

한국식품영양학회지

제 38권 5호 2025년 10월

목 차

<총설>

161 탈모 치료를 위한 천연 유래 성분의 최신 연구 동향 김채은 · 오윤신

<연구논문>

170 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 다문화가정의 식생활 교육 요구도 조사 이영라 · 심기현

183 꽃사과로부터 분획한 대식세포 활성 다당 김연숙 · 신현영 · 신광순 · 유광원

194 *Artemisia argyi* 잎 추출물의 난소 절제 유도 골다공증 완화 효과 정지원 · 권은영 · 김도연 · 신수경

203 청수 주정강화 와인의 숙성 온도와 기간에 따른 품질 특성 및 기능성 차정문 · 윤동규 · 박의광 · 이윤정 · 윤향식

215 UPLC-DAD-QTOF/MS 기반 국내 재배 지역별 시금치의 데치기 처리에 따른 플라보노이드 특성 비교
..... 안정현 · 권령하 · 이수경 · 정은숙 · 최용민 · 김현웅 · 이광식

226 국내 재배지별 단감(*Diospyros kaki* Thunb.)의 기능 성분 변이 분석
..... 남예은 · 장환희 · 정재은 · 마경복 · 이청하 · 황인국

233 Skin Anti-Aging Effects of Flavonoid extracted from *Petasites japonicus* Roots
..... Jin Jeong, Hyun-Suk Choi and DuBok Choi

243 Exploring the Effectiveness of Community-Based Nutrition Education for the Elderly: A Preliminary Study
..... Jeong Ik Lee, Hae In Kim, Myung Chul Kim and Jean Kyung Paik

<연구노트>

251 궁채 메탄올 추출물로 분획된 옹매분획물 생리활성 이연리

257 ■ 학회소식

259 ■ 저자 체크표

260 ■ 저작권 이전 동의서

261 ■ 연구윤리서약서

262 ■ 한국식품영양학회 회칙

268 ■ 한국식품영양학회 연구윤리 규정

279 ■ 한국식품영양학회 논문 투고 규정

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 38, No. 5, October 2025

CONTENTS

<Review>

- 161 Recent Trends in Natural-Derived Ingredients for Hair Loss Treatment Chae Eun Kim and Yoon Sin Oh

<Original Articles>

- 170 Dietary Education Needs Assessment of Multicultural Families based on Dietary Adaptation Factors of Vietnamese Marriage Migrant Women Young La Lee and Ki Hyeon Sim
- 183 Macrophage-Activating Polysaccharides Fractionated from Crabapple (*Malus prunifolia*) Yeon Suk Kim, Hyun Young Shin, Kwang-Soon Shin and Kwang-Won Yu
- 194 *Artemisia argyi* Leaf Extract Alleviates Osteoporosis in the Ovariectomy-Induced Mice Jiwon Jeong, Eun-Young Kwon, Kim Doyeon and Su-Kyung Shin
- 203 Quality Characteristics and Functionality of Cheongsoo Fortified Wine according to Aging Temperature and Period Jeongmoon Cha, Dong Kye Yun, EuiKwang Park, YunJeong Lee and Hyang-Sik Yoon
- 215 Characterization of Flavonoids in Korean Spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Different Regions under Blanching using UPLC-DAD-QTOF/MS Jeong Hyeon Ahn, Ryeong Ha Kwon, Su Kyoung Lee, Eun-Sook Jeong, Youngmin Choi, Heon-Woong Kim and Kwang-Sik Lee
- 226 Comparative Analysis of Bioactive Compound Composition in *Diospyros kaki* Thunb. Cultivated in Different Regions of Korea Yea-eun Nam, Hwan-Hee Jang, Jaeun Jung, Kyeong Bok Ma, Cheong Ha Lee and In-Guk Hwang
- 233 Skin Anti-Aging Effects of Flavonoid Extracted from *Petasites japonicus* Roots Jin Jeong, Hyun-Suk Choi and DuBok Choi
- 243 Exploring the Effectiveness of Community-Based Nutrition Education for the Elderly: A Preliminary Study Jeong Ik Lee, Hae In Kim, Myung Chul Kim and Jean Kyung Paik

<Research Note>

- 251 Biological Activities of Solvent Fractions Fractionated with Celtus Methanol Extract Youn Ri Lee
- 257 ■ News of the Korean Society of Food and Nutrition
- 259 ■ Checklist for Original Article
- 260 ■ Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition
- 261 ■ Declaration of Ethical Conduct in Research
- 262 ■ The Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 268 ■ Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 279 ■ Guidelines for Submitting Manuscripts

탈모 치료를 위한 천연 유래 성분의 최신 연구 동향

김 채 은 · *오 윤 신*

을지대학교 식품영양학과 대학원생, *을지대학교 식품영양학과 교수

Recent Trends in Natural-Derived Ingredients for Hair Loss Treatment

Chae Eun Kim and *Yoon Sin Oh*

Graduate Student, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

*Professor, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

Abstract

Natural compounds are emerging as promising alternatives to conventional hair loss treatments. This review examines various natural ingredients, including green tea (EGCG), pea sprout extract, red ginseng, pumpkin seed oil, rosemary oil, chia seeds, and micronutrients. It summarizes their mechanisms of action, clinical evidence, and safety profiles. These compounds target pathways related to androgenetic alopecia, dihydrotestosterone (DHT), oxidative stress, and inflammation. Clinical and animal studies indicate benefits such as stimulating hair growth, preserving hair follicles, and exhibiting anti-apoptotic and anti-inflammatory effects, with increasing evidence supporting their use among patients with hair loss disorders.

Key words: alopecia, natural compounds, dihydrotestosterone, oxidative stress, inflammation

서 론

모발은 자외선으로부터 두피를 보호하고, 이는 밀도가 높고 두께가 두꺼워질수록 보호가 잘 된다는 연구 결과가 밝혀졌다(de Galvez 등 2015). 현대에 들어서는 아름다움, 젊음, 건강을 나타내며, 개인에게 개성을 부여하면서 자존감을 제공하는 역할을 하고 있다(Davis & Callender 2018).

정상적인 모발의 주기는 2~6년간 지속되는 성장기(anagen)와 1~2주간의 퇴행기(catagen), 그 후 약 3개월간 지속되는 휴지기(telogen)로 구성되어 있다. 성장기는 2~6년간 지속되는 활발한 모발의 성장단계로 모근 세포 분열이 왕성하며, 전체 모발의 85~90%를 차지한다. 퇴행기는 1~2주간의 전환단계로 모낭이 수축하며, 성장이 멈춤과 동시에 모근과 모유두의 연결이 약해진다. 휴지기에는 모발이 탈락하며, 새로운 성장주기를 준비하게 된다. 모발의 성장기가 계속해서 줄어드는 반면에, 휴지기가 일정하거나 길어지는 현상을 탈모라 일컫는다(Naito 등 2008; Kidangazhiathmana & Santhosh 2022)(Fig. 1).

탈모의 원인에는 약물, 스트레스, 흡연과 같이 여러 가지 요인이 있으나, 남성에게서 가장 흔히 나타나는 탈모 유형은 안드로겐성 탈모이다(Kesika 등 2023). 안드로겐은 필수적인 호르몬이나 과발현 시에 모낭을 소형화시키고, 말단 모발을 더 얇게 만들어 솜털처럼 변형시키는데, 이를 안드로겐성 탈모(이하 AGA)라 한다(Fu 등 2021; Abdin 등 2022). 대표적인 남성 안드로겐은 테스토스테론으로, 5 α -환원효소(5 α -reductase)에 의하여 더 강력한 안드로겐인 dihydrotestosterone(이하 DHT)로 전환된다(Tampucci 등 2022). DHT는 모낭의 소형화를 담당하는 호르몬으로 AGA의 대표적인 원인으로 밝혀졌다(Fu 등 2021)(Fig. 2).

탈모는 생명에 지장이 가는 질환은 아니지만, 개인의 심리 상태와 삶의 질에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Endean Cartwright & Porter 2009). 조사 결과에 따르면, 탈모인에게 낮은 자존감, 우울증, 불안 및 사회적 부적응이 보고되었으며, 정상 모발을 가진 사람보다 매력이 덜 느껴진다는 것이 드러났다(Grimalt R 2005).

* Corresponding author: Yoon Sin Oh, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea. Tel: +82-31-740-7287, E-mail: ys oh@eulji.ac.kr

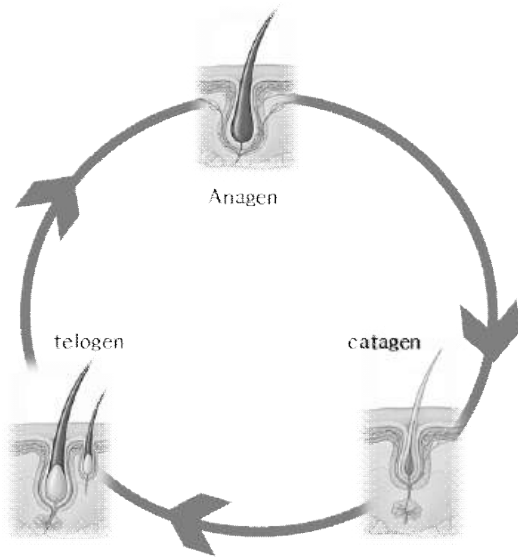


Fig. 1. Hair follicle growth cycle. The cycle consists of three phases: anagen (growth), catagen (regression), and telogen (resting) phase (Naito et al. 2008).

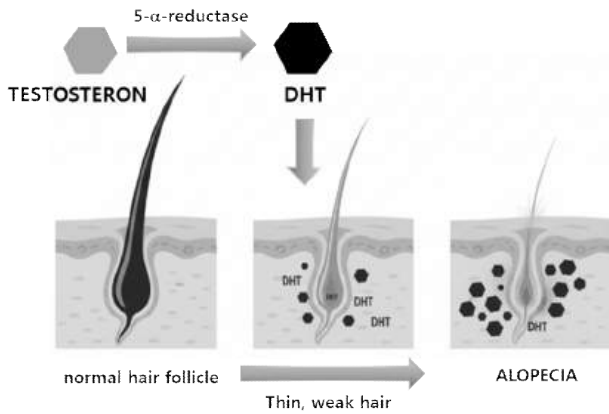


Fig. 2. DHT-induced hair follicle miniaturization during the growth cycle (Tampucci et al. 2022; Kesika et al. 2023).

현재 안드로겐성 탈모증에 대해 Food and Drug Administration(FDA)에서 승인한 의료 치료법은 여성의 경우 국소 미녹시딜 2%, 남성의 경우 국소 미녹시딜 5%와 경구 피나스테라이드 두 가지이다. 미녹시딜은 강력한 혈관 확장제로 1979년 FDA에서 고혈압 치료에 승인되었으나, 부작용으로 다모증이 흔히 발생되어 AGA 치료제로 사용되기 시작했다 (Otberg 등 2007). 치료 매커니즘이 정확하게 밝혀지지 않았지만, 혈관 확장 작용과 혈관 신생 촉진 및 혈관 내피 성장 인자(VEGF)를 증가시켜 모발의 성장을 돕는다는 연구가 나오고 있다. 피나스테라이드는 5 α -환원효소 억제제로 테스토

스테론의 DHT 전환을 차단하여 AGA 치료제로써 사용되고 있다(McClellan & Markham 1999). 그러나 이러한 약물 치료제는 적정량을 투여함에도 부작용이 나타난다는 치명적인 단점을 지녔다. 미녹시딜은 두피 자극, 가려움증, 건조함, 비듬, 가려움증, 발작, 접촉성 피부염 및 과다모증이 부작용으로 알려졌다(Dinh & Sinclair 2007). 경구 피나스테라이드 1 mg/mL를 1,879명의 남성에게 투여한 임상 연구 결과에서 7.7%가 부작용을 보고했으며, 3.8%의 환자는 성욕 감소, 사정 장애 및 발기 부전을 포함한 성 기능 장애의 부작용이 있었으며, 우울증, 남성 유방 비대, 근육통 등의 부작용 사례가 보고되었다(McClellan & Markham 1999; Gordon & Tosti 2011).

이렇게 약물 치료법에 대한 부작용이 나타나면서 천연 추출물에 대한 탈모 치료제 시장의 관심이 급부상하고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 일어나고 있는 추세이다. 탈모에 효과를 지닌 것으로 입증된 대표적인 식품은 한국에서 전통적으로 쓰이는 인삼(*Panax ginseng* Meyer)이 있는데, 이는 모발 성장 촉진 활성을 지닌 것으로 밝혀졌다(Truong 등 2017). 또한 중국 왁스에서 추출한 폴리코사놀은 테스토스테론으로 유도된 탈모 마우스에서 탈모 방지 효과를 지녔다는 실험이 보고되었다(Wang 등 2021). 이처럼 천연 치료제를 이용하여 탈모 방지 효과를 실험이 꾸준히 되어오고 있으나, 최근 탈모에 효능이 있는 천연 치료제를 정리한 리뷰 논문은 극히 드물다. 따라서 이 논문은 임상적인 근거가 강하게 뒷받침된 탈모 예방 및 치료에 효과적인 천연성분 상위 10가지의 연구내용을 정리하고, 관련된 기전을 정리해 보고자 하였다(Fig. 3).

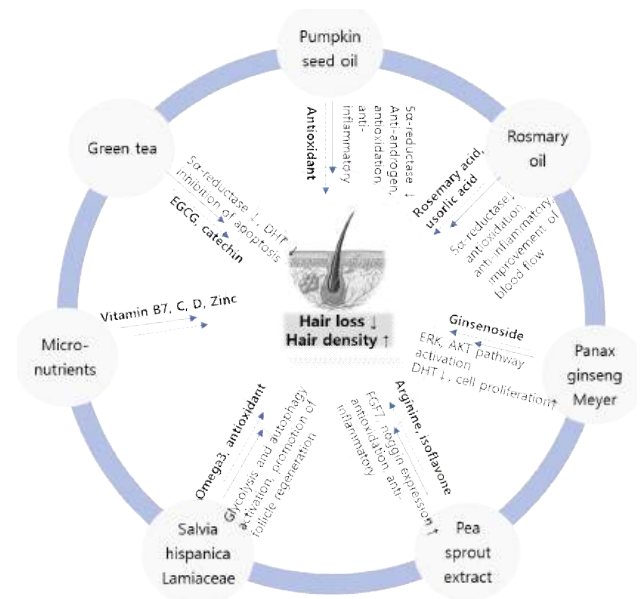


Fig. 3. Molecular mechanisms and effects of natural products on hair growth.

연구방법

본 리뷰에서 정리한 천연물(녹차, 완두순 추출물, 홍삼, 호박 씨 오일, 로즈마리 오일, 차아씨드 등)과 미량 영양소는 탈모 예방 및 치료와 관련된 임상·전임상 연구결과, 과학적 메커니즘, 관련 특허 및 FDA 규제기관의 승인현황을 종합적으로 검토하여 선정하였다. 탈모 개선 천연물 효능에 대한 분자생물학적, 세포생물학적, 임상적 연구결과를 체계적으로 분석하기 위해, 최근 10년 이내 PubMed, ScienceDirect, KCI, DBpia 등 주요 학술 데이터베이스에서 "DHT", "dermal papilla", "oxidative stress", "cytokine", "anti-inflammation" 등 키워드로 논문 및 리뷰 논문을 검색하였으며, 동물실험, 세포실험, 무작위 대조 임상 연구 결과를 포함하였다. 선정 논문은 요약, 체계적 리뷰, 원문 열람을 통해 모유두세포의 활성산소종(reactive oxygen species, ROS) 억제 및 항염증 기전, 임상 효과성(모발 수 증가, 부작용 등)에 대한 연구결과를 정리하였으며, 중복 혹은 근거 불충분 연구는 제외하였다. 또한, 주요 실험 방법(농도, 처리기간, 대조군, 평가지표) 및 분석지표를 표로 정리하였으며, 결과 종합 후 안전성과 임상 적용 가능성을 논의하였다.

결 과

1. 녹차(green tea)

녹차(green tea)의 주요 생리활성 물질인 에피갈로카테킨-3-갈레이트(epigallocatechin-3-gallate, EGCG)는 다양한 항암, 항산화, 항염증 효능이 보고되어 왔으며, 최근에는 모발 성장 및 탈모 억제 기전과 관련된 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 AGA의 주요 원인으로 알려진 DHT 축적 및 모낭 세포 사멸사(apoptosis)에 대하여 EGCG가 다중 표적적인 조절 효과를 나타내는 것이 확인되었다.

임상적 관점에서 EGCG의 탈모치료에 대한 가능성이 확인된 바 있다. 소규모 예비 임상시험에서 EGCG를 인체 두피에 4일간 국소적으로 적용한 결과, 모발 성장 활성이 약 30% 증가하는 것이 보고되었다. 또한 EGCG를 포함한 복합 한방 제제(polyherbal formulation)를 6개월간 투여한 사례에서는 참가자의 약 33%에서 실제적인 모발 성장 효과가 관찰되었다(Kim 등 2011). 전임상 실험에서는 EGCG의 국소 적용이 테스토스테론에 의해 유도된 탈모 모델에서 약 40%의 모발 손실 억제 효과를 나타냈으며, 동시에 모낭 내 세포사멸 수준을 현저히 감소시켰다(Kim 등 2011). 이러한 결과는 EGCG가 단일 물질로서 뿐만 아니라, 복합 제제의 주요 활성 성분으로도 탈모 치료 잠재력을 가질 수 있음을 시사하며, EGCG가 단순한 항산화제 역할을 넘어, 직접적으로 모낭 세포의 생존을 조절할 수 있음을 보여준다.

분자적 수준에서도 EGCG는 낮은 농도(0.001~0.1 μ M)에서 선택적으로 5 α -환원효소 활성을 억제하여 테스토스테론이 DHT로 전환되는 과정을 감소시킨다(Kwon 등 2007). 이는 모낭 축소(hair follicle miniaturization)의 주요 기전인 DHT 축적을 억제함으로써 탈모 진행을 차단하는 데 중요한 역할을 한다. 또한 EGCG는 진피 유두세포(dermal papilla cells, DPC)에서 Erk 및 Akt 경로의 인산화를 유도하여 세포 신호전달을 활성화시키며, 이를 통해 DPC 증식이 촉진된다. DPC는 모발 성장 주기를 조절하는 핵심 세포로 알려져 있어, 이들의 생존과 활성 증가는 모발 성장 촉진과 밀접하게 연관된다.

세포수준 연구에서는 EGCG 처리 시 항세포사멸 단백질인 bcl-2 발현이 증가하고, 반대로 세포사멸 촉진 단백질인 bax의 비율이 감소함으로써 bcl-2/bax 비율을 조절하는 것이 보고되었다. 이러한 변화는 DPC의 세포 사멸사를 억제함으로써 모낭 생존기간을 연장시키는 결과를 초래한다(Shin 등 2016).

결론적으로 EGCG는 5 α -환원효소 억제를 통한 DHT 생성 감소, 신호전달 경로 활성화를 통한 DPC 증식 증진, 세포사멸 억제를 통한 모낭 생존기간 연장이라는 다중 기전을 통해 AGA를 비롯한 탈모 억제 효과를 나타낸다. 다만, 전임상 단계에서 관찰된 효과가 실제 임상적 효능으로 이어지기 위해서는 최적화된 피부 흡수·전달 시스템 확립과 더불어, 대규모 무작위 대조 임상시험을 통한 근거 축적이 요구된다. 향후 EGCG는 기존 승인 약물과의 병용 혹은 복합제제 형태로 발전하여 탈모 치료의 유효한 보조 전략으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 완두싹 추출물(pea sprout extract)

완두싹(pea sprout)은 비오틴(biotin), L-아르기닌(L-arginine)과 같은 다양한 필수 영양소뿐만 아니라, 이소플라본(isoflavone)과 같은 식물성 2차 대사산물을 풍부하게 함유하고 있으며, 실험 모델 연구에서 모발 성장 촉진 효과가 보고된 바 있다(Zhao 등 2011). 이러한 기능성 성분들은 모발 성장 주기의 조절에 관여하여 탈모 억제 및 발모 촉진에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다.

임상 연구에 따르면, 완두싹 추출물을 일일 100 mg 경구 보충한 경우 탈모 감소 및 모발 밀도 증가 효과가 확인되었다. 이는 모발의 성장기 유도에 중요한 성장인자인 FGF7과 noggin의 발현을 상향 조절(upregulation)하는 기전과 관련된 것으로 해석된다(Grothe 등 2020). 더불어 해당 연구에서는 항산화 및 항염증 작용이 확인되었으며, 이는 모낭 축소 억제와도 밀접한 연관이 있다는 점이 보고되었다. 또한 국소 적용 연구에서도 유의한 결과가 나타났다. 총 20명의 피험자에게 4% 완두싹 추출물 겔을 1일 2회, 12주간 도포한 결과, 휴지기 모발 밀도는 감소하고, 성장기 모발 밀도는 증가하여

전반적인 모발 재성장이 관찰되었다. 이는 완두콩 추출물이 국소 적용 형태에서도 임상적 탈모 개선 효과를 보일 수 있음을 시사한다.

종합하면, 완두콩 추출물은 경구 보충 또는 국소 도포 시 FGF7/noggin 신호 경로의 조절과 산화스트레스 완화를 통해 탈모를 유의하게 개선한다. 특히 일부 임상연구에서는 4주 이내에 빠른 효과가 나타났으며, 안전성과 내약성 측면에서도 양호한 결과가 확인되었다. 그러나 장기적 효능 및 안전성을 검증하기 위해서는 대규모 무작위 대조군 임상시험이 추가로 수행될 필요가 있다. 향후 완두콩 추출물은 기존 탈모 치료법을 보완하는 보조 요법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 홍삼(red ginseng)

홍삼(Red ginseng), 특히 열처리를 통해 제조된 홍삼 추출물은 인삼사포닌(ginsenosides)과 지방산(fatty acids) 등 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있으며(Kim 등 2012), 이를 통한 다면적인 항탈모 효과가 보고되고 있다. 홍삼 추출물(Red ginseng extract, RGE) 및 주요 진세노사이드(ginsenoside Rb1, Rb3)는 인체와 동물 모델 모두에서 모발 성장 촉진 효과를 나타낸 바 있다.

원형탈모(alopecia areata) 환자를 대상으로 한 임상 연구에서, 홍삼 투여군은 스테로이드 단독치료군 대비 우수한 모발 성장 및 치료 효과를 보였으며, 부작용 없이 안전하게 사용 가능한 것으로 평가되었다(Oh & Son 2012).

분자 및 세포 수준에서, 홍삼 추출물은 DPC의 증식을 촉진하고, ERK 및 AKT 신호전달 경로를 활성화시킴으로써 세포의 생존과 성장을 강화한다(Park 등 2015; Jung 등 2025). 또한 모발 기질세포(hair matrix keratinocytes)의 증식을 자극하고, DHT에 의해 유도되는 안드로겐 수용체 발현을 억제하여 AGA 과정을 저해하는 효과를 보였다(Truong & Jeong 2021). 특히, 마우스 실험에서는 3% 홍삼 추출물 투여군에서 대조군 대비 빠른 모발 성장률이 확인되었다(Park 등 2015).

또한, 홍삼 및 주요 진세노사이드인 Rb1은 ROS에 의해 유도되는 모낭 각질세포의 손상 및 세포사멸을 억제하는 역할을 한다. 이를 통해 모발 성장을 저해하거나, 조기 퇴행기 전환을 유도하는 요인을 방지하는 효과를 나타냈다. 이러한 작용은 세포자멸사 관련 전사인자인 p53, 그리고 Bax/Bcl-2 신호경로의 조절을 통해 매개되는 것으로 보고되었다(Jung 등 2025).

종합적으로 볼 때, 홍삼은 다양한 분자·세포 수준의 기전을 통해 모발 성장 촉진, 탈모 억제, 모낭 보호 효과를 나타내는 기능성 식품 소재로 입증되고 있다. 특히 Rb1, Rg3와 같은 주요 진세노사이드 성분은 항산화 작용, 항안드로겐 효과,

세포 증식 촉진 효과 등 다각적인 기전을 통해 탈모 개선에 기여한다. 임상적으로도 홍삼은 원형탈모 등 탈모 환자에게 보조요법으로서 높은 잠재력을 지니며, 안전성이 뛰어나 부작용이 거의 없는 치료 대안으로 활용될 수 있다.

4. 호박씨 오일(pumpkin seed oil)

호박씨 오일(pumpkin seed oil, PSO)은 다양한 생리활성 성분과 항산화, 항안드로겐 효능을 바탕으로 탈모 예방 및 치료 잠재력이 주목받고 있다. 특히 5 α -환원효소 억제 작용을 DHT 생성 억제와 동시에 항산화·항염 효과를 나타냄으로써 모발 성장에 유리한 환경을 조성하는 것으로 보고된다.

임상 연구 결과, 무작위 배정·이중 맹검·위약 대조 연구에서 AGA를 가진 남성 76명을 대상으로 400 mg/day의 PSO를 24주간 투여한 결과, 위약군 대비 약 40%의 유의한 모발 성장 증가가 확인되었다. 또한 치료군에서 환자의 주관적 만족도와 임상적 호전 정도가 크게 향상되었으며, 이상 반응 발생률은 대조군과 차이를 보이지 않았다(Cho 등 2014).

여성 환자를 대상으로 한 연구에서도 의미 있는 결과가 보고되었다. 2021년 진행된 임상시험에서 여성형 탈모 환자들은 3개월간 PSO 또는 5% 미녹시딜 폼을 사용하여 치료받았으며, PSO 투여군은 모발 굵기 변동 감소, 미세 모발(fine hair) 비율 감소, 신생 모발 수 증가 등 다각적 개선 효과를 나타냈다. 더 나아가 미녹시딜 치료군과 비교하였을 때도 통계적으로 유의한 개선이 확인되어, PSO가 여성형 탈모 치료에도 잠재적 대안으로서 활용 가능성이 있음이 시사되었다(Ibrahim 등 2021).

전임상 연구에서도 PSO의 발모 촉진 효과는 확인되었다. 테스토스테론으로 탈모가 유도된 마우스 모델에서 국소적으로 PSO를 도포했을 때, 모발 성장 점수가 유의하게 향상되었으며, 특히 10% 농도의 PSO 처리군에서 성장기 단계 모낭 비율이 증가하였다. 이러한 효과는 2% 미녹시딜 처리군과 유사할 정도로 뚜렷하게 나타났으며, 기전적으로는 5 α -환원효소 억제, 항안드로겐 작용, 항산화 및 항염증 효과와 관련 있는 것으로 확인되었다(Hajhashemi 등 2019).

이상의 결과를 종합하면, PSO는 남성과 여성 모두에서 탈모 예방 및 치료 효과를 갖는 기능성 원료로서의 가능성이 입증되고 있다. 경구와 국소 적용을 통해 DPC의 성장기 유도, 모낭 축소 억제, 모발 재생 촉진 효과를 나타내며, 기존 치료제인 미녹시딜과 비교했을 때 상당한 경쟁력을 보인다. 다만 현재까지의 연구는 제한된 표본 규모와 비교적 짧은 관찰 기간을 가진다는 한계가 있으므로, 장기적인 안전성과 효능을 검증하기 위한 대규모 임상시험이 필요하다. 향후 PSO는 기존 약물 치료와 병용하거나 보완 요법으로 활용될 수 있는 유의한 후보 소재로 기대된다.

5. 로즈마리 오일(rosemary oil)

로즈마리 오일(rosemary oil)은 생리활성 성분인 로즈마린산(rosmarinic acid), 우르솔산(ursolic acid), 그리고 다양한 정유성분(essential oils)을 포함하여 항산화 및 항염증 효과가 뛰어난 천연 소재로 알려져 있다. 이러한 특성은 두피 혈류 개선과 모낭 환경 건강에 긍정적 영향을 미쳐 모발 성장 촉진에 기여한다고 보고되었다.

임상 연구에서는 AGA 환자 100명을 대상으로 6개월간 2% 미녹시딜과 3% 로즈마리 오일을 각각 적용한 무작위배정 이중맹검 시험에서 두 그룹 모두 유의한 모발 수 증가를 보였으며, 두 치료군 간 효과 차이는 없었다. 다만 로즈마리 오일군에서 두피 가려움증 발생률이 미녹시딜군에 비해 유의하게 낮아 치료의 내약성이 더 우수한 것으로 확인되었다(Panahi 등 2015; Dhariwala & Ravikumar 2019).

전임상 동물 연구에서는 C57BL/6 마우스 모델에 3% 로즈마리 오일을 국소 적용한 결과, 대조군 대비 모발 재생장 속도가 빠르고, 모낭 수, 모낭 깊이, 진피 두께가 유의하게 증가하였다. 게다가 모낭 부위의 비만세포 수가 감소하여 염증 완화 효과가 동반되었음도 보고되었다. 이러한 결과는 모발 성장 촉진과 모낭 보호 효과가 전반적인 두피 건강 개선과 연결됨을 의미한다(Ghasemzadeh Rahbardar 등 2017).

세포 수준 연구에서는 DPC에서 5 α -환원효소 활성 및 안드로젠 수용체의 발현을 유의하게 억제하는 것으로 보고되었다(Panahi 등 2015) 이는 탈모의 주요 원인인 DHT 축적을 감소시키는 중요한 기전이다. 또한, 세포 내 ROS 수준을 감소시키고, 항염증 사이토카인 분비를 억제함으로써 염증성 손상으로부터 DPC를 보호한다(Stefani 등 2023). 이는 만성 염증이 탈모를 악화시키는 기전과 관련되어 있어 로즈마리 오일의 항염증 효과는 임상적 의미가 크다. 이러한 세포수준의 효과들은 전임상 및 임상 연구에서 관찰된 모발 성장 촉진 및 탈모 개선 효과의 분자적 근거를 제공하며, 로즈마리 오일이 탈모 치료에 유용한 천연 소재임을 뒷받침한다.

최근 개발된 나노에멀전 및 마이크로스펀지 형태의 로즈마리 오일 제제들은 경피 투과율을 높여 기존 오일 또는 미녹시딜 대비 모발 성장 촉진 효과를 극대화한다는 연구도 보고되었다(Uronnachi 등 2022).

종합하면, 로즈마리 오일은 5 α -환원효소 억제에 의한 AGA 개선, 항산화 및 항염증 작용으로 인한 모낭 보호, 두피 혈류 개선을 통한 모발 성장 촉진이라는 다중 기전을 통해 탈모 예방 및 치료에 효과적인 천연 성분임이 전임상부터 임상단계까지 다양한 연구를 통해 입증되고 있다. 안전성도 우수하며, 미녹시딜과 비교해 내약성이 좋은 점은 임상적 활용 가능성을 높이는 중요한 장점이다. 다만 장기간 대규모 임상시험과 제조기술 개발을 통한 제형 최적화가 추가적으로 요구된다.

6. 치아씨드 추출물(*Salvia hispanica* Lamiaceae)

치아씨드 (*Salvia hispanica* Lamiaceae)는 식이섬유, 단백질, 오메가-3 지방산, 다양한 항산화물질이 풍부하여 건강상의 이점이 많아 각광받고 있다(Dick 등 2015; Grancieri 등 2019; Oh 등 2017). 수분을 흡수하면 젤 같은 성질의 차이씨드 점액질(chia seed mucilage, CSM)을 형성하는데, 이 점액질은 식품에서 유향제 및 안정제로도 작용하며, 탁월한 수분유지 능력을 갖고 있어 화장품 개발에도 활용된다(Goh 등 2016).

치아씨드 추출물은 탈모 치료에 유망한 천연 물질로서 최근 연구를 통해 그 효능과 안전성이 검증되었다. 동물실험에서는 CSM을 기반으로 한 미세캡슐 크립(CSMi)을 21일간 처리한 결과, 미녹시딜과 비교하여 모낭 성장기 연장 및 모발 재생 촉진 효과가 우수하게 나타났다(Qiao 등 2025). 또한, 두피 자극 및 부작용이 거의 관찰되지 않아 안전성 측면에서도 긍정적인 평가를 받았다. 세포주 연구에서는 치아씨드 추출물이 해당과정 및 자가포식을 활성화함으로써 DPC의 에너지 대사와 재생을 지원하는 기전이 밝혀졌다. 현재 임상시험은 초기 단계이나, 기존 탈모 치료제의 부작용 문제를 보완할 수 있는 안전하고 효과적인 천연 대체제로서 학계와 임상 현장에서 주목받고 있다.

치아씨드 추출물의 세포 실험에서는 모낭 세포의 에너지 대사 경로인 해당과정과 자가포식 활성화가 확인되었다. 이로 인해 세포 내 대사 기능이 증진되어 모낭 세포의 생존과 재생에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 동물실험에서는 21일간 CSMi를 도포한 결과, 미녹시딜 대비 모낭 성장기의 연장과 모발 밀도 및 굵기의 현저한 증가가 관찰되었다. 또한, 두피 자극이나 부작용이 현저히 적은 안전한 프로파일을 나타내어 자연유래 탈모 치료제로서의 잠재력을 확인하였다.

7. 기타 영양소(micro-nutrients)

1) 비오틴(biotin, 비타민 B₇)

수용성 비타민으로, 모발 건강에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 비오틴은 단백질 합성에 관여하는 조효소(coenzyme)로 작용하며, 세포 내 단백질 대사·지질 대사·에너지 생산에 필수적인 기능을 수행한다. 이로 인해 비오틴은 건강한 모발 성장 및 유지에 기여하는 핵심 영양소로 평가되고 있다(Patel 등 2017). 비오틴 결핍은 드물지만, 임상적으로 탈모, 피부 발진, 손톱 부서짐 등 피부 부속기관의 장애로 나타날 수 있다. 결핍성 탈모에서는 비오틴 보충제 투여가 모발 개선에 효과적이라는 다수의 보고가 존재한다(Patel 등 2017). 특히 유전성 비오틴 효소 결핍증 환자에서 비오틴 투여가 빠르고 뚜렷한 모발 성장 효과를 보인다는 연구 결과가

있다(Abdel Rahman 등 2020). 반면에, 비오틴이 정상 혈중 농도를 가진 일반 탈모 환자에게서 단독 보충제로서 유의한 치료 효과가 있다는 근거는 제한적이다. 최근 메타분석 및 임상 리뷰에서는 비오틴 결핍이 없는 환자들에게 비오틴 보충제를 무분별하게 사용하는 것에 대해 신중한 접근을 권장하며, 정상 수준의 비오틴 상태를 확인한 후에 보충을 고려해야 한다고 권고한다(Abdel Rahman 등 2020). 일부 임상시험에서는 비오틴과 여러 영양소를 복합 투여할 경우 모발 성장 및 두피 건강 개선에 긍정적인 영향이 관찰되었으나, 이는 비오틴 단독 효과라기보다는 복합 요법의 일환으로 해석하는 것이 바람직하다. 종합적으로 비오틴은 결핍성 탈모의 치료에 필수적인 영양소나 비오틴 결핍 판단 및 보충제 투여는 전문적인 임상 평가하에 이루어져야 한다. 건강한 일반인 대상의 비오틴 보충은 탈모 개선 효과가 제한적이며, 과도한 섭취는 일부 부작용을 야기할 수 있으므로 적절한 용량 준수가 중요하다.

2) 비타민 D(vitamin D)

모낭의 성장과 분화, 그리고 모발 주기 조절에 중요한 역할을 하는 영양소이다. 최근 연구에 따르면 비타민 D 수용체가 모낭의 성장기 진입에 필수적이며, 결핍 시 휴지기 탈모, 원형 탈모, AGA 등 다양한 형태의 탈모와 연관이 있음이 밝혀졌다(Saini & Mysore 2021). 실제로 탈모환자에게서 혈중 비타민 D 농도가 낮게 나타나는 경우가 많으며(Zubair 등 2021), 일부 임상연구에서는 비타민 D 보충이 모발 성장에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 시사한 바 있다(Gerkowicz 등 2017). 현재 비타민 D 보충이 탈모 치료에 효과적이라는 명확한 근거는 부족하지만, 여러 연구에서 보완 요법으로 사용 가능할 수 있음이 제시된 바 있다. 비타민 D의 직접적인 탈모 치료 효과에 대해서는 추가적인 대규모 임상연구가 필요할 것으로 사료된다.

3) 비타민 C(vitamin C)

비타민 C는 강력한 항산화제로서, 모낭 세포를 산화 스트레스로부터 보호하고, 두피의 염증 반응을 완화하는 데 도움을 주는 것으로 알려졌다. 또한 비타민 C는 콜라겐 합성에 필수적이며, 콜라겐은 모발 구조의 주요 성분으로 모발의 강도와 탄력성을 유지하는 데 중요하다. 비타민 C는 철분의 흡수를 촉진하여 빈혈로 인한 탈모를 예방하는 데도 기여한다. 최근 연구에서는 비타민 C가 모낭세포와 지방 유래 줄기세포의 증식과 생존을 촉진해 모발 재생을 돕는 효과도 보고된 바 있다(Zhang 등 2025). 특히 비타민 C는 DHT에 의해 유도되는 탈모 관련 유전자(DKK-1)의 발현을 억제하여 안드로겐

성 탈모예방에 기여할 수 있다는 실험결과가 보고되었다(Ashtiani & Akaberi 2020). 이러한 다중적인 작용으로 인해 비타민 C는 모발 건강 유지와 탈모 예방에 필수적인 영양소로 평가받고 있다.

4) 아연(zinc)

아연은 모발 단백질(케라틴) 합성, 모낭 세포의 성장과 분화, 그리고 호르몬 대사에 관여하는 필수 무기질이다(Searle 등 2022). 아연 결핍은 모발 성장 저하, 모낭 위축, 탈모를 유발할 수 있으며, 실제로 탈모 환자에서 혈중 아연 농도가 낮게 나타남이 보고되었다(Plonka 등 2005; Park 등 2009). 특히 원형 탈모와 휴지기 탈모 환자에서 저아연혈증이 빈번하게 관찰되며(Lalosevic 등 2023), 아연 결핍이 급성 탈모의 발병과 밀접한 관련이 있음을 시사한다. 아연은 세포사멸 관련 효소를 억제하여 모낭의 퇴행을 방지하고, 모낭 회복을 촉진한다. 또한 아연은 모발 성장에 관여하는 전사인자(zinc finger motif)와 헤지호그 신호전달(hedgehog signaling) 경로를 조절하여 모발성장과 재생이 기여하는 것으로 보고되었다(Plonka 등 2005). 아연은 결핍 시 탈모를 유발할 수 있지만, 과도한 섭취는 오히려 부정적 영향을 줄 수 있다. 동물실험에서 고용량 아연을 투여 시 모발성장 지연 및 모낭주기 이상이 보고된 바 있어, 일일 섭취량(성인 기준 8~11 mg)을 지키는 것이 중요할 것으로 사료된다(Plonka 등 2005).

요 약

녹차의 EGCG, 완두싹 추출물, 홍삼, 호박씨 오일, 로즈마리 오일, 치아씨드 추출물 및 미량 영양소 등 다양한 천연 소재들은 5 α -환원효소 억제, 항산화, 항염증, 세포 증진 및 생존 촉진 등의 다중 기전을 통해 탈모 예방과 치료에 효과를 보인다(Table 1). 각 성분별 임상적 증거는 아직 초기 단계거나 소규모 연구에 국한된 경우가 많아, 대규모 무작위 대조 임상시험을 통한 안전성 및 효능 검증이 필요하다. 비오틴은 결핍 환자 치료에 필수적이나 정상인은 단독 보충 효과가 제한적이므로 전문적 평가 후 사용해야 한다. 천연 추출물들은 기존 치료제와 병용하거나 보완적으로 사용될 보조 요법으로서 잠재력이 크며, 앞으로 제형 개선과 임상 연구 확대가 기대된다.

감사의 글

본 성과물은 한국연구재단의 지원(No RS-2024-00336513)을 받아 수행되어 이에 감사드립니다.

Table 1. Effect and mechanisms of the natural products used in this study

Ingredient	Components and properties	Mechanism	Clinical study	Stability and limitations	Ref.
Green tea	- EGCG - Antioxidants - Anticancer - Anti-inflammation	- Inhibition of 5 α -reductase - Reduction of DHT - Inhibition of apoptosis	- Topical application increased hair growth by 30% - The combined formulation increased hair growth by 33%	- Mainly preclinical - Further clinical trials required	Kim 등 2011. Kwon 등 2007. Shin 등 2016.
Pea sprout	- L-Arginine - Isoflavone	- Upregulation of FGF7 and noggin expression - Antioxidant - Antiinflammation	- Oral administration (100 mg) reduced hair loss - Topical 4% gel effective	- Long-term safety estimate - Further clinical trials required	Zhao 등 2011. Grothe 등 2020.
Red ginseng	- Ginsenosides - Antioxidants - Antiandrogenic	- Activation of ERK and AKT pathways - DHT suppression - Enhanced cell proliferation	- Superior to steroids in alopecia - Safety confirmed	- Minimal side effects - Applicable as adjunct therapy	Oh & Son 2012. Park 등 2015. Jung 등 2025. Truong & Jeong 2021.
Pumpkin seed oil	- Antioxidants - Antiandrogenic	- Inhibits 5- α reductase - Antandrogenic, antioxidant and anti-inflammatory effects	- 400 mg/day for 24 weeks in 76 men increased hair growth by 40%	- Small sample size, short duration - Large-scale trials needed	Cho 등 2014. Ibrahim 등 2021. Hajhashemi 등 2019.
Rosemary oil	- Rosmarinic acid - Ursolic acid - Antioxidants	- Inhibits 5- α reductase - Antioxidant and anti-inflammatory effects - Improves blood circulation	- 3% oil for 6 months in AGA patients; efficacy comparable to minoxidil	- Well tolerated; long-term clinical trials needed	Panahi 등 2015. Dhariwala & Ravikumar 2019. Ghasemzadeh Rahbardar 등 2017. Stefani 등 2023. Uronnachi 등 2022.
Chia seed	- Omega-3 fatty acids - Antioxidants and fiber-rich	- Activates glycolysis and autophagy - Promotes follicle regeneration	- Improved hair growth and density compared with minoxidil - Fewer adverse effects	- Early clinical stage - Good safety profile	Dick 등 2015. Grancieri 등 2019. Goh 등 2016. Qiao 등 2025.
Vitamins & minerals	Vitamin B ₇	- Essential for protein metabolism and energy production	- Improves hair; limited effect in healthy subjects	- Adverse effects with excessive intake	Patel 등 2017. Abdel Rahman 등 2020.
	Vitamin D	- Hair follicle growth, differentiation, and cycle regulated through VDR signal	- Hair loss increases with deficiency	- Limited large-scale data - Toxic at high doses	Zubair 등 2021. Gerkowicz 등 2017.
	Vitamin C	- Reduces oxidative stress - Promotes collagen synthesis	- Regenerative and preventive effects	- Excessive intake inhibits hair growth	Zhang 등 2025. Ashtiani & Akaberi 2020.
	Zinc	- Regulates transcription factors and signaling pathways	- Hair loss with deficiency - Deficiency leads to hair loss	- Excessive intake inhibits hair growth	Searle 등 2022. Plonka 등 2005. Lalosevic 등 2023.

