼 소거활성은 에탄올 추출(뿌리 20.71±0.04  $\mu$ mol/g, 잎 71.08±0.33  $\mu$ mol/g)에서 높았다. 또한 흰쥐를 이용한 고지방식을 첨가한 동물실험에서는 명아주 분말가루는 좋은 콜레스테롤이라고 불리는 혈중 HDL-콜레스테롤을 높이는 결과를 나타내었으며, 세포괴괴를 나타내는 지표인 간의 LDH 농도를 낮추었다. 따라서 명아주 잎과 뿌리는 총 페놀 함량, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 환원력에서 높은 활성을 나타내었으며, 안전하게 정해진 양을 사용하면, 천연 항산화제 및 건강 기능성 식품재료로서의 활용 가능성이 매우 높을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 '2019 삼육대학교 교내공모과제 연구비' 지원에 의해 이루어진 것으로 지원에 감사드립니다.

## References

- Alexander B, Browse DJ, Reading SJ, Benjamin IS. A simple and accurate mathematical methods for calculation of the EC<sub>50</sub>. J. Pharmacol. Toxicol. Methods 41: 55-58 (1999)
- Arora S, Itankar P. Extraction, isolation and identification of flavonoid from *Chenopodium album* aerial parts. J. Tradit. Complement Med. 8: 476-482 (2018)
- Bazan SF, Uotila P, Borsch T. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium sensu lato*, and a tribal rearrangement of *Chenopodioideae* (*Chenopodiaceae*). In: Willdenowia. 42: 5-24 (2012)
- Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS. Physical fitness and all cause mortality: A prospective study of healthy men and women. JAMA. 262: 2395-2401 (1989)
- Cho WK, Choi JH. Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. Korean J. Nutr. 40: 24-30 (2007)
- Choi KS, Kim YH, Shin KO. Effect of mulberry extract on the lipid profile and liver function in mice fed a high fat diet. Korean J. Food Nutr. 29: 411-419 (2016)
- Choi KS, Shin KO, Kim YH, Yoo IS, Jeong H, Kim KS, Lee JS. The effect of *Prunus sargentii* R. seed oil on the lipid profile in serum in mice. Korean J. Food Nutr. 26: 670-677 (2013)
- Chon SU, Heo BG, Park YS, Kim DK, Gorinstein S. Total phenolics level, antioxidant activities and cytotoxicity of young sprouts of some traditional Korean salad plants. Plant Foods Hum. Nutr. 64: 25-31 (2009)
- Glvez AV, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. J. Sci. Food Agric. 90: 2541-2547 (2010)
- Gawlik-Dziki U, Aziki D, Baraniak B, Lin R. The effect of simulated digestion in vitro on bioactivity of wheat bread with tartary buckwheat flavones addition. LWT food Sci. Technol. 42: 137-143 (2009)
- Graf BL, Poulev A, Kuhn P, Grace MH, Lila MA, Raskin I. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. Food Chem. 15: 178-185 (2014)
- Green Cross Reference Lab. Clinical research service. Korea. pp. 85-86 (2007)
- Hwang HJ, Park HN, Lee SJ. Quality characteristics and antioxidant activities of wet noodle added with seunggumcho (*Angelica gigas* N Leaf) powder. Korean J. Food Sci. Technol. 51: 120-126 (2019)
- Johnson-Johnson, Diagnostics. The reference intervals in biochemical analyte of laboratory animal. Ortho Clinical Diagnostics, Johnson-Johnson Co, New York. pp. 13. (2001)
- Kim JH. Relationship between elevated serum alanine aminotransferase concentration and metabolic syndrome in Korean adults. Korean J. Nutr. 42: 732-739 (2009)
- Kim SA, Choi SC, Youn YH, Ko CI, Ha YS, Lee IA. Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Dioscorea japonica* and *Chenopodium album*. J. Soc. Cosmet. Sci. Korea 43: 337-347 (2017)
- Kim P, Jeong CS. Anti-gastritis and anti-oxidant effects of *Chenopodium album* Linne fraction and betaine. Biomol. & Ther. 18: 433-441 (2010)
- Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ, Kim SK. Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol induced hyperlipidemia in rats. J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 1217-1222 (1998)
- Kim YH, Shin KO, Choi KS. *In vitro* antioxidant properties of *Equisetum arvense* and its effects on serum lipid levels in mice fed a high-fat diet. Korean J. Food Nutr. 29: 347-356 (2016)
- Lee YA, Kim HY, Cho EJ. Comparison of methanol extracts from