References

- Abdel Rahman SH, Mohammed Salem R, Hassan Sabry J. 2020. Biotin deficiency in telogen effluvium: Fact or fiction? *J Clin Aesthet Dermatol* 13:37-40
- Abdin R, Zhang Y, Jimenez JJ. 2022. Treatment of androgenetic alopecia using PRP to target dysregulated mechanisms and pathways. *Front Med (Lausanne)* 9:843127-843138
- Ashtiani HRA, Dadgar A, Akaberi M. 2020. Improvement of cell proliferation and antioxidant activity of silymarin in hair follicles dermal papillae isolated from the human scalp: Comparison with vitamin C effects. *Int J Trichology* 12:168-175
- Cartwright T, Endean N, Porter A. 2009. Illness perceptions, coping and quality of life in patients with alopecia. *Br J Dermatol* 160:1034-1039
- Cho YH, Lee SY, Jeong DW, Choi EJ, Kim YJ, Lee JG, Yi YH, Cha HS. 2014. Effect of pumpkin seed oil on hair growth in men with androgenetic alopecia: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2014:549721-549730
- Davis DS, Callender VD. 2018. Review of quality of life studies in women with alopecia. *Int J Womens Dermatol* 4:18-22
- de Gálvez MV, Aguilera J, Bernabó JL, Sánchez-Roldán C, Herrera-Ceballos E. 2015. Human hair as a natural sun protection agent: A quantitative study. *Photochem Photobiol* 91:966-970
- Dhariwala MY, Ravikumar P. 2019. An overview of herbal alternatives in androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol* 18:966-975
- Dick M, Costa TM, Gomaa A, Subirade M, Rios AO, Flôres SH. 2015. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydr Polym* 130:198-205
- Dinh QQ, Sinclair R. 2007. Female pattern hair loss: Current treatment concepts. *Clin Interv Aging* 2:189-199
- Fu D, Huang J, Li K, Chen Y, He Y, Sun Y, Guo Y, Du L, Qu Q, Miao Y, Hu Z. 2021. Dihydrotestosterone-induced hair regrowth inhibition by activating androgen receptor in C57BL6 mice simulates androgenetic alopecia. *Biomed Pharmacother* 137:111247-111257
- Gerkowicz A, Chyl-Surdacka K, Krasowska D, Chodorowska G. 2017. The role of vitamin D in non-scarring alopecia. *Int J Mol Sci* 18:2653-2665
- Ghasemzadeh Rahbardar M, Amin B, Mehri S, Mirnajafi-Zadeh SJ, Hosseinzadeh H. 2017. Anti-inflammatory effects of ethanolic extract of *Rosmarinus officinalis* L. and rosmarinic acid in a rat model of neuropathic pain. *Biomed Pharmacother* 86:441-449
- Goh KK, Matia-Merino L, Chiang JH, Quek R, Soh SJ, Lentle RG. 2016. The physico-chemical properties of chia seed polysaccharide and its microgel dispersion rheology. *Carbohydr Polym* 149:297-307
- Gordon KA, Tosti A. 2011. Alopecia: Evaluation and treatment. *Clin Cosmet Investig Dermatol* 4:101-106
- Grancieri M, Martino HSD, Gonzalez de Mejia E. 2019. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a Source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 18:480-499
- Grimalt R. 2005. Psychological aspects of hair disease. *J Cosmet Dermatol* 4:142-147
- Grothe T, Wandrey F, Schuerch C. 2020. Clinical evaluation of pea sprout extract in the treatment of hair loss. *Phytother Res* 34:428-431
- Hajhashemi V, Rajabi P, Mardani M. 2019. Beneficial effects of pumpkin seed oil as a topical hair growth promoting agent in a mice model. *Avicenna J Phytomed* 9:499-504
- Ibrahim IM, Hasan MS, Elsabee KI, Elsaie ML. 2021. Pumpkin seed oil vs. minoxidil 5% topical foam for the treatment of female pattern hair loss: A randomized comparative trial. *J Cosmet Dermatol* 20:2867-2873
- Jung SW, Pi LQ, Jeon JJ, Kim YH, Lee S, Lee WS. 2025. Protective effects of Korean red ginseng against oxidative stress-induced damage in human hair. *Ann Dermatol* 37:1-11
- Kesika P, Sivamaruthi BS, Thangaleela S, Bharathi M, Chaiyasut C. 2023. Role and mechanisms of phytochemicals in hair growth and health. *Pharmaceuticals (Basel)* 16:206-217
- Kidangazhiathmana A, Santhosh P. 2022. Pathogenesis of androgenetic alopecia. *Clin Dermatol Rev* 6:69-74
- Kim EJ, Han MR, Lee SJ. 2012. Cham characteristics of yanggaeng using fermented red ginseng for the elderly. *Korean J Food Nutr* 25:83-89
- Kim YY, Up No S, Kim MH, Kim HS, Kang H, Kim HO, Park YM. 2011. Effects of topical application of EGCG on testosterone-induced hair loss in a mouse model. *Exp Dermatol* 20:1015-1017
- Kwon OS, Han JH, Yoo HG, Chung JH, Cho KH, Eun HC, Kim KH. 2007. Human hair growth enhancement *in vitro* by green tea epigallocatechin-3-gallate (EGCG). *Phytomedicine* 14:551-555
- Lalosevic J, Gajic-Veljcic M, Lalosevic Misovic J, Nikolic M.

2023. Serum zinc concentration in patients with alopecia areata. *Acta Derm Venereol* 103:adv13358
- McClellan KJ, Markham A. 1999. Finasteride: A review of its use in male pattern hair loss. *Drugs* 57:111-126
- Naito A, Sato T, Matsumoto T, Takeyama K, Yoshino T, Kato S, Ohdera M. 2008. Dihydrotestosterone inhibits murine hair growth via the androgen receptor. *Br J Dermatol* 159:300-305
- Oh GN, Son SW. 2012. Efficacy of Korean red ginseng in the treatment of alopecia areata. *J Ginseng Res* 36:391-395
- Oh H, Kim YS, Song KY, Jung Y, Joung KY. 2017 Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds on quality properties of yanggang. *Korean J Food Nutr* 20:236-242
- Otberg N, Finner AM, Shapiro J. 2007. Androgenetic alopecia. *Endocrinol Metab Clin North Am* 36:379-398
- Panahi Y, Taghizadeh M, Marzony ET, Sahebkar A. 2015. Rosemary oil vs minoxidil 2% for the treatment of androgenetic alopecia: A randomized comparative trial. *Skinmed* 13:15-21
- Park GH, Park KY, Cho HI, Lee SM, Han JS, Won CH, Chang SE, Lee MW, Choi JH, Moon KC, Shin H, Kang YJ, Lee DH. 2015. Red ginseng extract promotes the hair growth in cultured human hair follicles. *J Med Food* 18:354-362
- Park H, Kim CW, Kim SS, Park CW. 2009. The therapeutic effect and the changed serum zinc level after zinc supplementation in alopecia areata patients who had a low serum zinc level. *Ann Dermatol* 21:142-146
- Patel DP, Swink SM, Castelo-Soccio L. 2017. A review of the use of biotin for hair loss. *Skin Appendage Disord* 3:166-169
- Plonka PM, Handjiski B, Popik M, Michalczyk D, Paus R. 2005. Zinc as an ambivalent but potent modulator of murine hair growth *in vivo*- preliminary observations. *Exp Dermatol* 14:844-853
- Qiao Z, Zhang K, Ma Y, Koo B, Lee EY, Lee HJ, Kim MG, Ma J, Park CO, Shin Y. 2025. Chia seed polysaccharide-based self-assembled microencapsulation enhances hair regeneration by inducing glycolysis and autophagy. *Small* 21:e2503440-e2503451
- Saini K, Mysore V. 2021. Role of vitamin D in hair loss: A short review. *J Cosmet Dermatol* 20:3407-3414
- Searle T, Ali FR, Al-Niaini F. 2022. Zinc in dermatology. *J Dermatolog Treat* 33:2455-2458
- Shin S, Kim K, Lee MJ, Lee J, Choi S, Kim KS, Ko JM, Han H, Kim SY, Youn HJ, Ahn KJ, An IS, An S, Cha HJ. 2016. Epigallocatechin gallate-mediated alteration of the microrna expression profile in 5 α -dihydrotestosterone-treated human dermal papilla cells. *Ann Dermatol* 28:327-334
- Stefani Luziani AED, Gusti Ayu Agung Praharsini I, VOW. 2023. Rosmarinus officinalis essential oil increases hair length and follicle diameter of ultraviolet b-exposed mice through VEGF. *Indones Biomed J* 15:296-368
- Tampucci S, Paganini V, Burgalassi S, Chetoni P, Monti D. 2022. Nanostructured drug delivery systems for targeting 5- α -reductase inhibitors to the hair follicle. *Pharmaceutics* 14:286-304
- Truong VL, Bak MJ, Lee C, Jun M, Jeong WS. 2017. Hair regenerative mechanisms of red ginseng oil and its major components in the testosterone-induced delay of anagen entry in C57BL/6 mice. *Molecules* 22:1505-1515
- Truong VL, Jeong WS. 2021. Hair growth-promoting mechanisms of red ginseng extract through stimulating dermal papilla cell proliferation and enhancing skin health. *Prev Nutr Food Sci* 26:275-284
- Uronnachi E, Atuegwu C, Umeyor C, Nwakile C, Obasi J, Ikeotuonye C, Attama A. 2022. Formulation and evaluation of hair growth enhancing effects of oleogels made from Rosemary and Cedar wood oils. *Sci Afr* 16:e01223-e01232
- Wang ZD, Feng Y, Sun L, Gan J, Li X, Ding WF, Chen XM. 2021. Anti-androgenetic alopecia effect of policosanol from Chinese wax by regulating abnormal hormone levels to suppress premature hair follicle entry into the regression phase. *Biomed Pharmacother* 136:111241-111248
- Zhang J, Chen F, Hu Y, Cong X. 2025. Mechanisms and clinical progress of adipose-derived stem cells and their derivatives in the treatment of hair loss. *Stem Cell Res Ther* 16:439-445
- Zhao J, Harada N, Kurihara H, Nakagata N, Okajima K. 2011. Dietary isoflavone increases insulin-like growth factor-I production, thereby promoting hair growth in mice. *J Nutr Biochem* 22:227-233
- Zubair Z, Kantamaneni K, Jalla K, Renzu M, Jena R, Jain R, Muralidharan S, Yanamala VL, Alfonso M. 2021. Prevalence of low serum vitamin D levels in patients presenting with androgenetic alopecia: A review. *Cureus* 13:e20431-e20440

Received 02 October, 2025

Revised 20 October, 2025

Accepted 22 October, 2025

베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 다문화가정의 식생활 교육 요구도 조사

이 영 라 · *심 기 현*

숙명여자대학교 문화예술대학원 전통식생활문화전공 대학원생,
*숙명여자대학교 문화예술대학원 전통식생활문화전공 부교수

Dietary Education Needs Assessment of Multicultural Families based on Dietary Adaptation Factors of Vietnamese Marriage Migrant Women

Young La Lee and *Ki Hyeon Sim*

Master's Student, Major in Traditional Culinary Culture, Graduate School of Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

**Associate Professor, Major in Traditional Culinary Culture, Graduate School of Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea*

Abstract

This study analyzed the dietary education status and needs of 283 Vietnamese marriage migrant women in Korea from February 3 to 28, 2025, focusing on dietary adaptation factors. Overall, 20.8% of participants engaged in education, primarily in the complete-assimilation and assimilation-separation categories. The internet was the main source of dietary information, utilized by 65.4% of respondents, while those in the integrated-separation and marginalized categories more frequently accessed support from multicultural family centers. The primary challenges in managing family dietary life included educating children about healthy eating habits and, for those in the assimilation-separation category, adjusting family meal preferences. The dietary education content experienced by participants included traditional Korean dietary practices, fermented foods, and Korean cooking practices. Reasons for non-participation were primarily childcare or household responsibilities (29.5%) and busy work schedules (27.7%). In terms of family dietary education needs, topics such as healthy eating and health, healthy eating for families, and food hygiene and safety management all received scores above 4.0. For children's dietary education needs, all topics also scored above 4.0, with the complete-assimilation group ranking highest for education on children's Korean dietary practices and culture, while the passive-adaptation group ranked lowest in both areas. The importance-satisfaction analysis (ISA) identified food hygiene and safety management, as well as Korean cooking practices, as areas needing maintenance, while understanding Korean culinary culture was highlighted as a priority for improvement. This finding indicates the necessity for tailored, practice-based, bilingual programs.

Key words: Vietnamese marriage migrant women, dietary adaptation factor, multicultural family, dietary education needs

서 론

한국은 오랜 기간 단일 민족 국가로 인식됐으나, 21세기 들어 급속한 경제 성장과 국제 교류 확대에 따라 외국인 노동자 유입과 국제결혼이 증가하며, 다문화가정 역시 꾸준히 늘어나고 있다(Ministry of Gender Equality and Family 2022).

2025년 6월 기준 국내 결혼이민자는 184,581명으로 전년 대비 3.6% 증가하였으며, 국적별로는 베트남 출신이 23.0%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다(Korea Immigration Service, Ministry of Justice 2025a, 2025b). 다문화가정의 자녀도 2023년 기준 305,246명으로 지속적인 증가세를 보였다(News-linejeju 2023).

* Corresponding author: Ki Hyeon Sim, Associate Professor, Major in Traditional Culinary Culture, Graduate School of Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7475, Fax: +82-2-2077-7140, E-mail: santaro@sm.ac.kr

결혼이주여성은 한국 사회에 정착하는 과정에서 가장 먼저 식생활 적응에 직면하고 있는데, 베트남 결혼이주여성의 경우 가정에서 한식을 준비하는 비율은 높으나(Lyu 등 2009; So & Han 2012), 한국 음식에 대한 낮은 친숙도와 식재료 선택의 어려움, 모국 음식의 제한된 접근성 등으로 조리 과정에서 많은 제약을 경험하고 있으며, 이는 식생활 적응의 어려움으로 이어지고 있다(Kim & Lee 2009; Joe 등 2019). 특히 결혼이주여성의 식생활 적응 문제는 영양 불균형과 밀접하게 관련이 있는데, Kim & Lee(2009) 및 Kim 등(2012a)의 연구에서 결혼이주여성의 한국 식생활 적응 정도에 따라 영양소 섭취 상태가 달라져 식생활 전반에 미치는 영향이 큰 것으로 보고하였다. 이러한 식생활 적응의 어려움은 개인의 건강뿐만 아니라, 자녀의 영양 불균형으로 이어져 가족의 건강과 화합, 자녀 양육 등 가정 내 다양한 측면에도 영향을 미친다(Park & Chung 2005; Kim & Lee 2018; Joe 등 2019). 따라서 결혼이주여성의 식생활 적응은 단순한 음식 섭취의 문제가 아니라, 주부로서의 역할 수행과 가족 내 갈등 완화 측면에서도 중요한 과제로 인식되어야 한다.

결혼이주여성의 식생활 적응 과정을 이해하기 위해 Berry JW(1997)의 문화적응 이론이 많이 활용되고 있으며, 이는 모국의 문화유지와 이주국의 문화수용 정도에 따라 통합(integration), 동화(assimilation), 분리(separation), 주변화(marginalization) 유형으로 구분된다. 국내 결혼이주여성의 문화적응 유형에 관한 연구에서도 주로 이 네 가지 유형을 적용하고 있으나, 일부 연구에서는 다양한 요인에 따라 새로운 유형을 제시하기도 한다. 예를 들어 Lee & Choi(2011)은 Berry JW의 문화적응 유형에 따라 통합, 동화, 분리, 주변화 요인으로 분석한 후에 각 요인별 특성에 기초하여 각각 복합형, 미분화형, 적응형으로, Yeum 등(2019)은 유연형, 부적응형, 포용형 등으로 집단을 구분하였으며, Lee & Bahk(2018)은 2009년과 2015년 「전국 다문화 가족 실태조사」 자료를 활용해 신입형, 융화형, 분리형, 고탈형으로 제시하였다. 국내 결혼이주여성의 식생활 적응 유형 연구(Jung & Yang 2015; Kim JH 2015; Kim 등 2018)에서도 대부분이 통합, 동화, 분리, 주변화 유형으로 구분하고 있으나 Asano 등(2015)은 수도권 거주 중국인 결혼이주여성의 식생활 적응 정도에 따라 식생활 고적응군과 저적응군으로 구분하여 식생활 실태를 보고하였다. 또한 Song Y(2024)는 Berry JW의 이론을 기반으로 베트남 여성 결혼이주여성의 식문화 적응을 V1~V9 유형으로 세분화하여 초기에는 식문화 적응에 어려움을 겪지만, 시간이 지남에 따라 통합형이나 동화형으로 변화하는 경향을 제시하였다. 이처럼 가족의 모국 문화 수용 여부와 개인의 학습 의지 등이 이들의 식생활 적응에 중요한 영향을 미치며(Jung & Yang 2015; Lee JS 2017), 이에 따른 맞춤형 식생활 교육 프로그램의 필요성

이 강조되고 있다. 특히 한국 식문화 이해를 높이고, 식생활 관리 역량을 강화하는 교육은 다문화가정의 건강 증진과 문화적 통합에 긍정적인 효과를 가져올 수 있다.

정부는 2008년 「다문화가족지원법」을 제정한 후에 2020년 일부 개정하여 다문화가족지원센터를 통해 다양한 지원을 제공하고 있으나(National Law Information Center 2020), 여전히 이들을 위한 교육 프로그램은 언어소통 문제로 한국어 교육에 편중되어 있다(Yoon & Kim 2022). 특히 다문화가정 자녀의 식습관이 부모의 영향을 크게 받으며, 한번 형성된 식습관은 교정이 쉽지 않기 때문에 유아기부터 올바른 식습관을 확립하는 것이 중요하지만, 현재 이루어지고 있는 식생활 교육은 이러한 다문화 가정 여성의 식생활 문제를 해결하기에는 양적·질적으로 부족한 실정이다(Kim & Han 2015; Joe & Hwang 2017; Yoon & Kim 2022). 실제로 다문화가정지원센터나 보건소 등 관련 기관에서 제공하는 교육은 중복적으로 운영되거나, 흥미 유발을 위한 일회성 문화체험 성격의 이벤트에 그쳐 효과가 제한적이다. 또한 전문성을 갖춘 체계적인 식생활 교육은 다문화가족지원센터의 주요 사업으로 추진하기에는 한계가 있어, 결혼이주여성의 문화적 배경과 생활환경을 반영한 실습 중심 교육이 지속적으로 필요하다(Kim 등 2011, 2012b; Lee 등 2015; Yoon & Kim 2022). 이러한 교육은 결혼이주여성의 식생활 적응을 돕는 것은 물론, 가족 내 원활한 소통과 자녀의 건강한 식습관 형성에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다.

다문화가정의 식생활 교육과 관련된 연구들은 주로 전북, 경북 등 특정 지역에 거주하는 결혼이주여성을 대상으로 식생활 및 영양교육 요구도 조사(Jeong 등 2012; Yoon & Kim 2022), 다문화가정의 건강식생활을 위한 부모 교육 프로그램 개발(Kim & Lee 2018)이나 이들의 자녀를 대상으로 한 방과 후 요리활동 프로그램의 만족도 조사(Yoon 등 2015) 등이 있다. 또한 결혼이주여성을 위한 영양교육 방안을 제시한 Kim 등(2011)의 연구도 있으나, 소수의 결혼이주여성과 영양교육 전문가를 대상으로 한 심층 면담 연구였기 때문에 전체 결혼이주여성에게 적용하기에는 한계가 있으며, 연구 초점도 영양교육에 국한되어 있었다. 한국 식생활 적응을 위한 실질적인 조리 교육의 필요성을 강조한 연구들도 꾸준히 제기되어 왔으며(Kim 등 2011; Kim & Lee 2018), 결혼이주여성을 위한 교재 및 선행 연구 분석을 바탕으로 식생활 교육 프로그램을 개발한 사례(Lee JS 2016)도 보고된 바 있다. 그러나 이들 연구는 한국의 식생활 전반을 포괄하는 체계적이고 실질적인 교육 프로그램 개발까지 확장되지 못해, 결혼이주여성을 위한 교육 교재 개발 및 프로그램의 구체적 실행은 여전히 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 국내 결혼이주여성 중 현재 가장 높은 비율을 차지하며, 지속적으로 증가하고 있는 베트남 결혼이주

여성을 대상으로, 식생활 적응 요인과 식생활 교육 실태를 분석하고, 식생활 교육 프로그램 요구도를 파악하는 것을 목적으로 하였다. 이를 통해 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 실태를 반영한 실질적이고 지속 가능한 식생활 교육 프로그램 개발을 위한 기초자료를 제공하고, 향후 정책 수립에도 기여하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 한국에 거주하며 만 3세에서 11세 사이의 자녀를 양육하는 베트남 출신 결혼이주여성을 대상으로 식생활 교육 실태와 식생활 교육 요구도를 조사하였다. 연구 대상자 모집을 위해 전국의 다문화가족지원센터를 대상으로 협조를 요청하였으며, 각 센터의 동의를 받아 베트남어로 번역된 모집 안내문을 센터 게시판 및 온라인 커뮤니티(카카오톡 오픈채팅방 등)에 게시하였다. 연구 참여자는 안내문에 명시된 연구 목적과 방법에 동의한 후, 설문 링크에 접속하여 응답하였다. 설문지는 한국어 원안을 전문 번역 기관에서 베트남어로 번역하고, 번역 확인서를 통해 내용의 정확성을 검증받아 최종적으로 설문조사에 사용하였다. 이를 통해 베트남 결혼이주여성들이 문항을 이해하는 데 어려움이 없도록 설문조사를 진행하였다. 자료 수집 기간은 2025년 2월 3일부터 2월 28일까지였으며, 총 312부의 설문지가 수집되었는데, 이 중 문항 응답 누락이나 응답 태도가 불성실한 자료를 제외한 283부(분석률 90.7%)를 최종 통계분석에 활용하였다. 본 연구는 숙명여자대학교 생명윤리위원회(IRB No: SMWU-2412-HR-094)의 심의 및 승인을 받은 후 수행되었다.

2. 연구내용 및 분석방법

1) 일반적 특성과 신체적 특성

일반적 특성과 신체적 특성은 거주지역, 거주기간, 학력, 직업, 월평균 소득 및 식비, 한국어 능력(읽기, 쓰기, 말하기), 나이, 신장, 체중 등의 12개 문항으로 구성하였다. 비만도는 대한비만학회(Korean Society for the Study of Obesity 2024)가 제시한 체질량지수(Body Mass Index, BMI)를 기준으로 BMI 18.5 kg/m² 미만은 저체중, BMI 18.5~22.9 kg/m²은 정상, BMI 23.0~24.9 kg/m²은 비만 전단계(과체중), BMI 25.0~29.9 kg/m² 1단계 비만, BMI 30.0~34.9 kg/m²은 2단계 비만, BMI 35.0 kg/m² 이상은 3단계 비만(고도비만)으로 분류하였다.

2) 식생활 적응 요인

본 연구에서 사용한 식생활 적응 요인은 연구자가 수행한

선행연구(Lee & Sim 2025)의 결과를 토대로 분류하였다. 선행연구에서는 Berry JW(1997)의 문화적응 유형 이론을 바탕으로 Bae YK(2011), Ren & Jang(2017)의 연구를 참고하여 문항을 수정·보완한 후, 탐색적 요인분석과 군집분석을 실시하였다. 그 결과, 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응은 동화·분리 혼합형(assimilation-separation mixed type, n=99), 통합적 분리형(integrated-separation type, n=58), 주변화형(marginalization type, n=52), 소극적 적응형(passive-adaptation type, n=53), 완전 동화형(complete-assimilation type, n=21) 등 5개 군집으로 구분되었다. 동화·분리 혼합형은 공적 영역에서는 한국 사회에 동화되지만, 사적 영역에서는 모국 문화를 유지하는 유형이다. 통합적 분리형은 사회 참여에는 적극적이지만, 가정에서는 모국 문화를 고수하는 특징을 보인다. 주변화형은 한국과 모국의 식문화 모두에 대한 정체성이 약한 유형이며, 소극적 적응형은 전반적으로 수동적이어서 한국의 식문화 적응을 위해서 외부의 개입이 필요한 유형이다. 마지막으로 완전 동화형은 한국 식문화를 전적으로 수용하는 유형이다 (Berry JW 1997; Choi HJ 2009).

3) 식생활 교육 실태 및 식생활 교육 요구도

식생활 교육 요구도 조사는 현재 다문화가족지원센터와 지방자치단체에서 운영 중인 다문화가정 대상 교육 프로그램과 교육부의 초등학교 실과 교육과정 내 식생활·식품안전·영양교육 관련 내용을 참고하여 문항을 구성하였다(MFDS 2024; Seoul Multicultural Education Support Center 2024; Korea Healthy Family Promotion Agency 2025). 식생활 교육 실태 및 요구도 조사 항목은 총 22개로, 식생활 교육 경험 여부와 식생활 관련 정보의 획득 경로, 가족의 식생활 관리 시 어려움 점, 식생활 교육 관심도, 식생활 교육 내용과 식생활 적응에 도움 정도, 식생활 교육 미참여 사유 등을 포함하였다. 또한 가정 및 자녀의 식생활 교육에 필요한 프로그램 요구도와 응답자가 직접 경험한 식생활 교육 프로그램에 대한 중요도 및 만족도를 평가하는 문항도 포함하였다.

3. 통계분석

본 연구의 설문 자료는 SPSS 28.0(SPSS Inc., Amonk, NY, USA)으로 분석하였다. 식생활 적응 요인은 Varimax 회전을 적용한 탐색적 요인분석으로 도출하였으며, 요인적재량과 공통성이 0.4 이상인 항목을 선정하였다(Lee CK 2014). 이를 바탕으로 계층적·비계층적 군집분석을 통해 군집을 분류하였다. 일반적 특성은 빈도분석, 식생활 교육 실태는 교차분석(χ^2 -test), 일원분산분석(One-way ANOVA), 다중응답분석 및 Duncan 사후검정으로 분석하였다. 응답자들이 경험한 식생활 교육 프로그램 요구도는 중요도-만족도 분석(importance satisfaction analy-

sis, ISA)을 적용하여 평가하였다. 각 프로그램 항목별로 응답자가 인식한 중요도와 만족도의 차이를 대응표본 t-검정(paired t-test)로 분석하여 통계적으로 유의한 차이를 확인하였다. 일부 표본 수가 적은 항목은 범주를 재분류하여 통계분석의 정확도를 높였다. 모든 통계 검정은 5% 이하의 유의수준에서 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 베트남 결혼이주여성의 일반적 특성

베트남 결혼이주여성의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다. 수도권에 거주하는 비율이 56.2%(서울 31.8%, 경기 13.8%, 인천 10.6%)로 가장 높았으며, 한국에 5~10년 거주한 비율이 66.8%로 가장 많았다. 또한 응답자의 과반수(61.5%)는 고등학교를 졸업한 주부로(63.6%) 나타났다. 또한 월평균 소득과 식비는 400~499만 원(30.0%)과 90만 원 미만(56.2%)이 가장 많았다. 한국어 능력(읽기, 쓰기, 말하기)은 모두 중간 수준이라는 응답이 50% 이상으로 가장 많았다. 신체적 특성의 경우, 평균 나이는 33.2세, 평균 신장과 체중은 각각 158 cm와 52.2 kg이었고, 체질량지수(BMI)는 평균 20.8 kg/m²로 나타났다. 비만도 분류에서는 정상이 72.4%로 가장 많았고, 이어서 과체중 11.7%, 저체중 9.5%, 1단계 비만 6.4% 순이었다.

2. 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 식생활 교육 실태

베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따라 전체 응답자를 대상으로 한국에서 식생활 교육 경험 여부와 식생활 관련 정보의 획득 경로, 가족의 식생활 관리 시 어려운 점, 식생활 교육 관심도에 대해서 Table 2에 제시하였다. 전체 응답자의 20.8%가 한국에서 식생활 교육을 받은 경험이 있었고, 79.2%는 경험이 없었다($p<0.001$). 특히 외부 사회에 적극적으로 참여하면서도 가정 내에서는 모국 문화를 유지하는 성향이 강한 동화·분리 혼합형의 경우, 식생활 교육 경험 비율이 32.2%로 완전 동화형과 동일하게 가장 높았으나, 교육 경험이 없다고 응답한 비율도 35.7%로 높아 상반된 양상을 보였다. 또한 통합적 분리형(24.1%)과 소극적 적응형(21.4%)에서도 식생활 교육 경험이 없다고 응답한 비율이 높아, 소극적 적응형과 같이 한국 식생활 적응 수준이 낮은 집단에서 식생활 교육 참여율이 낮은 경향이 나타났다.

식생활 관련 정보 획득 경로를 분석한 결과, 전체 응답자의 65.4%가 인터넷을 통해 정보를 얻었으며, 그 외 경로는 다문화가족지원센터(9.2%), TV·라디오(7.1%), 가족(6.4%), 이웃(4.6%), 친구(3.9%), 책·신문·잡지(3.5%) 순으로 인터넷을 제외하고 모두 10% 미만이었다($p<0.001$). 식생활 적응 요인

Table 1. General characteristics and physical characteristics of Vietnamese marriage migrant women

	Items	Total (n=283)
Residential area	Seoul	90(31.8) ¹⁾
	Gyeonggi	39(13.8)
	Incheon	30(10.6)
	Gangwon	31(11.0)
	Chungcheong	45(15.9)
	Gyeongsang, Jeolla, and Jeju	48(17.0)
Years of residence	<5	28(9.9)
	5~10	189(66.8)
	≥11	66(23.3)
Highest level of education	≤Middle school	52(18.4)
	≤High school	174(61.5)
	≥College graduate	57(20.1)
Job	Housewife	180(63.6)
	Skilled, manual, and elementary occupations	38(13.4)
	Office and technical worker	21(7.4)
	Others	44(15.5)
Monthly average income (KRW 10,000)	<300	82(29.0)
	300~399	81(28.6)
	400~499	85(30.0)
	≥500	35(12.4)
Monthly average food cost (KRW 10,000)	<90	159(56.2)
	90~119	55(19.4)
	≥120	69(24.4)
Korean reading level	High	87(30.7)
	Middle	186(65.7)
	Low	10(3.5)
Korean writing level	High	63(22.3)
	Middle	191(67.5)
	Low	29(10.2)
Korean speaking level	High	110(38.9)
	Middle	156(55.1)
	Low	17(6.0)
Physical characteristics	Age	33.2±5.0 ²⁾
	Height (cm)	158.0±8.7
	Weight (kg)	52.2±7.0
	BMI (kg/m ²)	20.8±2.2
Obesity classification ³⁾	Underweight	27(9.5)
	Normal weight	205(72.4)
	Pre-obesity	33(11.7)
	Class 1 obesity	18(6.4)

¹⁾ All values are indicated as number (%).

²⁾ All values are indicated as mean±SD.

³⁾ Obesity was classified based on the BMI guidelines provided by the Korean Society for the Study of Obesity: Underweight<18.5 kg/m², normal weight 18.5 to <22.9 kg/m², pre-obesity 23.0 to <24.9 kg/m², class 1 obesity 25.0 to <29.9 kg/m².

별로는 다문화가족지원센터를 통한 정보 획득 비율이 통합적 분리형(46.2%)과 주변화형(42.3%)에서만 높았고, 다른 집단에서는 10% 미만으로 나타났다.

가족의 식생활 관리에서 가장 큰 어려움은 자녀의 식습관 교육(23.3%)이었으며, 이어 한국 식문화 적응(20.5%), 한국 음식 조리 능력 부족(15.5%), 가족의 식사 선호도 조율(13.4%), 식재료 구입비 부담(10.2%), 식생활 정보 이해 부족(9.2%), 신선한 재료 구입(4.2%), 모국 음식 그리움(2.5%), 식품 안전 관리(1.1%) 순이었다($p<0.001$). 식생활 적응 요인별로는 동화-분리 혼합형은 가족 간 식사 선호도 조율이 가장 큰 어려움으로 나타났으며, 소극적 적응형은 한국 식문화에

적응하는 것이 가장 큰 어려움으로 나타났다. 식생활 교육 관심도는 평균 3.7점으로 중간 수준이었으며, 식생활 적응 요인별 식생활 교육 관심도는 주변화형에서 4.0점으로 가장 높았으며, 완전 동화형(3.2점)과 소극적 적응형(3.0점)은 상대적으로 낮게 나타났다($p<0.001$).

한국에서 식생활 교육이 식생활 적응에 도움 정도와 교육 내용을 파악하기 위해, 한국에서 식생활 교육을 받은 경험이 있는 59명을 대상으로 조사한 결과를 Table 3에 제시하였다. 식생활 교육의 도움 정도를 가장 높게 평가한 집단은 주변화형(4.6점)이었으며, 동화-분리 혼합형(4.1점)과 통합적 분리형(4.3점)도 유사하게 높은 점수를 보였다($p<0.001$). 식생활 교육 내용에 대

Table 2. Dietary education status by dietary adaptation factors in Vietnamese marriage migrant women

Items	Dietary adaptation factors					Total (n=283)	χ^2/F (p)	
	Assimilation-separation mixed type (n=99)	Integrated-separation type (n=58)	Marginalization type (n=52)	Passive-adaptation type (n=53)	Complete-assimilation type (n=21)			
Experience of dietary education in Korea	Yes	19(32.2) ¹⁾	4(6.8)	12(20.3)	5(8.5)	19(32.2)	73.044*** (<0.001)	
	No	80(35.7)	54(24.1)	40(17.9)	48(21.4)	2(0.9)		224(79.2)
Sources of dietary information	Internet	74(40.0)	16(8.6)	35(18.9)	51(27.6)	9(4.9)	134.338*** (<0.001)	
	Multicultural family support center	2(7.7)	12(46.2)	11(42.3)	0(0.0)	1(3.8)		26(9.2)
	TV and radio	6(30.0)	13(65.0)	1(5.0)	0(0.0)	0(0.0)		20(7.1)
	Family	5(27.8)	4(22.2)	1(5.6)	0(0.0)	8(44.4)		18(6.4)
	Neighbors	5(38.5)	6(46.2)	2(15.4)	0(0.0)	0(0.0)		13(4.6)
	Friends	3(27.3)	3(27.3)	1(9.1)	1(9.1)	3(27.3)		11(3.9)
	Books, newspapers, and magazines	4(40.0)	4(40.0)	1(10.0)	1(10.0)	0(0.0)	10(3.5)	
Difficulties in managing family dietary life	Children's dietary habit education	21(31.8)	15(22.7)	11(16.7)	11(16.7)	8(12.1)	125.535*** (<0.001)	
	Adaptation to Korean dietary	10(17.2)	8(13.8)	4(6.9)	31(53.4)	5(8.6)		58(20.5)
	Lack of Korean cooking skills	18(40.9)	5(11.4)	10(22.7)	6(13.6)	5(11.4)		44(15.5)
	Coordination of meal preferences of all family members	22(57.9)	8(21.1)	6(15.8)	1(2.6)	1(2.6)		38(13.4)
	Financial burden of purchasing ingredient	20(69.0)	5(17.2)	4(13.8)	0(0.0)	0(0.0)		29(10.2)
	Lack of understanding of dietary information	4(15.4)	12(46.2)	8(30.8)	2(7.7)	0(0.0)		26(9.2)
	Purchasing fresh ingredients	2(16.7)	5(41.7)	3(25.0)	2(16.7)	0(0.0)		12(4.2)
	Longing for home country food	1(14.3)	0(0.0)	4(57.1)	0(0.0)	2(28.6)		7(2.5)
	Safe management of food	1(33.3)	0(0.0)	2(66.7)	0(0.0)	0(0.0)	3(1.1)	
	Interest in dietary education	3.9±0.7 ^{bc2)3)}	3.7±0.7 ^b	4.0±0.7 ^c	3.0±0.7 ^a	3.2±0.7 ^a	3.7±0.8	20.154*** (<0.001)

*** $p<0.001$.

¹⁾ All values are indicated as number (%).

²⁾ All values are indicated as mean±SD.

³⁾ Values with different superscript letters (^{a-c}) are significantly different at $p<0.05$ according to Duncan's multiple range test.

해서는 한국의 전통 식생활과 발효음식이 각각 28.8%로 가장 많았고, 이어 한국 음식 실습(18.6%), 한국 고유의 식재료(15.3%), 조리 안전(13.6%), 성인병(11.9%), 영양소 알기(3.4%), 골고루 먹기(1.7%) 순이었다. 식생활 적응 요인별로는 동화·분리 혼합형은 전통 식생활, 발효음식, 한국 음식 실습 등의 교육을 가장 많이 경험하였고, 주변화형은 한국의 전통 식생활 교육 경험이, 완전 동화형은 발효음식 교육 경험이 가장 많았다. 반면, 통합적 분리형과 소극적 적응형은 다른 집단에 비해 두드러지게 많이 경험한 식생활 교육 내용이 없었다.

Table 4는 베트남 결혼이주여성 중 한국에서 식생활 교육을 받은 경험이 없는 224명을 대상으로 식생활 교육 미참여 사유에 대해 분석한 결과이다. 전체적으로는 육아나 가사 부담(29.5%)이 가장 컸으며, 이어 일이 바빠서(27.7%), 식생활 교육이 있는지 몰라서(19.6%), 교육 장소가 멀어서(8.0%), 한국어 능력 부족(6.7%), 적합한 교육 부재(5.8%), 기타(1.8%), 식생활 적응에 도움이 되지 않아서(0.9%) 순이었다($p < 0.001$). 식생활 적응 요인별로는 동화·분리 혼합형과 주변화형에서 교육이 있는지 몰라서가 가장 많았고, 통합적 분리형은 육아나 가사 부담, 소극적 적응형은 일이 바빠서가 가장 많았다.

본 연구에서는 식생활 적응 요인별로 결혼이주여성의 식생활 교육 경험, 식생활 정보 획득 경로, 식생활 교육 내용, 식생활 교육 관심도, 그리고 식생활 교육 미참여 사유에서 뚜렷한 차이를 확인하였다. 본 연구에서 식생활 교육 경험은 동화·분리 혼합형과 완전 동화형에서 가장 높았으나, 동화·

분리 혼합형은 무경험 비율도 높아 같은 집단에서 상반도 양상을 보였다. 또한 통합적 분리형과 소극적 적응형은 전반적으로 식생활 교육 참여율이 낮아, 교육 접근성 확대와 참여 동기 부여가 필요한 집단으로 확인되었다. 이러한 결과는 학력이 낮을수록 교육 경험이 많고 소득이 높을수록 교육 경험이 적다고 한 Yoon & Kim(2022)의 주장을 뒷받침하는 결과로써 문화적·사회경제적 요인이 식생활 교육 참여에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

식생활 정보 획득 경로의 경우, 전체 응답자의 65.4%가 인터넷을 통해 정보를 얻었으며, 일부 집단에서만 다문화가족 지원센터나 가족을 통한 비율이 높았다. 이러한 결과는 결혼이주여성 대부분이 인터넷을 통한 정보 획득에 의존하며, 학력이 높을수록 이러한 경향이 강하다고 보고한 Yoon & Kim(2022)의 연구와 유사하다. 또한 소득이 낮거나 편모가정이면 남편 가족을 통한 정보 의존도가 높다는 Yoon & Kim(2022)의 결과를 고려할 때, 본 연구에서 나타난 식생활 적응 요인별에 따른 식생활 정보 획득 경로 차이는 향후 식생활 교육 홍보와 정보 제공 시 집단의 특성을 고려해야 함을 시사한다.

가족 식생활 관리의 어려움과 관련하여, 본 연구에서는 자녀 식습관 교육이 주요 과제로 나타났는데, 이는 다문화가정 자녀의 단백질 식품·녹황색 채소·과일주스 섭취 부족, 맵기 낮은 식사 섭취율과 높은 야식 섭취율, 높은 아침 결식을 등을 보고한 Im JH(2012)와 Lee EK(2015), Lee 등(2015)의 연구

Table 3. Dietary education content by dietary adaptation factors in Vietnamese marriage migrant women

Items	Dietary adaptation factors					Total (n=59)	F (p)
	Assimilation-separation mixed type (n=19)	Integrated-separation type (n=4)	Marginalization type (n=12)	Passive-adaptation type (n=5)	Complete-assimilation type (n=19)		
Traditional Korean dietary practices	5(29.4) ¹⁾	1(5.9)	7(41.2)	2(11.8)	2(11.8)	17(28.8)	
Korean fermented foods	5(29.4)	0(0.0)	4(23.5)	0(0.0)	8(47.1)	17(28.8)	
Korean cooking practice	5(45.5)	1(9.1)	4(36.4)	0(0.0)	1(9.1)	11(18.6)	
Traditional Korean ingredients	3(33.3)	0(0.0)	1(11.1)	1(11.1)	4(44.4)	9(15.3)	
Cooking safety education	4(50.0)	0(0.0)	1(12.5)	2(25.0)	1(12.5)	8(13.6)	
Chronic diseases	2(28.6)	1(14.3)	0(0.0)	0(0.0)	4(57.1)	7(11.9)	
Understanding nutrients	0(0.0)	1(50.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(50.0)	2(3.4)	
Eating a balanced diet	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)	1(1.7)	
Helpfulness of dietary education in Korea for dietary adaptation	4.1±0.5 ^{b2)3)}	4.3±0.5 ^b	4.6±0.5 ^b	3.2±0.4 ^a	3.3±0.6 ^a	3.9±0.7	20.154 ^{***} (<0.001)

¹⁾ Answered by 59 respondents with experience in dietary education; all values are number (%) with multiple responses allowed, and F and p values are not presented due to multiple-response cross-tabulation.

²⁾ Answered by 59 respondents with experience in dietary education; all values are presented as mean±SD.

³⁾ Values with different superscript letters (^{a,b}) are significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

결과와 일치한다. 또한 Han 등(2011)과 Kim & Lee(2018)도 결혼이주여성이 언어·문화 차이, 조리 능력 부족, 정보 접근성 제한 등으로 식생활 관리에 어려움을 겪는다고 지적하였다. 특히 동화·분리 혼합형에서 나타난 가족 간 선호도 차이에 따른 식사 조율 문제는, 문화적 다양성이 가정 내 식생활 의사결정에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

식생활 교육의 도움 정도는 교육 관심도가 가장 높았던 주변화형에서 가장 높게 나타났으며, 동화·분리 혼합형과 통합적 분리형에서도 유사하게 높은 수준을 보였다. 이는 식생활 교육이 식문화 적응과 식생활 관리 모두에 긍정적으로 작용할 수 있음을 시사하며, 특히 식생활 교육이 실질적인 식생활 적응 지원 도구가 될 수 있음을 보여준다. 또한 베트남 결혼이주여성들이 경험한 식생활 교육 내용에서 한국의 전통 식생활, 발효음식, 조리 실습의 비중이 높게 나타난 점은, 결혼이주여성이 한국 식문화 이해와 실질적 조리 능력 향상을 동시에 필요로 한다는 점을 반영한다. 이러한 결과는 결혼이주여성의 문화적 배경과 생활환경을 고려한 실습 중심 교육이 조리 역량 강화와 식생활 적응에 효과적이라고 보고한 Kim 등(2011)과 Kim & Lee(2018)의 연구 결과와 일치한다.

식생활 교육 미참여 사유에서는 육아·가사 부담과 생업 중사로 인한 시간 제약이 가장 큰 장애 요인으로 나타났다. Joe & Hwang(2017)은 이러한 문제를 해결하기 위해 야간·주말 교육 프로그램을 제안하였는데, 본 연구에서도 동일한 필요성이 확인되었다. 특히 교육 정보 부족과 교육 장소의 거리 문제는 온라인 커뮤니티와 비대면 교육을 통해 일정 부분 해소될 수 있다. 그러나 조리 교육과 같은 실습 중심 프로그램은 비대면 방식에 한계가 있으므로, 식품 위생 및 안전 관리, 한

국 식문화 이해 등 이론 중심 내용은 온라인으로 제공하고, 조리 실습은 야간·주말을 활용한 대면 교육으로 운영하는 복합적 접근이 필요하다. 이러한 유연한 교육 방식은 결혼이주 여성의 시간적 제약을 완화하고, 교육 효과를 높일 수 있다는 점에서 선행연구(Joe & Hwang 2017; Kim & Lee 2018)의 주장과 부합한다.

결혼이주여성의 식생활 교육은 단순한 정보 전달을 넘어, 자녀 식습관 개선, 가족 내 식문화 조율, 조리 역량 향상 등 실질적 지원을 포함해야 하며, 한국의 전통 식생활, 발효음식, 조리 실습 등 참여형·체험형 프로그램이 효과적일 수 있다. Kim 등(2011)과 Kim & Lee(2018)도 문화적 배경과 생활환경을 반영한 식생활 교육이 결혼이주여성의 적응과 건강증진에 기여한다고 보고한 바 있다. 따라서 결혼이주여성들을 위한 식생활 교육 프로그램 설계 시 식생활 적응 요인별 특성을 반영한 주제 선정과 유연한 운영 방식을 병행함으로써 교육 효과를 극대화할 필요가 있다.

3. 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 식생활 교육 요구도

베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 식생활 교육 요구도는 크게 가정과 자녀 교육으로 나누어 Table 5에 제시하였다. 가정에서 필요한 식생활 교육 요구도 결과에서는 올바른 식생활과 건강(4.2점), 식품 위생 및 안전 관리(4.1점), 가족을 위한 건강한 식생활(4.1점)은 모두 4.0점 이상으로 높았다($p < 0.001$). 통합적 분리형은 가족 건강(4.3점)을 제외한 모든 영역에서 4.5점 이상의 높은 교육 요구도를 보였고, 완전 동화형은 가족 건강(4.7점)에 대한 교육 요구도가 가

Table 4. Reasons for not receiving dietary education by dietary adaptation factors in Vietnamese marriage migrant women

Items	Dietary adaptation factors					Total (n=224)	χ^2 (p)
	Assimilation-separation mixed type (n=80)	Integrated-separation type (n=54)	Marginalization type (n=40)	Passive-adaptation type (n=48)	Complete-assimilation type (n=2)		
Busy work schedule	17(27.4) ¹⁾	9(14.5)	6(9.7)	29(13.3)	1(1.6)	62(27.7)	
Due to childcare or household burdens	20(30.3)	27(40.9)	9(13.6)	9(13.6)	1(1.5)	66(29.5)	
Unaware of dietary education	21(47.7)	9(20.5)	12(27.3)	2(4.5)	0(0.0)	44(19.6)	
Long distance to the education venue	7(38.9)	2(11.1)	5(27.8)	4(22.2)	0(0.0)	18(8.0)	59.314***
Limited Korean proficiency	6(40.0)	2(13.3)	4(26.7)	3(20.0)	0(0.0)	15(6.7)	(<0.001)
Lack of suitable dietary education	6(46.2)	4(30.8)	2(15.4)	1(7.7)	0(0.0)	13(5.8)	
Not helpful for dietary life	2(100)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(0.9)	
Others	1(25.0)	1(25.0)	2(50.0)	0(0.0)	0(0.0)	4(1.8)	

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Answered by 224 respondents with no experience in dietary education; all values are presented as number (%).

장 높았다. 반면, 소극적 적응형은 전반적으로 3.5점 이하로 식생활 교육 요구도가 가장 낮았다. Jeong 등(2012)은 한국 식문화에 대한 교육 요구도가 39.5%로 가장 높았고, 이어 가정요리, 위생관리, 영양관리, 모국·한국 요리 차이 순으로 나타나, 본 연구와 우선순위에서 차이를 보였다. 또한 Yoon & Kim(2022)은 한국의 전통음식 및 식문화 알기(41.0%)와 영양 지식(32.3%)에 대한 교육 요구도가 높았으나, 식품 위생에 대한 교육 요구도는 5.2%로 낮다고 보고하였다.

자녀에게 필요한 식생활 교육 요구도를 분석한 결과에서는 대부분 4.0점 이상의 높은 교육 요구도를 보여 다문화가정에서도 자녀 식생활 교육의 중요성을 높게 인식하고 있음을 확인하였다($p<0.001$). 그러나 소극적 적응형은 모든 항목에서 3.5점 이하로 낮아, 어머니의 식생활 적응 수준이 자녀의 식생활 교육 요구도에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 한국의 식생활에 잘 적응하고 있는 완전 동화형은 가정에 대한 교육 요구도는 높지 않았으나, 자녀에 대해서는 한국 식생활과 문화(4.8점)에 대한 교육 요구도가 높아, 이를 식생활 적응의 중요한 요소로 인식하고 있음을 알 수 있었다. 다문화가정 자녀의 식생활 교육에 관한 선행연구에서도 이러한 식생활 교육 필요성을 확인할 수 있다. Park IY(2016)는

다문화가정 자녀의 개인위생 관리 부족을 지적하며 식생활 안전 교육의 중요성을 강조하였고, Kim & Lee(2018)는 자녀의 건강한 식습관 형성을 위해 부모의 역할이 중요하므로 가정과 연계한 영양 및 식생활 교육이 필요하다고 주장하였다. 본 연구에서도 가정과 자녀 교육 모두에서 식품 위생과 건강한 식생활에 대한 교육 요구도가 높게 나타났다. 특히 완전 동화형은 자녀 교육에서 한국 식생활과 문화에 대한 요구가 두드러졌으나, 소극적 적응형은 가정과 자녀 교육 모두에서 전반적으로 낮은 교육 요구도를 보였다. 이러한 결과는 식생활 교육 요구도가 단순히 식생활 적응 수준에 따라 일관되게 증감하는 것이 아니라, 문화적 배경, 생활환경, 교육 주제에 따라 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 다문화가정의 식생활 교육의 효과성을 높이기 위해서는 교육 전 교육 대상의 특성을 분석하여 집단별 식생활 교육 요구도에 적합한 맞춤형 교육 프로그램을 설계할 필요가 있다. 완전 동화형과 같이, 자녀의 한국 식생활과 문화에 대한 교육 요구도가 높은 집단에는 심화 교육을 강화하고, 반대로 소극적 적응형과 같이 전반적인 교육 요구도가 낮은 집단에는 식생활 교육의 필요성과 효과성에 대한 인식 제고를 우선하는 전략적 접근이 필요하다.

Table 5. Needs for dietary education by dietary adaptation factors in Vietnamese marriage migrant women

Items	Dietary adaptation factors					Total (n=224)	F (p)
	Assimilation-separation mixed type (n=99)	Integrated-separation type (n=58)	Marginalization type (n=52)	Passive-adaptation type (n=53)	Complete-assimilation type (n=21)		
Healthy eating and health	4.4±0.7 ^{bc1)2)}	4.5±0.5 ^{bc}	4.2±0.8 ^b	3.5±1.0 ^a	4.6±0.50 ^{bc}	4.2±0.8	19.072 ^{***} (<0.001)
Food hygiene and safety management	4.3±0.6 ^{bc}	4.5±0.6 ^c	4.3±0.8 ^{bc}	3.3±1.0 ^a	4.1±0.79 ^b	4.1±0.9	20.850 ^{***} (<0.001)
Family							
Healthy eating for families	4.4±0.7 ^{bc}	4.3±0.6 ^b	4.3±0.7 ^b	2.9±1.1 ^a	4.7±0.48 ^c	4.1±0.1	41.276 ^{***} (<0.001)
Korean culinary culture and cuisine	4.0±0.7 ^c	4.5±0.5 ^d	4.0±0.8 ^c	2.9±0.9 ^a	3.6±1.0 ^b	3.9±0.9	41.276 ^{***} (<0.001)
Korean dietary practices and culture	4.3±0.7 ^b	4.4±0.6 ^b	4.2±0.8 ^b	3.4±0.9 ^a	4.8±0.4 ^c	4.2±0.8	22.351 ^{***} (<0.001)
Children							
Diet and health	4.4±0.7 ^b	4.5±0.5 ^b	4.3±0.7 ^b	2.7±1.1 ^a	4.4±0.7 ^b	4.1±1.0	57.399 ^{***} (<0.001)
Diet and food safety	4.3±0.6 ^b	4.5±0.6 ^b	4.3±0.8 ^b	2.7±1.0 ^a	4.4±0.7 ^b	4.1±1.0	58.867 ^{***} (<0.001)
Sustainable diet	4.3±0.7 ^b	4.5±0.6 ^b	4.4±0.6 ^b	3.1±1.0 ^a	4.5±0.6 ^b	4.1±0.9	33.587 ^{***} (<0.001)

*** $p<0.001$.

1) All items were answered using a 5-point Likert scale (1=strongly disagree, 5=strongly agree), and all values are presented as mean±SD.

2) Values with different superscript letters(^{a-d}) are significantly different at $p<0.05$ according to Duncan's multiple range test.

4. 베트남 결혼이주여성의 식생활 교육 프로그램 중요도-만족도 분석

베트남 결혼이주여성의 식생활 교육 프로그램에 대한 중요도-만족도 분석은 식생활 교육 경험이 있는 59명을 대상으로 설문조사를 진행하였고, 그 결과는 Table 6에 제시하였다. 전체 식생활 교육 프로그램에 대한 중요도와 만족도의 평균은 5.0점 만점에 4.1점으로, 전반적으로 모든 항목에서 4.0점 이상으로 높게 평가되었다. 세부 식생활 교육 프로그램별 중요도를 살펴 보면, 식품 위생 및 안전 관리와 한국 식문화 이해가 각각 4.2점으로 가장 높았으며, 그 다음으로는 한식 실습(4.1점), 영유아 영양관리(4.1점), 자녀의 식생활 지도(4.1점), 한국 발효음식의 이해와 실습(4.0점), 가족을 위한 건강한 식생활(4.0점) 순으로 나타났다. 또한 만족도 측면에서는 영유아 영양관리(4.1점)가 가장 높은 점수를 보였고, 이어서 한식 실습, 식품 위생 및 안전 관리, 한국 발효음식의 이해와 실습, 자녀의 식생활 지도가 모두 4.1점으로 평가되었으며, 한국 식문화 이해와 가족을 위한 건강한 식생활은 각각 4.0점으로 나타났다. 전체적으로 중요도와 만족도 평균이 동일하게 4.1점으로 나타났으나, 프로그램별 중요도와 만족도 간의 차이를 비교한 결과, 한국 식문화 이해에서만 중요도(4.2점)가 만족도(4.0점)보다 유의하게 높은 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 나머지 교육 프로그램에서는 차이가 없었다. 이러한 결과는 베트남 결혼이주여성이 식생활 교육 프로그램 전반을 중요하게 여기고 높은 만족도를 보이며, 한국 사회에서 건강하고 안정적인 식생활을 영위하기 위해 교육적 지원을 적극적으로 필요로 함을 시사한다.

베트남 결혼이주여성의 식생활 교육 프로그램에 관한 중요도-만족도 매트릭스 분석 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 식품 위생 및 안전관리와 한식 실습은 중요도와 만족도가 모두 높아, 현재 수준을 유지하며, 지속적으로 운영할 필요가 있는 지속 유지 영역(high importance - high satisfaction, HH)으로 제1사분면에 나타났다. 이는 실제 생활과 밀접하게 연관된 내용으로, 식품의 안전성과 조리 실습 중심의 교육이 이들에게 실질적인 도움이 되었음을 시사한다. 따라서 앞으로도 해당 프로그램들을 안정적으로 운영하되, 교육 내용의 심화 및 실습 기회의 확대를 통해 참여자들의 역량 강화를 도모할 필요가 있다. 반면, 한국 식문화 이해는 중요도는 높았으나, 만족도는 낮은 중점 개선 영역(high importance - low satisfaction, HL)으로 제2사분면에 위치하였다. 이는 베트남 결혼이주여성들이 한국 사회의 문화적 특성을 반영한 식생활에 대한 이해를 필요로 하나, 실제 교육이 언어나 문화적 접근성 부족, 내용의 깊이 부족 등으로 인해 충분한 만족을 제공하지 못했을 가능성을 반영한다. 이에 따라 문화적 이해를 바탕으로 한 교육 내용 구성, 시청각 자료와 사례 중심의 교수법 적용, 모국어 또는 이중 언어 지원을 통한 교육 접근성 강화 등의 개

선이 요구된다. 이는 다문화 대상자에게 효과적인 교육을 설계하기 위해 반드시 고려되어야 할 요소이다. 또한 가족을 위한 건강한 식생활은 중요도와 만족도가 모두 낮은 '점진적 개선 영역(low importance - low satisfaction, LL)'으로 제3사분면에 나타났다. 이는 해당 교육 프로그램이 베트남 결혼이주여성들의 현재 교육 요구와 다소 거리가 있거나, 관련 정보가 이미 다른 경로를 통해 제공되고 있을 가능성을 시사한다. 향후 해당 교육은 베트남 결혼이주여성의 가족 구성, 자녀 나이, 건강 인식 수준 등을 고려한 맞춤형 접근으로 전환하거나, 선택형 교육 모듈로 운영할 수 있을 것이다. 한편, 한국 발효음식의 이해와 실습, 영유아 영양관리, 자녀의 식생활 지도는 '중요도 저평가-만족도 우위 영역(low importance - high satisfaction, LH)'으로 제4사분면에 해당하였다. 이는 해당 교육 프로그램들이 베트남 결혼이주여성들에게 높은 만족도를 주고 있음에도 불구하고, 교육 필요성이 충분히 인식되지 못하고 있음을 시사한다. 그러나 본 연구자가 수행했던 선행연구에서도 확인되었듯이(Lee & Sim 2025), 자녀의 식생활은 부모의 식생활 적응과 밀접하게 연관되어 있으며, Kim & Lee(2018)의 연구에서도 부모의 식생활 행동이 자녀의 영양과 성장에 직접적인 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 특히 다문화가정의 자녀는 가정 내 식생활 환경 외에도 부모의 낮은 영양 지식수준과 교육적 관여 등이 자녀의 신체적 발달과 건강에 영향을 미칠 수 있기 때문에(Song & Song 2019), 자녀의 식생활 지도는 부모의 식생활 교육에 대한 인식 수준과 관계없이 자녀의 건강한 성장과 발달을 위해 반드시 포함되어야 할 핵심 교육 영역으로, 자녀의 영양과 성장 측면을 반영한 교육 주제로 확장될 필요가 있다.

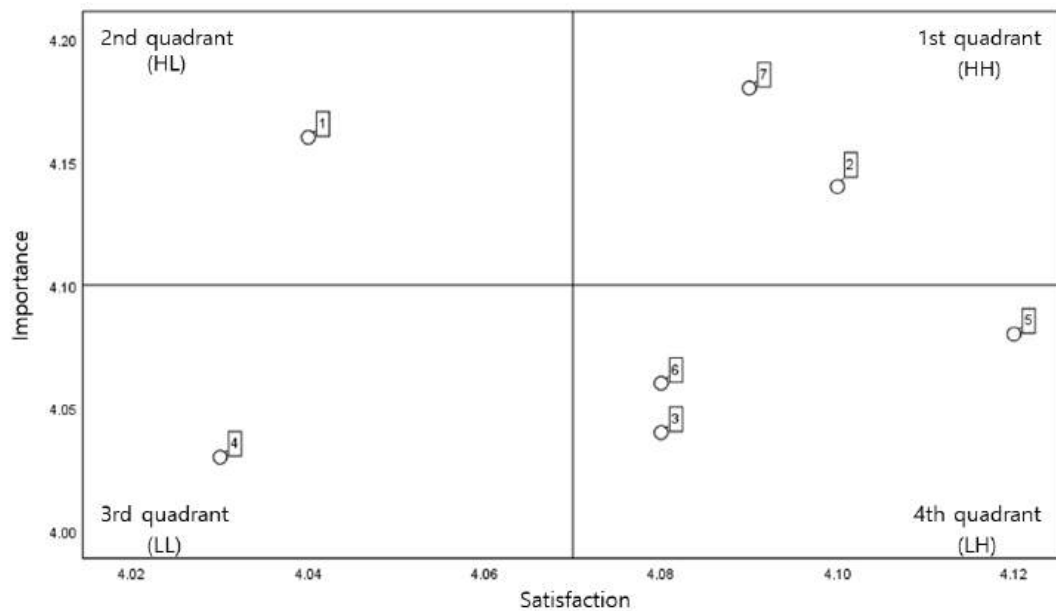
이러한 결과는 다문화가정을 위한 식생활 교육 프로그램을 기획·운영함에 있어 단순한 만족도 평가에 그치지 않고, 참여자의 교육적 요구와 중요도를 함께 고려한 전략적 접근이 필수적임을 보여준다. 특히, 한국 사회의 문화적 배경과 식생활 특성을 이해할 수 있도록 구성된 교육 내용, 문화적 이해 기반의 교육 방식, 언어적 접근성을 보완하는 지원 체계는 향후 프로그램 설계 시 반드시 고려되어야 할 요소이다. 향후 연구에서는 다양한 국적의 이주여성을 포함한 비교 분석, 교육 효과에 대한 중단적 평가, 그리고 중요도-만족도 분석을 활용한 정기적 식생활 교육 프로그램 점검을 통해 보다 체계적이고 수요 중심적인 식생활 교육 모델이 개발될 필요가 있다. 이를 통해 다문화가정의 건강한 식생활 형성과 안정적인 사회 정착을 효과적으로 지원할 수 있을 것이다.

요약 및 결론

본 연구는 베트남 결혼이주여성 283명을 대상으로 2025년

Table 6. Importance-satisfaction analysis (ISA) of dietary education programs for Vietnamese marriage migrant families

Dietary education program		Importance	Satisfaction	<i>t</i> ¹⁾	<i>p</i>
1	Understanding Korean culinary culture	4.2±0.9 ²⁾	4.0±0.9	2.476	<0.014*
2	Korean cooking practices	4.1±0.9	4.1±0.9	0.831	0.407
3	Understanding and practice of Korean fermented foods	4.0±0.9	4.1±0.9	-0.988	0.324
4	Healthy eating for families	4.0±0.9	4.0±0.9	0.000	1.000
5	Nutrition management for infants and young children	4.1±1.0	4.1±0.9	-0.668	0.504
6	Guiding children's dietary habits	4.1±0.9	4.1±0.9	-0.406	0.685
7	Food hygiene and safety management	4.2±0.8	4.1±0.8	1.943	0.053
Total		4.1±0.7	4.1±0.7	1.293	0.197

p*<0.05.¹⁾ Differences between importance and satisfaction were analyzed by paired *t*-test.²⁾ All items were answered using a 5-point Likert scale (1=strongly disagree, 5=strongly agree), and all values are presented as mean±SD; based on responses from 59 participants who received dietary education.Fig. 1. Importance-satisfaction analysis (ISA) matrix for dietary education programs for Vietnamese marriage migrant families.**

1st quadrant (HH): high importance/high satisfaction, 2nd quadrant (HL): high importance/low satisfaction, 3rd quadrant (LL): low importance/low satisfaction, 4th quadrant (LH) low importance/high satisfaction, 1. understanding Korean culinary culture, 2. Korean cooking practice, 3. understanding and practice of Korean fermented foods, 4. healthy eating for families, 5. nutrition management for infants and young children, 6. guiding children's dietary habits, 7. food hygiene and safety management.

2월 3일부터 28일까지 설문조사를 실시하여 식생활 적응 요인에 따른 식생활 교육 실태와 교육 요구도를 분석하였다. 일반적 특성에서 거주지는 수도권이 56.2%를 차지하였고, 거주기간은 5~10년이 66.8%로 가장 많았다. 학력은 고등학교 졸업이 61.5%로 가장 많았으며, 직업은 주부가 63.6%로 가장 많았다. 월평균 소득과 식비는 400~499만 원과 90만 원 이상으로 과반수로 가장 많았다. 한국어 능력(읽기, 쓰기, 말

하기)은 모두 중간 수준이 가장 많았다. 신체적 특성에서는 평균 연령은 33.2세, 평균 신장은 158 cm, 평균 체중은 52.2 kg, 평균 체질량지수(BMI)는 20.8 kg/m²였으며, 비만도 분류에서 정상 체중이 72.4%로 가장 많았다.

베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 요인에 따른 가정의 식생활 교육 분석 결과, 전체 응답자의 20.8%가 식생활 교육 경험이 있었으며, 동화-분리 혼합형과 완전 동화형에서 식생활 교육

경험 비율이 높았다. 식생활 정보 획득 경로는 인터넷(65.4%)이 가장 많았으며, 통합적 분리형과 주변화형에서 다문화가족지원센터 이용률이 상대적으로 높았다. 가족 식생활 관리에서 가장 큰 어려움은 자녀 식습관 교육이었으며, 동화·분리 혼합형은 가족 간 식사 선호도 조율이 어려움으로 나타났다. 식생활 교육 관심도와 도움 정도는 주변화형이 가장 높았다. 식생활 교육 내용은 한국의 전통 식생활, 발효음식, 조리 실습 순으로 많았으며, 식생활 교육 미참여 사유는 육아·가사 부담(29.5%)과 생업 종사로 인한 시간 부족(27.7%)이 주요 요인이었다.

가정 영역의 식생활 교육 요구도는 올바른 식생활과 건강, 식품 위생 및 안전 관리, 가족을 위한 건강한 식생활이 모두 4.0점 이상으로 높았다. 통합적 분리형은 대부분의 항목에서 높은 요구도를 보였고, 완전 동화형은 가족 건강에 대한 요구도가 4.7점으로 가장 높았다. 자녀 식생활 교육 영역에서는 대부분 4.0점 이상의 높은 요구도가 확인되었으며, 완전 동화형은 가정보다 자녀의 한국 식생활과 문화(4.8점)에 대한 교육 요구도가 높았다. 반면, 소극적 적응형은 두 영역 모두에서 3.5점 이하로 식생활 교육 요구도가 낮았다. 식생활 교육 프로그램의 중요도 - 만족도 분석에서는 식품 위생 및 안전 관리와 한식 실습이 지속 유지 영역, 한국 식문화 이해가 중요도 대비 만족도가 낮아 중점 개선 영역으로 도출되었다. 가족을 위한 건강한 식생활은 점진적 개선 영역, 한국 발효음식의 이해와 실습, 영유아 영양관리, 자녀의 식생활 지도는 과잉 투자 영역에 해당하였다. 본 연구 결과, 베트남 결혼이주여성의 식생활 적응 수준에 따라 교육 참여 경험과 요구도에서 뚜렷한 차이가 나타났으며, 특히 자녀 교육 영역에서 전반적으로 높은 요구가 확인되었다. 또한 식생활 교육 프로그램의 중요도 - 만족도 분석에서는 식품 위생 및 안전 관리와 한식 실습이 지속 유지 영역으로, 한국 식문화 이해가 중점 개선 영역으로 도출되어 교육의 언어·문화적 접근성과 내용 심화의 필요성이 제기되었다. 이러한 결과는 다문화 가정의 건강하고 안정적인 식생활 정착을 위해 맞춤형 교육, 실습 중심 프로그램, 이중 언어 지원 등 교육 접근성 향상 전략이 필수적임을 시사한다.

본 연구는 베트남 결혼이주여성의 식생활 교육 실태와 요구도를 식생활 적응 요인별로 분석하고, 이를 토대로 정책적·실무적 개선 방향을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 향후 연구에서는 독립된 표본과 종단적 설계를 활용하여 결과의 일반화 가능성을 높이고, 식생활 적응과 교육 요구도의 인과관계를 규명할 필요가 있다. 또한 결혼이주여성의 문화적·언어적 특성, 가족 구성, 건강 인식 수준 등을 반영한 세분화된 맞춤형 식생활 교육 모듈을 개발하고, 이 모듈의 장기적 효과를 검증함으로써 다문화 가정을 위한 지속 가능한 식생활 교육 모델을 구축해야 할 것이다.

References

- Asano K, Yoon J, Ryu SH. 2015. Factors related to Korean dietary adaptation in Chinese female marriage immigrants living in the Seoul metropolitan area. *J East Asian Soc Diet Life* 25:234-245
- Bae YK. 2011. A study on the Korean dietary acculturation for the Asian immigrants in Korea: Focus on the country of origin. Ph.D. Thesis, Ewha Woman's Univ. Seoul. Korea
- Berry JW. 1997. Immigration, acculturation, and adaptation. *Appl Psychol* 46:5-34
- Choi HJ. 2009. Study on the characteristics pertaining to the acculturation strategies among immigrated women in Korea. *Korean J Soc Welf* 61:163-194
- Han YH, Shin WS, Kim JN. 2011. Influential factor on Korean dietary life and eating behaviour of female marriage migrants. *Comp Korean Stud* 19:115-159
- Im JH. 2012. Nutrition status and the effects of nutrition education among elementary students attending community child center in Dong-gu, Ulsan-city. Master's Thesis, Pusan National Univ. Pusan. Korea
- Jeong MJ, Jung EK, Kim AJ, Joo N. 2012. Nutrition knowledge and need for a dietary education program among marriage immigrant women in Gyeongbuk region. *J Korean Diet Assoc* 18:30-42
- Joe MY, Hwang JY. 2017. Qualitative study on improvement of operating system and tailored nutrition education program for marriage immigrants to Korea: Program providers' perspective. *Korean J Community Nutr* 22:323-335
- Joe MY, Hwang JY. 2019. Comparison of dietary habit, nutritional knowledge, and nutrient intakes of married Vietnamese immigrant women according to participation in nutrition-plus program. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:675-685
- Jung SO, Yang SJ. 2015. Types of dietary acculturation according to socio-demographic and dietary factors among female marriage immigrants in Korea. *J Korean Data Anal Soc* 17:2675-2689
- Kim HM, Han KS. 2015. The diffusion stage of Korean food by the food acculturation type of married female immigrants. *J Tour Sci* 39:13-32
- Kim HR, Yeo JY, Jung JJ, Baek SH. 2012b. Health status of marriage immigrant women and children from multicultural families and health policy recommendations. Korea Institute for Health and Social Affairs

- Kim HW, Kim MH, Kim JM. 2018. Analysis of food adaptation and dietary behavior of marriage migrant women according to their acculturation type in Dongducheon city. *J Digit Converg* 16:205-219
- Kim JE, Kim JM, Seo SH. 2011. Nutrition education for female immigrants in multicultural families using a multicultural approach: In-depth interviews with female immigrants and nutrition education professionals. *Korean J Nutr* 44:312-325
- Kim JH. 2015. A study on the dietary patterns affecting acculturation among marriage migrant women in urban area. *KJ Korean Home Econ Educ Assoc* 27:173-189
- Kim JH, Lee MH. 2018. Development of content structure of healthy dietary education program for the parents of multicultural families. *J Korean Home Econ Educ Assoc* 30:113-126
- Kim JM, Lee HS, Kim MH. 2012a. Food adaptation and nutrient intake of female immigrants into Korea through marriage. *Korean J Nutr* 45:159-169
- Kim JM, Lee NH. 2009. Analysis of the dietary life of immigrant women from multicultural families in the Daegu area. *J Korean Diet Assoc* 15:405-418
- Korea Healthy Family Promotion Agency. 2025. Multicultural Family Center Program Guide. Available from <https://www.liveinkorea.kr/web/lay1/bbs/S1T10C27/A/4/list.do> [cited 12 September 2025]
- Korea Immigration Service, Ministry of Justice. 2025a. Immigration and foreigner policy statistics monthly report. June ed. Korea Immigration Service
- Korea Immigration Service, Ministry of Justice. 2025b. Status of nationals' spouses by region (as of the end of June 2025). Available from <https://www.immigration.go.kr/immigration/1569/subview.do> [cited 6 July 2025]
- Korean Society for the Study of Obesity. 2024. 2024 Update of Clinical Practice Guidelines for Obesity. Korean Society for the Study of Obesity
- Lee AJ, Choi YS. 2011. Marital conflicts and expectations to family counselors' cultural competence among immigrated women focusing on typology of cultural adaptation. *KJHE* 20:71-90
- Lee CK. 2014. Tourism Research & Statistical Analysis. pp.125-226. Daewangsa
- Lee EK. 2015. A study with regard to the meanings of change aspects of mothers in multicultural families throughout a parental competence program. *JKOAECE* 20:55-86
- Lee HR, Bahk JW. 2018. Acculturation of married immigrant women in Korea: An analysis of changes in strategies and characteristics. *Korea Assoc Policy Stud* 27:329-358
- Lee JH, Jeong SO, Kim C. 2015. Comparison of eating habits and food preference of elementary school children between multi-cultural families and ordinary families in Gyeongnam province. *Korean J Food Nutr* 28:973-987
- Lee JS. 2016. Development of a Korean food culture education textbook for married female immigrants. *Korean J Community Nutr* 21:415-425
- Lee JS. 2017. Analysis of Korean dietary life adaptation of married female immigrants. *Korean J Community Nutr* 22:103-114
- Lee L, Sim KH. 2025. Comparison of nutrition quotient characteristics of mothers and children according to dietary adaptation factors among Vietnamese marriage migrant women. *Korean J Food Nutr* 38:105-120
- Lyu JE, Yang YJ, Lee SE, Chung HW, Kim MK, Kim WY. 2009. Nutritional status of Vietnamese female marriage immigrants to Korea in relation to length of residence in Korea. *Ann Nutr Metab* 55:317-324
- MFDS. 2024. Food safety and nutrition educational materials for elementary, middle, and high schools. Available from https://www.foodsafetykorea.go.kr:443/portal/board/boardDetail.do?menu_no=2880&menu_grp=MENU_NEW05&bbs_no=bbs110&ntctxt_no=1099045 [cited November 2024]
- Ministry of Gender Equality and Family. 2022. 2021 National Survey of Multicultural Families. pp.200-201. Ministry of Gender Equality and Family
- National Law Information Center. 2020. Multicultural Families Support Act (Law No. 17281, partially amended May 19, 2020). Available from <https://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsId=010718&ancYnChk=0#0000> [cited 20 August 2025]
- Newslinejeju. 2025. Identity Struggles of Multicultural Children in the Multicultural Era. Available from <http://www.newslinejeju.com/news/articleView.html?idxno=158355> [cited 12 September 2025]
- Park IY. 2016. Development and pilot implementation of nutrition education program based on multicultural understanding education for the children of multicultural families. Master's thesis. Yonsei Univ. Seoul, Korea
- Park YS, Chung YS. 2005. Korean traditional food perception and cultural aspect of Korean Mongolian housewives. *J Korean Soc Food Cult* 20:35-43

- Ren L, Jang JS. 2017. A study of dietary life related factor according to the acculturation degree on Chinese students in Korea. *Korean J Food Nutr* 30:627-634
- Seoul Multicultural Education Support Center. 2024. Education program guide. Available from <https://multiculture.sen.go.kr/> [cited 5 December 2024]
- So J, Han SN. 2012. Diet-related behaviors, perception and food preferences of multicultural families with Vietnamese wives. *Korean J Community Nutr* 17:589-602
- Song SJ, Song HJ. 2019. Dietary and lifestyle factors associated with weight status among Korean adolescents from multicultural families: Using data from the 2017 - 2018 Korea youth risk behavior surveys. *Korean J Community Nutr* 24:465-475
- Song Y. 2024. Aspects of Vietnamese female marriage immigrants adapting to Korean food culture: Based on Berry's cultural adaptation theory. *J Korean Assoc Learn Cent Curric Instr* 24:393-408
- Yeum DM, Lim CY, Kim HS. 2019. A study on the acculturation types of married immigrant women - Using the latent profile analysis. *Soc Sci Res Rev* 35:187-208
- Yoon NY, Kim OK. 2022. Dietary problems and needs of nutrition education of married migrant women in some area of Jeonbuk. *J Hum Ecol* 32:37-60
- Yoon SH, Park SJ, Jin SY. 2015. The effect and satisfaction level of after-school cooking activities for the children of multicultural families. *J Korean Soc Food Cult* 30:491-501

Received 14 August, 2025

Revised 19 September, 2025

Accepted 30 September, 2025

꽃사과로부터 분획한 대식세포 활성 다당

§김연숙 · \$신현영* · 신광순** · †유광원***

경기도경제과학진흥원 바이오센터 바이오연구개발팀 연구원, *국립한국교통대학교 바이오산업연구소 박사후연구원,
경기대학교 식품생물공학과 교수, *국립한국교통대학교 식품영양학전공 교수

Macrophage-Activating Polysaccharides Fractionated from Crabapple (*Malus prunifolia*)

§Yeon Suk Kim, \$Hyun Young Shin*, Kwang-Soon Shin** and †Kwang-Won Yu***

Researcher, Bio R&D Team, Bio Center, Gyeonggido Business & Science Accelerator, Suwon 16229, Korea

*Postdoctoral Researcher, Institute of Biotechnology and Bioindustry, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

**Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea

***Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

Abstract

To confirm the industrial applicability of crabapple (*Malus prunifolia*; MP), which shows greater potential than conventional apples (*Malus domestica*; MD) as a raw material for developing immunostimulants, we compared the macrophage-activating effects of hot-water extracts (MP-HW and MD-HW) and fractionated the active components to identify their characteristics. MP-HW significantly enhanced the secretion of macrophage-activating factors such as NO, TNF- α , MCP-1, IL-6, and IL-12, stimulating macrophages more effectively than MD-HW. Subsequently, when MP-HW was fractionated into a low-molecular-weight fraction (MP-L) and crude polysaccharides (MP-CP) through ethanol precipitation, MP-CP exhibited significantly higher activity than the other fractions. Furthermore, MP-CP, the macrophage-activating crude polysaccharides, was further fractionated into four sub-fractions (MP-CP-0, -I, -II, and -III) using DEAE-Sepharose CL-6B (Cl⁻ form), with MP-CP-III identified as the active fraction responsible for macrophage stimulation. In HPLC molecular analysis, the active fraction MP-CP-III displayed a nearly purified single peak around 115 kDa, and its main component sugars were identified as galacturonic acid, rhamnose, galactose, and arabinose, suggesting that they are pectic-like polysaccharides. In conclusion, polysaccharides derived from crabapple promote macrophage activation, confirming their industrial applicability as immunostimulants.

Key words: *Malus prunifolia*, macrophage, immunostimulants, polysaccharide

서 론

고령화와 만성 질환의 증가로 인해 현대인들은 건강 증진 및 질병 예방에 대한 관심이 높아지고 있으며(Kim 등 2012), 코로나 19 및 독감과 같은 감염병의 유행으로 면역력에 대한 관심과 이에 따른 면역 관련 기능성 식품의 소비가 크게 증가하고 있다(Kim 등 2021; Choi & Hong 2022). 이러한 인식에 따라 체내 면역 체계를 강화할 수 있는 기능성 소재에 대한 관심이 급증하고 있으며(Hong S 2005), 특히 내성이나 독성이

적으며 숙주의 면역계를 자극할 수 있는 천연물로부터 제조된 면역 조절제에 대한 개발이 확산되고 있다(Shin 등 2012). 면역계를 자극할 수 있는 물질로서 최근에는 동물, 식물 및 고등균류 등과 같은 천연 소재에서 분리한 다당류가 관심을 받고 있으며, 이들은 면역계의 자극뿐만 아니라, 항종양 및 항산화(Kim 등 2004), 면역 조절(Cho CW 2013) 및 항염증(Kang 등 2022) 등의 다양한 생리활성이 보고되고 있다.

특히, 식물 유래 다당류는 독성과 부작용이 적어 체내에서 다양한 생리활성 효능을 가져 이로운 역할을 하는 것으로 알

§These authors contributed equally.

† Corresponding author: Kwang-Won Yu, Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5333, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: kwyu@ut.ac.kr

려져 있으며, 이들은 대표적으로 세포벽으로부터 용출된 셀룰로즈, 헤미셀룰로즈 및 펙틴 물질로 구성되어 있다(Paulsen BS 2001; Cha 등 2021). 이 중 펙틴은 식물체의 1차 세포벽과 middle lamella 사이에 존재하는 매우 복잡한 구조를 가진 다당류로 셀룰로즈 및 헤미셀룰로즈에 비해 우수한 용해도를 가져 열수 추출만으로도 쉽게 용출할 수 있다는 장점이 있다(Wicker 등 2014). 펙틴은 galacturonic acid(GalA)가 α -1,4결합으로 형성된 homogalacturonan(HG) 영역과 rhamnose(Rha) 및 GalA가 교차적으로 결합된 주쇄에 다양한 올리고머 및 다당류가 측쇄에 위치하는 rhamnogalacturonan-I(RG-I) 영역을 포함하는 것으로 알려져 있으며(Palin & Geitmann 2012; Zhao 등 2020), HG 영역을 주쇄로 측쇄에 xylose(Xyl)가 모노머 혹은 올리고머 형태로 존재하는 xylogalacturonan(XG) 및 GalA가 α -1,4결합으로 형성된 주쇄에 올리고머 및 다당류가 측쇄에 위치하는 RG-II 영역이 공유적으로 결합되어 있는 것도 알려져 있다(Tang & de Vos 2025). 특히, 펙틴의 면역계 활성화는 RG 영역의 독특한 구조적 특징에 기인하는 것으로 알려져 있으며(Yamada H 1996; Popov & Ovodov 2013), 이들은 사이토카인 생성을 통해 면역세포를 활성화하여 체내 면역계를 효과적으로 조절하는 것으로 알려져 있다(Minzanova 등 2018).

사과(*Malus domestica*; MD)는 대표적인 타가수정작물로서 결실을 맺기 위해서는 높은 교배친화성을 가진 수분수를 일정 비율로 혼식해 주어야 하며(Son 등 2013; Kweon 등 2016), 충분한 화분매개와 수정이 이루어지지 않으면 낮은 착과율 및 기형의 발생률이 높아져, 안정적인 생산을 위해 화분매개는 매우 중요하다(Jung C 2021). 따라서, 안정적인 생산을 위해서는 다른 계열의 재배품종이나 수분수 품종을 통해 수정이 이루어져야 하는데(Cho 등 2014; Jung C 2021), 꽃사과(*Malus prunifolia*; MP)는 대표적인 수분수로서 장미과(Rosaceae) 사과나무속(*Mauls*)에 속하는 소교목으로 알려져 있다(Shin 등 2021a). 이는 발화력과 화분 생성량이 높고, 사과 재배 품종과 개화 시기가 유사하여 수분수로서 우수한 특성을 가지고(Ha & Shim 1995), chlorogenic acid 및 phlorizin 등 페놀 화합물과 사과와의 유사성으로 다량의 펙틴 다당류를 함유하고 있으며(Li 등 2021; Shin 등 2024a), 항염증(Shin 등 2021a), 항산화(John 등 2014), 항암 활성화(Han 등 2019), 항당뇨(Usta 등 2016) 등의 다양한 생리활성이 보고되고 있다. 그러나, 꽃사과 과실은 특유의 산미로 인해 식용으로는 거의 활용되지 않고, 대부분 자연 낙과되어 폐기되고 있으며(Lee 등 2022), 그에 대한 활용은 매우 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 꽃사과를 산업적 측면에서 부가가치를 높이기 위한 면역 활성화 기능성 소재로 활용하기 위하여, 꽃사과 열수추출물(MP-HW)과 대조군으로 사과 열수추출물(MD-HW)을 조제한 후, 대식세포 활성화 결과를 비교하였다.

또한, 꽃사과 열수추출물로부터 주정침전 및 이온교환 크로마토그래피 과정을 거쳐 대식세포 활성화 다당을 분획하고, 이들의 화학적 특성을 확인하여 면역 활성화 기능성 소재로서의 산업적 개발에 필요한 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 꽃사과 열수추출물의 조제

본 연구에서 사용된 꽃사과는 충북 충주(Chungbuk, Korea)에서 재배되었으며, 품질 유지를 위해 제공받은 즉시 -70°C 급속냉동기(Ilshin Biobase, Seoul, Korea)로 동결하였고, 동결된 과실은 Shin 등(2024a)의 연구와 동일한 방법으로 믹서기(Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 마쇄한 후 열수 추출하였다. 요약하면, 과실에 20배(w/v)의 물을 가하고, decoction 방법을 이용하여 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 에서 용매의 양이 절반으로 될 때까지 열수 추출을 진행하였다. 이후, 2,500×g에서 20분간 원심분리(Gyrogen Co., Ltd., Daejeon, Korea)하고, 분리된 상등액을 여과지(Whatman filter grade 1, GE Healthcare, Chicago, IL, USA)에 여과하여 불용성 침전물을 제거하였다. 여과물은 감압 농축기(Eyela, Tokyo, Japan)를 통해 농축한 후, 동결건조(Ilshin Biobase)를 진행하여 꽃사과 열수추출물(hot-water extract of MP; MP-HW)로 조제하였다. 대조군으로서 충북 충주에서 재배된 후지(Fuji)사과를 동일한 방법으로 처리하여 사과 열수추출물(hot-water extract of MD; MD-HW)로 조제하여 이용되었다(Fig. 1).

2. RAW 264.7 세포주의 대식세포 자극 활성화

분석에 이용된 마우스 유래 대식세포주인 RAW 264.7 세포는 한국세포주은행(Korean Cell Line Bank, KCLB; Seoul, Korea)에서 입수하였으며, 배양 배지는 Dulbecco's Modified Eagle Medium(DMEM; Hyclone, San Angelo, TX, USA)에 10% fetal bovine serum(FBS; Gibco, Waltham, MA, USA) 및 1% penicillin/streptomycin(GenDEPOT, Katy, TX, USA)을 첨가한 후, 37°C , 5% CO_2 조건의 배양기(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)에서 배양을 진행하였다. 대식세포 자극 활성화는 RAW 264.7 세포주를 8×10^5 cells/mL로 96-well plate에 각각 200 μL 씩 분주하여 배양기에서 약 24시간 동안 세포를 안정화시켰다. 이후, 배양 상등액을 모두 제거하고, serum-free DMEM(SFM) 180 μL 와 시료 20 μL 를 첨가하여 24시간 동안 재배양하였다. 시료 처리에 따른 세포독성은 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide(MTT; Invitrogen, Eugene, OR, USA) 시약을 처리하여 분석하였으며, 시료 무처리군(negative control; NC) 대비 세포생존율(cell viability, %)로 나타냈다. 또한, 시료 처리 후 생성된 산화질소(nitric oxide;

NO), tumor necrosis factor(TNF)- α (Invitrogen), monocyte chemoattractant protein(MCP)-1(BD bioscience, San Diego, CA, USA), interleukin(IL)-6(BD bioscience) 및 IL-12(BD bioscience)의 함량은 griess assay(Tursun 등 2016)와 sandwich ELISA 방법을 이용하여 분석하였으며, 이후 각각 sodium nitrate 및 reference protein으로 표준 곡선을 그려 함량을 계산하였다.

3. 주정침전 및 이온교환 크로마토그래피에 의한 활성 다당 분획

먼저, 사과보다 대식세포 활성이 우수한 꽃사과 열수추출물(MP-HW)을 소량의 증류수에 용해하고, 5배의 95% 주정을 첨가하여 상온에서 하루동안 교반시켜 침전물을 형성하였다. 이후, 원심분리를 통해 침전물은 회수하여 다시 소량의 증류수에 용해하고, 투석(molecular weight cut-off 12,000~14,000, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 진행하였다. 이후, 투석물과 이전에 주정 첨가를 통해 분획된 상등액은 농축 및 동결건조하여 MP-HW로부터 각각 조다당 획분(crude polysaccharide; MP-CP) 및 저분자 획분(low molecular substance; MP-L)로 분획하였다. 이후, 대식세포 활성이 우수한 MP-CP를 증류수로 평형화된 DEAE-Sephrose CL-6B(Cl⁻ form; Amersham

Bioscience, Uppsala, Sweden)가 충전된 컬럼(40×300 mm)에 흡착시키고, NaCl을 이용하여 단계적으로 기울기를 부여하고 분획을 수집하였다. 일반성분 분석에 기초하여 4개의 획분(MP-CP-0, -I, -II 및 -III)로 분리하였으며, 이후 투석, 농축 및 동결건조하여 분석에 이용되었다(Fig. 1).

4. 분자량 분포

대식세포 활성 조다당획분으로부터 분획된 다당획분의 분자량 분포를 측정하기 위해 Table 1의 조건을 토대로 high performance size exclusion chromatography(HPSEC)를 사용하여 분석을 진행하였다(Jeong 등 2024). 시료를 적당한 농도로 희석하고, PVDF membrane filter(0.45 μ m, Jaema Trade Inc., Gwangwon-do, Korea)를 사용하여 여과한 후 분석에 이용되었으며, 표준물질은 galactose 및 다양한 농도의 pullulan(Shodex, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 분석 결과는 표준물질의 retention time(RT)를 통해 표준곡선을 작성하고, 시료의 RT와 비교하여 kDa으로 계산되었다.