- vegetables on antioxidative effect under *in vitro* and cell system. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1151-1156 (2005)
- Lee KW, Kim YH, Shin KO. *In vitro* antioxidant activities and antimicrobial activity of lotus (leaf, stem, and seed pod) extracts. Korean J. Food Nutr. 30: 771-779 (2017)
- Lee KS, Kwon YJ, Lee KY. Analysis of chemical composition, vitamin, mineral and antioxidative effect of the lotus leaf. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1622-1626 (2008)
- Lee JM, Lee SH, Lee JH, Lee E. Effects of *Coix lachryma-jobi* var. *mayuen stapf.* pharmacopuncture on plasma lipid composition and glucose in rat fed high fat diet. Korean J. Acupuncture 23: 59-66 (2006)
- Li HB, Wong CC, Cheng KW, Chen F. Antioxidant properties *in vitro* and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. LWT. 41: 385-390 (2008)
- Lim SC. Effects of yullmoo (*Coix lachryma-jobi* var. *mayuen stapf.*) ext. on lipid lowering and serum glucose in hyperlipidemic rat. Korean J. Plant Res. 19: 126-129 (2006)
- Matsumoto N, Okushio K, Hara Y. Effect of black tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 44: 337-342 (1998)
- Park HR. A search on safety and effectiveness of *Rumex crispus* and *Chenopodium album* var. *centrorubrum* ethanol extracts as natural cosmetic materials. Doctoral thesis. University of Sungshin. pp. 24-25, pp. 39, pp. 56-57 (2016)
- Park KS. Metabolic syndrome. Korean Diabetes Journal 7: 37-44 (2006)
- Park SS, Jang MS, Lee KH. Effect of blanching condition on the chemical composition of the spinach grown in winter greenhouse. J. Korean Soc. Food Nutr. 23: 62-67 (1994)
- Park GJ, Lee HW, Park BR, Park SJ, Kim JD. Effects of *Puerariae flos* on antioxidative activities and lipid levels in hyperlipidemic Sprague-Dawley rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 846-851 (2009)
- Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. J. Agric. Food Chem. 48: 3396-3402 (2000)
- RDA [Rural Development Administration]. Food composition table I. 7 revision. National Rural Re-sources Development Institute, RDA. Korea. pp. 130-137 (2006)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237 (1999)
- Sharma KD, Bindal G, Rathour R, Rana JC. Carotene and mineral content of different *Chenopodium* species and the effect of cooking on micronutrient retention. Int. J. Food Sci. Nutr. 63: 290-295 (2012)
- Sheo HJ. Effects of perilla oil on the levels of plasma lipids and other biochemical parameters in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 703-709 (2001)
- Sheo HJ, Sheo YS. Adverse effects of the megadose perilla oil on the rats metabolism. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 277-283 (2002)
- Shin KO, Choi KS, Kim YH. *In vitro* antioxidative activity of moss extract, and effect of moss on serum lipid level of mice fed with high-fat diet. Trop. J. Pharm. Res. 15: 1215-1224 (2016)
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compos. Anal. 19: 669-675 (2006)
- Vinotha S, Thabrew I, Sri Ranjani S. *In vitro* antioxidant activity of two selected herbal medicines. International J. Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering 8: 836-841 (2014)
- Waterhouse AL. Wine phenolics. Ann. N. Y. Acad. Sci. 957: 21-36 (2002)