5. 구성분 및 구성당 분포

이온교환 크로마토그래피에 의해 분획된 4개 획분(MP-CP-0,

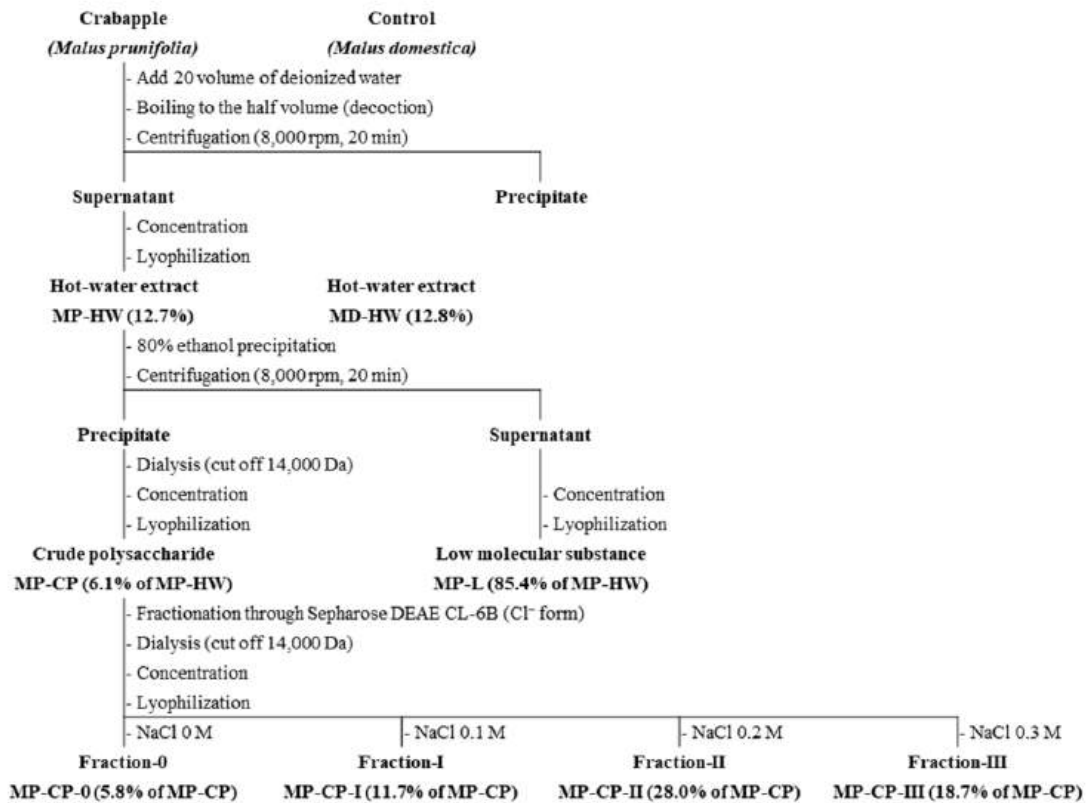


Fig. 1. Fractionation of macrophage-activating polysaccharides from crabapple (*Malus prunifolia*).

I, II 및 III)의 구성분을 확인하기 위해 증성당, 산성당, 단백질 및 총 폴리페놀 함량을 분석하여 w/w(%)로 나타냈다. 먼저, 증성당은 glucose(Glc; Sigma-Aldrich)를 표준물질로 사용하여 phenol-sulfuric acid법(Dubois 등 1956)에 따라 분석하였으며, 산성당은 galacturonic acid(GalA; Sigma-Aldrich)를 표준물질로 하여 *m*-hydroxybiphenyl법(Blumenkrantz & Asboe-Hansen 1973)을 통해 분석되었다. 또한, 단백질 함량의 경우, bovine serum albumin(BSA)를 표준물질로 하여 Bradford법(Bradford MM 1976)으로 측정하였으며, 총 폴리페놀 함량은 표준물질로 gallic acid를 이용하여 Kim 등(2016)의 방법으로 분석하였다. 반면, 구성당 분포는 Honda 등(1989) 및 Shin 등(2021b)의 방법을 통해 분석하였으며, 이를 요약하면 시료에 2 M trifluoroacetic acid(TFA; Sigma-Aldrich)를 처리하여 121°C에서 90분간 반응시켜 aldose 단위로 분해하고, 0.3 M NaOH와 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazoline(PMP; Sigma Aldrich)와 반응하여 단당류에 PMP를 결합시켰다. 이후 결합한 유도체를 중화시키기 위해 0.3 M HCl을 가한 후 증류수와 chloroform(2상 용매계)로 분리를 진행하고 물 층만을 회수하고, PVDF membrane filter로 여과하여 분석에 이용되었다. 여과된 시료는 HPLC-UV 시스템을 이용하여 분석되었으며, 분석 결과는 peak area와 response factor를 이용하여 mol%로 계산되었고, 자세한 분석조건은 Table 1에 나타냈다.

6. 통계처리

모든 시험은 3회 반복하여 분석하였으며, 결과는 평균±표준편차(standard deviation; SD)로 나타냈다. 대식세포 자극 활성의 경우, SPSS 26(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 통해 Student's *t*-test를 이용하여 각각 $p < 0.05$, $p < 0.01$ 및 $p < 0.001$ 수준에서 유의적 수준을 검증하였다. 또한, 구성분 분석의 경

우, 분산분석(analysis of variance; ANOV)를 실시하여 각 측정값 간의 유의성을 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의적 수준을 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 꽃사과 및 사과의 대식세포 자극 활성 비교평가

본 연구에서 사용된 RAW 264.7 세포는 마우스 유래 대식세포로, 선천 면역 체계에서 핵심적인 역할을 수행하며, 외부 침입에 대한 방어 기능을 수행한다(Yu 등 2012). 또한, 활성화된 대식세포는 NO 및 사이토카인과 같은 면역인자를 분비하여 면역계 활성화를 유도하고, 외부 물질로부터 숙주를 보호하는 역할을 한다(Park 등 2016; Son 등 2022). 따라서, 본 연구에서는 선천 면역계에서 핵심적인 역할을 수행하는 대식세포 특성을 갖는 RAW 264.7 세포주를 통해 꽃사과(MP)와 사과(MD)의 대식세포 활성을 비교하여, 꽃사과의 면역 활성화 기능성 소재로서의 활용 가능성을 비교하고자 하였다. 먼저, 시료 처리에 따른 RAW 264.7 세포주의 세포독성 평가 결과는 Fig. 2A에 나타냈다. 대조군으로서는 일반 사과의 열수추출물(MD-HW)을 이용하였으며, 250~500 µg/mL의 농도 범위에서 NC 대조군 대비 80% 이상 세포 생존율을 확인하였다. López-García 등(2014)의 연구에 따르면, 대조군 대비 세포 생존율이 80% 이상일 때, 시료 처리에 대한 독성이 나타나지 않는다고 보고되고 있으며, 제시한 농도 범위에서 대식세포 활성화 인자인 NO 및 사이토카인 분비능을 평가하였다. 먼저, 면역계에서 외부물질 침입에 대한 체내 방어 작용을 수행하며, 대표적인 대식세포 활성화 지표로 알려진 NO 생성능을 평가한 결과(Fig. 2B)(Jung 등 2010), 양성대조

Table 1. HPLC analytical conditions for determining the molecular weight and component sugar

Analysis	Molecular weight	Component sugar
HPLC system	Agilent 1260 Infinity series (Agilent Technologies Co., Ltd., Palo Alto, CA, USA)	Dionex Ultimate 3000 (Dionex, Idstein, Germany)
	Superdex 75 Increase 10/300 GL (Cytiva, Marlborough, MA, USA)	YMC-Triart C18 (YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)
Column	300×10 mm, 8.6 µm	250×4.6 mm, 5 µm
Column temperature	Ambient	30°C
Flow rate	0.5 mL/min	1.0 mL/min
Eluent	50 mM ammonium formate (pH 5.5)	0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.7) : Acetonitrile 83:17
Injection volume	20 µL	20 µL
Detector	Refractive Index Detector (RID) (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)	Ultraviolet detector (UVD) at 254 nm (Dionex, Idstein, Germany)

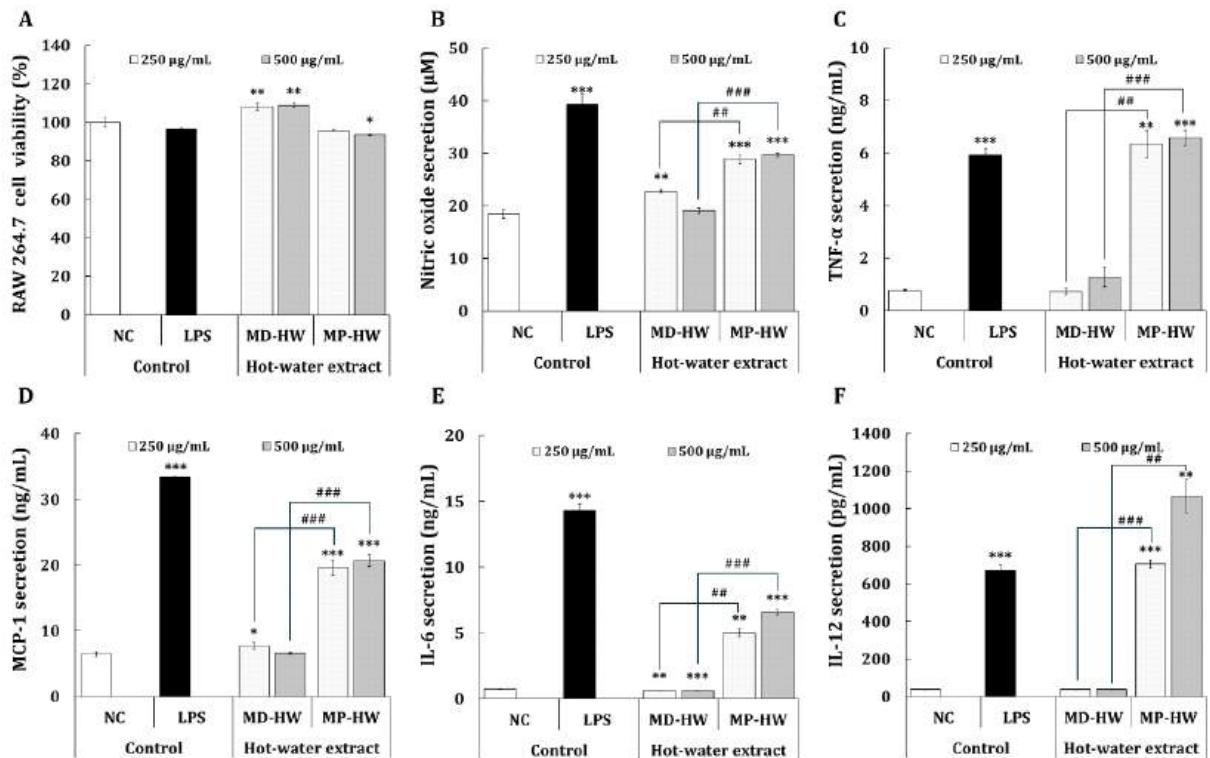


Fig. 2. Macrophage-activation of hot-water extracts from *Malus prunifolia* (MP-HW) and *Malus domestica* (MD-HW). RAW 264.7 cells were treated with MP-HW and MD-HW for 24 h, and both cell cytotoxicity (A) and the secretion of nitric oxide (B), TNF- α (C), MCP-1 (D), IL-6 (E), and IL-12 (F) were evaluated. Results are presented as the mean \pm S.D. from three independent experiments. Asterisks on the bars indicate significant differences between the negative control (NC) and each test group, as determined by Student's *t*-test. Crosshatch patterns indicate significant differences between samples at identical concentrations. * p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001. NC, negative control; LPS, lipopolysaccharide (1 μ g/mL); MP-HW, hot-water extract of *Malus prunifolia*; MD-HW, hot-water extract of *Malus domestica*.

군으로 이용된 LPS는 1 μ g/mL의 농도에서 NC 대조군(18.5 μ M) 대비 39.3 μ M(약 2.1배 증가)의 생성능을 보였으며, MD-HW는 250 μ g/mL의 농도에서 22.8 μ M(약 1.2배 증가)의 생성능을 나타낸 반면, MP-HW는 250~500 μ g/mL의 농도에서 28.9~29.7 μ M(약 1.5~1.6배 증가)의 생성능을 나타내 MD-HW보다 우수한 활성을 확인할 수 있었다. 또한, TNF- α , MCP-1, IL-6 및 IL-12 등의 대식세포 활성 사이토카인 생성능을 비교한 결과에서도(Fig. 2C-F), NO 생성능과 유사하게 MP-HW가 MD-HW에 비해 통계적으로 우수한 대식세포 자극 활성을 보이는 것으로 확인되었다. John 등(2014)의 연구에 따르면, 꽃사과가 사과에 비해 플라보노이드 및 폴리페놀과 같은 성분이 풍부하여 항산화 활성이 강하게 유도할 수 있음을 제시하였는데, 이러한 성분이 본 실험의 면역계 활성화에 관여하는지, 아니면 다른 활성성분에 기인하는지를 확인하기 위하여 MP-HW의 분획과 함께 대식세포 활성을 평가하여 활성획분을 분획하고자 하였다.

2. 꽃사과 열수추출물로부터 분획한 획분의 대식세포 활성
사과보다 대식세포 활성이 우수하였던 꽃사과 열수추출물(MP-HW)에 주정을 첨가하여 희소한 침전에서 분획한 조다당 획분은, 일반적으로 고분자 다당류 및 단백다당을 포함하고 있어, 체계 면역계의 활성화에 핵심적인 역할을 수행한다고 알려져 있다(Kim 등 2011). 따라서, 본 실험에서도 활성의 증감 여부를 확인하기 위하여 열수추출물과 이로부터 분리된 획분의 대식세포 활성을 비교하였다. 먼저, 시료 처리에 따른 세포독성을 평가한 결과를 Fig. 3A에 나타내었는데, MP-HW와 이로부터 분획한 저분자 및 조다당획분(MP-L과 MP-CP)는 100 μ g/mL의 농도에서 NC 대조군 대비 80% 이상의 세포 생존율을 보여 시료 처리에 따른 세포독성을 나타내지 않음을 확인하였다. 대식세포 활성 관련 NO 생성능을 분석한 결과는 Fig. 3B에 나타내었는데, MP-CP는 NC 대조군(2.5 μ M) 대비 69.8 μ M(약 28.0배 증가)의 생성능을 보여 양성대조군인 LPS와 유사한 수준을 보인 반면, MP-L은 훨씬 낮은 4.6 μ M(약 1.8배 증가)의

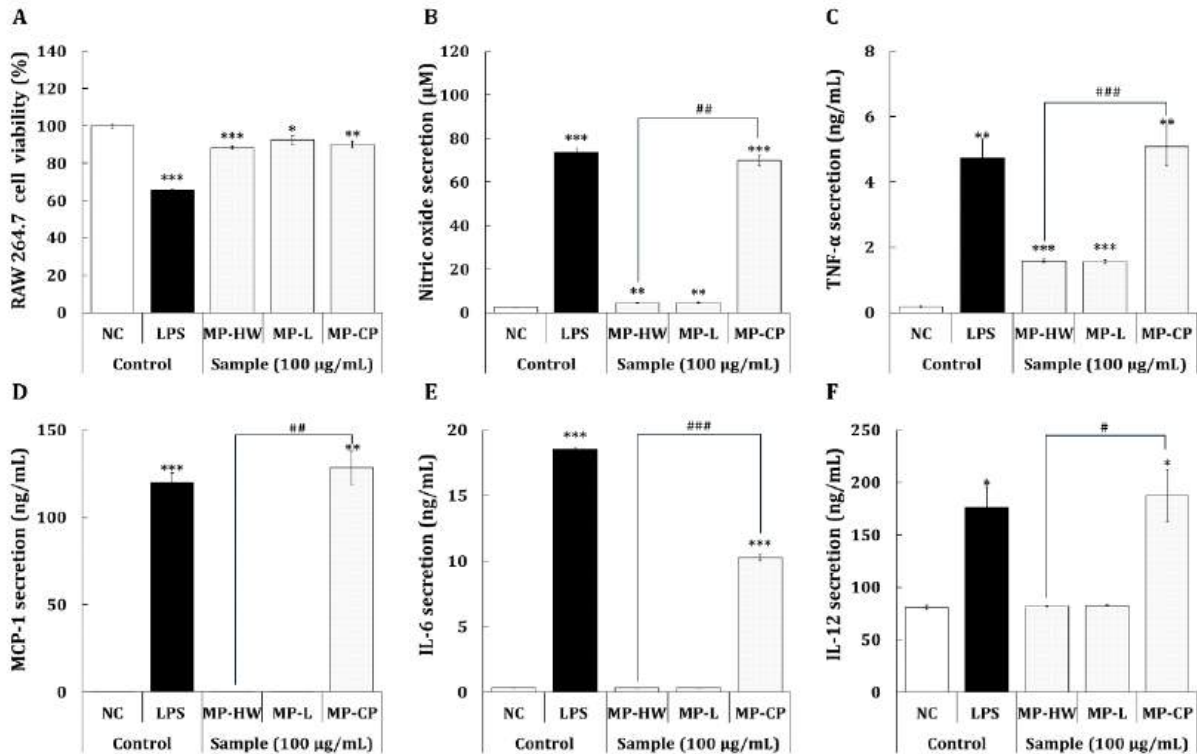


Fig. 3. Macrophage-activation of subfractions from MP-HW by EtOH precipitation. RAW 264.7 cells were treated with a subfraction isolated from MP-HW for 24 h, and both cell cytotoxicity (A) and the secretion of nitric oxide (B), TNF- α (C), MCP-1 (D), IL-6 (E), and IL-12 (F) were evaluated. Results are presented as the mean \pm S.D. from three independent experiments. Asterisks on the bars indicate significant differences between the negative control (NC) and each test group, as determined by Student's *t*-test. Crosshatch patterns indicate significant differences between samples at identical concentrations. * p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001. NC, negative control; LPS, lipopolysaccharide (1 μ g/mL); MP, *Malus prunifolia*; HW, hot-water extract; L, low molecule; CP, crude polysaccharide.

NO 생성능을 보였다. 또한, 항원에 오염된 세포의 살해 능력을 증진시켜 초기 면역 반응에 중요한 역할을 하는 TNF- α 생성능을 확인한 결과(Fig. 3C)(Cho 등 2018), MP-CP는 NC 대조군(0.2 ng/mL) 대비 5.1 ng/mL(25.5배 증가)의 생성능을 보여, MP-HW 및 MP-L에 비해 통계적으로 우수한 TNF- α 생성능을 나타냈다. 더 나아가, 단백구를 비롯한 면역세포의 이동을 촉진하여 면역 반응에서 중요한 역할을 하는 MCP-1(Deshmane 등 2009), B 세포의 분화 촉진, 면역글로불린 합성 증진 및 다른 사이토카인과 협동 작용 등 다양한 기능을 수행하는 IL-6(Cha 등 2010) 및 natural killer(NK) 세포를 활성화하고, Th1 면역 반응을 유도하며, 세포성 외래 물질에 대한 살해 능력을 높이고, 세포 내 병원체에 대한 효과적으로 숙주 방어를 촉진하는 사이토카인(Kim & Shin 2014)인 IL-12 또한 NO 생성능 결과와 유사하게 MP-CP가 MP-HW 및 MP-L에 비해 우수한 대식세포 자극의 활성을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 3D-F). 따라서, 이러한 결과로부터 사과 열수추출물보다 우수한 대식세포 활성을 보였던

MP-HW는 폴리페놀 및 플라보노이드계의 저분자 성분보다는 조다당 획득에 함유되었던 다당 혹은 단백질 다당의 고분자 물질에 기인하는 것으로 확인되어, 이들을 동정하기 위하여 이온교환 크로마토그래피를 통해 활성성분을 분획하고자 하였다.

3. 조다당획분의 이온교환 크로마토그래피를 통한 분획

이온교환 크로마토그래피는 흡착 및 분할 크로마토그래피의 원리를 기반으로 다양한 양이온 및 음이온 교환매체를 이용하여 다당 혹은 단백질 다당이 갖는 이온성 물질 함량에 따라 분리하는 방법으로, DEAE-Sepharose의 음이온 교환 매체를 이용하면 중성당 및 산성당 함유 비율에 따른 다당을 분리하는데 적합하다고 보고되고 있다(Ren 등 2019). 따라서, 조다당 획득 MP-CP로부터 활성 다당을 분리하기 위해 DEAE-Sepharose CL-6B(Cl⁻ form) 음이온 컬럼 크로마토그래피를 사용하여 분리 및 정제를 수행하였다. 0 M부터 2 M의 NaCl을 단계적으로 흘려서 용출하고, 각각의 용출액은 단백질다당이나 다당의 기본

성분으로서 중성당, 산성당 및 단백질을 분석하여 다른 획분으로 분류하였다. MP-CP가 적용된 DEAE-Sepharose CL-6B를 통해 용출된 획분의 일반 성분 프로파일은 Fig. 4에 나타났다. 0.4 M 이상의 용출액에서는 특이적인 피크가 관찰되지 않았기 때문에, MP-CP의 음이온교환매체 분획을 통해 용출된 4개의 획분은 NaCl의 농도에 따라 MP-CP-0, -I, -II 및 -III이었다. 획분의 구성분 특성 결과, MP-CP-0 획분은 중성당이 풍부한 반면, MP-CP-I, -II 및 -III 획분은 MP-CP-0에 비해 산성당 함량이 높은 획분으로 확인되었다. Jin 등(2012)의 연구에 따르면 이온교환 크로마토그래피는 서로 다른 용리액을 통해 산성 다당류를 분리할 수 있으며, 0.2~0.6 M NaCl로 용출된 획분이 galacturonic acid(GalA)를 주 구성당으로 하여 rhamnose(Rha), arabinose(Ara) 및 galactose(Gal)로 구성된 산성 다당을 분획하였다. 따라서, 본 연구의 결과에서 제시한 MP-CP의 용출 프로파일에서도 0.1~0.3 M 획분에서 산성당이 크게 증가한 것은 MP-CP에 포함된 산성 다당류가 분리된 것으로 추정할 수 있었다. 이후 분획된 획분들의 대식세포 자극 활성을 비교하고, 활성 다당의 화학적 특성을 분석하였다.

4. 조다당획분의 이온교환 크로마토그래피로 분획된 획분의 대식세포 활성

이온교환 크로마토그래피를 이용하여 분획된 MP-CP-0, -I, -II 및 -III의 대식세포 자극 활성을 평가하였으며, 10~50 µg/mL의 농도에서 유의적인 세포 독성은 확인되지 않았다(Fig. 5A). NO 분비능 평가 결과(Fig. 5B), MP-CP로부터 분획한 MP-CP-0, -I, -II 및 -III 획분은 모든 농도에서 농도-의존적인 NO 분비능을 확인할 수 있었는데, MP-CP-0는 10~50 µg/mL의 농도에서 NC 대조군(2.9 µM) 대비 12.2~35.0 µM(약 4.2~12.1배 증가)의 우수한 NO 분비능을 나타냈으며, MP-CP-III 획분에서 이와 유사한 12.6~29.3 µM(약 4.3~10.1배)의 NO 분비능을 나타냈다. 다음으로, TNF-α의 분비능을 분석한 결과(Fig. 5C), MP-CP-III 획분이 10~50 µg/mL의 농도에서 NC 대조군 대비 2.2~12.9 ng/mL(약

22.0~129.0배 증가)의 통계적으로 가장 우수한 TNF-α 분비능이 확인되었으며, 이러한 효과는 MP-CP 및 MP-CP-0에 비해 TNF-α의 분비를 통계적으로 유의하게 향상시키는 것으로 보였다. 또한, MCP-1, IL-6 및 IL-12 생성능의 경우(Fig. 5D-F), 앞선 결과와 유사한 경향을 보였으며, MP-CP-III 획분이 MP-HW 유래 대식세포 활성에 관여하는 획분임을 확인할 수 있었다. Lin 등(2022)의 연구에 따르면 치자나무로부터 분리한 조다당 획분을 DEAE-Sepharose를 이용한 이온교환 크로마토그래피로 분리한 결과, 산성당 유래의 펙틴 다당이 NO, TNF-α 및 IL-6 등의 대식세포 자극 활성을 촉진시키는 것으로 확인되었다. 따라서, 본 연구에서는 꽃사과로부터 대식세포 활성화에 기여하는 활성 다당의 특성을 파악하고자, 분자량 분포, 구성분 및 구성당 분석을 수행하였다.

5. 이온교환 크로마토그래피에 의해 분리된 획분의 화학적 특성

MP-CP로부터 이온교환 크로마토그래피에 의해 분리된 획분의 분자량 분포를 확인하기 위해 HPSEC를 이용하여 분석한 분자량 분포 크로마토그램은 Fig. 6에 나타났다. MP-CP-0는 최대 103.9 kDa의 넓은 범위의 분자량 분포를 가지는 것으로 확인되었으며, 대조적으로, MP-CP-I, -II 및 -III 획분은 각각 105.6, 144.4 및 115.4 kDa의 단일 분자량 피크 양상을 보였다. 각 획분에 대한 구성분 분석을 수행한 결과(Table 2), MP-CP-0는 93.9%의 중성당 비율을 보였으나, MP-CP-I, -II 및 -III 획분은 각각 32.4, 33.3 및 45.4%로 MP-CP-0보다 중성당 비율이 감소하고, 산성당 비율은 각각 65.3, 66.6 및 54.3%로 증가하는 경향을 보였다. 또한, 모든 획분에서 단백질 및 폴리페놀의 함량은 미량 함유되었으며(각각 2.3% 및 0.4% 미만), CP-0는 중성당 함량이 높은 획분인 반면, CP-I, -II 및 -III 획분은 산성당 함량이 높은 획분으로 확인되었다. 다음으로, 구성당 분석을 수행한 결과, MP-CP-0는 Ara가 49.4%로 가장 많이 함유하는 것으로 확인되었으며, glucose(Glc; 21.0%), Gal(15.3%) 및 xylose(Xyl; 6.4%)가 함유된 것으로 보아, hemicellulose 유래의 xyloglucan, arabinogalactan 및 galactomannan 등과 cellulose 유래의 glucan 및 mannoglucan 등의 존재를 추정할 수 있었다. 반면, MP-CP-I, -II 및 -III 획분은 주로 GalA가 각각 82.3, 85.4 및 62.1% 함유하였으며, MP-CP-I 및 -II의 경우, 소량의 Glc, Ara 및 Gal의 분포가 관찰되었다. 반면, 활성 획분인 MP-CP-III는 -I 및 -II 획분에 비해 GalA의 분포가 감소하고, Rha(10.7%), Gal(10.4%) 및 Ara(9.8%)의 분포가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 MP-CP-I 및 II와 같이 GalA의 높은 함량은 펙틴 다당의 구조 중에서도 특히, homogalacturonan(HG) 영역에 기인하는 것으로 보이지만, 지금까지 보고된 연구결과에 따르면 HG 영역은 면역학적 활성에는 크게

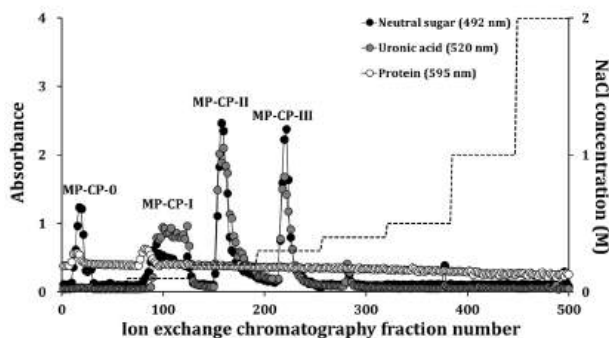


Fig. 4. Elution profiles of MP-CP by DEAE-Sepharose CL-6B (Cl⁻ form) of an anion-exchange chromatography.

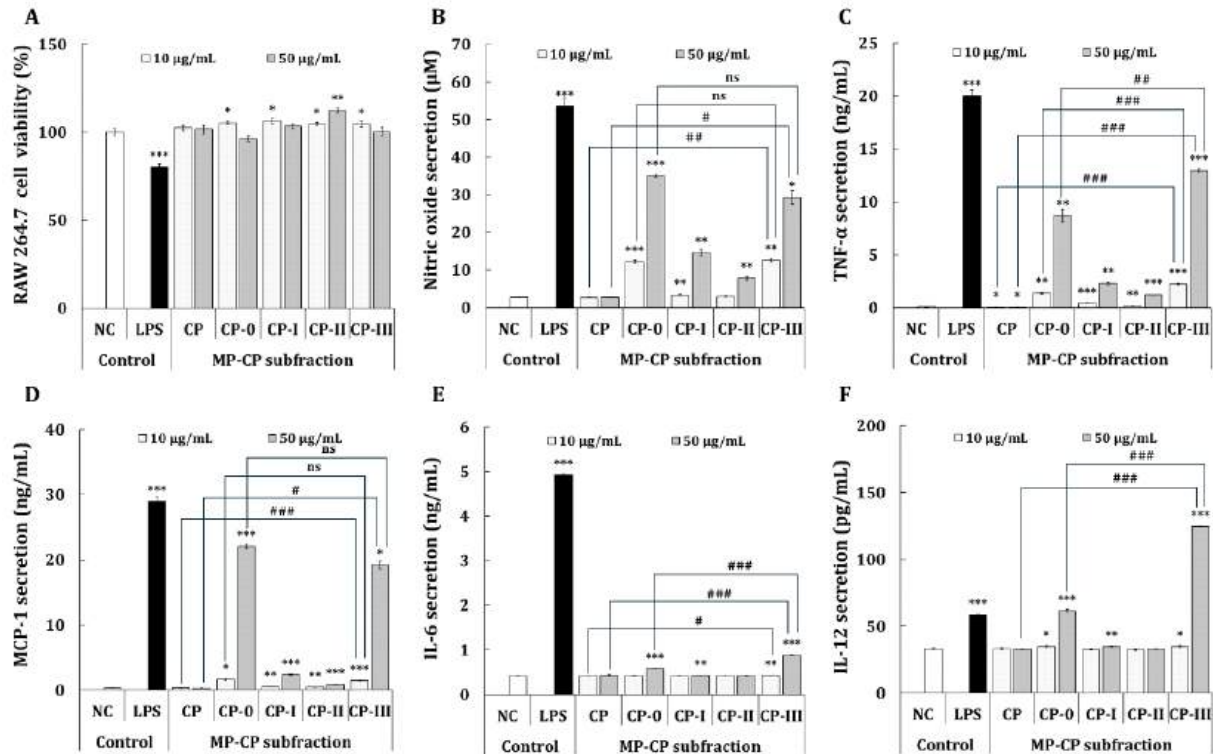


Fig. 5. Macrophage-activation of subfractions from MP-CP by DEAE-Sepharose CL-6B (Cl^- form) of anion-exchange chromatography. RAW 264.7 cells were treated with fractions isolated from MP-CP by anion-exchange chromatography for 24 h, and cell cytotoxicity (A) as well as the production of nitric oxide (B), TNF- α (C), MCP-1 (D), IL-6 (E), and IL-12 (F) were evaluated. Results are presented as the mean \pm S.D. from three independent experiments. Asterisks on the bars indicate significant differences between the negative control (NC) and each test group, as determined by Student's *t*-test. Crosshatch patterns indicate significant differences between samples at identical concentrations. *,# p <0.05, **,## p <0.01, ***,### p <0.001. NC, negative control; LPS, lipopolysaccharide (1 $\mu\text{g/mL}$); MP, *Malus prunifolia*; CP, crude polysaccharide; CP-0, 0 M NaCl fraction; CP-I, 0.1 M NaCl fraction; CP-II, 0.2 M NaCl fraction; CP-III, 0.3 M NaCl fraction.

관여하지 않는 펙틴 영역으로 알려져 있다(Son 등 2023; Shin 등 2024a). 반면, MP-CP-III 획분의 Rha, Gal 및 Ara의 분포는 rhamnogalacturonan(RG) 영역에 속하는 구성당 분포의 흔적을 보이며, MP-CP-III 획분 또한 HG 영역을 포함하기는 하지만, CP-I 및 -II 획분에 비해 HG 영역은 감소하고, RG 영역이 증가되어 대식세포 자극 활성화에 기여하는 것으로 추정할 수 있었다. Gotoh 등(2021)의 연구에 따르면 RG-I 영역은 GalA와 Rha 이 교대로 결합된 주쇄에 arabinan, galactan 및 arabinogalactan 이 측쇄에 분포하여, 이들은 대식세포 혹은 수지상세포와 같은 면역세포의 활성화를 촉진한다는 결과에서도 본 연구 결과를 뒷받침해 주는 것으로 보인다. Endo-polygalacturonase와 같은 탄수화물 가수분해 효소는 HG 영역을 효과적으로 분해한다고 알려져 있으므로(Shin 등 2024b), 향후 효소 처리를 통해 활성의 증진 여부를 판단하고, 크기 배제 크로마토그래피를 통한 활성 분체의 분리, partially methylated alditol acetate법을

통한 당쇄 결합양식 규명, 화학적 및 효소적 가수분해를 통한 미세구조 입증 등을 통해 꽃사과 유래 대식세포 자극 활성 다당의 구조적 특성을 규명하고자 한다.

요약 및 결론

면역 자극제 소재로서 일반 사과(*Malus domestica*; MD)에 비해 우수한 잠재력을 가진 꽃사과(*Malus prunifolia*; MP)의 산업적 적용 가능성을 확인하기 위해 열수 추출물(hot-water extract; MP-HW 및 MD-HW)의 대식세포 활성 효과를 비교하고, 활성 성분을 분획하여 그들의 특성을 확인하였다. MP-HW는 MD-HW보다 NO, TNF- α , MCP-1, IL-6 및 IL-12와 같은 대식세포 활성화 인자의 분비를 크게 촉진하였다. 다음으로, MP-HW를 주정침전을 통해 저분자 획분(low molecular substance; MP-L) 및 조다당 획분(crude polysaccharide; MP-CP)으

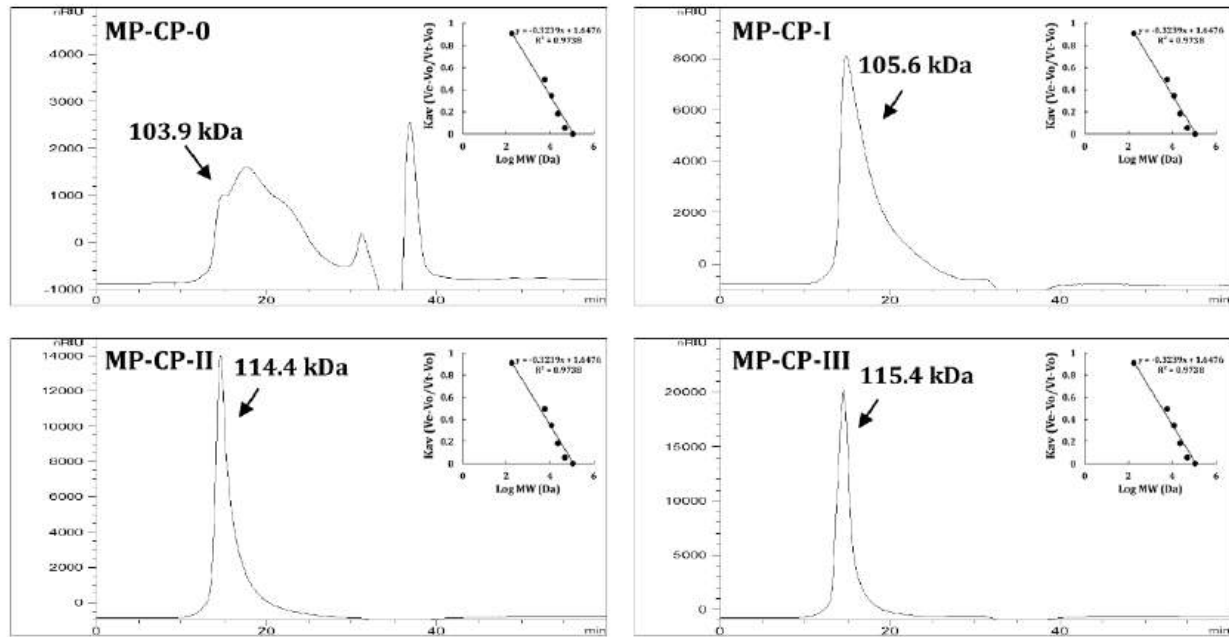


Fig. 6. Molecular weight chromatograms of subfractions from MP-CP by DEAE-Sepharose CL-6B (Cl^- form) of anion-exchange chromatography.

Table 2. Chemical properties of subfractions from MP-CP by ion-exchange chromatography

Composition content (%)	MP-CP subfraction			
	CP-0	CP-I	CP-II	CP-III
Neutral sugar	93.9±2.0 ^a	32.4±0.8 ^b	33.3±0.7 ^b	45.4±3.3 ^b
Uronic sugar	3.4±0.2 ^b	65.3±6.4 ^a	66.6±3.1 ^a	54.3±5.0 ^a
Protein	2.3±0.1 ^{bc}	0.8±0.1 ^c	0.0±0.0 ^c	0.2±0.0 ^c
Polyphenol	0.4±0.0 ^c	0.1±0.0 ^c	0.1±0.0 ^c	0.1±0.0 ^c
Component sugar (mol %)				
Mannose	5.2±0.0	0.3±0.0	-	-
Rhamnose	0.6±0.0	0.6±0.0	1.5±0.0	10.7±0.0
Glucuronic acid	-	0.6±0.1	0.9±0.0	-
Galacturonic acid	-	82.3±0.2	85.4±0.2	62.1±0.4
Glucose	21.0±0.0	2.5±0.0	1.0±0.0	2.0±0.1
Galactose	15.3±0.1	6.5±1.0	4.9±0.0	10.4±0.1
Xylose	6.4±0.1	2.4±0.1	1.4±0.0	4.3±0.0
Arabinose	49.4±0.0	4.3±0.0	4.3±0.1	9.8±0.2
Fucose	2.0±0.1	0.5±0.0	0.5±0.0	0.4±0.1

All results of composition contents are expressed as mean±S.D. for three independent experiments. Different letters within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

로 분획하였을 때, MP-CP는 다른 분획에 비해 현저히 우수한 활성을 보였다. 더 나아가, 대식세포 활성 조다당인 MP-CP는 DEAE-Sepharose CL-6(Cl^- form)를 통해 4개의 분획(MP-CP-0, -I, -II 및 -III)로 분획한 결과, 대식세포 자극을 담당하는 활성 분획은 MP-CP-III로 확인되었다. 활성 분획인 MP-CP-III는 거의 정제된 단일 피크(약 115 kDa)로 보였으며, 주 구성당은 galacturonic acid, rhamnose, galactose 및 arabinose로 펙틴-유사 다당류임을 나타냈다. 결론적으로, 꽃사과에서 분획된 다당류는 대식세포 활성화를 촉진하여 면역자극제로서의 산업적 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

2025년 국립한국교통대학교 지원을 받아 수행하였습니다.

References

- Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal Biochem* 54:484-489
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem* 72:248-254
- Cha HY, Park HR, Shin KS. 2021. Immunostimulatory activity

- and structural characteristics of neutral polysaccharides isolated from ginseng leaves fermented by *Cordyceps sinensis*. *Korean J Food Sci Technol* 53:570-577
- Cha JH, Kim YS, Lee EM. 2010. Effects of *Prunellae spica* water extract on immune response in macrophage cells. *J Korean Obstet Gynecol* 23:91-100
- Cho CW. 2013. Immunoregulatory mechanism of polysaccharides from natural plant resources. *Bull Food Technol* 26:178-187
- Cho EJ, Kim YE, Byun EH. 2018. Immunomodulatory activities of polysaccharides extracted from *Cudrania tricuspidata* fruits in macrophage. *Korean J Food Sci Technol* 50:511-516
- Cho KH, Kim JH, Lee JW, Kwon SI, Park JT, Shin IS, Kim SH, Kim DH, Choi IM. 2014. Identification of self-incompatibility genotypes in apple and crabapple cultivars by s-allele specific PCR analysis. *Korean J Breed Sci* 46:364-371
- Choi WJ, Hong JS. 2022. A study on the perception of health functional foods: Focusing on the age group of 20s. *J Converg Cult Technol* 8:137-145
- Deshmane SL, Kremlev S, Amini S, Sawaya BE. 2009. Monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1): An overview. *J Interf Cytok Res* 29:313-326
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28:350-356
- Gotoh S, Kitaguchi K, Yabe T. 2021. Involvement of the complex polysaccharide structure of pectin in regulation of biological functions. *Rev Agric Sci* 9:221-232
- Ha YM, Shim KK. 1995. Selection of new crabapple cultivars as pollinizers for apple orchard. *J Korean Soc Hortic Sci* 36:281-291
- Han M, Li G, Liu X, Li A, Mao P, Liu P, Li H. 2019. Phenolic profile, antioxidant activity and anti-proliferative activity of crabapple fruits. *Hortic Plant J* 5:155-163
- Honda S, Akao E, Suzuki S, Okuda M, Kakehi K, Nakamura J. 1989. High-performance liquid chromatography of reducing carbohydrates as strongly ultraviolet-absorbing and electrochemically sensitive 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone derivatives. *Anal Biochem* 180:351-357
- Hong S. 2005. Development of immunostimulation materials from rice bran. *Food Ind Nutr* 10:42-47
- Jeong WB, Shin HY, Kim HW, Shin JY, Shin KS, Yu KW. 2024. Immunostimulatory activity of enzymatic hydrolysates derived from crude polysaccharides of *Astragalus membranaceus*. *Korean J Food Nutr* 37:282-291
- Jin M, Zhao K, Huang Q, Xu C, Shang P. 2012. Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) diels: A review. *Carbohydr Polym* 89:713-722
- John KMM, Enkhtaivan G, Kim JJ, Kim DH. 2014. Metabolic variation and antioxidant potential of *Malus prunifolia* (wild apple) compared with high flavon-3-ol containing fruits (apple, grapes) and beverage (black tea). *Food Chem* 163:46-50
- Jung C. 2021. Integrated pollinator-pest management (IPPM) strategy as future apple IPM. *Korean J Entomol Biol* 60:145-154
- Jung DY, Ha HK, Lee HY, Lee JA, Lee JK, Huang DS, Shin HK. 2010. Stimulation of the immune response by herbal formulas for wind-cold and heat pain symptom. *J Physiol Pathol Korean Med* 24:616-623
- Kang JR, Kim GM, Shin JH. 2022. Anti-inflammatory activities of polysaccharides isolated from *Aloe saponaria* Haw grown in Namhae. *Food Sci Preserv* 29:1189-1200
- Kim D, Kwon S, Han K, Ji I. 2021. Analysis of consumers' characteristic factors affecting the intake of health functional food. *Korean Soc Food Mark* 38:23-42
- Kim DS, Shin KS. 2014. Chemical property and macrophage stimulating activity of polysaccharides isolated from brown rice and persimmon vinegars. *Korean J Food Nutr* 27:1033-1042
- Kim H, Jeong JH, Jeong HS, Hwang JH, Yu KW. 2011. Active polysaccharide and immune enhancement of *Ganoderma lucidum* mycelium cultured in mushroom complete medium supplemented with ginseng extract. *Korean J Food Sci Technol* 43:633-640
- Kim H, Suh HJ, Shin JY, Hwang JH, Yu KW. 2016. Physiological activity of roasted coffee prepared from fermented green coffee bean with *Monascus ruber* mycelium. *Korean J Food Nutr* 29:1-11
- Kim JK, Kim JH, Park DK, Lee YH. 2012. U-health platform based health management service model using context information. *J Digit Converg* 10:185-192
- Kim JY, Kang HI, Park KU, Moon KD, Lee SD, Cho SH, Wee JJ, Kyung JS, Song YB, Seo KI. 2004. Antioxidative and antitumor activities of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1589-1593
- Kweon HJ, Park MY, Song YY, Son KM, Sagong DH. 2016. Influence of temperature and plant growth regulators on pollen germination and pollen tube growth of apple cultivars bred in Korea. *J Bio-Environ Control* 25:184-192
- Lee KH, Yu KW, Bae YJ, Joo GY, Kim CY. 2022. Comparison

- of amino acid, mineral compositions and antioxidant activity of apple and crab apple. *Korean J Food Nutr* 35:353-358
- Li Y, Sun H, Li J, Qin S, Niu Z, Qiao X, Yang B. 2021. Influence of genetic background, growth latitude and bagging treatment on phenolic compounds in fruits of commercial cultivars and wild types of apples (*Malus* sp.). *Eur Food Res Technol* 247:1149-1165
- Lin P, Chen L, Huang X, Xiao F, Fu L, Jing D, Wang J, Zhang H, Sun L, Wu Y. 2022. Structural characteristics of polysaccharide GP2a in *Gardenia jasminoides* and its immunomodulatory effect on macrophages. *Int J Mol Sci* 23:11279
- López-García J, Lehocý M, Humpolíček P, Sáha P. 2014. HaCaT keratinocytes response on antimicrobial atelocollagen substrates: Extent of cytotoxicity, cell viability and proliferation. *J Funct Biomater* 5:43-57
- Minzanova ST, Mironov VF, Arkhipova DM, Khabibullina AV, Mironova LG, Zakirova YM, Milyukov VA. 2018. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: a review. *Polymers* 10:1407
- Palin R, Geitmann A. 2012. The role of pectin in plant morphogenesis. *Biosystems* 109:397-402
- Park WY, Sung NY, Park YJ, Ryu GH, Kim MH, Cho EJ, Kim YE, Byun EH. 2016. Immuno-modulatory activities of polysaccharides separated from *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* in macrophage cells. *Korean J Food Nutr* 29:431-437
- Paulsen BS. 2001. Plant polysaccharides with immunostimulatory activities. *Curr Org Chem* 5:939-950
- Popov SV, Ovodov YS. 2013. Polypotency of the immunomodulatory effect of pectins. *Biochem Mosc* 78:823-835
- Ren Y, Bai Y, Zhang Z, Cai W, Del Rio Flores A. 2019. The preparation and structure analysis methods of natural polysaccharides of plants and fungi: A review of recent development. *Molecules* 24:3122
- Shin HY, Kim H, Jeong EJ, Kim HG, Lee KH, Bae YJ, Yu KW. 2021a. Evaluation of the physiological activity and identification of the active ingredients of crab apple (*Malus prunifolia* Borkh.) extracts. *Korean J Food Nutr* 34:477-486
- Shin HY, Kim H, Shin JY, Lee SJ, Yu KW. 2021b. The physiological activity of crude polysaccharide solvent extracted from herbal medicine mixture. *Korean J Food Nutr* 34:36-46
- Shin HY, Kim YS, Kim H, Lee KH, Bae YJ, Moon SK, Shin KS, Suh HJ, Yu KW. 2024a. *In vitro* and *in vivo* effects of pectin-type polysaccharides isolated from crabapples (*Malus prunifolia*) on inflammatory colitis models. *Int J Food Sci Technol* 59:7334-7345
- Shin HY, Kim YS, Shin KS, Han SH, Suh HJ, Yu KW. 2024b. Effect of rhamnogalacturonan-I-rich polysaccharides isolated from crabapple hydrolysates on IL-1 β -induced inflammation in intestinal epithelial cells. *Int J Biol Macromol* 277:134240
- Shin YA, Park HR, Hong HD, Shin KS. 2012. Immunostimulating activities of polysaccharide fractions isolated from persimmon leaves. *Korean J Food Nutr* 25:941-950
- Son K, Choi DG, Kwon SI, Kim BO, Choi C, Kang IK. 2013. Selection of crabapple pollinizers for 'Fuji' apple through physiological and genetic analysis. *J Bio-Environ Control* 22:116-122
- Son SU, Lee HW, Shin KS. 2023. Immunostimulating activities and anti-cancer efficacy of rhamnogalacturonan-I rich polysaccharide purified from *Panax ginseng* leaf. *Food Biosci* 53:102618
- Son SU, Lee SJ, Shin KS. 2022. Immunostimulating and intracellular signaling pathways mechanism on macrophage of rhamnogalacturonan-I type polysaccharide purified from radish leaves. *Int J Biol Macromol* 217:506-514
- Tang X, de Vos P. 2025. Structure-function effects of different pectin chemistries and its impact on the gastrointestinal immune barrier system. *Crit Rev Food Sci Nutr* 65:1201-1215
- Tursun X, Zhao Y, Talat Z, Xin X, Tursun A, Abdulla R, AkberAisa H. 2016. Anti-inflammatory effect of *Rosa rugosa* flower extract in lipopolysaccharide-stimulated RAW264.7 macrophages. *Biomol Ther* 24:184-190
- Usta C, Bedel A, Kurtoğlu AU, Kurtoğlu E. 2016. Effects of crabapple (*Malus sylvestris*) on blood glucose and lipid levels in diabetic rats. *J Food Nutr Res* 4:148-151
- Wicker L, Kim Y, Kim MJ, Thirkield B, Lin Z, Jung J. 2014. Pectin as a bioactive polysaccharide - extracting tailored function from less. *Food Hydrocoll* 42:251-259
- Yamada H. 1996. Contribution of pectins on health care. *Prog Biotechnol* 14:173-190
- Yu AR, Park HY, Choi IW, Park YK, Hong HD, Choi HD. 2012. Immune enhancing effect of medicinal herb extracts on a RAW 264.7 macrophage cell line. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1521-1527
- Zhao Y, Yan B, Wang Z, Li M, Zhao W. 2020. Natural polysaccharides with immunomodulatory activities. *Mini Rev Med Chem* 20:96-106

Received 26 August, 2025

Revised 19 September, 2025

Accepted 30 September, 2025

Artemisia argyi 잎 추출물의 난소 절제 유도 골다공증 완화 효과

정지원 · 권은영* · 김도연** · †신수경***

경북대학교 식품영양학과 대학원생, *경북대학교 식품영양학과 교수,
경북대학교 식품영양학과 학사, *경북대학교 식품영양유전체 연구센터 연구교수

Artemisia argyi Leaf Extract Alleviates Osteoporosis in the Ovariectomy-Induced Mice

Jiwon Jeong, Eun-Young Kwon*, Kim Doyeon** and †Su-Kyung Shin***

Graduate Student, Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

*Professor, Dept. of Food Science and Nutrition, Center for Food and Nutritional Genomics Research, Center for Beautiful Aging,
Dept. of Advanced Biocomvergence, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

**Bachelor's Degree, Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

***Research Professor, Center for Food and Nutritional Genomics Research, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract

This study examined the impact of *Artemisia argyi* extract (AE) on bone health using a mouse model of ovariectomy (OVX)-induced osteoporosis. A total of seven sham-operated mice and twenty-one OVX mice were assigned to three groups: control (OVX), estradiol-treated (E2, 10 µg/kg), and AE-treated (100 mg/kg). The treatment lasted for 12 weeks, during which body weight, food intake, hindlimb thickness, grip strength, and various bone parameters were recorded. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) was employed to evaluate body composition, bone mineral content (BMC), and bone mineral density (BMD). The administration of AE significantly increased BMC and BMD compared to the OVX group, with no notable changes in body composition. Although AE did not enhance hindlimb thickness, it did significantly improve grip strength. These findings indicate that AE selectively promotes bone metabolism and may serve as a potential functional food component for preventing osteoporosis in postmenopausal women.

Key words: *Artemisia argyi*, ovariectomy, bone mineral density, osteoporosis, phytoestrogen

서론

폐경은 여성 생애 주기에서 중요한 전환점으로, 난소 기능의 상실로 인해 여성호르몬인 에스트로겐의 분비가 급격히 감소하면서 다양한 생리적 변화가 동반된다(Camporez 등 2013). 특히, 폐경 이후에는 골무기질량(bone mineral content, BMC) 및 골밀도(bone mineral density, BMD)가 빠르게 감소하며, 골다공증 발생 위험이 현저히 증가하고, 동시에 골격근량(skeletal muscle mass) 감소와 근력 저하로 이어지는 근감소증(sarcopenia)도 함께 발생할 수 있어, 여성의 삶의 질 저하와 낙상 및 골절 등 심각한 건강 문제로 이어질 수 있다(Black & Rosen 2016; Charde 등 2023).

이러한 골감소증 및 근감소증을 예방하고 개선하기 위한 다양한 접근이 시도되고 있으며, 특히 폐경 후 골다공증(postmenopausal osteoporosis) 예방을 위한 기능성 식품소재 개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 이와 같은 생리적 변화를 반영할 수 있는 난소절제(ovariectomy, OVX) 모델은 에스트로겐 결핍에 의한 골 손실 및 근감소증 유도를 통해 폐경 후 여성의 상태를 모사할 수 있는 대표적인 전임상 동물 모델로 널리 활용되고 있다(Yousefzadeh 등 2020; María 등 2024).

애엽(*Artemisia argyi*)은 국화과에 속하는 다년생 식물로, 한의학적으로는 부인병 치료 및 지혈제 등으로 오랜 기간 사용되어 왔으며, 최근에는 다양한 생리활성 성분이 함유된 식물로서 기능성 식품 개발의 원료로 주목받고 있다(Wang 등

† Corresponding author: Su-Kyung Shin, Research Professor, Center for Food and Nutritional Genomics Research, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea. Tel: +82-53-950-6232, Fax: +82-53-950-6229, E-mail: ssk1210@knu.ac.kr

2024). 특히 *Artemisia* 속 식물은 항산화, 항염증, 항암, 간 보호 및 항균 활성을 포함한 다양한 생리학적 효과가 보고되어 있으며(Kim JS 2016a; Kim JS 2016b), 일부 연구에서는 phytoestrogen-like 활성을 가진 성분이 존재함이 밝혀져, 에스트로겐 결핍과 관련된 질환의 예방 또는 보완 치료에 활용 가능성이 제기되고 있다(Zhang 등 2023; Inpan 등 2024).

본 연구팀은 이전에 식이유도비만 마우스 모델에서 *Artemisia argyi* 추출물이 염증 억제를 통한 항비만 효과를 나타냄을 보고한 바 있다(Han 등 2022). 그러나 기존 연구는 주로 대사질환 개선 효과에 국한되었으며, 골 건강 개선 효과에 대해서는 아직 명확히 규명되지 않았다. 이에 본 연구에서는 OVX로 유도된 골다공증 마우스 모델을 이용하여 *Artemisia argyi* 추출물(AE)의 골 건강 개선 효과를 평가하고, 폐경기 여성의 골다공증 개선을 위한 기능성 식품 소재로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육 조건

실험동물은 8주령의 C57BL/6J 암컷 마우스를 사용하였으며, 난소 절제 모델(OVX model) 21마리와 난소 비절제 모델(sham model) 7마리를 중앙실험동물(서울, 대한민국)에서 구입하여 10일간 일반 사료(Lab chow)로 적응시켰다. 난소 절제군은 난소 절제 대조군(OVX, n=7), estradiol(10 µg/kg) 투여군(E2, n=7) 및 *Artemisia argyi* extract(100 mg/kg) 투여군(AE, n=7)으로 분류하였다. OVX 마우스는 수술 2주 후부터 실험을 시작하여 총 12주간 사육하였다. Estradiol과 애엽 추출물은 멸균 증류수에 용해하여 투여액을 조제한 후, 체중에 맞추어 존데(gavage)를 이용하여 경구 투여하였다. 모든 동물은 12시간 명암주기(12 h light/dark cycle), 온도 22±2°C, 습도 50±10%의 조건에서 사육되었으며, 사료와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다. 본 연구는 경북대학교 동물실험윤리위원회의 승인(승인번호: 2024-0274)을 받아 수행되었다.

2. Artemisia argyi extract 준비

애엽(*Artemisia argyi*)은 영천의 본초원에서 구입하였으며, 지상부 건조사로 300 g에 시료 대비 10배 용량의 증류수를 첨가하여 100°C에서 2시간 동안 열수 추출을 실시하였다. 추출액은 여과지(Hyundai Micro, No. 22, 285 mm)를 이용하여 여과한 후, 감압농축기(EYELA, Japan)를 사용하여 용매를 제거하였다. 농축액은 동결건조(freeze-drying) 과정을 거쳐 분말을 확보하였으며, 최종 수율은 13.2%였다. 이렇게 얻어진 추출물은 실험에 사용하기 전까지 -80°C에서 보관하였다.

3. 체중, 식이섭취량 측정 및 시료 수집

체중과 식이섭취량은 실험 기간 동안 2주 간격으로 측정하

였다. 마우스의 체중 변화 및 일일 체중 증가량은 개체별로 기록하였고, 식이 섭취량은 그룹당 평균값으로 분석하였다.

사육이 끝난 실험동물은 12시간 동안 절식시킨 후, 복부 하대정맥에서 공복 혈액을 채취하였다. 혈액은 채취 전 헤파린으로 처리한 후, 1,000×g, 4°C에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였고, 시료는 분석 시까지 -70°C에 보관하였다. 실험동물의 장기(간, 지방조직, 자궁, 근육, 뼈)는 PBS 용액에 수차례 헹군 후, 혈액 및 수분을 제거하여 칭량하였다.

4. 혈장 지질 농도 분석

희석 후 채취한 공복 혈장 중성지방 및 총콜레스테롤 농도는 아산제약(아산제약, AM157S, AM202, Korea)의 효소 kit를 사용하여 측정하였다.

5. 허벅지 근육 두께 및 인장력 측정

실험 종료 주차(12주차)에 허벅지 근육 두께를 디지털 캘리퍼(Bluetec BD500, Korea)를 이용하여 좌우 다리 각각 측정하였다. 인장력(grip strength)은 Digital force gauge(FGJN, JM Instruments corp, Korea)를 사용하여 3일간 적응 후 측정하였으며, 각 마우스가 grip grid를 잡은 상태에서 수평으로 당겼을 때의 최대 힘을 기록하고, 이를 체중(g)으로 보정하여 N/g BW 단위로 환산하였다.

6. 체성분 및 골밀도 분석(DXA)

실험 종료 후 마우스를 대상으로 이중에너지 X선 흡수법(Dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)을 이용하여 체성분(제지방량 및 체지방량)과 골무기질량(BMC), 골밀도(BMD)를 측정하였다. DXA 분석은 전신을 대상으로 수행되었으며, 각 마우스의 대표 이미지를 확보하여 분석에 활용하였다.

7. 통계 분석

모든 실험 데이터는 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences, Version XX, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 분석하였다. 각 결과는 평균±표준오차(mean±S.E.M)로 나타내었으며, 군 간 차이를 검정하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 사후분석으로는 Tukey test를 이용하여 군 간 다중비교를 수행하였고, OVX군 대비 각 처리군의 효과를 확인하기 위해 Dunnett test를 추가적으로 적용하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p<0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 변화 및 식이섭취량

12주간의 사육 기간 동안 체중 변화를 모니터링한 결과,

OVX군은 Sham군에 비해 실험 시작 시점부터 종료 시점까지 유의적으로 높은 체중을 유지하였다(Fig. 1A). E2 투여군에서는 6주차 이후부터 OVX군 대비 체중이 유의적으로 감소하였으나, AE 투여군에서는 OVX군과 비교하여 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다. 최종 체중과 일일 체중 증가량 역시 동일한 경향을 보였다(Fig. 1B, 1C). 식이섭취량은 OVX군이 Sham군보다 유의적으로 높았으나, OVX군과 AE 또는 E2 투여군 간에는 유의한 차이가 없었다(Fig. 1D). 이에 따른 식이 효율(food efficiency ratio)은 E2 투여군에서만 유의적으로 감소하였으며, AE군에서는 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 1E).

이러한 결과는 OVX에 의해 유도된 체중 증가는 에스트로겐 결핍으로 인한 기초대사량 감소 및 체지방 축적 증가와 관련됨을 시사한다. 에스트로겐은 대사 항상성 유지에 중요한 호르몬으로, 그 손실은 포도당 대사 및 체성분 변화에 부정적 영향을 미친다는 사실이 임상 및 동물 연구에서 일관되게 보고된 바 있다(Rogers 등 2009; Camporez 등 2013). 본 연구에서도 E2 투여 시 체중 조절 효과가 나타나, 이러한 역할을 재확인할 수 있었다. 반면, AE는 체중 및 식이섭취 조절에

는 뚜렷한 영향을 보이지 않아, AE의 주요 효능이 에너지 대사보다는 다른 조직 특이적 기능, 특히 골대사에 집중될 가능성을 뒷받침한다.

2. 혈중 지질 농도

혈중 지질 분석 결과, OVX군은 Sham군에 비해 TG 및 TC 농도가 모두 유의적으로 증가하였다(Fig. 2A, 2B). E2 투여군에서는 두 지표 모두 유의하게 개선되었으나, AE 투여군은 TG에서는 OVX군과 차이가 없었으나, TC에서는 OVX군 대비 Dunnett test에서 유의한 감소가 확인되었다(Fig. 2B). 이러한 결과는 AE가 지질대사 전반에는 제한적인 영향을 보이지만, 부분적으로 혈중 콜레스테롤 개선에 기여할 가능성을 시사한다. 이는 에스트로겐 결핍이 지질대사 불균형을 유도하여 체지방 축적 및 이상지질혈증을 야기한다는 기존 보고와 일치하며(Park 등 2017), E2 보충이 이러한 대사적 변화를 효과적으로 정상화함을 보여준다. 반면, AE는 지질대사 조절에는 관여하지 않는 것으로 보이며, 이는 AE의 주요 작용점이 골대사 개선임을 다시 시사한다.

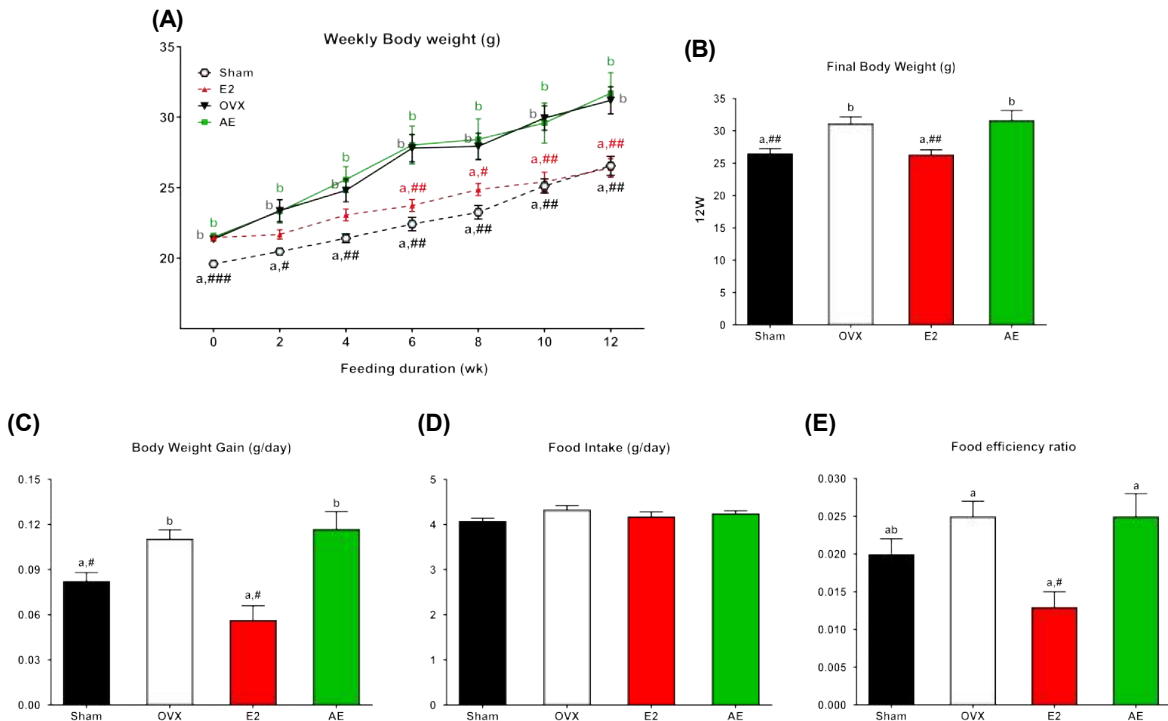


Fig. 1. Effects of *Artemisia argyi* extract on body weight regulation in an OVX mouse model. (A) Weekly body weight. (B) Final body weight. (C) Body weight gain. (D) Food intake. (E) Food efficiency ratio. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a,b}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: #*p*<0.05, ###*p*<0.01, ###*p*<0.001. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10µg/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg).

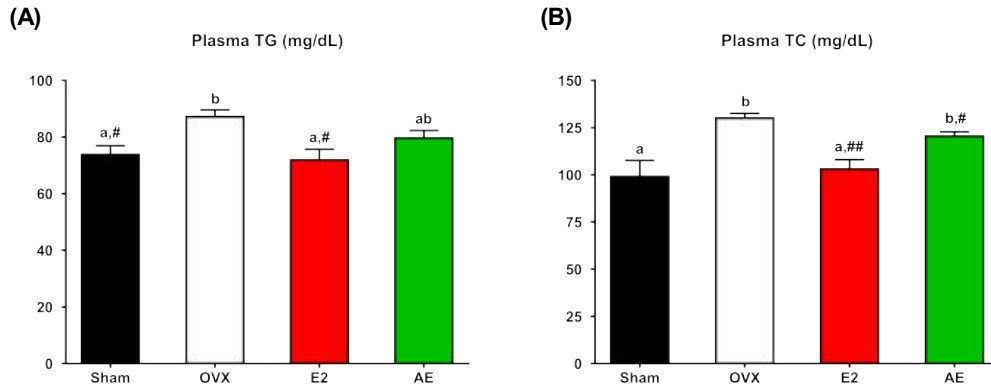


Fig. 2. Effects of *Artemisia argyi* extract on plasma TG and TC in an OVX mouse model. (A) Plasma TG. (B) Plasma TC. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a,b}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: #*p*<0.05, ##*p*<0.01, ###*p*<0.001. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10µg/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg); TG, triglyceride; TC, total-cholesterol.

3. 조직 무게

OVX군은 Sham군에 비해 간 무게가 감소하는 경향을 보였으나, 유의성은 없었다. E2 투여에 의해 간 조직 무게가 OVX군에 비해 유의적으로 증가하였는데, 이는 E2군의 체중 감소로 인해 도출된 결과이다(Table 1). OVX군의 백색 지방 조직은 모든 부위에서 Sham군에 비해 유의적으로 증가하였으며, E2 투여군에서는 모든 지방 조직 무게가 OVX군에 비해 유의적으로 감소하여 Sham군 수준으로 회복되었다. AE 투여군은 OVX군 대비 감소 경향을 보였으나, 전반적으로

E2에 비해 그 효과는 제한적이었다. 자궁 무게 또한 E2군에서 Sham군의 수준만큼 회복한 것에 비해 AE 투여군에서는 OVX군과 유사한 수준을 유지하여 에스트로겐 활성은 관찰되지 않았다(Table 1).

OVX 모델에서 지방조직 축적과 자궁 위축이 나타나는 것은 에스트로겐 결핍의 전형적인 결과로 보고되어 있으며 (Rogers 등 2009), 본 연구에서도 OVX군에서 총 WAT가 약 2배 증가하고, 자궁 무게가 현저히 감소하는 양상이 관찰되었다. E2 보충은 이러한 변화를 정상화하여 에스트로겐의 대

Table 1. The effects of *Artemisia argyi* extract on organ weight in an OVX mouse model

(g/100g BW)	Sham	OVX	E2	AE
Liver	3.44±0.05 ^{ab}	3.18±0.13 ^a	3.56±0.04 ^b	3.42±0.09 ^{ab}
Epididymal WAT ¹⁾	3.29±0.19 ^{b###}	5.61±0.29 ^c	1.75±0.20 ^{a###}	4.83±0.43 ^c
Perirenal WAT ¹⁾	0.13±0.02 ^{###}	0.28±0.01 ^b	0.15±0.02 ^{###}	0.24±0.03 ^b
Retroperitoneal WAT ¹⁾	0.63±0.04 ^{###}	1.46±0.09 ^b	0.43±0.07 ^{a###}	1.28±0.17 ^b
Mesenteric WAT ¹⁾	1.06±0.05 ^{ab###}	1.89±0.11 ^c	0.82±0.05 ^{a###}	1.46±0.17 ^b
Visceral WAT ¹⁾²⁾	5.02±0.28 ^{###}	9.25±0.43 ^b	3.27±0.34 ^{a###}	7.97±0.80 ^b
Subcutaneous WAT ¹⁾	1.67±0.11 ^{###}	2.96±0.17 ^b	1.27±0.08 ^{a###}	2.71±0.27 ^b
Total WAT ¹⁾³⁾	6.73±0.39 ^{b###}	12.21±0.55 ^c	4.43±0.45 ^{a###}	10.37±1.02 ^c
Uterus	0.45±0.06 ^{b###}	0.08±0.01 ^a	0.47±0.06 ^{b###}	0.11±0.02 ^a

Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a-c}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: #*p*<0.05, ##*p*<0.01, ###*p*<0.001. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10µg/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg); 1) WAT, white adipose tissue; 2) Visceral WAT = epididymal + perirenal + retroperitoneal + mesenteric WAT; 3) Total WAT = visceral + subcutaneous WAT.

사 및 생식 조직 보호 효과를 입증하였다(Park 등 2017).

DXA 분석을 통한 체성분 측정에서 OVX군은 Sham군 대비 제지방량 감소, 체지방량 증가, 체지방/제지방 비율 증가를 보였다(Fig. 3A-C). E2 투여군은 제지방량 증가 및 체지방 감소를 통해 유의한 개선 효과를 나타낸 반면, AE 투여군은 OVX군과 유의한 차이를 보이지 않았다.

이러한 결과는 OVX 모델에서 나타나는 전형적 대사 변화로, 에스트로겐 보충이 체성분 변화를 효과적으로 정상화하는 반면, AE는 체성분 조절 효과가 제한적임을 확인할 수 있었다. 이는 AE의 효능이 에너지 대사보다는 골대사에 더 특이적으로 작용할 가능성을 지지한다.

4. 허벅지 근육 두께 및 인장력

먼저, 동물의 부위별 근육 조직 무게를 살펴보면, OVX군은 Sham군에 비해 비복근, 전경골근, 가자미근 및 대퇴사두근 등 모든 주요 근육 무게가 유의적으로 감소하였다(Fig. 4A-4D). 이에 따라 총 근육량 역시 뚜렷하게 줄어들었으며, 이는 OVX에 의해 근위축이 유도되었음을 보여준다. E2 투여군은 이러한 근육량 감소를 유의적으로 회복시킨 반면, AE 투여군에서는 OVX군과 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4).

OVX군은 Sham군에 비해 좌우 허벅지 근육 두께가 유의하게 감소하였으며, E2 투여군에서는 이러한 감소가 뚜렷하게 회복되었다(Fig. 5A, 5B). 그러나 AE 투여군은 OVX군과 비교하여 근육 두께 변화가 나타나지 않았다. 이 결과는 근육 무게 결과와 일치하며, OVX군에서 주요 근육 무게가 모두 감소한 것은 에스트로겐 결핍이 ubiquitin - proteasome 경로를 통해 단백질 분해를 촉진하여 근위축을 유도한다는 선행연구와 일치한다(Pang 등 2023). 또한, 폐경 후 여성에서 근육 감소와 근력 저하가 보고된 바 있어(Black & Rosen 2016),

본 연구 결과는 폐경 후 근감소증 모델로서 OVX 쥐의 타당성을 다시 보여준다. E2 보충군에서는 이러한 근육량 감소가 회복되었으나, AE는 유의한 효과를 보이지 않아, 근육량 증가는 제한적임을 알 수 있었다. 이는 AE의 작용 기전이 근육보다는 뼈 대사에 집중되어 있을 가능성을 시사한다.

한편, 흥미롭게도 근력 지표인 인장력(grip strength)에서는 AE 투여군이 OVX군 대비 유의한 개선을 보였다(Fig. 5C). 이는 AE가 근육량 증가보다는 기능적 개선에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 이러한 결과는 *Artemisia argyi* 추출물을 노령 쥐에 장기간 투여했을 때 근력이 강화되었다는 선행 연구(Ho 등 2022)와도 일치하며, AE가 근감소증의 기능적 측면에서 잠재적 효능을 가질 수 있음을 보여준다.

5. 골무기질량 및 골밀도

OVX군은 Sham군에 비해 좌우 대퇴골 및 경골 무게가 모두 유의적으로 감소하였다(Fig. 6). E2 투여군에서는 모든 뼈 무게가 유의적으로 회복되었으며, AE 투여군에서는 효능이 관찰되지 않았다.

본 연구에서 OVX군의 대퇴골 및 경골 무게 감소는 OVX 모델에서 나타나는 전형적인 골무기질 손실을 잘 반영한다(Yousefzadeh 등 2020). E2 투여군에서 뼈 무게가 회복된 것은 에스트로겐의 강력한 골대사 보호 효과를 재확인한 것이다(Maria 등 2024).

DXA 기반 골 분석 결과, OVX군은 Sham군 대비 골무기질량(BMC)과 골밀도(BMD)가 모두 유의적으로 감소하였다(Fig. 7). 예상대로 E2 투여 시 두 인자가 유의하게 회복되었으며, 주목할 점은 AE 투여군에서도 OVX군 대비 골무기질량과 골밀도가 모두 유의하게 증가하였다.

본 연구에서 AE 투여는 뼈 무게 변화는 상대적으로 제한

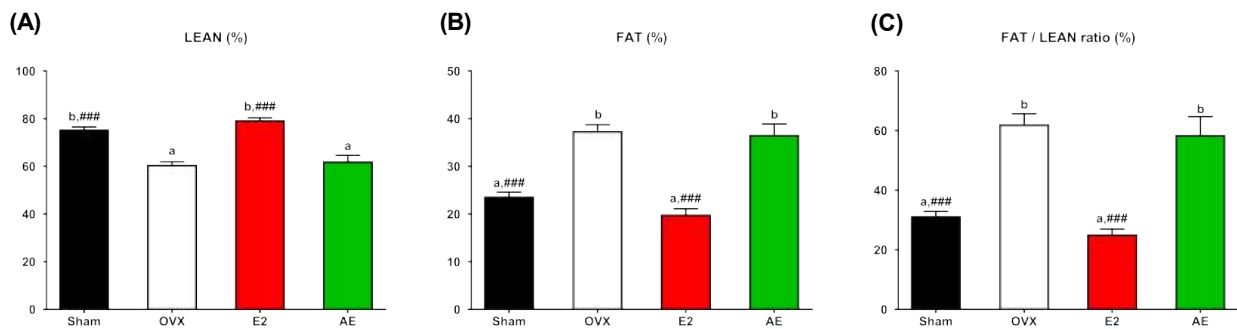


Fig. 3. Effects of *Artemisia argyi* extract on muscle weight in an OVX mouse model. (A) LEAN (%). (B) FAT (%). (C) FAT / LEAN (%). Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a,b}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: #*p*<0.05, ##*p*<0.01, ###*p*<0.001. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10μg/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg).

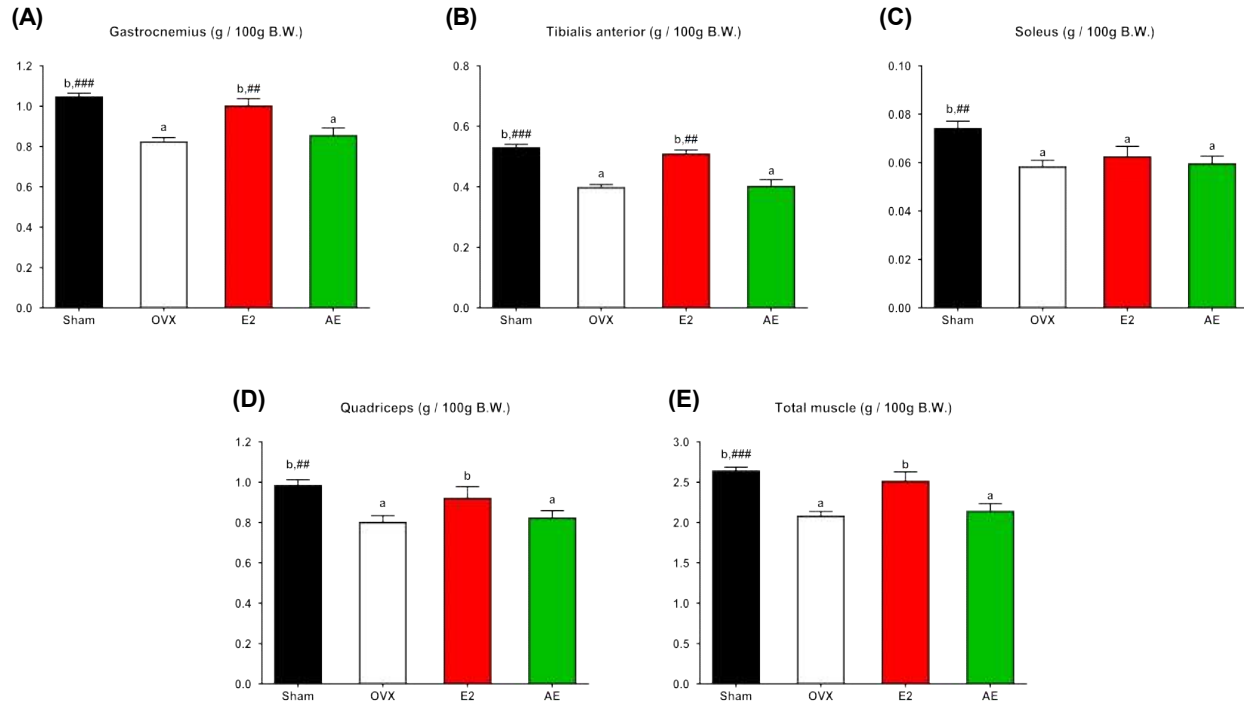


Fig. 4. Effects of *Artemisia argyi* extract on muscle weight in an OVX mouse model. (A) Gastrocnemius. (B) Tibialis anterior. (C) Soleus. (D) Quadriceps. (E) Total muscle. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a,b}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: # $p<0.05$, ## $p<0.01$, ### $p<0.001$. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10 μ g/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg); Total muscle = Gastrocnemius + Tibialis anterior + Soleus + Quadriceps.

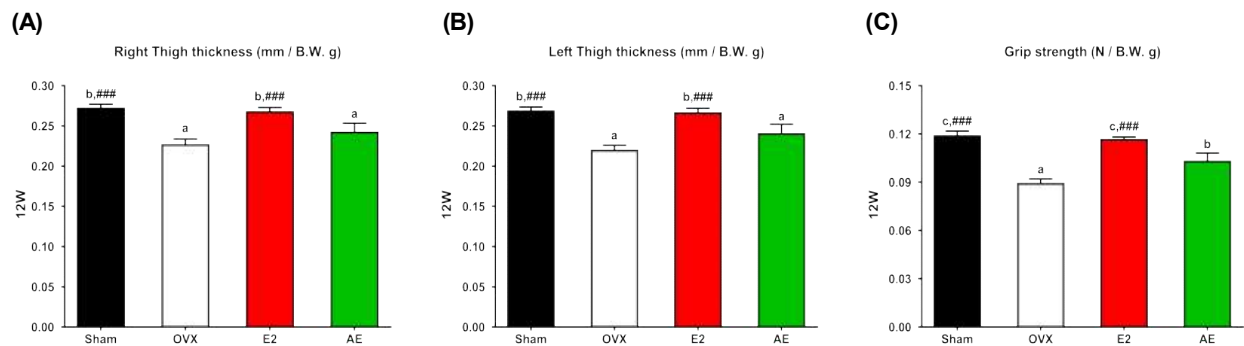


Fig. 5. Potential impact of *Artemisia argyi* extract on skeletal muscle in an OVX mouse model. (A) Right thigh thickness. (B) Left thigh thickness. (C) Grip strength. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a-c}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: # $p<0.05$, ## $p<0.01$, ### $p<0.001$. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10 μ g/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg).

적이었으나, BMC와 BMD를 유의적으로 개선하였는데, 이러한 불일치는 측정 지표의 차이에서 기인할 수 있다. 뼈 무게

는 절제된 뼈의 전체 체중을 바탕으로 계측한 값으로, 무기질뿐만 아니라 유기질(예: 콜라겐)과 수분 함량까지 포함한

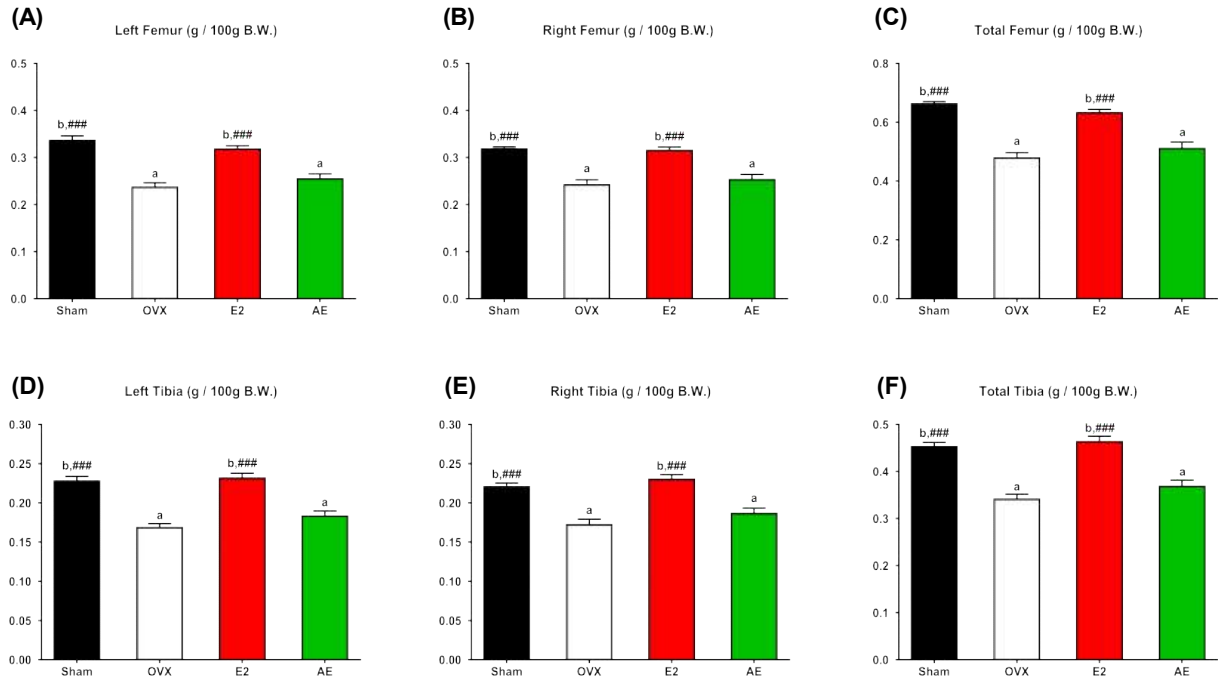


Fig. 6. Effects of *Artemisia argyi* extract on bone weight in an OVX mouse model. (A) Left Femur. (B) Right Femur. (C) Total Femur. (D) Left Tibia. (E) Right Tibia. (F) Total Tibia. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a-c}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$, ### $p < 0.001$. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10 μ g/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg).

다. 따라서 무기질 침착이 부분적으로 증가하더라도, 전체 무게 변화로 연결되지 않을 수 있다. 반면, DXA로 측정된 BMC와 BMD는 뼈 내 무기질 성분에 특화된 정밀 지표이므로, AE가 칼슘 침착 등 무기질 대사에 직접적으로 기여했음을 민감하게 검출할 수 있었다. 실제로 OVX 모델을 이용한 선행연구에서 Isoflavone 보충이 bone weight의 변화는 뚜렷하지 않으면서도, DXA나 micro-CT 지표에서 골 질적 개선 효과가 보고된 바 있다(Inpan 등 2024). 또한, *Artemisia argyi*가 estrogen 수치 유지 및 대사 개선에 기여한다는 최근 보고(Zhang 등 2023)와도 맥락을 같이 한다. DXA 분석으로 AE의 골밀도 개선 효과는 AE가 폐경 후 골다공증 완화용 기능성 소재로 활용될 수 있는 가능성을 강화한다.

AE의 골대사 개선 효과는 특히 주목할 만하며, 그 기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 에스트로겐 관련 경로에 부분적으로 관여했을 가능성을 배제할 수 없다(Morabito 등 2002; Sansai 등 2020). 본 연구 결과는 AE가 폐경 후 골감소증 예방에 기여할 수 있는 잠재력을 보여주며, 향후 분자적 기전 규명을 위한 추가 연구가 필요하다.

요약 및 결론

이번 연구에서 확인된 *Artemisia argyi* 추출물의 골 건강 개선 효과는 선행연구에서 보고된 항비만 및 항염증 효과(Han 등 2022)와 연계해 이해할 수 있다. 즉, 지방조직의 염증 반응을 통한 대사 개선 효과가 골 대사 조절에도 기여할 가능성을 보여주며, 이는 *Artemisia argyi*의 생리활성이 특정 장기나 조직에 국한되지 않고 전신적 건강 증진으로 확장될 수 있음을 시사한다.

난소절제(OVX)로 유도된 골감소 마우스 모델에서 AE는 체중이나 체성분에는 뚜렷한 영향을 주지 않았으나, 골무기질량(BMC)과 골밀도를 유의적으로 증가시켰고, 인장력(grip strength) 회복에도 기여하여 골대사 및 근기능 개선 가능성을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 AE가 에스트로겐 결핍으로 인한 골대사 이상을 부분적으로 완화할 수 있으며, 폐경 후 골감소증 예방을 위한 보조적 식품 소재로 활용될 수 있음을 보여준다.

앞으로 AE의 활성 성분 규명, 세포·분자 수준의 작용 기전 규명, 그리고 장기적 안전성 검증을 포함한 추가 연구가 이

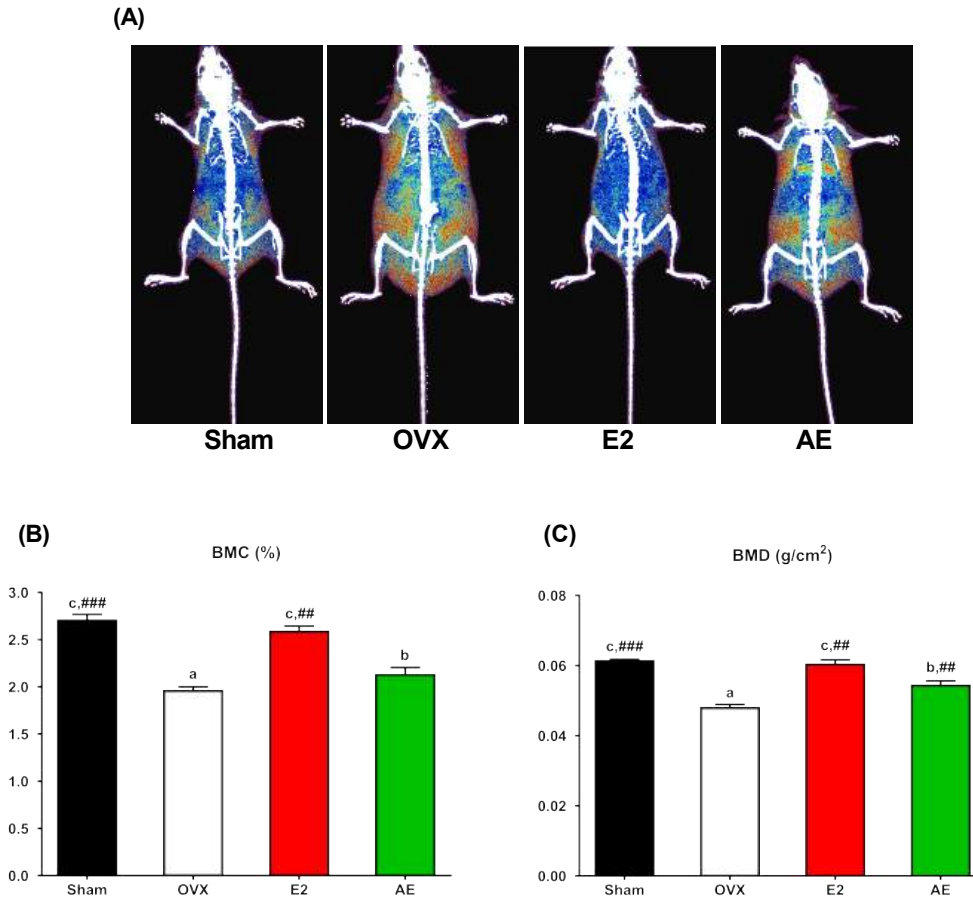


Fig. 7. Modulatory effects of *Artemisia argyi* extract on bone composition in an OVX mouse model. (A) Representative whole body in live DXA images. (B)~(D) Fat and lean analysis of whole body by DXA scans. (E) Bone mineral content analysis of whole body by DXA scans. (F) Bone mineral density analysis of whole body by DXA scans. Data are expressed as mean±S.E.M. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA. Multiple group comparisons were conducted with Tukey's test and are indicated by different letters (^{a-c}). Dunnett's test additionally assessed pairwise comparisons versus OVX, and significant differences are indicated as follows: #*p*<0.05, ##*p*<0.01, ###*p*<0.001. OVX, ovariectomy mice; E2, OVX + estradiol (10µg/kg); AE, OVX + *Artemisia argyi* extract (100mg/kg); BMC, bone mineral content; BMD, bone mineral density.

루어진다면, AE는 폐경기 여성의 골건강 증진을 위한 유망한 식의약 소재로 발전할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2024학년도 경북대학교 국립대학육성사업 지원비에 의하여 연구되었습니다.

References

- Black DM, Rosen CJ. 2016. Clinical practice: Postmenopausal osteoporosis. *N Engl J Med* 374:254-262
- Camporez JPG, Jornayvaz FR, Lee HY, Kanda S, Guigni BA, Kahn M, Samuel VT, Carvalho CRO, Petersen KF, Jurczak MJ, Shulman GI. 2013. Cellular mechanism by which estradiol protects female ovariectomized mice from high-fat diet-induced hepatic and muscle insulin resistance. *Endocrinology* 154:1021-1028
- Charde SH, Joshi A, Raut J. 2023. A comprehensive review on postmenopausal osteoporosis in women. *Cureus* 15:e48582
- Han Y, Park HJ, Hong MK, Shin MR, Roh SS, Kwon EY. 2022. *Artemisiae argyi* water extract alleviates obesity-induced metabolic disorder. *Curr Issues Mol Biol* 44:6158-6171
- Ho TJ, Goswami D, Kuo WW, Kuo CH, Yen SC, Lin PY, Lin

- SZ, Hsieh DJY, Shibu MA, Huang CY. 2022. *Artemisia argyi* exhibits anti-aging effects through decreasing the senescence in aging stem cells. *Aging* 14:6187-6201
- Inpan R, Takuathung MN, Sakuludomkan W, Dukaew N, Teekachunhatean S, Koonrungsesomboon N. 2024. Isoflavone intervention and its impact on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporos Int* 35:413-430
- Kim JS. 2016a. Effect of *Rudbeckia laciniata* extract on physiological activity of HaCaT cells. *Korean J Food Nutr* 29:335-340
- Kim JS. 2016b. Effects of *Rudbeckia laciniata* extract on phagocytosis of serum-opsonized zymosan particles in macrophages. *Korean J Food Nutr* 29:341-346
- María LM, Antía GV, Caldas AMT, Alasaoufi AM, Marco GD, López M, Ismael GG, Olga BM. 2024. Protocol for ovariectomy and estradiol replacement in mice. *STAR Protoc* 5:102910
- Morabito N, Crisafulli A, Vergara C, Gaudio A, Lasco A, Frisina N, D'Anna R, Corrado F, Pizzoleo MA, Cincotta M, Altavilla D, Ientile R, Squadrito F. 2002. Effects of genistein and hormone replacement therapy on bone loss in early postmenopausal women: A randomized double blind placebo controlled study. *J Bone Miner Res* 17:1904-1912
- Pang XS, Zhang P, Chen XP, Liu WM. 2023. Ubiquitin-proteasome pathway in skeletal muscle atrophy. *Front Physiol* 14:1289537
- Park YM, Pereira RI, Erickson CB, Swibas TA, Cox-York KA, Van Pelt RE. 2017. Estradiol-mediated improvements in adipose tissue insulin sensitivity are related to the balance of adipose tissue estrogen receptor α and β in postmenopausal women. *PLOS ONE* 12:e0176446
- Rogers NH, Perfield JW, Strissel KJ, Obin MS, Greenberg AS. 2009. Reduced energy expenditure and increased inflammation are early events in the development of ovariectomy-induced obesity. *Endocrinology* 150:2161-2168
- Sansai K, Takuathung MN, Khatsri R, Teekachunhatean S, Hanprasertpong N, Koonrungsesomboon N. 2020. Effects of isoflavone interventions on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporos Int* 31:1853-1864
- Wang H, Zhang Y, Yu D, Li Y, Ding Y, He Y, Sun L. 2024. A review of the research progress on *Artemisia argyi* Folium: Botany, phytochemistry, pharmacological activities, and clinical application. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol* 397:7473-7500
- Yousefzadeh N, Kashfi K, Jeddi S, Ghasemi A. 2020. Ovariectomized rat model of osteoporosis: A practical guide. *EXCLI J* 19:89-107
- Zhang P, Sun H, Yang D, Wang Y, Cheng J, Zeng C. 2023. Oral administration of *Artemisia argyi* polysaccharide increases estrogen level and maintains blood lipid homeostasis in ovariectomized rats. *Pharmacology* 108:147-156

Received 13 August, 2025
Revised 01 October, 2025
Accepted 13 October, 2025

청수 주정강화 와인의 숙성 온도와 기간에 따른 품질 특성 및 기능성

차정문 · 윤동규 · 박의광 · 이윤정 · *윤향식*

충북농업기술원 와인연구소 농업연구사, *충청북도농업기술원 와인연구소 농업연구관

Quality Characteristics and Functionality of Cheongsoo Fortified Wine according to Aging Temperature and Period

Jeongmoon Cha, Dong Kye Yun, EuiKwang Park, YunJeong Lee and *Hyang-Sik Yoon*

Associate Researcher, Wine Research Institute, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Yeongdong 29151, Korea

*Senior Researcher, Wine Research Institute, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Yeongdong 29151, Korea

Abstract

This study analyzed the changes in quality characteristics and functionality of Cheongsoo fortified wine based on aging temperature and duration. The pH levels of Cheongsoo fortified wine ranged from 2.85 to 3.23, and total acidity was between 0.56% and 0.80%. After fortification, the soluble solids measured 14.7 to 15.8 °Brix, while the alcohol content remained stable during aging, ranging from 21.9% to 22.2%. Color analysis revealed that lightness (L) decreased more rapidly at higher aging temperatures, whereas redness (a*), yellowness (b*), hue value, and color intensity increased, indicating a deepening of color during aging. In the free sugar analysis, fructose levels were between 41.96 and 42.22 mg/mL, glucose ranged from 15.68 to 17.88 mg/mL, and sucrose was found at 0.64 to 0.88 mg/mL, indicating that sucrose remained as residual sugar. For organic acids, citric acid levels were between 0.022 and 0.039 mg/mL, tartaric acid ranged from 2.715 to 3.133 mg/mL, malic acid was between 1.126 and 1.265 mg/mL, and lactic acid measured 0.172 to 0.173 mg/mL. Aroma analysis identified a total of 32 compounds: 6 alcohols, 17 esters, 3 ketones, 3 furans, 1 pyran, 1 acid, and 1 ethane compound. This study highlights the potential for developing premium fortified wines from Cheongsoo and suggests that the findings can be applied across various sectors of the wine industry.

Key words: Cheongsoo, fortified wine, quality characteristics, functionality

서 론

와인은 전 세계적으로 다양한 품종과 제조법, 숙성 조건에 따라 독특한 맛과 향, 기능성을 갖는 고부가가치 식음료로 자리매김하고 있다. 특히 주정강화 와인(fortified wine)은 발효 중 혹은 발효 후에 알코올(주정)을 첨가하여 도수를 높이고, 발효를 중단함으로써 특유의 풍미와 높은 저장성을 확보한 와인이다(Abreu 등 2021). 대표적인 주정강화 와인은 발효 중 주정을 첨가하여 잔당을 남겨 스위트한 포트(Port), 발효 후 주정을 첨가하여 드라이한 셰리(Sherry)와 마데이라(Madeira) 등이 있으며(Abreu 등 2021; Perestrelo 등 2023), 일반 스틸 와

인과 차별화된 맛과 기능성을 지녀 전 세계적으로 많은 소비자층을 확보하고 있다. 국내 와인 산업은 아직 초기 단계이나, 최근 국산 포도의 우수한 품질과 차별화된 기능성에 대한 관심이 증가하며, 지역 특산품을 활용한 프리미엄 와인 개발이 활발해지고 있다(Park HJ 2020). 그중 청수(Cheongsoo)는 1993년 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 'Seibel 9110'과 'Himrod Seedless'를 교배하여 육성한 품종으로 높은 당도와 적절한 산도, 균형 잡힌 향미를 가지고 있어 와인 제조에 적합한 국내 대표 품종으로 평가받는다(Kim 등 2012).

주정 강화 와인은 고농도의 알코올 함량과 잔류 당분 덕분에 장기간 저장 및 숙성이 가능하며, 숙성 과정에서 독특한

* Corresponding author: Hyang-Sik Yoon, Senior Researcher, Wine Research Institute, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Yeongdong 29151, Korea. Tel: +82-43-220-5870, Fax: +82-43-220-5879, E-mail: aroma67@korea.kr

향미와 기능성 성분이 발달한다. 특히 와인 스타일에 따라 숙성 온도, 기간, 품종, 발효(효모), 주정 및 주정 첨가 시점은 와인의 향기, 색상, 산도, 유기산 및 폴리페놀 함량, 항산화 활성 등에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요인으로 알려져 있다(Abreu 등 2021; Ribeiro 등 2023). 주정강화 와인의 적절한 숙성 온도는 와인의 화학적 변화를 조절하여 맛과 향의 균형을 이루게 하며, 기능성 성분의 안정성 유지에도 중요한 역할을 한다.

그러나 국내 주정강화 와인에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 기존 와인에 관한 연구도 대부분 제조 직후 평가에 그치고 있어, 숙성 과정에서의 변화와 숙성 조건에 관한 연구가 부족하다. 특히 청수는 스틸 와인 제조 및 관능 평가에 초점이 맞춰져 있으며, 주정강화 와인으로 제조하여 숙성 온도와 기간에 따른 품질 변화, 향기 성분 및 항산화 등 기능성 성분의 변화를 체계적으로 분석한 연구는 찾아보기 어렵다(Park 등 2021).

따라서 본 연구에서는 국내 육성 품종인 청수를 원료로 하여 주정강화 와인을 제조하고, 이를 다양한 온도와 기간에 따라 숙성하여 품질 특성과 기능성 변화를 분석하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 와인은 2024년 와인연구소에서 제조한 청수 주정강화 와인을 사용하였으며, 충북 영동군 포도 재배 농가에서 구입한 것을 이용하였다. 청수 원료는 2024년 생산된 것으로 pH는 3.18, 총산은 0.85%, 당도는 15.8°Brix였다. 효모 접종 전 미생물 오염과 산화를 방지하기 위해 메타중아황산칼륨(Institut oenologique de champagne, Mardeuil, France)을 이용하였다. 와인 제조 시 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*(Fermivin 7013, DSM Food Specialities B. V. Netherlands)를 사용하여 발효를 시작하였다. 분석 시약은 Sigma-Aldrich Co.(St.Louis, MO, USA), Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan), Merck(München, Germany) 등에서 구입한 특급 및 HPLC 등급 시약을 사용하였다.

2. 청수 주정강화 와인 제조

청수 주정강화 와인 제조를 위해 청수 포도 500 kg을 제경 파쇄하여 송이줄기를 제거하고, 대용량 발효숙성조 600 L에 파쇄한 포도즙(포도즙, 과육, 씨 등을 포함)을 넣고, 백설탕(씨제이제일제당(주), 한국)으로 26°Brix가 되게 조절하였다. 그 후 산화나 잡균 오염방지를 위해 100 mg/kg의 메타중아황산칼륨을 처리하였고, 처리 5시간 후 효모(퍼미빈)를 200 mg/kg 처리하였다(Yoon 등 2016). 본 연구에서 사용된 효모들은 미

지근한 물에서 30분 가량 활성화를 시킨 후 접종하였으며, 발효 온도는 18°C를 유지하였다. 알코올 발효 기간 중 매일 2회씩 저어주면서 발효과정을 관찰하고, 당도가 12°Brix가 되면 95% 주정(Ethanol Supplies World Co., Ltd, Korea)을 첨가해 알코올 농도는 22%가 되도록 하였다. 한달 후 압착하였으며, 압착 후 상온에서 -2°C로 옮겨 랙킹을 실시하였으며, 온도와 기간에 따른 숙성 실험을 위해 500 mL에 병입 후 각각 10병씩 상온, 30°C, 40°C(WiseCube® Temperature & Humidity Chamber, SciLab Korea Co., Ltd, Korea)에서 6개월 동안 숙성시키면서 1개월마다 분석용 시료로 사용하였다.

3. 일반 품질 특성

1) pH, 총산 및 휘발산

와인의 pH는 pH meter(Thermo Scientific Orion, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였고, 총산은 시료 5 mL에 증류수 5 mL를 가하여 균질화한 시료에 페놀프탈레인 용액 2-3 방울을 떨어뜨린 후, 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2가 되는 시점을 종말점으로 하여 적정하였다. 이후 소비된 양으로부터 tartaric acid에 상당하는 유기산 계수를 이용하여 다음식으로 나타내 총산으로 환산하였다(Park 등 2021).

$$\text{총산} = \frac{F \times V \times f}{S} \times 100$$

V = 소비한 0.1 N-NaOH의 mL수

f = 0.1 N-NaOH의 Factor (= 1)

S = 검체량

F = 0.1 N NaOH 용액 0.1 mL에 상당하는 유기산의 계수 (0.0075 주석산)

휘발산은 와인을 증류한 샘플 10 mL에 0.01 N NaOH를 가하여 총산 측정과 동일하게 pH 8.2가 되는 시점을 종말점으로 하여 적정한 후, 소비된 양으로부터 acetic acid에 상당하는 유기산 계수로 환산하여 휘발산을 산출하였다.

2) 당도, 알코올 함량

와인의 당도(°Brix)는 디지털당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 증류수 1 mL로 영점을 맞춘 후 측정하였다. 와인의 알코올 함량은 국제청주류분석법(NTSTSI 1999)의 증류법으로 측정하였다. 즉, 시료 100 mL를 취하여 증류수 100 mL를 혼합한 후 증류시켜, 그 유액이 70 mL가 되면 증류를 중지하고, 여기에 증류수를 이용해 100 mL로 정용한 후, 증류액의 온도가 10~15°C가 되도록 냉각시켰다. 주정계를 사용하여 측정된 다음, 주정분 온도 환산표에 대입하

여 알코올 함량을 측정하였다.

3) 색도, Hue 값 및 color intensity

와인의 색도는 spectrophotometer CM-5(Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였다. Hunter L(Lightness, 명도), a(redness 적색도) 및 b(yellowness 황색도) 값은 각각 zero, white calibration을 통해 보정하였으며, 이때 백색판의 색도는 L=99.55, a=-0.05, b=-0.33이었다. Hue 값은 분광광도계(Lambda 35 UV, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 사용하여 420 nm/520 nm의 흡광도 비로 나타내었으며, color intensity는 420 nm+520 nm+620 nm 흡광도의 합으로 나타내었다(Park 등 2018).

4) 유리당 함량

청수 주정강화 숙성 6개월 와인의 유리당 함량은 시료를 0.45 μ m membrane filter(Whatman, Maidstone, UK)로 여과한 후 HPLC(1200 Infinity, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 Zorbax carbohydrate analysis column (4.6×250 mm, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 acetonitrile : water = 75:25(v/v%), 유속 1.5 mL/min, 시료 주입량은 20 μ L로 하였다. 검출기는 RI(30°C, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)를 사용하였으며, 표준물질은 fructose, glucose 및 sucrose(Sigma-Aldrich Co.)로 검량 곡선을 작성하여 시료 중의 개별당 함량을 정량하였다(Park 등 2018).

5) 유기산 함량

청수 주정강화 숙성 6개월 와인의 유기산 함량은 시료를 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 HPLC(1200 Infinity, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 Hi-Plex H(7.7×300 mm, Agilent, Santa Clara CA, USA)을 이용하였고, 이동상은 0.01 M H₂SO₄, 유속은 0.6 mL/min, 시료 주입량은 20 μ L로 하였다. UV 210 nm에서 검출하였으며, 표준물질은 와인의 주요 유기산인 citric acid, tartaric acid, malic acid, lactic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)로 개별 유기산 함량의 정량 분석에 사용하였다(Yoon 등 2016).

6) 향기성분

청수 주정강화 숙성 3개월, 6개월 와인의 향기성분 분석은 Losada 등 (2012)의 방법을 일부 변형하여 사용하였다. 와인을 분석하기 위하여 20 mL headspace에 와인을 10 mL를 넣고, 내부표준물질로 4-methyl-2-pentanol을 첨가하였다. 향기성분의 추출은 direct headspace trap 기술로 수행하였으며, 장비는 Turbomatrix 40 trap(Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)을

사용하였다. Vial은 1분간 압력이 가해졌으며, 1.5분간 충전되었다. 사용된 온도는 needle 110°C, oven 85°C, transfer line 140°C, trap low 45°C, trap high 290°C, 압력은 vial 20 psi, column 40 psi, desorption 30 psi., 시간은 dry purge 10분, trap hold time 12분, desorb time 10분, thermostatisation 30분이었다. Gas chromatograph/mass spectroscopy(Clarus 680GC/Clarus SQ8T MSD, Perkin Elmer)로 분석하였으며, 컬럼은 Elite-wax(60 m×0.32 mm×0.25 μ m, Perkin Elmer)를 사용하였고, 오븐 온도는 40°C에서 3분간 유지한 후 3°C/min로 180°C까지 상승시킨 후 10분간 유지하였으며, 다시 5°C/min로 220°C까지 상승시킨 후, 30분간 유지하였고, equilibration time을 20분간 두었다. 유속은 1 mL/min, split ratio는 1:1, carrier gas는 헬륨(99.9995%)을 사용하였다. 향기성분의 동정은 GC-MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 NIST database로 검색하여 동정하였다. Mass 범위는 45~450 m/z로 하였다. 정량은 내부표준물질로 4-methyl-2-pentanol을 50 mg/L가 되도록 첨가한 후, 이 물질의 면적비를 기준으로 정량하였다.

4. 기능성 분석

1) 총 폴리페놀 함량

와인의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Amerine & Ough 1980). 즉, 각각의 시료 0.1 mL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치시킨 다음, 50% Folin-Ciocalteu reagent 0.1 mL를 가하고, 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질인 gallic acid를 이용하여 표준곡선으로 양을 환산하였고, mg%로 나타내었다.

2) 탄닌 함량

와인의 탄닌 함량은 Duval & Shetty(2001)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 진탕하고, 5% Na₂CO₃용액 1 mL와 1 N-Folin-Ciocalteu's reagent 0.5 mL를 첨가 후, 실온에서 60분간 발색시킨 다음, 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 탄닌 함량은 표준 물질 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 정량하였다.

3) ABTS 전자공여능

와인의 ABTS cation decolorization assay 방법(Dewanto 등 2002)에 의하여 측정하였다. 즉, ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하룻 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후, 이용액을 분광광도계(Lambda

35 UV, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 시료 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid (Sigma)를 동량 첨가하였고, 전자공여능은 시료 첨가구와 시료를 첨가하지 않은 대조구(증류수)의 흡광도를 백분율로 나타내었다.

4) DPPH 전자공여능

와인의 항산화 활성을 측정하기 위하여 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 0.4 mM 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후, 10분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 대조구로는 증류수를 사용하였으며, 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이로 나타내었다.

$$\text{Electron donating ability}(\%) = \frac{C_{Abs} - S_{Abs}}{C_{Abs}} \times 100$$

C_{Abs} : Absorbance of control

S_{Abs} : Absorbance of sample

5. 통계분석

모든 실험은 3회 반복하여 측정한 평균과 표준편차를 산출하였고, 각 실험군간 평균치의 통계적 유의성은 SPSS 통계 프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA test) 후 시료 간 차의 유무를 Duncan's multiple range test로 비교 분석하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 청수 주정강화 와인의 일반 품질 특성

청수 주정강화 와인의 pH, 총산, 당도, 알코올 함량, 휘발산을 조사한 결과는 Table 1과 같다. pH 측정 결과, 숙성 온도와 기간에 따라 2.85~3.23의 범위로 나타났으며, 숙성 온도 40°C에서 기간에 따라 pH 2.85~3.21로 가장 넓은 범위를 나타냈다. 이와 같은 결과는 Yoon 등(2016)이 보고한 국내 시판 청수 화이트 와인 pH 3.06보다는 대체적으로 높게 나타났다. 와인의 pH 3.6 이상이면 저장 중 잡균 오염의 가능성이 높으며, pH 3.2 이하이면 신맛이 강해 품질이 떨어진다고 보고된 바 있으며(Park 등 2002), 이러한 차이는 포도 원료에 따른 영향

Table 1. pH, total acidity, soluble solid, alcohol, volatile acidity of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period

Sample	Period (months)	pH	Total acidity (%)	Soluble solid (°Brix)	Alcohol (%)	Volatile acidity (%)
A ³⁾	0	3.18±0.01 ^{b1),2)}	0.62±0.00 ^{ab}	15.8±0.00 ^a	21.8	0.02±0.00 ^a
	1	3.17±0.01 ^b	0.57±0.00 ^b	15.8±0.00 ^a	22.0	0.02±0.00 ^a
	2	3.17±0.00 ^b	0.57±0.01 ^b	15.5±0.00 ^b	22.0	0.02±0.00 ^a
	3	3.17±0.00 ^b	0.58±0.00 ^b	15.5±0.06 ^{bc}	22.0	0.02±0.00 ^a
	4	3.17±0.01 ^b	0.72±0.19 ^a	15.3±0.00 ^d	21.9	0.02±0.00 ^a
	5	3.23±0.02 ^a	0.65±0.02 ^{ab}	15.3±0.00 ^d	22.0	0.01±0.00 ^b
	6	3.10±0.01 ^c	0.64±0.00 ^{ab}	15.4±0.06 ^c	22.0	0.02±0.00 ^a
B	0	3.18±0.01 ^b	0.62±0.00 ^b	15.8±0.00 ^a	21.8	0.02±0.00 ^a
	1	3.15±0.00 ^c	0.62±0.00 ^b	15.7±0.00 ^a	21.9	0.02±0.00 ^a
	2	3.15±0.01 ^c	0.62±0.00 ^b	15.5±0.15 ^b	22.0	0.02±0.00 ^a
	3	3.19±0.00 ^b	0.63±0.01 ^{ab}	15.5±0.00 ^{bc}	22.0	0.02±0.00 ^a
	4	3.24±0.03 ^a	0.65±0.02 ^a	14.7±0.00 ^e	22.0	0.01±0.00 ^b
	5	3.23±0.02 ^a	0.61±0.02 ^b	15.1±0.00 ^d	22.0	0.01±0.00 ^b
	6	3.14±0.00 ^c	0.63±0.00 ^b	15.4±0.00 ^c	22.2	0.02±0.00 ^a
C	0	3.18±0.01 ^b	0.62±0.00 ^c	15.8±0.00 ^a	21.8	0.02±0.00 ^a
	1	2.99±0.01 ^d	0.80±0.01 ^a	15.4±0.10 ^b	22.0	0.02±0.00 ^a
	2	3.17±0.01 ^{bc}	0.70±0.01 ^b	15.4±0.10 ^b	22.0	0.02±0.00 ^a
	3	3.21±0.00 ^a	0.63±0.00 ^c	15.4±0.06 ^b	22.0	0.02±0.00 ^a
	4	3.21±0.01 ^a	0.59±0.01 ^d	15.4±0.00 ^b	21.9	0.02±0.00 ^a
	5	2.85±0.03 ^e	0.56±0.02 ^c	15.4±0.06 ^b	21.9	0.02±0.00 ^a
	6	3.16±0.00 ^c	0.59±0.01 ^d	15.4±0.00 ^b	22.0	0.01±0.00 ^b

¹⁾ All values are mean±S.D. of triple determinations.

²⁾ Different letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$).

³⁾ Aging temperature: A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

일 것으로 판단되었다. 청수 주정강화 와인 초기 pH 3.18에서 숙성 6개월까지 pH 변화는 점차 감소하는 경향이었으며, 상온 처리구에서 3.10으로 가장 감소 폭이 크게 나타났다. 주정강화 와인은 고온 숙성 중에는 산화 반응에 의해 산 생성이 촉진되어 pH가 감소되는 것으로 알려져 있다(Cámara 등 2006). 총산의 범위는 0.56~0.80%였으며, 상온 처리구에서는 0.57~0.72%, 30°C 처리구에서는 0.61~0.65%, 40°C 처리구에서는 0.56~0.80% 사이를 나타냈다. 화이트와인의 산도는 0.65%가 적당하며(Lee 등 2004), Chang 등(2008)이 보고한 국내산 및 수입산 와인의 총산 함량 범위인 0.4~0.8%와 유사하다. 그리고 숙성 온도 상온과 30°C 처리구에서 숙성 4개월 차에서 각각 0.72%, 0.65%로 가장 높은 값을 나타냈지만, 40°C 처리구에서는 1개월 차에 0.80%로 가장 높은 값을 나타냈다. 주정강화 와인 고온 숙성 시 미량 효소에 의해 산화 반응이 활발해져 아세트산(acetic acid), 젖산(lactic acid), 숙신산(succinic acid) 등 생성에 의해 총산 수치가 증가하는 것으로 알려져 있으며(Cámara 등 2006), 본 연구에서는 고온에서 가장 빠르게 총산이 증가하고 이후 감소하는 경향이였다. 숙성 온도와 기간에 따른 와인의 당도는 14.7~15.8°Brix로 큰 변화는 없었으며, 숙성 초기 15.8°Brix에서 6개월 차 15.4°Brix로 세 처리구 모두 나타났다. 주정 첨가 시점이 12°Brix였지만, 초기 당도가 15.8°Brix로 나타난 것은 주정 첨가에 따른 당도 증가로 생각된다. °Brix는 당의 함량을 나타내는 단위가 아닌 가용성 고형물질의 함량을 나타내는 단위로 주정 첨가에 따라 가용성 고형물질이 증가하여 °Brix값이 증가한 것으로 판단된다. 알코올 함량은 주정 첨가 후 초기 21.8%였으며, 숙성 동안 21.9~22.2%로 거의 변화가 없었다. 이는 효모가 알코올 함량 20% 이상의 농도에서 활성이 감소하는 것으로 알려져 있으며, 한편, 10% 농도에서는 효모의 활성이 활발하기 때문이다(Sabel 등 2014; Padilla 등 2018). 휘발산 함량은 모든 처리구들은 0.01~0.02%로 안정적인 수치를 나타냈다. 와인의 휘발산의 주요 원인 물질로는 초산이 있으며, 휘발산의 함량이 높다는 것은 발효 또는 숙성 중 초산균에 의한 이상발효에 따른 것일 수 있으며(Du Toit & Lambrechts 2002), 주정 첨가로 초산 발효는 일어나지 않은 것으로 판단된다.

2. 청수 주정강화 와인의 색도, Hue 값 및 color intensity

와인의 색도는 선호도에 큰 영향을 미치며, 품질을 결정하는 중요한 요소 중 하나이다(Kim 등 2009). 청수 주정강화 와인의 숙성 온도와 기간에 따른 색도를 비교하기 위해 Hunter L(Lightness), a*(Redness), b*(Yellowness) 및 Hue values, color intensity를 측정하였으며, 분석 결과는 Table 2와 같다. L값은 상온 처리구에서는 94.77~98.13, 30°C 처리구에서는 92.87~97.21, 40°C 처리구에서는 79.98~96.76으로 나타나, 숙성 온도

가 높을수록 더 빠르게 감소하였다. a값은 초기 -0.15에서 숙성 온도 40°C 처리구에서 숙성 6개월 차 5.53으로 가장 큰 변화를 나타냈다. a값은 와인의 pH나 안토시아닌의 함량에 따라 영향을 받으며, 안토시아닌과 탄닌의 복합체 형성에 의해 안정적인 색도를 유지할 수 있다는 보고가 있다(Lorenzo 등 2005). b값도 초기 10.12에서 숙성 기간이 지남에 상온 처리구에서는 17.74, 30°C 처리구에서는 19.05, 40°C 처리구에서는 42.23으로 점차 높아지는 경향이였다. Milheiro 등(2023) 연구에 따르면 주정강화 포트와인은 숙성 과정을 통해 낮은 L값, 높은 a값과 b값을 나타나는 것으로 조사되어, 본 연구와 일치하는 경향을 나타냈다. 대부분의 와인에서 b값은 저온 숙성을 거치면서 감소한다는 결과(Lee 등 2003)가 있지만, 주정강화 와인의 경우 고온 숙성 과정에서 와인이 산화되면서 b값이 증가하는 것으로 판단된다. Hue값은 숙성 초기 2.128에서 숙성 6개월 차 상온 처리구에서 2.117, 30°C 처리구에서는 2.423, 40°C 처리구에서는 2.696으로 고온 숙성 시 증가하는 경향으로 나타났다. Color intensity도 숙성 초기 0.375에서 숙성 6개월 차 상온 처리구에서 0.515, 30°C 처리구에서는 0.526, 40°C 처리구에서는 1.197로 고온 숙성 시 증가하는 경향으로 나타났다. Hue값은 와인의 색조를 나타내는 지표이며, color intensity는 와인이 얼마나 어두운가를 판단하는 색도를 나타내는 지표로서, 소비자들의 와인 선호도에 영향을 미치는 주요 요소이다(Zoecklein 등 1990; Lee 등 2002; Kim 등 2009). 그리고 Hue값은 레드와인의 경우 0.5 내외의 값을 나타내고, 화이트 와인일수록 1.0 이상의 큰 값을 나타낸다는 연구(Zoecklein 등 1990) 결과도 있다. 또한 Yoon 등(2016)에 의하면 color intensity는 같은 품종이라도 여과방법, 숙성 정도의 차이에 따라 그 값이 달라진다고 보고하였다. 본 연구 결과에는 L값, a값, b값, Hue값, color intensity의 수치를 비교하면 고온 숙성 시 시간의 흐름에 따라 와인이 산화되어 L값은 낮아지고, a값, b값, Hue값, color intensity는 점점 높아져 짙은 색의 와인으로 숙성이 진행되고 있다고 판단된다.

3. 청수 주정강화 와인의 유리당 및 유기산 함량 분석

숙성 온도에 따른 숙성 6개월 차 청수 주정강화 와인의 유리당 및 유기산 분석 결과는 Table 3과 같다. 주정강화 와인의 숙성 온도에 따른 유리당 분석 결과, 과당은 41.96~42.22 mg/mL, 포도당은 15.68~17.88 mg/mL, 자당은 0.64~0.88 mg/mL로 나타났다. 유리당 총 함량은 상온 숙성에서 60.98 mg/mL, 30°C 숙성에서 60.42 mg/mL, 40°C 숙성에서 58.28 mg/mL로 나타났다. 높은 온도에서 숙성 시 포도당과 자당이 가수분해되고, 과당은 숙성 온도에 따라 비슷한 함량을 나타냈다. 와인은 숙성 과정 중 효모에 의해 잔당의 함량은 감소한다. 일반 와인에서는 발효 시작 후 자당은 과당과 포도당으로 빠르게 가수분해가

Table 2. Colors of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period

Sample	Period (months)	L (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)	Hue values	Color intensity
A ³⁾	0	96.76±0.54 ^{b1),2)}	-0.15±0.06 ^c	10.12±0.04 ^c	2.128±0.06 ^b	0.375±0.02 ^c
	1	98.13±0.03 ^a	-0.22±0.00 ^f	7.25±0.01 ^g	2.149±0.05 ^{ab}	0.294±0.02 ^f
	2	97.03±0.02 ^b	0.12±0.00 ^d	8.94±0.04 ^f	0.217±0.01 ^d	1.216±0.02 ^a
	3	96.18±0.01 ^c	0.91±0.01 ^b	12.16±0.01 ^c	2.033±0.02 ^c	0.404±0.01 ^d
	4	97.11±0.00 ^b	0.15±0.00 ^d	10.57±0.01 ^d	2.176±0.01 ^{ab}	0.353±0.00 ^c
	5	95.64±0.04 ^d	0.63±0.00 ^c	15.75±0.00 ^b	2.197±0.02 ^a	0.454±0.01 ^c
	6	94.77±0.01 ^e	1.19±0.00 ^a	17.74±0.01 ^a	2.117±0.02 ^b	0.515±0.01 ^b
B	0	96.76±0.54 ^a	-0.15±0.06 ^f	10.12±0.04 ^g	2.128±0.06 ^c	0.375±0.02 ^f
	1	97.21±0.01 ^a	-0.09±0.00 ^c	10.57±0.01 ^f	2.214±0.01 ^b	0.337±0.00 ^g
	2	96.63±0.02 ^{ab}	0.37±0.01 ^c	12.36±0.03 ^c	2.216±0.03 ^b	0.406±0.01 ^e
	3	95.76±0.01 ^c	0.45±0.00 ^b	15.72±0.01 ^d	2.262±0.02 ^b	0.457±0.01 ^d
	4	92.87±0.01 ^e	2.46±0.01 ^a	25.39±0.01 ^a	2.263±0.03 ^b	0.626±0.02 ^a
	5	95.87±1.07 ^{bc}	0.25±0.01 ^d	18.55±0.01 ^c	2.274±0.04 ^b	0.558±0.01 ^b
	6	94.96±0.05 ^d	0.24±0.00 ^d	19.05±0.01 ^b	2.423±0.03 ^a	0.526±0.01 ^c
C	0	96.76±0.54 ^a	-0.15±0.06 ^g	10.12±0.04 ^g	2.128±0.06 ^d	0.375±0.02 ^g
	1	89.25±0.33 ^d	5.34±0.01 ^f	39.25±0.03 ^c	2.042±0.01 ^e	1.609±0.04 ^b
	2	90.38±0.01 ^c	3.74±0.02 ^e	34.25±0.02 ^d	1.565±0.06 ^f	1.272±0.01 ^c
	3	90.79±0.00 ^{bc}	2.85±0.03 ^d	31.58±0.01 ^e	2.409±0.03 ^c	0.869±0.03 ^c
	4	91.01±0.00 ^b	3.03±0.00 ^c	30.49±0.00 ^f	2.506±0.01 ^b	0.808±0.03 ^f
	5	79.98±0.01 ^f	14.74±0.00 ^a	62.23±0.01 ^a	2.181±0.05 ^d	2.129±0.04 ^a
	6	86.02±0.01 ^e	5.53±0.00 ^b	42.23±0.01 ^b	2.696±0.01 ^a	1.197±0.01 ^d

¹⁾ All values are mean±S.D. of triple determinations.

²⁾ Different letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

³⁾ Aging temperature: A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

Table 3. Free sugar and organic acid contents of fortified wine after 6 months according to aging temperature (mg/mL)

Sample	Free sugar			Organic acid			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Lactic acid
A ³⁾	42.22±0.31 ^{a1),2)}	17.88±0.66 ^a	0.88±0.00 ^a	0.039±0.002 ^a	3.133±0.020 ^a	1.265±0.030 ^a	0.173±0.000 ^a
B	42.76±1.43 ^a	16.95±0.22 ^b	0.71±0.01 ^b	0.025±0.000 ^b	2.932±0.019 ^b	1.153±0.019 ^b	0.172±0.001 ^a
C	41.96±0.65 ^a	15.68±0.37 ^c	0.64±0.01 ^c	0.022±0.002 ^c	2.715±0.039 ^c	1.126±0.010 ^b	0.172±0.001 ^a

¹⁾ All values are mean±S.D. of triple determinations.

²⁾ Different letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

³⁾ Aging temperature: A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

진행되지만, 주정강화 와인에서는 주정 첨가로 인해 효모 활동이 억제되어 자당이 잔당으로 남아있는 것으로 판단된다. 그리고 숙성 과정에서 효모는 포도당을 선호적으로 소비한 뒤 과당을 소비하는 것(Zhang 등 2018)으로 알려져 있으며, 본 연구도 과당보다 포도당이 먼저 소비되는 것으로 나타났다. 주정강화 와인의 숙성 온도에 따른 유기산 분석 결과, 구연산은 0.022~0.039 mg/mL, 주석산은 2.715~3.133 mg/mL, 사과산은 1.126~1.265 mg/mL, 젖산은 0.172~0.173 mg/mL로 나타났으며, 높은 온도에서 숙성할수록 구연산, 주석산, 사과산이 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 젖산의 경우 숙성 온도에 따른 통계적 유의성은 없었다. 그리고 일반 시판 화이트와인과의 사과산과 젖산의 비율을 비교하면 malolatic 발효는 거의 이루어지지 않은

것으로 보이며, 이는 주정 첨가로 인한 결과로 판단된다. 일반적으로 와인의 신맛을 내는 주요 유기산은 주석산, 사과산 및 구연산이 대부분이며, 발효과정 중 효소작용에 의해 초산, 젖산 및 호박산 등이 생성되는데, 와인의 신맛은 주로 주석산과 사과산이 결정하고, 구연산 함량은 상대적으로 낮은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(Margalit Y 1997). 그리고 Cunha 등(2002)에 의하면 주정강화 와인의 유기산 조성은 발효와 숙성 과정을 통해 변화하여 와인의 풍미, 산도, 안정성 등에 영향을 미치며, 숙성 기간이 길수록 사과산은 거의 소실되며, 젖산과 초산의 비중이 높아져 와인의 산미를 부드럽게 한다고 하였다. 본 연구에서는 숙성 기간이 짧아 사과산의 비율이 높았지만, 향후 숙성이 진행될수록 사과산의 비율이 낮아지고 젖

산의 비율은 높아질 것으로 판단되었다.

4. 청수 주정강화 와인의 향기성분

청수 주정강화 와인의 숙성 온도에 따른 3개월, 6개월 향기 성분 분석 결과는 Table 4와 같다. 와인의 향기는 관능에 중요한 요인이며, 품질을 결정하는 중요한 지표로 alcohols, esters, ketones, terpenes, acids 등 휘발성 성분들에 의해 나타나, 주류

제조 품질을 결정하는 중요한 기준으로 등급, 숙성도 및 변질 여부 등을 결정하는 요소이다(Vas 등 1998; Jo 등 2013). 청수 주정강화 와인의 숙성 동안 향기 성분은 alcohol류는 6종, ester류는 17종, ketone류는 3종, furan류 3종, pyran류 1종, acid류 1종 그리고 ethane류 1종으로 총 32종의 화합물이 분석되었다. 알코올류는 숙성 3개월 차에는 81.03~86.06 mg/L로 비슷한 수준이나, 숙성 6개월 차에는 26.20~74.49 mg/L로 감

Table 4. Aroma compounds of Cheongsoo fortified wine after 3 and 6 months according to aging temperature (mg/L)

	R.T. ¹⁾	Compounds	A ²⁾		B		C	
			3M ³⁾	6M	3M	6M	3M	6M
Alcohols	11.072	2-Methyl-1-propanol	17.96	4.74	15.98	4.61	18.22	1.96
	13.023	1-Butanol	0.15		0.17		0.14	
	15.644	3-Methyl-1-butanol	64.94	63.13	63.23	67.81	66.25	23.87
	17.164	2-Methyl-1,3-dioxane-2-propanol	0.10		0.11		0.08	
	21.846	1-Hexanol	0.87	0.95	0.90	1.31	0.93	0.32
	42.904	Phenylethyl alcohol	0.52	0.28	0.64	0.76	0.44	0.05
		Total alcohols	84.54	69.10	81.03	74.49	86.06	26.20
Esters	5.935	Ethyl ethanoate	50.69	21.12	56.55	20.68	60.05	10.60
	7.250	Ethyl propionate	0.41	0.66	0.50	0.58	0.57	0.31
	7.480	Ethyl 2-methylpropanoate	0.63	1.35	0.96	1.41	1.26	0.77
	8.626	Isobutyl ethanoate	0.24	0.25	0.19	0.21	0.14	0.08
	9.321	Ethyl butanoate	1.33	1.16	1.39	1.10	1.51	0.51
	9.786	Ethyl 2-methylbutanoate		0.22				0.14
	10.322	Ethyl 3-methylbutanoate		0.20		0.28		0.16
	12.282	3-Methylbutyl ethanoate	1.51	1.04		1.08		0.19
	16.804	Ethyl hexanoate	2.44	3.57	2.45	4.40	2.80	1.05
	18.080	Ethyl 2-oxopropanoate	0.39		0.39	0.56	0.37	0.12
	21.241	Ethyl 2-hydroxypropanoate	1.76	2.11	2.43	4.25	2.56	0.73
	25.427	Ethyl octanoate	3.01	3.47	2.18	5.09	1.73	0.65
	33.731	Ethyl decanoate	0.90	0.60	0.47	1.67	0.18	0.04
	34.851	Diethyl butanedioate	0.29	0.37	0.58	1.79	1.28	0.38
	41.329	Ethyl dodecanoate	0.16	0.13	0.09	0.20		
48.146	Ethyl tetradecanoate			0.07	0.11	0.06		
55.654	Ethyl hexadecanoate	0.08	0.18	0.52	0.67	0.59		
	Total esters	63.84	36.43	68.77	44.08	73.10	15.73	
Acetic acid	25.528	Acetic acid	2.07	1.39	2.05	3.37	1.91	0.25
Ethane	6.070	1,1-Diethoxy-ethane	4.00	4.45	3.36	3.25	3.72	10.60
Ketone	8.421	Methyl isobutyl ketone	0.92	0.97	0.91	0.85	0.82	1.05
	14.313	2,6-Dimethyl-4-heptanone	6.62	9.04	7.49		6.13	
	17.074	4,6-Dimethyl-2-heptanone		0.11				0.15
	Total ketones	7.54	10.12	8.40	0.85	6.95	1.20	
Furan	25.953	Furfural				0.14		0.17
	52.214	Dibenzofuran					0.02	
	54.234	Naphtho[2,1-b]furan			0.05		0.02	
		Total furans	-	-	0.05	0.14	0.04	0.17
Pyran	47.886	6-Propyltetrahydro-2H-thiopyran-2-one	0.03					
	Total	162.02	121.49	163.66	126.18	171.78	54.15	

1) Retention time.

2) Aging temperature: A, room temperature; B, 30 °C; C, 40 °C.

3) Aging period: 3M, 3 months; 6M, 6 months.

소하였으며, 숙성 온도 30°C에서는 감소량이 가장 적었고, 숙성 온도 40°C에서 감소량이 가장 많았다. 알코올 발효에 따라 나타나는 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, phenylethyl alcohol 3종 화합물의 양이 98% 이상 대부분을 차지하였으며, 1-butanol, 2-methyl-1,3-dioxane-2-propanol은 숙성 3개월 차에 검출되었지만, 숙성 6개월 차에는 검출되지 않았다. Ribeiro 등(2023)은 포트와인의 알코올류는 phenylethyl alcohol, benzyl alcohol, 3-methyl-1-butanol, 1-hexanol 등의 화합물이 주로 검출되었으며, 꽃, 꿀 계열 꽃향과 과일향을 나타낸다고 보고하였다. 청수 주정강화 와인의 에스테르 화합물은 숙성 3개월 차에는 숙성 온도 40°C에서 73.10 mg/L로 가장 많았고, 30°C (68.77 mg/L), 상온(63.84 mg/L) 순이었으며, 숙성 6개월 차에는 30°C(44.08 mg/L), 상온(36.43 mg/L), 40°C(15.73 mg/L) 순으로 나타나 숙성 기간이 지남에 따라 검출량이 감소하였고, 숙성 온도 40°C에서 가장 많이 감소하였다. 와인의 과일, 꽃 계열의 향은 대부분 에스테르 화합물에 의해 생성되며, 이러한 에스테르 화합물은 포도 자체에서 생성되거나 알코올 발효 중에 효모의 효소에 의해 생성된다(Bang 등 2015). 그리고 주정강화 와인의 에스테르 화합물은 주정 강화로 에스테르화 반응을 촉진하여 향의 균형에 기여하며, 숙성 방법(산화, 환원, 효모)에 따라 그 차이가 나고, 단기 저온 숙성에서는 과일형 에스테르 화합물은 유지 또는 증가하지만, 장기 고온 숙성에서 과일형 에스테르 화합물은 감소하며, ethyl lactate, diethyl succinate 등 숙성형 에스테르 화합물이 증가한다고 보고하였다(Abreu 등 2021). 그리고 에스테르 화합물 중 ethyl hexanoate는 사과, 파인애플, 바나나 등 과일향, ethyl octanoate는 파인애플, 배, 복숭아 등 과일향, diethyl butanedioate는 마른 흙냄새 등, ethyl dodecanoate는 풀냄새, 나무향 등이 난다고 알려져 있다(Sun 등 2013; Scutarasu 등 2022). Park 등(2020)은 퍼미빈으로 제조한 동결 농축 청수 와인의 에스테르 함량을 8종, 17.29 mg/L로 보고하였고, 본 연구의 청수 주정강화 와인은 주정 첨가와 숙성 과정을 거치며 다른 와인보다 에스테르 화합물의 종류와 함량이 많아졌으며, 고온 숙성에서는 그 함량이 감소되었다고 판단된다. 퓨란 화합물은 상온 숙성에서 검출되지 않았으며, 숙성 3개월 차 30°C, 40°C 처리구에서 각각 0.05 mg/L, 0.04 mg/L 검출되었고, 숙성 6개월 차 30°C, 40°C 처리구에서 각각 0.14 mg/L, 0.17 mg/L로 증가하였다. 퓨란은 카라멜, 토스팅향 등을 나타내는 화합물로 마테이라 와인을 30~55°C로 가열 숙성하면 그 함량이 유의하게 증가한다는 연구 결과 보고가 있다(Pereira 등 2011). 본 연구에서도 숙성 온도와 기간이 증가할수록 퓨란 화합물이 증가하는 경향이 나타났다. 그 외에도 청수 주정강화 와인 향기성분으로 acetic acid, ethane, ketone, pyran 등 화합물이 검출되었으며, 주정강화 와인의 주정 강화, 숙성 방법과 기간으로 다양한 향기성분을 와인에 향미를 증가시킬 수 있을 것이라 판단된다.

5. 청수 주정강화 와인의 기능성 성분

청수 주정강화 와인의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같다. 숙성 온도에 따른 총 폴리페놀 함량은 상온 처리구에서 91.17~101.41 mg%, 30°C 처리구에서 94.17~100.77 mg%, 40°C 처리구에서 87.38~102.14 mg%로 나타났고, 30°C 숙성에서 변화의 폭이 가장 작았으며, 40°C 숙성에서 변화 폭이 가장 크게 나타났다. 폴리페놀은 자유 라디칼 소거 능력(radical scavenging activity)이 있어 와인의 산화 안정성을 높이고, 주정강화 와인과 같이 숙성 기간이 긴 와인에서 폴리페놀 함량이 향미 유지에 중요한 역할을 한다. 그리고 안토시아닌, 탄닌, 플라보놀 등을 포함하여 와인 색의 안정성에 핵심 지표라고 알려져 있다(Pereira 등 2013; Ma 등 2023). Pereira 등(2013)은 마테이라 와인을 3개월 동안 45°C에서 숙성하면 총 폴리페놀 함량이 최대 약 20% 정도 감소하며, 1개월 70°C 가열 숙성 시 총 폴리페놀 함량은 약 26% 감소하여 가열 숙성이 총 폴리페놀 함량의 더 큰 변화를 일으킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 숙성 5개월까지 총 폴리페놀 함량이 감소하는 경향이 나타났으며, 주정강화 와인은 고온 장기 숙성 시 총 폴리페놀 함량의 변화는 점차 감소되는 것으로 사료된다. 청수 주정강화 와인의 탄닌 함량은 Fig. 2와 같다. 숙성 온도에 따른 탄닌 함량은 상온 처리구에서 35.56~47.12 mg%, 30°C 처리구에서 40.96~47.12 mg%, 40°C 처리구에서 26.54~48.06 mg%로 나타나, 숙성 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 그리고 탄닌 함량의 변화 폭은 총 폴리페놀 함량과 동일하게 30°C 숙성에서 변화의 폭이 가장 적었으며, 40°C 숙성에서 변화 폭이 가장 크게 나타났다. 탄닌은 원료에 들어 있는 안토시아닌, 페놀산, 퀘세틴 유도체와 같은 물질들이 입안에서 떫은맛과 쓴맛을 내며, 중합된 탄닌은 무게감과 구조감에 중요한 역할을 한다(Park 등 2018). Azevedo 등(2022)은

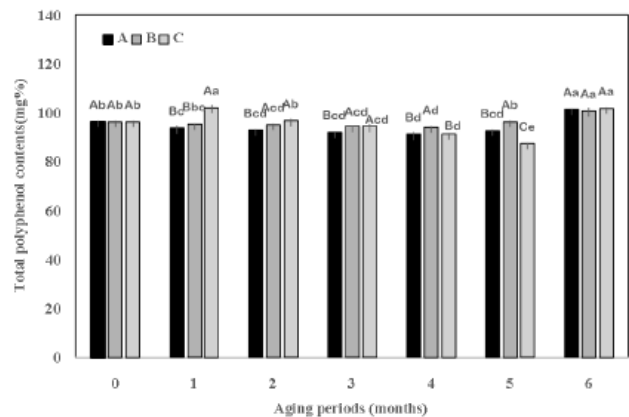


Fig. 1. Total polyphenol contents of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period. A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

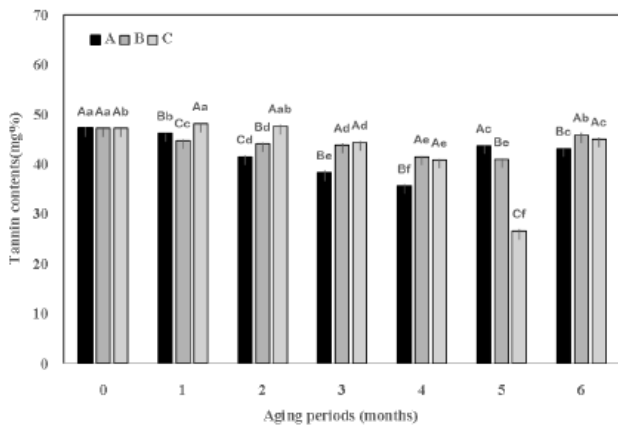


Fig. 2. Tannin contents of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period. A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

빈티지 포트와인의 프로안토시아닌(proanthocyanidins) 함량이 44개월 동안 15°C 저온으로 숙성하면 약 80~85%, 25°C 고온으로 숙성하면 약 60~70% 수준으로 감소하여 숙성 온도가 높을수록 산화가 빨라지며, 탄닌이 중합되어 탄닌 함량이 줄고 질감이 부드러워지만 구조감이 약해져 장기 숙성에는 저온 숙성이 적합하다고 보고하였다. 본 연구에서는 숙성 기간 동안의 변화 폭은 있었지만, 숙성 6개월 후 극적인 탄닌 함량의 변화는 없었고, 숙성 기간이 경과함에 따라 탄닌 함량이 감소하는 경향은 확인할 수 있었다.

6. 청수 주정강화 와인의 항산화 활성

청수 주정강화 와인의 항산화 활성을 비교하기 위해 ABTS 전자공여능과 DPPH 전자공여능을 분석한 결과는 Fig. 3, Fig. 4와 같다. 숙성 온도에 따른 ABTS 전자공여능 분석 결과, 상온 처리구에서 63.81~67.81%, 30°C 처리구에서 59.93~67.81%, 40°C 처리구에서 57.92~67.81%의 범위를 나타냈다. 상온 숙성 시 변화의 폭이 가장 적으며, 숙성 온도가 높을수록 가장 많이 감소하였고, 숙성 기간이 증가할수록 감소하는 경향이었다. ABTS 전자공여능은 상대적으로 안정한 free radical로서 DPPH 전자공여능 방법과 함께 항산화 활성을 평가하는데 지표로 자주 사용된다(Gutfinger 1981). 숙성 온도에 따른 DPPH 전자공여능 분석 결과, 상온 처리구에서 46.00~55.98%, 30°C 처리구에서 46.00~55.77%, 40°C 처리구에서 46.00~55.34%의 범위를 나타냈다. 숙성 온도에 따른 변화 폭은 비슷하였으며, 숙성 기간 동안 ABTS 전자공여능과 다르게 숙성 5개월까지 감소하는 경향이었지만, 6개월 차에 증가하였다. DPPH 전자공여능은 총 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능이 높다는 연구결과가 있다(Olejar 등 2015). 이는 phenolic content와 DPPH 라디칼에 대한 소거능은 관계가 있으며, 폴리페놀 성분에 의해 항산화 활성이

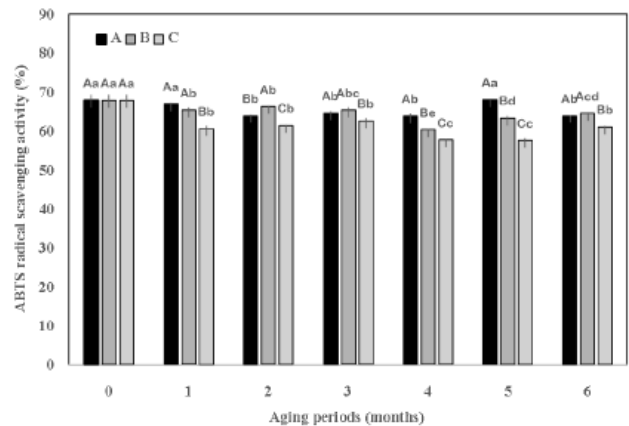


Fig. 3. ABTS radical scavenging activity of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period. A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

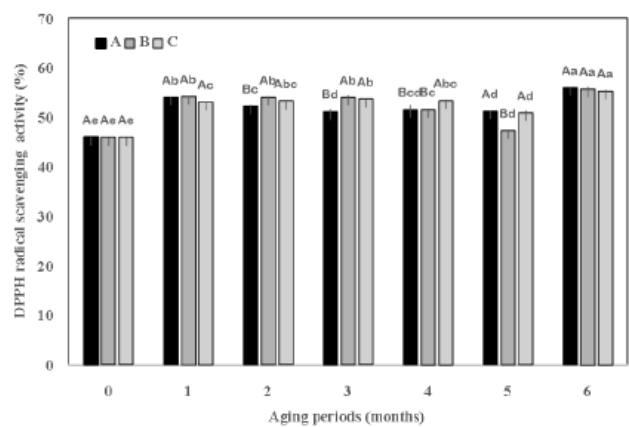


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of Cheongsoo fortified wine according to aging temperature and period. A, room temperature; B, 30°C; C, 40°C.

나타나기 때문이다(Guilford & Pezzuto 2011; Kim 등 2012). Pereira 등(2013)은 마테이라 와인의 45°C에서 3개월 숙성 시 ABTS와 DPPH의 변화는 드라이에서는 20~22%, 스위트에서 25~26% 정도 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 ABTS 전자공여능은 감소하여 비슷한 결과가 나타났지만, DPPH 전자공여능은 반대의 결과가 나타났다. 그리고 기능성 성분과 항산화 활성 간의 상관관계 분석 결과, 상온, 30°C, 40°C 숙성 온도에서 탄닌 함량과 ABTS 라디칼 소거능 간의 양의 상관관계를 보였으며, ABTS와 DPPH 라디칼 소거능 간의 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 그리고 40°C 숙성 온도에서는 총 폴리페놀과 탄닌 함량 간의 상관관계수는 0.815($p < 0.05$)로 높은 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 주정강화 와인의 숙성 온도가 기능성 성분과 항산화 활성에 영향을 준 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 청수 주정강화 와인을 발효 시작 시점을 26°Brix, 발효 중지(주정 첨가) 시점을 12°Brix로 설정하여 주정강화 와인을 제조하여 숙성 온도와 기간에 따른 일반 품질 특성과 향기 및 기능성 성분을 분석하였다. 청수 주정강화 와인의 숙성 온도와 기간에 따른 pH는 2.85~3.23으로 나타났으며, 숙성 온도 40°C에서 기간에 따라 pH 2.85~3.21로 가장 넓은 범위를 나타냈다. 총산은 0.56~0.80%였으며, 숙성 온도 40°C에서 가장 큰 차이를 나타냈다. 숙성 온도 상온과 30°C 처리구에서 숙성 4개월 차에서 가장 높은 값을 나타냈지만, 40°C 처리구에서는 1개월 차에 가장 높은 값을 나타냈다. 당도는 14.7~15.8°Brix로 숙성 기간 동안 큰 변화는 없었으며, 알코올 함량도 주정 첨가 후 초기 21.8%였으며, 숙성 동안 21.9~22.2%로 거의 변화가 없었다. 주정강화 와인의 색도를 분석한 결과, L값은 숙성 온도가 높을수록 빠르게 감소하였으며, a값, b값, Hue값 및 color intensity는 숙성 온도가 높을수록 증가하여 짙은 색의 와인으로 숙성이 진행되었다. 청수 주정강화 와인의 유리당 분석 결과, 과당은 41.96~42.22 mg/mL, 포도당은 15.68~17.88 mg/mL, 자당은 0.64~0.88 mg/mL로 나타나 자당이 잔당으로 남아 있었다. 유기산의 경우, 구연산은 0.022~0.039 mg/mL, 주석산은 2.715~3.133 mg/mL, 사과산은 1.126~1.265 mg/mL, 젖산은 0.172~0.173 mg/mL로 나타났으며, 높은 온도에서 숙성할수록 구연산, 주석산, 사과산이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 향기성분을 분석한 결과, alcohol류는 6종, ester류는 17종, ketone류는 3종, furan류 3종, pyran류 1종, acid류 1종 그리고 ethane류 1종으로 총 32종의 화합물이 분석되었다. 알코올류는 숙성 3개월 차에는 81.03~86.06 mg/L로 비슷한 수준이나, 숙성 6개월 차에는 26.20~74.49 mg/L 감소하였다. 에스테르 화합물은 숙성 3개월 차에는 숙성 온도 40°C에서 73.10 mg/L로 가장 많았고, 6개월 차에 15.73 mg/L로 감소하여 변화 폭이 가장 컸다. 그리고 퓨란 화합물은 상온 숙성에서 검출되지 않았으며, 숙성 3개월 차 30°C, 40°C 처리구에서 각각 0.05 mg/L, 0.04 mg/L 검출되었고 숙성 6개월 차 30°C, 40°C 처리구에서 각각 0.14 mg/L, 0.17 mg/L 증가하였다. 청수 주정강화 와인의 총 폴리페놀 함량은 숙성 온도 상온에서 91.17~101.41 mg%, 30°C에서 94.17~100.77 mg%, 40°C에서 87.38~102.14 mg%로 나타났으며, 40°C 숙성에서 많은 변화가 나타났다. 탄닌 함량은 숙성 온도 상온에서 35.56~47.12 mg%, 30°C에서 40.96~47.12 mg%, 40°C에서 26.54~48.06 mg%로 나타났으며, 숙성 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 주정강화 와인의 항산화 활성 비교를 위한 ABTS 전자공여능과 DPPH 전자공여능의 분석 결과, ABTS 전자공여능은 숙성 온도 상온에서 63.81~67.81%, 30°C에서 59.93~67.81%, 40°C에서 57.92~67.81g%의 범위를 나타냈으며, 숙성

온도가 높고 숙성 기간이 증가할수록 감소하는 경향이었다. DPPH 전자공여능은 숙성 온도 상온에서 46.00~55.98%, 30°C에서 46.00~55.77%, 40°C에서 46.00~55.34g%의 범위를 나타냈으며, 숙성 5개월까지 감소하는 경향이었다. 본 연구를 통해 청수 주정강화 와인의 일반 품질 특성, 향기 및 기능성 성분을 확인하였으며, 향후 주정강화 와인의 장기 숙성 연구를 통해 프리미엄 주정강화 와인 개발 가능성을 보여주었으며, 다양한 와인 산업에 적용이 가능할 것이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(주관과제명: 충북지역 생식용 포도를 활용한 와인 제조기술 및 실용화 기술 개발, 과제번호: RS-2024-00438167)의 지원에 의한 것으로, 이에 감사드립니다.

References

- Abreu T, Perestrelo R, Bordiga M, Locatelli M, Coisson JD, Câmara JS. 2021. The flavor chemistry of fortified wines: A comprehensive approach. *Foods* 10:1239
- Amerine MA, Ough CS. 1980. *Methods for Analysis of Musts and Wine*. Wiley & Sons. pp.176-180
- Azevedo J, Pinto J, Teixeira N, Oliveira J, Cabral M, de Pinho PG, Lopes P, Mateus N, de Freitas V. 2022. The impact of storage conditions and bottle orientation on the evolution of phenolic and volatile compounds of vintage port wine. *Foods* 11:2770
- Bang BH, Paik JK, Lee SW, Jeong EJ, Rhee MS, Yi DH. 2015. Physicochemical characteristics based on fining and filtering of Muscat Bailey A grape wine. *Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1687-1692
- Câmara JS, Alves MA, Marques JC. 2006. Changes in volatile composition of Madeira wines during their oxidative ageing. *Anal Chim Acta* 563:188-197
- Chang EH, Jeong ST, Roh JH, Yun HK, Park KS, Choi JU. 2008. Effect on wine quality of pre-treatment of grapes prior to alcohol fermentation. *Food Sci Preserv* 15:824-831
- Cunha SC, Fernandes JO, Faria MA, Ferreira IMPLVO, Ferreira MA. 2002. Quantification of organic acids in grape musts and port wines. *Cienc Tecnol Aliment* 3:212-216
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:3010-3014

- Du Toit WJ, Lambrechts MG. 2002. The enumeration and identification of acetic acid bacteria from South African red wine fermentations. *Int J Food Microbiol* 74:57-64
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25:361-377
- Guilford JM, Pezzuto JM. 2011. Wine and health: A review. *Am J Enol Vitic* 62:471-486
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968
- Jo YJ, Kim OM, Jeong YJ. 2013. Monitoring of the changes in volatile flavor components in oriental melon wine using SPME. *Food Sci Preserv* 20:207-214
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342
- Kim HA, Cho MH, Lee KH. 2009. Studies on the sensory characteristics of Korean wine and imported wine. *J East Asian Soc Diet Life* 19:593-602
- Losada MM, Lopez JF, Anon A, Andres J, Revilla E. 2012. Influence of some oenological practices on the aromatic and sensorial characteristics of white Verdejo wines. *Int J Food Sci Technol* 47:1826-1834
- Lee JE, Hong HD, Choi HD, Shin YS, Won YD, Kim SS, Koh KH. 2003. A study on the sensory characteristics of Korean red wine. *Korean J Food Sci Technol* 35:841-848
- Lee JE, Shin YS, Sim JK, Kim SS, Koh KH. 2002. Study on the color characteristics of Korean red. *Korean J Food Sci Technol* 34:164-169
- Lee SJ, Lee JE, Kim SS. 2004. Development of Korean red wines using various grape varieties and preference measurement. *Korean J Food Sci Technol* 36:911-918
- Lorenzo C, Pardo F, Zalacain A, Alonso GL, Salinas MR. 2005. Effect of red grapes co-winemaking in polyphenols and color of wines. *J Agric Food Chem* 53:7609-7616
- Ma Y, Yu K, Chen X, Wu H, Xiao X, Xie L, Wei Z, Xiong R, Zhou X. 2023. Effects of plant-derived polyphenols on the antioxidant activity and aroma of sulfur-dioxide-free red wine. *Molecules* 28:5255
- Margalit Y. 1997. Concepts in Wine Chemistry. pp. 11-27. The Wine Appreciation Guild
- Milheiro J, Filipe-Ribeiro L, Cosme F, Nunes FM. 2023. Discrimination of port wines by style and age using chromatic characteristics, phenolic, and pigment composition. *Food Res Int* 172:113181
- NTSTSI. 1999. Alcoholic liquors analytical rule: National tax service technical service instructions. National Tax Service Technical Service Institute. pp. 37-38
- Olejar KJ, Fedrizzi B, Kilmartin PA. 2015. Influence of harvesting technique and maceration process on aroma and phenolic attributes of Sauvignon Blanc wine. *Food Chem* 183:181-189
- Padilla B, Gil JV, Manzanares P. 2018. Challenges of the non-conventional yeast *Wickerhamomyces anomalus* in wine-making. *Fermentation* 4:68
- Park H, Park JM, Han B, Choi W, Noh J. 2018. Quality characteristics of Korean domestic commercial meoru wines. *Korean J Food Nutr* 31:703-711
- Park H, Park E, Park EK, Choi S, Shin H, Kim MJ. 2021. Quality characteristics and functionality of vin chaud prepared from Campbell Early wine. *Korean J Food Nutr* 34:516-525
- Park H, Park EK, Choi S, Shin H, Kim MJ, Park JM. 2020. Quality characteristics of Cheongsoo grape wine by freeze concentration fermented with different yeasts. *Korean J Food Nutr* 33:512-523
- Park HJ. 2020. Quality characteristics of white wines fermented with different grape cultivars in Korea. Ph.D. Thesis, Chungbuk Univ. Cheongju. Korea
- Park WM, Park HG, Rhee SJ, Lee CH, Yoon KE. 2002. Suitability of domestic grape, cultivar Campbell's Early, for production of red wine. *Korean J Food Sci Technol* 34:590-596
- Pereira V, Albuquerque F, Cacho J, Marques JC. 2013. Polyphenols, antioxidant potential and color of fortified wines during accelerated ageing: The Madeira wine case study. *Molecules* 18:2997-3017
- Pereira V, Albuquerque FM, Ferreira AC, Cacho J, Marques JC. 2011. Evolution of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural (F) in fortified wines submitted to overheating conditions. *Food Res Int* 44:71-76
- Perestrelo R, Jaouhari Y, Abreu T, Castillo MM, Travaglia F, Pereira JAM, Cãara JS, Bordiga M. 2023. The fingerprint of fortified wines—from the Sui Generis production processes to the distinctive aroma. *Foods* 12:2558
- Ribeiro SG, Martins C, Tavares T, Rudnitskaya A, Alves F, Rocha SM. 2023. Volatile composition of fortification grape spirit and port wine: Where do we stand? *Foods* 12:2432

- Sabel A, Martens S, Petri A, König H, Claus H. 2014. *Wickerhamomyces anomalus* AS1: A new strain with potential to improve wine aroma. *Ann Microbiol* 64:483-491
- Scutaraşu EC, Luchian CE, Vlase L, Nagy K, Colibaba LC, Trinca LC, Cotea VV. 2022. Influence evaluation of enzyme treatments on aroma profile of white wines. *Agronomy* 12:2897
- Sun SY, Che CY, Sun TF, Lv ZZ, He SX, Gu HN, Shen WJ, Chi DC, Gao Y. 2013. Evaluation of sequential inoculation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Oenococcus oeni* strains on the chemical and aromatic profiles of cherry wines. *Food Chem* 138:2233-2241
- Vas G, Gál L, Harangi J, Dobó A, Vékey K. 1998. Determination of volatile aroma compounds of Blaufrankisch wines extracted by solid-phase microextraction. *J Chromatogr Sci* 36:505-510
- Yoon HS, Park JM, Park H, Jeong C, Choi W, Park J, Kim S. 2016. Quality characteristics of Korean domestic commercial white wines. *Korean J Food Nutr* 29:538-546
- Zhang XK, Lan YB, Zhu BQ, Xiang XF, Duan CQ, Shi Y. 2018. Changes in monosaccharides, organic acids and amino acids during Cabernet Sauvignon wine ageing based on a simultaneous analysis using gas chromatography - mass spectrometry. *J Sci Food Agric* 98:104-112
- Zoecklein BW, Fugelsang KC, Gump BH, Nury FS. 1990. *Production Wine Analysis*. pp.129-168. Van Nostrand Reinhold

Received 19 September, 2025

Revised 01 October, 2025

Accepted 13 October, 2025

UPLC-DAD-QTOF/MS 기반 국내 재배 지역별 시금치의 데치기 처리에 따른 플라보노이드 특성 비교

안정현 · 권령하* · 이수경** · 정은숙** · 최용민*** · 김현웅*** · †이광식***

농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 석사전문연구원, *농촌진흥청 식품자원개발부 박사전문연구원,
농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 연구원, *농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 농업연구사

Characterization of Flavonoids in Korean Spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Different Regions under Blanching using UPLC-DAD-QTOF/MS

Jeong Hyeon Ahn, Ryeong Ha Kwon*, Su Kyoung Lee**, Eun-Sook Jeong**,
Youngmin Choi***, Heon-Woong Kim*** and †Kwang-Sik Lee***

Master's Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Ph.D. Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

**Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

***Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Abstract

Spinach (*Spinacia oleracea* L.) is a widely consumed leafy green vegetable known for its rich content of vitamins, minerals, and bioactive compounds with nutraceutical potential. This study analyzed the flavonoid content in three regionally cultivated Korean spinach varieties—Seomcho, Pohangcho, and Bomulcho—in both raw and blanched samples using high-resolution mass spectrometry (UPLC-DAD-QTOF/MS). A total of 18 flavonoids were identified and characterized, including flavonol glycosides (spinacetin, patuletin, jaceidin, axillarin) and a flavone glycoside (6:7-methylenedioxyflavone). Notably, acylated compounds such as coumaric acid and ferulic acid were observed among the spinach flavonoids. The total flavonoid content ranged from 1,112.03 to 1,368.39 mg/100 g of dry weight in the raw spinach samples, with no significant changes noted after blanching. In Seomcho, the predominant flavonoids were patuletin 3-O-(2"-O-apiosyl)gentiobioside and spinacetin 3-O-(2"-O-apiosyl)gentiobioside, while Pohangcho featured spinacetin 3-O-gentiobioside and Bomulcho highlighted axillarin 4'O-glucuronide as the major compounds. These findings provide a comprehensive profile of flavonoids in Korean spinach, reveal regional differences, and suggest their potential as functional food ingredients.

Key words: spinach, UPLC-QTOF/MS, flavonoid, region-specific, blanch

서 론

시금치(*Spinacia oleracea* L.)는 명아주과에 속하는 1년생 저온성 작물로 비타민 C, 엽산, 무기질 뿐만 아니라, 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있어 건강증진을 위한 기능성 식품으로의 활용 가능성이 주목받고 있다(Czarnowska & Gujska 2012; Roberts & Moreau 2016). 시금치는 항산화(Ko 등

2014), 항염증(Lomnitski 등 2000; Cartford 등 2002), 항암(de Vogel 등 2005; Maeda 등 2011), 항비만(Kumar & Loganathan 2010; Li 등 2019) 등 다양한 건강증진 가능성이 보고되었다. 국내 시금치는 지역에 따라 전남 신안의 '섬초' 경북 포항의 '포향초', 경남 남해의 '보물초' 등이 대표적으로 재배되고 있으며, 재배지역에 따라 서로 다른 생육 특성과 성분 조성을 나타낸다(Na 등 2010). 서구의 식생활에 있어 시금치는 셀

† Corresponding author: Kwang-Sik Lee, Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. E-mail: kslee84@korea.kr

러드나 스무디를 통해 생으로 섭취되는 반면, 한국에서는 데쳐서 섭취하는 조리방식이 일반적이다.

플라보노이드는 시금치 내 대표적인 2차 대사산물로 알려져 있으며(Edenharder 등 2001; Howard 등 2002), 주로 메톡시화된 플라보놀(patuletin, spinacetin 및 jaceidin) 유도체가 보고되었다(Singh 등 2018a; Ramaiyan 등 2020). 이러한 유도체는 아글리콘의 3-OH 위치에 gentiobiose(glucosyl-(1→6)-glucoside)가 결합한 구조를 기본으로 하며, 추가적으로 내측 glucose의 2"-OH 위치에 apiose가 결합된 삼배당체가 확인된 바 있다(Ferreres 등 1997; Cho 등 2008; Koh 등 2012). 또한, 페놀산(*p*-coumaric acid, ferulic acid)이 아실화 된 플라보놀과 6:7-methylenedioxyflavone 배당체가 시금치의 특이적인 성분으로 확인되었다(Singh 등 2018b; Son 등 2024). 시금치의 성숙도에 따라 spinacetin 및 patuletin 배당체의 함량과 항산화 활성 간의 유의적인 상관관계가 있음을 확인하였으며(Pandjaitan 등 2005), 특히 *p*-coumaroyl 기가 결합된 플라보놀 배당체가 강한 항산화 활성을 나타냈다(Bergman 등 2001).

재배 지역(Yuk 등 2019), 재배 조건(Bergquist 등 2007) 저장 방법(Bottino 등 2009)에 따른 시금치 유래 플라보노이드의 조성 및 함량의 차이가 보고된 바 있다. 국내 시금치를 대상으로 한 재배 지역 간 비교 연구에서 총 플라보노이드 함량에는 큰 차이가 없었으나, 개별 플라보노이드의 함량의 경우 재배 지역간 유의적인 차이를 나타냈다(Yuk 등 2019). 또한 한국인의 시금치 조리 방식인 데치기에 따른 비타민 C(Selman JD 1994), 엽산(DeSouza & Eitenmiller 1986), 무기질(Bengtsson BL 1969)을 포함한 영양성분의 함량 변화가 확인된 바 있다.

기존의 시금치 관련 연구는 대부분 일반적인 영양성분 분석에 한정되어 있으며, 재배지역에 따른 개별 플라보노이드 조성 및 함량에 대한 연구는 여전히 부족한 실정이다. 또한 실제 한국인 섭취 방식을 반영한 플라보노이드 분석 사례 역시 없다. 따라서 한국에서 대표적으로 재배되는 시금치 3종(섬초, 포향초, 보물초)을 대상으로, 생 것과 데친 것의 플라보노이드 조성 및 함량 차이를 고해상도 질량 분석(UPLC-DAD-QTOF/MS)을 기반으로 하여 비교하고자 하였으며, 향후 기능성 식품 소재로서의 활용 기반을 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에서 사용된 시금치는 노지에서 재배되었으며, 전남 신안의 섬초, 경북 포항의 포향초, 경남 남해의 보물초를 2023년 1월에 구매하였다. 생 시금치 시료는 흐르는 물에 흙이 제거될 때까지 세척한 후 표면 수분을 제거하고, -20°C에서 보관하였다가 동결건조하였으며, 300 mesh 채반에 분말화하여 -20°C

에서 냉동보관 후 분석 시료로 사용하였다. 데친 시료 Park 등(2014)의 방법을 참고하여, 100°C 끓는 물에 30 초간 데치는 방법을 통해 조리하였다. 생시료와 동일한 방법으로 분말화하였으며, 냉동보관하여 분석시료로 사용하였다. 개별 플라보노이드 화합물 유도체의 구조 확인을 위해 표준품 quercetin 3-O-gentiobioside(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), quercetin 3-O-sophoroside(Phytolab, Vestenbergreuth, Germany), camelliaside A(Phytolab), camelliaside B(Phytolab)를 사용했으며, quercetin 3,5,7,3',4'-pentamethyl ether(Sigma-Aldrich)를 통해 내부표준정량을 진행하였다. 추출 및 이동상 용매로 사용된 acetonitrile, methanol, water는 Fisher Scientific(Fair Lawn, NJ, USA)에서, formic acid는 Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan)로부터 구매하였다.

2. 플라보노이드 추출물의 제조

플라보노이드 추출은 Lee 등(2020)의 방법을 참고하였으며, 시금치 건조 분말 0.5 g을 추출용매(methanol:water:formic acid=50:45:5, v/v/v) 10 mL로 30분간 진탕 추출하였다. 추출 후 2,898 µg, 10°C로 15분간 원심분리(1580R, Labogene)한 후 상층액을 0.2 µm syringe filter(25 mm, Nylon, Thermo Scientific)로 여과하였다. 시료 내 불순물을 제거하기 위해 Hypersep C18(Thermo Scientific, Bellenfonte, PA, USA)을 사용하였다. 고체상 추출 단계는 methanol 3 mL, water 6 mL를 흘려주어 활성화시켜 주었으며, 여과된 추출물 0.5 mL 및 내부표준물질(quercetin 3,5,7,3',4'-pentamethyl ether) 100 ppm, 0.5 mL를 차례로 loading 한 후, 물 5 mL를 흘려주어 카트리지 내부의 불순물을 제거하여 주었으며, 이후 flavonoid 추출물을 1% formic acid 함유 methanol 5 mL로 용출시켜 주었다. 용출된 시료는 질소가스를 사용해 완전히 농축한 후, 추출용매 0.5 mL로 재용해하여 0.2 µm syringe filter(13 mm, Nylon, Thermo Scientific)로 여과한 후 UPLC-DAD-QTOF/MS로 분석하였다.

3. UPLC-DAD-QTOF/MS 분석

시금치로부터 개별 플라보노이드 화합물을 분리 동정하기 위해 액체크로마토그래피(ExionLCTM AD, AB SCIEX)와 연결된 질량분석기(X500R QTOF, AB SCIEX, Framingham, MA, USA)를 통해 positive ion mode로 분석을 진행하였다. 컬럼은 CORTECS UPLC T3 column(2.1 mm×150 mm, Waters, Wexford, Ireland), 보호컬럼은 CORTECS UPLC T3 VanGuard™(2.1 mm×50 mm I.D., 1.6 µm; Waters)을 사용하였으며, 오븐의 온도는 30°C로 설정하였다. 검출파장은 210-400 nm(대표파장, 플라보노이드 350 nm) 범위로 지정하였으며, 시료 주입량은 1 µL로 하였다. 이동상 조성은 0.5% formic acid 함유 water를 A, 0.5% formic acid 함유 acetonitrile을 B로 하였으며, 유량은 0.30 mL/min으로 하였다. 이동상 구매 조건에 있어 B를 5%로 시작하여 20분까지 25%, 25분

까지 50%로, 30분까지 90%로 증가시킨 후, 32분까지 2분 동안 유지하였으며, 35분까지 5%로 다시 감소시키고 45분까지 유지하였다. 질량분석 조건으로 ion spray voltage, declustering potential, collision energy는 각각 5,500 V, 80 V 및 15 V였으며, ion source 및 desolvation 온도는 50°C 및 500°C로 설정하였으며, 질량 스캔 범위는 m/z 200~1,200으로 하였다. 플라보노이드 함량 (mg/100g, 건조중량)은 relative response factor를 고려하지 않고, 고체상 추출 과정에서 투입된 내부표준물질의 면적과 각 성분의 면적을 1:1로 비교하여 산출하였다.

4. 통계처리

본 실험은 3회 반복하여 얻어진 측정값을 평균값과 표준편차로 나타내었다. 각 평균값 간의 차이에 대한 유의성 검정은

IBM SPSS Statistics ver. 27.0(SPSS Inc.)을 사용하여 사후 검정을 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성 $p < 0.05$ 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 시금치 개별 플라보노이드 분리 및 동정

양이온 모드로 분석하여 총 18개의 플라보노이드 배당체가 검출되었으며([aglycone+H]⁺), 7종의 patuletin(m/z 333), 6종의 spinacetin(m/z 347), 1종의 axillarin(m/z 347), 1종의 jaceidin(m/z 361) 및 3종의 6:7-methylenedioxyflavone(m/z 345, 329 및 359) 배당체로 구성되었다(Table 1). 이들 배당체는 기존 연구와 유사하게 아글리콘의 3-OH 또는 4'-OH 위치에 gentiobiose(2'-

Table 1. Characterization of eighteen flavonoid derivatives from spinach

Peak No.	Chemical full name	RT (min)	Molecular formula	ESI(+)-QTOF/MS(experimental ions, m/z)			
				Error (ppm)	[M+H] ⁺	[M+Na] ⁺	Fragment ions
Patuletin							
1	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -apiosyl)gentiobioside	15.31	C ₃₃ H ₄₀ O ₂₂	0.5	789	811	333 , 495, 627, 657
2	Patuletin 3- <i>O</i> -gentiobioside	16.45	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₈	1.0	657	679	333 , 495
4	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)-[2"- <i>O</i> -apiosyl]gentiobioside	18.47	C ₄₂ H ₄₆ O ₂₄	0.9	935	957	147, 309, 333 , 495, 657, 789, 803
5	Patuletin 3- <i>O</i> -glucoside	18.78	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₃	1.2	495	517	333
6	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)-[2"- <i>O</i> -apiosyl]gentiobioside	19.00	C ₄₃ H ₄₈ O ₂₅	0.9	965	987	177, 333 , 339, 495, 657, 789, 833
9	Patuletin-3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)-gentiobioside	20.62	C ₃₇ H ₃₈ O ₂₀	-0.6	803	825	147, 309, 333 , 495, 657
11	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)-gentiobioside	20.99	C ₃₈ H ₄₀ O ₂₁	0.6	833	855	177, 333 , 495, 657
Spinacetin							
3	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -apiosyl)gentiobioside	17.19	C ₃₄ H ₄₂ O ₂₂	0.6	803	825	347 , 509, 641, 671
7	Spinacetin 3- <i>O</i> -gentiobioside	19.08	C ₂₉ H ₃₄ O ₁₈	0.9	671	693	347 , 509
8	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)-[2"- <i>O</i> -apiosyl]gentiobioside	20.19	C ₄₃ H ₄₈ O ₂₄	1.1	949	971	147, 309, 347 , 509, 671, 803, 817
10	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)-[2"- <i>O</i> -apiosyl]gentiobioside	20.62	C ₄₄ H ₅₀ O ₂₅	0.6	979	1001	177, 339, 347 , 509, 671, 803, 847
13	Spinacetin-3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)gentiobioside	22.74	C ₃₉ H ₄₂ O ₂₁	0.9	847	869	177, 339, 347 , 509, 671
14	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)gentiobioside	23.02	C ₃₈ H ₄₀ O ₂₀	1.3	817	839	147, 309, 347 , 509, 671
Axillarin							
12	Axillarin 4'- <i>O</i> -glucuronide	22.62	C ₂₃ H ₂₂ O ₁₄	-0.8	523	545	347
Jaceidin							
15	Jaceidin 4'- <i>O</i> -glucuronide	23.32	C ₂₄ H ₂₄ O ₁₄	-0.3	537	-	361
6:7-methylenedioxyflavone							
16	5,3',4'-Trihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	24.24	C ₂₃ H ₂₀ O ₁₄	0.0	521	-	345
17	5,4'-Dihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	24.55	C ₂₃ H ₂₀ O ₁₃	1.2	505	-	329
18	5,4'-Dihydroxy-3,3'-dimethoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	24.68	C ₂₄ H ₂₂ O ₁₄	-0.8	535	-	359

All samples analyzed in positive ESI-ionization mode (m/z , [M+H]⁺) using UPLC-DAD-QTOF/MS; [M+Na]⁺ adducts presented. Bold font indicates basic aglycones of flavonoid structures.

O-apiosyl)-gentiobiose 또는 glucuronic acid가 결합된 배당체로 확인되었다(Koh 등 2012; Watanabe & Ayugase 2015; Ramaiyan 등 2020). 그 중 8종의 플라보놀 배당체는 m/z 147 및 m/z 177에서 특징적인 조각이온이 검출되면서 각각 coumaric acid 및 ferulic acid가 아실화된 구조임을 확인하였다.

Peak 2는 m/z 657에서 모분자 이온을 가지며, m/z 495 및 m/z 333에서 각각 162 Da 및 324 Da의 소실에 해당하는 조각이온이 검출되면서 patuletin diglucose로 확인되었다. 유사한 구조를 가지고 있는 표준품 2종, quercetin 3-*O*-gentiobioside(quercetin 3-*O*-glucosyl-(1→6)-glucoside)와 quercetin 3-*O*-sophoroside(quercetin 3-*O*-glucosyl-(1→2)-glucoside)의 조각이온패턴을 살펴보면 m/z 627[M+H]⁺, m/z 465[M+H-Glu]⁺ 이온의 relative abundance(RA%)가 차이를 알 수 있다. 두 이온에 대한 RA%는 전자 표준품의 각각 70% 및 12%로 검출된 반면, 후자의 경우 20% 및 15%로 확인되면서, 1→6 결합이 1→2 결합보다 비교적 더 강한 결합임을 시사한다. Peak 2의 m/z 657[M+H]⁺ 및 m/z 495[M+H-Glu]⁺ 이온의 RA%는 각각 60% 및 10%로 전자와 유사하였으므로, peak 2는 patuletin 3-*O*-

gentiobioside로 추정되었다(Fan 등 2011).

Peak 1은 m/z 789에서 모분자 이온을 가지며, peak 2에 apiose(132 Da)이 추가된 patuletin 배당체로 확인되었다. 양이온 모드로 분석한 결과, m/z 657[M+H-Api]⁺, 627[M+H-Glu]⁺, 495[M+H-Api-Glu]⁺, 333[M+H-Api-2Glu]⁺의 조각이온이 검출되었다. m/z 657 및 627 조각이온이 동시에 검출되었으며, m/z 657(28%)의 RA%가 m/z 627(2%)보다 높게 확인되면서, apiose와 glucose가 각각 내측 glucose의 2"-OH 및 6"-OH 위치에 가지 형태로 결합된 삼배당체로 추정되었다. 이러한 결과는 표준품 camelliaside A(kaempferol 3-*O*-(2"-*O*-galctosyl-[6"-*O*-rhamnosyl])glucoside) 및 camelliaside B(kaempferol 3-*O*-(2"-*O*-xylosyl-[6"-*O*-rhamnosyl])glucoside)의 질량이온 패턴을 통해 뒷받침될 수 있다(Fig. 4). 두 표준품 모두 glucose의 2"-OH 위치에 결합한 당(각각 galactose 및 xylose)이 소실된 조각이온의 RA%는 각각 25% 및 28%이었으며, 6"-OH 위치의 당(rhamnose)이 소실된 조각이온의 RA%는 4%로 확인되면서 peak 2의 질량이온 패턴과 유사하였다. 따라서 peak 1은 patuletin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside로 추정되었으며, Singh

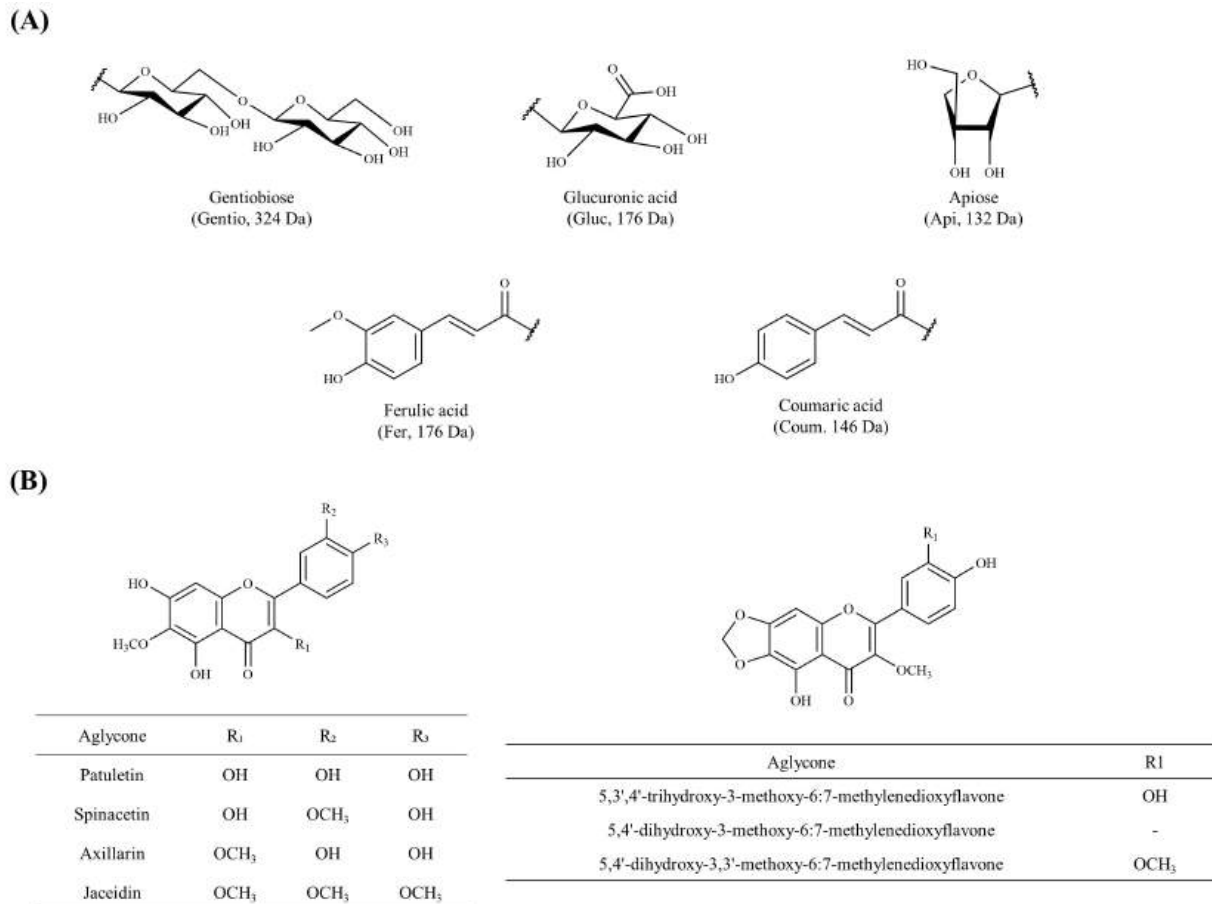


Fig. 1. Chemical structures of flavonoid derivatives from spinach. (A) sugar residues and phenolic acids, (B) aglycones.

등(2017)이 발표한 결과와 일치했다.

Peak 3(17.26 min) 및 7(19.15 min)은 m/z 347에서 아글리콘 이온이 검출되면서 spinacetin 배당체로 확인되었다(Fig. 2). 이들은 patuletin의 4'-OH 위치에 메틸기(14 Da)가 추가된 성분으로 비극성인 특징을 지녀, patuletin 배당체보다 약간 뒤에서 용출된다고 보고된 바 있다(Stefova 등 2003). 또한 peak 3 및 7의 조각이온의 RA%를 통해 앞선 화합물(peak 1 및 2)과 유사한 당 구조임을 확인했다. 따라서 peak 3 및 7은 각각 spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside 및 spinacetin 3-*O*-gentiobioside로 추정되었다. 한편, m/z 347에서 아글리콘 이온으로 가지는 성분(peak 12)이 22.62 min에서도 확인되었다(Fig. 2). Peak 12의 아글리콘 이온의 RA%는 10%로, peak 3 및 7(100%)과 달랐으며, 이는 peak 12의 아글리콘이 spinacetin의 이성질체임을 시사했다(Fig. 1). Aritomi 등(1985)의 연구에 따르면,

axillarin(m/z 347[M+H]⁺)은 3-*O*-methylated patuletin으로 주로 4'-OH 위치에 glucuronic acid가 주로 결합된 배당체로 존재했다. 또한, 이 배당체는 시금치 내 특징적인 화합물로서 peak 3 및 7보다 뒤에 용출된다고 보고된 바 있다(Watanabe & Ayugase 2015). 따라서 peak 12는 axillarin 4'-*O*-glucuronide로 추정되었다.

Peak 9과 11에서 m/z 657[M+H-146]⁺, 627[M+H-176]⁺ 조각이온이 검출되었다. Peak 9는 m/z 803의 모분자 이온을 가지며, m/z 495[M+H-Coum-Glu]⁺, 333[Aglycone+H]⁺, 147[Coum+H]⁺ 조각이온을 통해 coumaric acid가 아실화 된 되며, glucose 2분자와 coumaric acid가 결합한 형태의 patuletin 배당체임을 확인했다. 조각이온 m/z 657[M+H-Coum]⁺, 495[M+H-Coum-Glu]⁺, 333[M+H-Coum-2Glu]⁺는 검출되었으나, 배당체에서 모분자로 부터 단독으로 glucose(162 Da)가 소실된 조각이온이 존재하

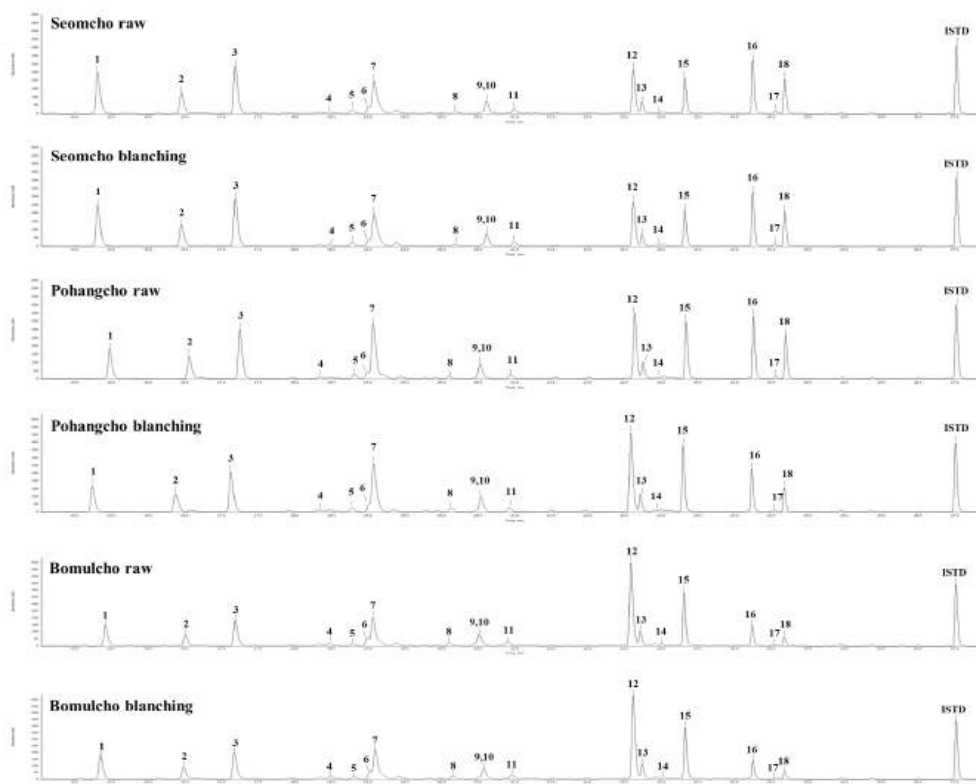


Fig. 2. UPLC-DAD chromatograms of flavonoids in spinach at 350 nm; Peak (1) patuletin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside, (2) patuletin 3-*O*-gentiobioside, (3) spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside, (4) patuletin 3-*O*-(2"-*O*-coumaroyl-[2"-*O*-apiosyl])gentiobioside, (5) patuletin 3-*O*-glucoside, (6) patuletin 3-*O*-(2"-*O*-feruloyl-[2"-*O*-apiosyl])gentiobioside, (7) spinacetin 3-*O*-gentiobioside, (8) spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-coumaroyl-[2"-*O*-apiosyl])gentiobioside, (9) patuletin-3-(2"-*O*-coumaroyl)gentiobioside, (10) spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-feruloyl-[2"-*O*-apiosyl])gentiobioside, (11) patuletin 3-(2"-*O*-feruloyl)gentiobioside, (12) axillarin 4'-*O*-glucuronide, (13) spinacetin-3-*O*-(2"-*O*-feruloyl)gentiobioside, (14) spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-coumaroyl)gentiobioside, (15) jaceidin 4'-*O*-glucuronide, (16) 5,3',4'-trihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucuronide, (17) 5,4'-dihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucuronide, (18) 5,4'-dihydroxy-3,3'-dimethoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucuronide.

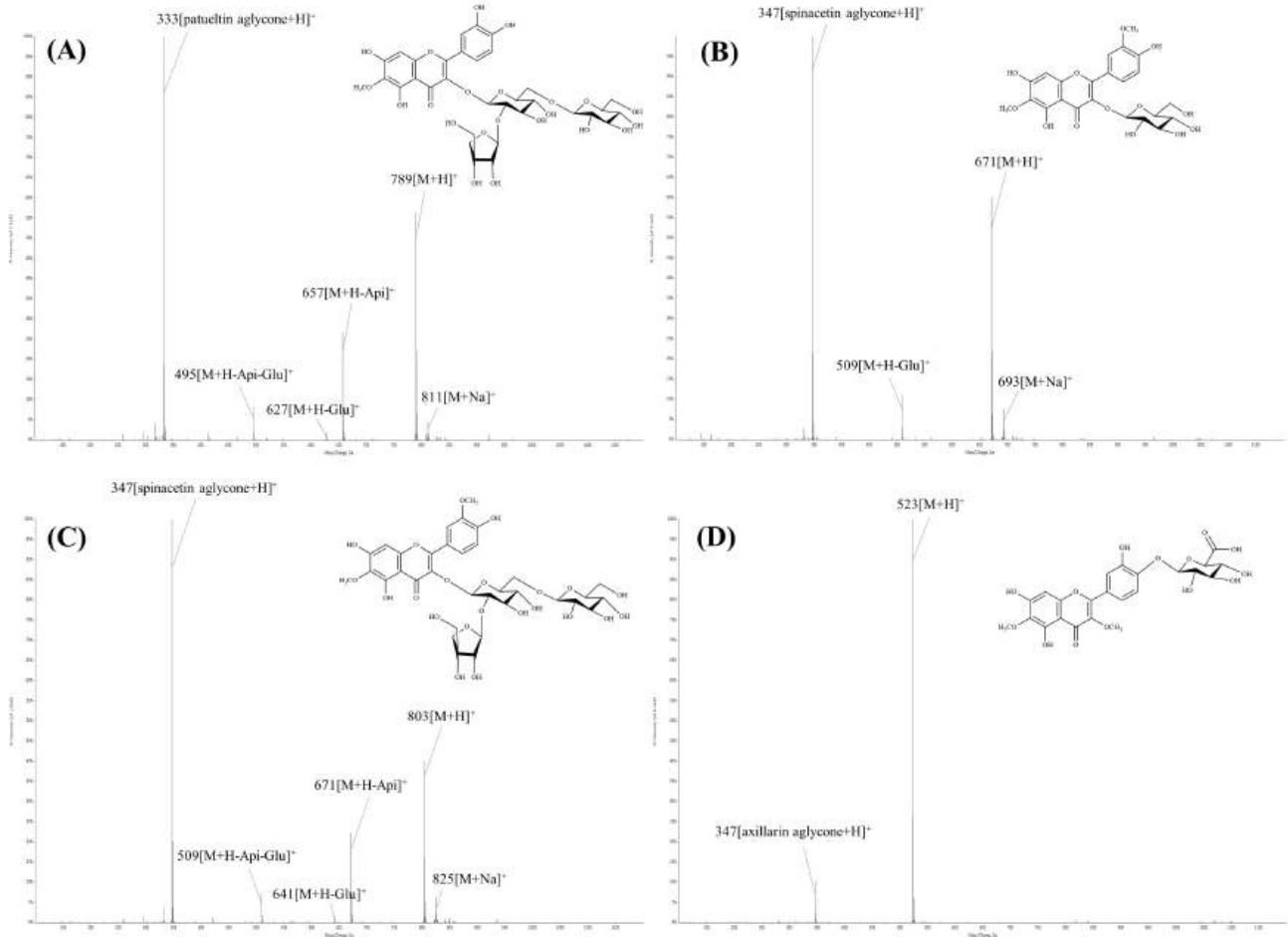


Fig. 3. MS spectra and structures of four representative major flavonoids in spinach. (A) patuletin 3-*O*-gentiobioside, (B) spinacetin 3-*O*-gentiobioside, (C) spinacetin 3-*O*-(2''-*O*-apiosyl)gentiobioside, (D) axillarin 4'-*O*-glucuronide.

지 않았다. 또한 조각이온 m/z 309[Coum+Glu+H]⁺의 검출을 통해 외측 glucose의 2''-OH 위치에 coumaric acid가 아실화된 구조임을 확인했다(Bergman 등 2001; Brock & Hofmann 2008). Peak 11(m/z 833[M+H]⁺)도 마찬가지로, m/z 641[M+H-Glu]⁺ 이온이 검출되지 않았으며, 조각이온 m/z 339[Fer+Glu+H]⁺을 근거로 하여 ferulic acid가 아실화된 구조로 추정할 수 있었다. 따라서 peak 9는 patuletin 3-*O*-(2''-*O*-coumaroyl)gentiobioside로, peak 11은 patuletin 3-*O*-(2''-*O*-feruloyl)gentiobioside로 추정되었으며, Ferreres 등(1997)의 결과와 일치한다.

Peak 4에서 m/z 935[M+H]⁺를 모분자 이온으로 하며, peak 9에 apiose가 추가된 patuletin 배당체임을 확인했으며, 조각이온 803[M+H-Api]⁺, 789[M+H-Coum]⁺, 495[M+H-Api-Coum-Glu]⁺, 333[M+H-Api-Coum-2Glu]⁺, 309[Coum+Glu+H]⁺, 146[Coum+H]⁺이 동시 검출된 한편, m/z 773[M+H-Glu]⁺ 및 279[Coum+Api+H]⁺은 검출되지 않았다. 따라서 peak 4는 patuletin 3-*O*-(2''-*O*-coumaroyl-[2''-*O*-apiosyl])gentiobioside로 추정되었다(Cho 등

2008). 한편 peak 6은 peak 4의 coumaric acid가 ferulic acid로 대체된 성분으로 확인되며, patuletin 3-*O*-(2''-*O*-feruloyl-[2''-*O*-apiosyl])gentiobioside로 추정되었다(Edenharder 등 2001; Cho 등 2008).

Peak 16, 17 및 18은 시금치 내에서 특이적으로 존재하는 3-methoxyl flavone 배당체로, A-링의 6번, 7번이 methylenedioxy(-O-CH₂-O-)기로 연결된 구조를 가진다(Fig. 1). Peak 16(m/z 521[M+H]⁺), peak 17(m/z 505[M+H]⁺) 및 peak 18(m/z 535[M+H]⁺)은 각각 m/z 345[M+H-Glu]⁺, 329[M+H-Glu]⁺, 359[M+H-Glu]⁺ 조각이온이 검출되며, glucuronide 배당체임을 확인하였다. 주로 glucuronic acid는 아글리콘의 4'-OH 위치에 결합하는 것으로 보고되었으며(Singh 등 2018a), 기존에 보고된 조각이온패턴과 용출 순서가 이전 연구와 일치하는 것을 확인하였다. 따라서 peak 16은 5,3',4'-trihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucuronide, peak 17은 5,4'-dihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucu-

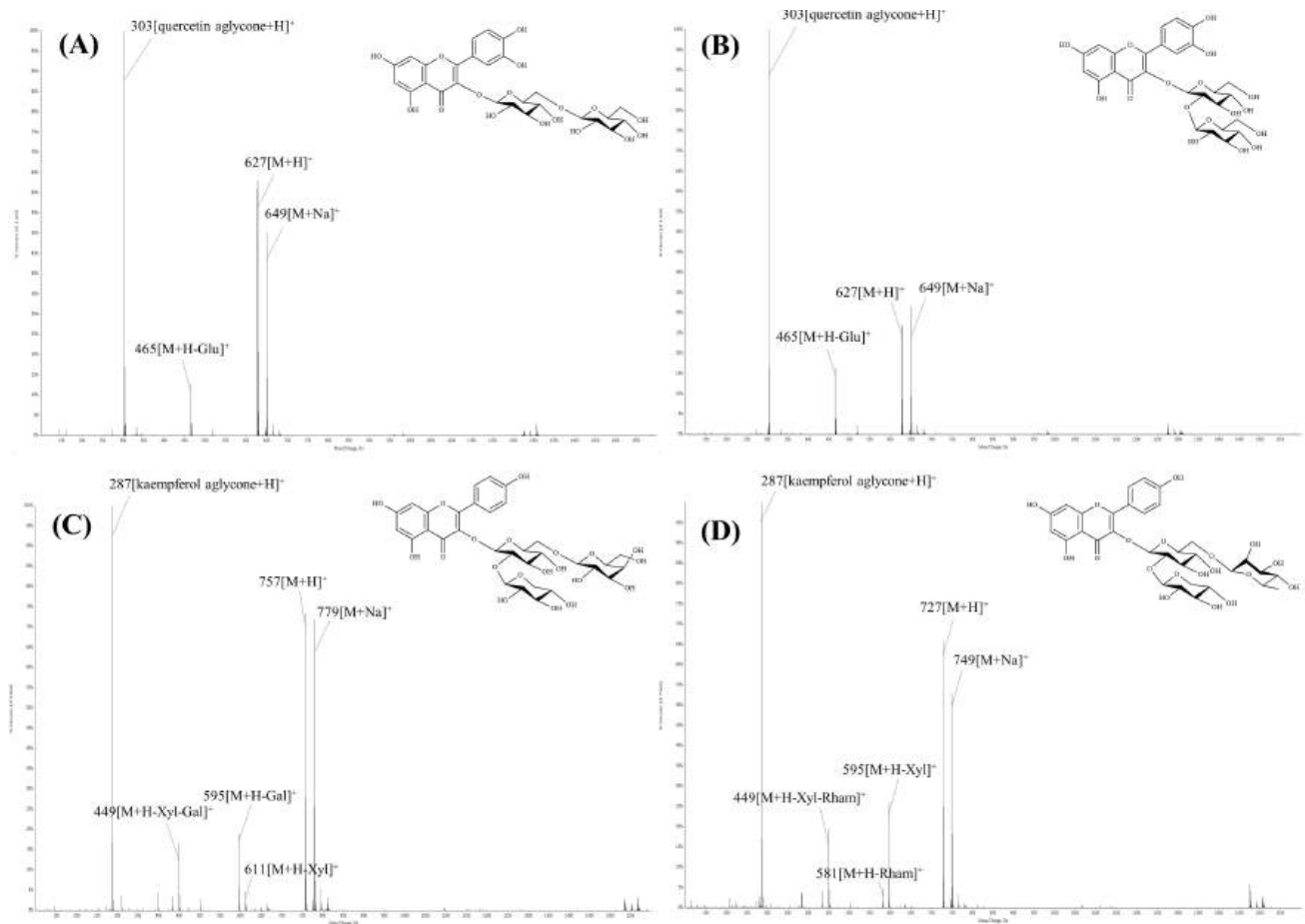


Fig. 4. MS spectra of standards. (A) quercetin 3-*O*-gentiobioside, (B) quercetin 3-*O*-sophoroside, (C) Camelliaside A, (D) Camelliaside B.

ronide, peak 18은 5,4'-dihydroxy-3,3'-dimethoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-*O*-glucuronide로 추정되었다(Aritomi & Kawasaki 1984; Singh 등 2019).

2. 시금치 내 개별 플라보노이드 정량 결과

국내 시금치의 재배지역과 조리조건(생 것, 데친 것)에 따른 개별 플라보노이드의 함량은 relative response factor를 고려하지 않은 상태에서 내부표준물질(3,5,7,3',4'-pentamethyl ether)의 peak 면적을 이용하여 상대 정량되었다. 본 연구에서 제시된 시금치의 총 플라보노이드 함량은 1,112.03~1,368.39 mg/100g 건조중량의 범위를 보였으며, 생 것 기준 포항초, 섬초, 보물초의 순서로 함량이 낮았다(Table 2). 생 것과 데친 것 사이에서 총 플라보노이드 및 개별 화합물 함량에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 이는 비타민 C 및 일반 성분이 데치기를 진행하였을 때 각 함량이 일반적으로 감소하는 연구와 다른 결과를 보였다(Park 등 1994; Selman JD

1994). *O*-methyl 기를 포함한 플라보노이드는 비 메틸화 성분보다 열과 pH 변화에 대한 안정성, 대사적 안정성, 생체 이용률이 우수한 것으로 보고되었다(Wen & Walle 2006; Walle T 2009). 또한 적절한 데치기 과정을 통해 플라보노이드 가수분해에 관여하는 β -glucosidase, peroxidase 등의 효소 활성이 저해되는 것으로 알려져 있다(Whitaker JR 1991; Finten 등 2016). 이러한 구조적 안정성과 효소 비활성화가 함께 작용함으로써 시금치 플라보노이드 함량의 손실이 억제된 것으로 추정할 수 있다. 또한, 이러한 결과는 데치기 조리 후에도 시금치의 잠재적 항산화 및 항염증 효과가 보존될 가능성을 시사한다(Nagar 등 2011; Ko 등 2014).

재배지역별 생 것을 기준으로, spinactin 배당체는 총 플라보노이드 함량의 35% 이상을 차지하였으며(섬초 35%, 포항초 37%, 보물초 35%), patuletin 배당체의 함량은 이를 뒤따랐다(섬초 25%, 포항초 18%, 보물초 20%). 시금치의 개별 플라보노이드 함량의 경우, 섬초는 peak 1 (patuletin 3-*O*-(2"-*O*-

apiosyl)gentiobioside, 173.72 mg/100g 건조중량)과 peak 3(spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside, 195.57 mg/100g 건조중량), 포항초는 peak 7(spinacetin 3-*O*-gentiobioside, 215.86 mg/100g 건조중량)이 주요 화합물로 확인되었다. 특히 spinacetin 3-*O*-(2"-*O*-apiosyl)gentiobioside(peak 3)는 Cho 등 (2008)에서 시금치의 주요 항산화 성분으로 보고된 바 있다. 한편, glucuronide 배당체는 전체 플라보노이드에서 높은 비중을 차지하였다(섬초 39%, 포항초 43%, 보물초 44%). 그 중 axillarin 4'-*O*-glucuronide(peak 12)는 보물초에서 332.12 mg/100g 건조중량으로, 주요 화합물로 확인되었다(Table 2). 이는 Yuk 등 (2019)의 연구에서 시금치가 지역별로 주요 성분에서 차이가

있다는 결과와 유사했다. 반면, 6:7-dioxymethylene-flavone 배당체(peak 16, 17 및 18)는 섬초 및 포항초에서 총 함량의 19%로 확인되었다. Schlering 등 (2020)의 연구에서 낮은 일조량의 기후에서 재배되었을 때 spinacetin 배당체 및 axillarin 배당체가 높은 함량을 나타낸다는 것이 확인되었다. 반면에, Bergquist 등(2005)은 파종 시기와 상관없이, 6:7-methylenedioxy-flavone 배당체가 40% 이상의 높은 함량을 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서의 시금치는 낮은 일조량이 특징인 해안 지역(포항, 신안, 남해)에서 재배되었다. 이는 재배지역이 플라보노이드 화합물의 함량 특성과의 연관성을 시사하며, 추후 다양한 재배지역 및 품종과 재배조건을 고려한 연구가 필요

Table 2. Contents of eighteen flavonoid derivatives from spinach (mg/100g, dry weight)

Peak No.	Compounds	Flavonoid content (mg/100g, dry weight)					
		Seomcho		Pohangcho		Bomulcho	
		Raw	Blanching	Raw	Blanching	Raw	Blanching
1	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -apiosyl)gentiobioside	173.72±6.75 ^d	147.63±4.13 ^c	106.48±7.23 ^b	104.3±8.29 ^{ab}	94.90±3.87 ^a	113.19±1.10 ^b
2	Patuletin 3- <i>O</i> -gentiobioside	95.80±2.49 ^d	97.15±4.27 ^d	86.81±6.01 ^c	82.00±7.19 ^b	54.98±3.34 ^a	64.49±2.39 ^c
3	spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -apiosyl)gentiobioside	195.57±7.62 ^d	149.49±2.23 ^b	181.6±12.36 ^d	166.53±13.30 ^c	116.27±4.79 ^a	124.66±0.64 ^a
4	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl-[2"- <i>O</i> -apiosyl])gentiobioside	9.43±0.57 ^a	12.75±0.82 ^b	8.24±0.38 ^a	12.7±1.88 ^b	15.79±0.77 ^c	16.75±0.81 ^c
5	Patuletin 3- <i>O</i> -glucoside	19.33±1.19 ^b	22.48±0.69 ^c	21.17±0.94 ^c	20.85±0.74 ^{bc}	12.64±1.07 ^a	13.05±0.91 ^a
6	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl-[2"- <i>O</i> -apiosyl])gentiobioside	20.00±2.27 ^c	28.77±1.04 ^d	7.54±0.75 ^a	20.33±2.96 ^c	11.42±0.98 ^b	30.23±2.34 ^d
7	Spinacetin 3- <i>O</i> -gentiobioside	179.32±6.81 ^b	149.45±5.48 ^a	215.86±7.44 ^c	233.58±20.04 ^d	150.58±6.87 ^a	185.59±2.48 ^b
8	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl-[2"- <i>O</i> -apiosyl])gentiobioside	10.87±0.88 ^a	11.78±1.08 ^a	11.49±0.73 ^a	16.16±1.89 ^b	16.50±1.14 ^b	16.34±0.67 ^b
9	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)gentiobioside	7.63±0.25 ^b	9.02±0.27 ^b	5.34±0.59 ^a	8.05±0.91 ^b	10.46±1.20 ^c	11.01±0.91 ^c
10	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl-[2"- <i>O</i> -apiosyl])gentiobioside	46.22±2.16 ^a	44.29±1.11 ^a	53.05±4.39 ^b	53.38±5.47 ^b	48.08±3.99 ^{ab}	44.34±1.45 ^a
11	Patuletin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)gentiobioside	20.13±0.90 ^{ab}	27.55±1.12 ^d	18.02±1.13 ^a	20.15±2.16 ^{ab}	22.19±1.16 ^b	25.07±0.49 ^c
12	Axillarin 4'- <i>O</i> -glucuronide	147.58±5.99 ^a	171.79±8.38 ^b	191.26±13.65 ^b	265.08±24.76 ^c	332.12±12.68 ^d	353.21±3.51 ^d
13	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -feruloyl)gentiobioside	34.02±0.88 ^a	38.20±2.13 ^a	45.80±5.92 ^b	53.21±4.78 ^c	53.63±2.49 ^c	55.27±1.07 ^c
14	Spinacetin 3- <i>O</i> -(2"- <i>O</i> -coumaroyl)gentiobioside	7.51±0.17 ^a	9.32±0.44 ^b	10.28±0.57 ^{bc}	11.29±1.42 ^c	10.36±0.15 ^{bc}	10.21±0.62 ^{bc}
15	Jaceidin 4'- <i>O</i> -glucuronide	130.24±20.81 ^{bc}	162.76±6.97 ^d	149.58±12.18 ^{cd}	114.35±11.29 ^b	64.76±2.42 ^a	62.47±0.90 ^a
16	5,3',4'-Trihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	143.24±5.86 ^c	159.86±6.92 ^d	146.18±11.69 ^{cd}	114.81±11.67 ^b	64.7±2.59 ^a	62.73±1.27 ^a
17	5,4'-Dihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	8.84±0.37 ^d	8.22±0.55 ^{cd}	7.75±0.40 ^c	4.99±0.49 ^b	3.92±0.20 ^a	3.38±0.11 ^a
18	5,4'-Dihydroxy-3,3'-dimethoxy-6:7-methylenedioxyflavone 4'- <i>O</i> -glucuronide	93.99±3.56 ^{cd}	89.96±4.70 ^c	102.02±7.99 ^d	63.65±6.58 ^b	28.8±1.06 ^a	26.36±1.17 ^a
Total flavonoid contents		1,343.35±24.86 ^{bc}	1,340.38±49.16 ^{bc}	1,368.39±92.64 ^c	1,365.34±119.09 ^c	1,112.03±49.72 ^a	1,218.29±15.81 ^{ab}

Each value calculated as means±SD (n=3) using internal standard (3,5,7,3',4'-pentamethyl ether).

Different small letters in the same row with mean value (n=3) indicate a significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

요하다. 더 나아가, 높은 함량을 나타내는 glucuronide 배당체는 높은 항산화 활성을 가지며, 백혈병 치료 목적에서의 가능성과 지질 과산화 억제에 있어 가능성이 보고된 바 있다 (Shirai 등 2001; Smolarz 등 2008). 또한 Morishita 등 (2015)의 연구에서 glucuronide 배당체가 아나필락시스 반응 유도 마우스 모델에서 항 알러지 활성을 확인했다. 향후 시금치 내 플라보노이드의 생체이용률 및 기능적 특성에 대한 추가적인 연구를 진행해야 할 필요성이 있다.

요약 및 결론

UPLC-DAD-QTOF/MS를 통한 양이온 모드 분석으로 국내 시금치 3종(섬초, 포향초, 보물초)의 생 것과 데친 것에서 총 18종의 플라보노이드 화합물의 조성 및 함량이 평가되었다. 7종의 patuletin, 6종의 spinacetin, 3종의 6:7-methylenedioxy-flavone, 1종의 axillarin 및 jaceidin 배당체들이 확인되었다. Coumaric acid 및 ferulic acid의 아실화가 특이적으로 확인되었다. 생 것의 총 플라보노이드 함량은 1,112.03~1,368.39 mg/100g 건조중량의 범위를 나타내었으며, 포향초 > 섬초 > 보물초 순서로 높았다. Spinacetin 배당체가 총 플라보노이드 함량 중 35% 이상으로 높은 비중을 차지하였고, patuletin 배당체가 뒤를 이었다. Glucuronide 배당체는 총 플라보노이드의 39% 이상을 차지하며, 그 중 axillarin 4'-O-glucuronide는 보물초의 주요 화합물로 확인되었다. 반면에 섬초는 patuletin 3-O-[2"-O-apiosyl]gentiobioside 및 spinacetin 3-O-gentiobioside, 포향초는 spinacetin 3-O-[2"-O-apiosyl]gentiobioside, 가 주요 화합물로 확인되었다. 재배지역별 시금치의 주요 성분에 차이가 있었지만, 생 시금치와 데친 시금치 사이의 총 플라보노이드 함량에 있어서 유의적인 차이는 없었다. 본 연구 결과는 재배지역 및 데치기 처리에 따른 시금치 플라보노이드의 특성을 이해하고, 식품 소재 개발에 있어 기초자료로 활용될 것이라 기대된다.

감사의 글

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01671802)의 지원과 2025년도 농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

References

Aritomi M, Kawasaki T. 1984. Three highly oxygenated flavone glucuronides in leaves of *Spinacia oleracea*. *Phyto-*

chemistry 23:2043-2047

Aritomi M, Komori T, Kawasaki T. 1985. Flavonol glycosides in leaves of *Spinacia oleracea*. *Phytochemistry* 25:231-234

Bengtsson BL. 1969. Effect of blanching on mineral and oxalate content of spinach. *Int J Food Sci Technol* 4:141-145

Bergman M, Varshavsky L, Gottlieb HE, Grossman S. 2001. The antioxidant activity of aqueous spinach extract: Chemical identification of active fractions. *Phytochemistry* 58:143-152

Bergquist SÅM, Gertsson UE, Knuthsen P, Olsson ME. 2005. Flavonoids in baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): Changes during plant growth and storage. *J Agric Food Chem* 53:9459-9464

Bergquist SÅM, Gertsson UE, Nordmark LYG, Olsson ME. 2007. Effects of shade nettings, sowing time and storage on baby spinach flavonoids. *J Sci Food Agric* 87:2464-2471

Bottino A, Degl'Innocenti E, Guidi L, Graziani G, Fogliano V. 2009. Bioactive compounds during storage of fresh-cut spinach: The role of endogenous ascorbic acid in the improvement of product quality. *J Agric Food Chem* 57: 2925-2931

Brock A, Hofmann T. 2008. Identification of the key astringent compounds in spinach (*Spinacia oleracea*) by means of the taste dilution analysis. *Chemosens Percept* 1:268-281

Cartford MC, Gemma C, Bickford PC. 2002. Eighteen-month-old Fischer 344 rats fed a spinach-enriched diet show improved delay classical eyeblink conditioning and reduced expression of tumor necrosis factor α (TNF α) and TNF β in the cerebellum. *J Neurosci* 22:5813-5816

Cho MJ, Howard LR, Prior RL, Morelock T. 2008. Flavonoid content and antioxidant capacity of spinach genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *J Sci Food Agric* 88:1099-1106

Czarnowska M, Gujska E. 2012. Effect of freezing technology and storage conditions on folate content in selected vegetables. *Plant Foods Hum Nutr* 67:401-406

de Vogel J, Jonker-Termont DSML, van Lieshout EMM, Katan MB, van der Meer R. 2005. Green vegetables, red meat and colon cancer: Chlorophyll prevents the cytotoxic and hyperproliferative effects of haem in rat colon. *Carcinogenesis* 26:387-393

DeSouza SC, Eitenmiller RR. 1986. Effects of processing and storage on the folate content of spinach and broccoli. *J Food Sci* 51:626-628

- Edenharder R, Keller G, Platt KL, Unger KK. 2001. Isolation and characterization of structurally novel anti-mutagenic flavonoids from spinach (*Spinacia oleracea*). *J Agric Food Chem* 49:2767-2773
- Fan D, Hodges DM, Zhang J, Kirby CW, Ji X, Locke SJ, Critchley AT, Prithviraj B. 2011. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Food Chem* 124:195-202
- Ferrerres F, Castañer M, Tomás-Barberán FA. 1997. Acylated flavonol glycosides from spinach leaves (*Spinacia oleracea*). *Phytochemistry* 45:1701-1705
- Finten G, Agüero MV, Jagus RJ, Niranjana K. 2016. High hydrostatic pressure blanching of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *LWT-Food Sci Technol* 73:74-79
- Howard LR, Pandjaitan N, Morelock T, Gil MI. 2002. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and growing season. *J Agric Food Chem* 50:5891-5896
- Ko SH, Park JH, Kim SY, Lee SW, Chun SS, Park E. 2014. Antioxidant effects of spinach (*Spinacia oleracea* L.) supplementation in hyperlipidemic rats. *Prev Nutr Food Sci* 19:19-26
- Koh E, Charoenprasert S, Mitchell AE. 2012. Effect of organic and conventional cropping systems on ascorbic acid, vitamin C, flavonoids, nitrate, and oxalate in 27 varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J Agric Food Chem* 60:3144-3150
- Kumar NJ, Loganathan P. 2010. Hypoglycemic effect of *Spinacia oleracea* in alloxan induced diabetic rat. *Glob J Biotechnol Biochem* 5:87-91
- Lee SJ, Kim HW, Lee S, Na H, Kwon RH, Kim JH, Yoon H, Choi YM, Wee CD, Yoo SM, Lee SH. 2020. Characterization of isoflavones from seed of selected soybean (*Glycine max* L.) resources using high-resolution mass spectrometry. *Korean J Food Nutr* 6:655-665
- Li Y, Cui Y, Lu F, Wang X, Liao X, Hu X, Zhang Y. 2019. Beneficial effects of a chlorophyll-rich spinach extract supplementation on prevention of obesity and modulation of gut microbiota in high-fat diet-fed mice. *J Funct Foods* 60:103436
- Lomnitski L, Foley JF, Grossman S, Shaul VB, Maronpot RR, Moomaw CR, Carbonatto M, Nyska A. 2000. Effects of apocynin and natural antioxidant from spinach on inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 induction in lipopolysaccharide-induced hepatic injury in rat. *Pharmacol Toxicol* 87:18-25
- Maeda N, Matsubara K, Yoshida H, Mizushima Y. 2011. Anti-cancer effect of spinach glycolipids as angiogenesis inhibitors based on the selective inhibition of DNA polymerase activity. *Mini-Rev Med Chem* 11:32-38
- Morishita Y, Saito E, Takemura E, Fujikawa E, Yamamoto R, Kuroyanagi M, Shiroto O, Muto N. 2015. Flavonoid glucuronides isolated from spinach inhibit IgE mediated degranulation in basophilic leukemia RBL-2H3 cells and passive cutaneous anaphylaxis reaction in mice. *Integr Mol Med* 2:99-105
- Na HS, Kim JY, Mun H, Choi GC, Jeong SH, Cho JY, Ma SJ. 2010. Physicochemical properties of shinan seomcho (*Spinacia oleracea* L.). *Food Sci Preserv* 17:652-658
- Nagar A, Shukla AK, Bigoniya P. 2011. Anti-inflammatory potential of *Spinacia oleracea* leaf extract. *J Nat Pharm* 2:80-87
- Pandjaitan N, Howard LR, Morelock T, Gil MI. 2005. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. *J Agric Food Chem* 53:8618-8623
- Park CH, Kim KH, Tae MH, Kim NY, Yook HS. 2014. Cooking process for spinach and their effects on antioxidant and antimicrobial activities. *Korean J Food Nutr* 27:147-155
- Park SS, Jang MS, Lee KH. 1994. Effect of blanching condition on the chemical composition of the spinach grown in winter greenhouse. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23:62-67
- Ramaiyan B, Kour J, Nayik GA, Anand N, Alam MS. 2020. Spinach (*Spinacia oleracea* L.). In Nayik GA, Gull A (Eds.), *Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits*. pp.159-173. Springer Nature
- Roberts JL, Moreau R. 2016. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food Funct* 7:3337-3353
- Schlering C, Zinkernagel J, Dietrich H, Frisch M, Schweiggert R. 2020. Alterations in the chemical composition of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) as provoked by season and moderately limited water supply in open field cultivation. *Horticulturae* 2020;6:25

- Selman JD. 1994. Vitamin retention during blanching of vegetables. *Food Chem* 49:137-147
- Shirai M, Moon JH, Tsushida T, Terao J. 2001. Inhibitory effect of a quercetin metabolite, quercetin 3-*O*- β -D-glucuronide, on lipid peroxidation in liposomal membranes. *J Agric Food Chem* 49:5602-5608
- Singh A, Singh P, Kumar B, Kumar S, Dev K, Maurya R. 2019. Detection of flavonoids from *Spinacia oleracea* leaves using HPLC-ESI-QTOF-MS/MS and UPLC-QqQLIT-MS/MS techniques. *Nat Prod Res* 33:2253-2256
- Singh J, Jayaprakasha GK, Patil BS. 2017. Rapid ultra-high-performance liquid chromatography/quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry and selected reaction monitoring strategy for the identification and quantification of minor spinacetin derivatives in spinach. *Rapid Commun Mass Spectrom* 31:1803-1812
- Singh J, Jayaprakasha GK, Patil BS. 2018a. An optimized solvent extraction and characterization of unidentified flavonoid glucuronide derivatives from spinach by UHPLC-HR-QTOF-MS. *Talanta* 188:763-771
- Singh J, Jayaprakasha GK, Patil BS. 2018b. Plant Phenolics: From Chemistry to Human Health. pp.107-136. ACS Division of Agricultural and Food Chemistry.
- Smolarz HD, Budzianowski J, Bogucka-Kocka A, Kocki J, Mendyk E. 2008. Flavonoid glucuronides with anti-leukemic activity from *Polygonum amphibium* L. *Phytochem Anal* 19:506-513
- Son YG, Jung J, Lee DK, Park SW, Kim JY, Kim HJ. 2024. Validation of an analytical method of 3',4',5-trihydroxy-3-methoxy-6,7-methylenedioxyflavone 4'-glucuronide for standardization of *Spinacia oleracea*. *Molecules* 29:2494
- Stefova M, Stafilov T, Kulevanova S. 2003. Encyclopedia of Chromatography. pp.183-195. CRC Press LLC
- Walle T. 2009. Methylation of dietary flavones increases their metabolic stability and chemopreventive effects. *Int J Mol Sci* 10:5002-5019
- Watanabe M, Ayugase J. 2015. Effect of low temperature on flavonoids, oxygen radical absorbance capacity values and major components of winter sweet spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J Sci Food Agric* 95:2095-2104
- Wen X, Walle T. 2006. Methylated flavonoids have greatly improved intestinal absorption and metabolic stability. *Drug Metab Dispos* 34:1786-1792
- Whitaker JR. 1991. Enzymes: Monitors of food stability and quality. *Trends Food Sci Technol* 2:94-97
- Yuk HJ, Ryu HW, Kim DY, Park MH, Seo WD, Jeong SH, Oh SR. 2019. Comparison of flavonoid and policosanol profiles in Korean winter-spinach (*Spinacia oleracea* L.) cultivated in different regions. *Food Chem* 279:202-208

Received 26 September, 2025

Revised 10 October, 2025

Accepted 16 October, 2025

국내 재배지별 단감(*Diospyros kaki* Thunb.)의 기능 성분 변이 분석

남예은 · 장환희* · 정재은** · 마경복*** · 이청하**** · 황인국*

농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 박사전문연구원, *농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 농업연구사,
경상남도농업기술원 단감연구소 농업연구사, *국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소 농업연구관,
****광양시농업기술센터 지방온촌지도사

Comparative Analysis of Bioactive Compound Composition in *Diospyros kaki* Thunb. Cultivated in Different Regions of Korea

Yea-eun Nam, Hwan-Hee Jang*, Jaceun Jung**, Kyeong Bok Ma***, Cheong Ha Lee**** and †In-Guk Hwang*

Postdoctoral Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

**Researcher, Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Gimhae 50849, Korea

***Senior Researcher, Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute of Horticultural and Herbal Science,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

****Extension Officer, Gwangyang Agricultural Technology Center, Gwangyang 57770, Korea

Abstract

This study assessed how fruit size and cultivation region affect the distribution of carotenoids and flavonoids in sweet persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). We quantified concentrations in the whole fruit, peel, and pulp, and compared them across different size grades and cultivation regions. The fruit size did not significantly influence the levels of carotenoids or flavonoids, suggesting a limited direct relationship with phytochemical accumulation. Notably, the peel consistently contained the highest concentrations of the compounds analyzed. Regional comparisons revealed significant variability. In the whole fruit, flavonoids—except for quercetin 3-O-galactoside (Q3Gal)—were most concentrated in Gwangyang. In the peel, Q3Gal, quercetin 3-O-glucoside (Q3Glu), and zeaxanthin were most abundant in Naju - Yeongam, while β -carotene peaked in Gimhae - Changwon. To identify environmental influences, we examined climatic variables and found that a larger diurnal temperature range during the dormancy stage of fruit development correlated positively with higher flavonoid levels. Overall, these findings indicate that the functional components of sweet persimmon are primarily influenced by the growing region—potentially due to local weather conditions—rather than by fruit size. Additionally, consuming persimmons with their peel may enhance the intake of beneficial plant-derived compounds.

Key words: *Diospyros kaki* Thunb., persimmon, cultivation, carotenoids, flavonoids

서론

단감(*Diospyros kaki* Thunb.)은 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등 동아시아 지역에서 널리 재배 및 소비되는 대표적인 과일로, 당분과 식이섬유 외에도 다양한 생리활성 성분을 함유하여 기능성 농산물로서의 가치가 높다(Butt 등 2015; Direito 등 2021). 국내의 경우, 단감 재배는 경남 지역에 집중

되어 전체 수확량의 약 70%를 차지하며, 경북과 전남에서도 일부 생산이 이루어지고 있다(KREI 2025). 단감에 함유된 carotenoid와 flavonoid계 성분은 항산화, 항염증, 면역 조절, 심혈관계 질환 예방 등 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되어 왔으며, 이러한 특성으로 인해 단감은 건강 지향적 농산물로서 지속적으로 주목받고 있다(Gea-Botella 등 2021; Kim 등 2021a; Kwon 등 2021).

† Corresponding author: In-Guk Hwang, Researcher, Dept. of Food Sciences, National Institute of Crop and Food Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3671, E-mail: ighwang79@korea.kr

과실 내 기능성분의 축적은 품종뿐 아니라 성숙 단계, 재배지 환경, 토양 조건, 일조량 및 일교차 등 다양한 생육 환경 요인에 의해 영향을 받는다. 그러나 기존 연구들은 단감의 항산화 성분이나 영양성분을 특정 품종, 잎, 과피 또는 부산물 중심으로 평가한 경우가 대부분이며, 국내외적으로 재배지별 비교 연구는 극히 제한적이다. 예를 들어, Hossain 등(2018)은 단감 잎의 건조 방식과 수확 시기에 따른 항산화 활성 차이를 분석하였으나, 과실 자체의 재배지별 조성 비교는 수행하지 않았다(Hossain 등 2018). 또한, Kim 등(2016)은 강원도에서 재배한 단감의 물리적·영양적 특성과 항산화 활성 등을 평가하였으나, 다른 재배지와 비교 연구는 포함되지 않았다(Kim 등 2016). 이러한 연구 현황은 단감 과실의 기능성분 축적에 영향을 미치는 환경적 요인과 재배지 차이를 체계적으로 이해하는 데 여전히 중요한 공백이 존재함을 시사한다.

따라서 본 연구는 국내 주요 단감 재배지에서 수확한 단감의 과실 부위에 따라 카로티노이드 및 플라보노이드의 조성 및 함량을 크기 등급, 재배 지역, 기상 요인에 따라 비교·분석하고, 이를 기반으로 기능성분 축적에 미치는 잠재적인 영향 요인 규명을 통하여 단감 재배의 기능성분 강화 전략의 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료의 재배조건

본 연구에 사용한 단감 시료의 수집 지역과 시료 수는 다음과 같다. 경상남도의 창원시(21과), 김해시(21과), 전라남도 광양시(6과), 영암군(5과), 나주시(3과)의 농장에서 2023년도에 재배한 부유 품종을 구입하여 사용하였다. 크기 등급에 따른 단감 시료는 2023년 경상남도 창원군 소재 농가로부터 구입하여 사용하였다. 크기 등급은 10 kg 상자에 수용 가능한 과실의 개수를 기준으로 구분하였으며, 그 기준은 다음과 같다: 3L, 33개 이하; 2L, 34-40개; L, 41-46개; M, 47-53개; S, 54-60개; 2S, 61-70개; 3S, 71개 이상. 모든 단감 시료는 구입 즉시 세척 후 껍질과 과육으로 분리하여 동결 건조한 다음 분쇄하여 -20°C 에서 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. Lutein, zeaxanthin, β -carotene, quercetin 3-O-galactoside(Q3Gal), quercetin 3-O-glucoside(Q3Glu), kaempferol 3-O-galactoside(K3Gal), kaempferol 3-O-glucoside(K3Glu), tert-butyl methyl ether:water:tert-butyl alcohol, formic acid는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 β -cryptoxanthin는 Extrasynthese(Genay, France)에서 구입하였으며, 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

2. Carotenoid 분석 방법

단감 시료의 카로티노이드 분석을 위한 추출물 제조는 전

체와 과육 부위 시료는 1.00 ± 0.01 g, 과피 부위 시료는 0.50 ± 0.01 g을 각각 취하여 6% pyrogallol ethanol 용액 10 mL를 가한 후 80°C 의 water bath에서 15분간 추출하였다(Kim 등 2021b). 10분간 ice bath에서 냉각한 다음 추출액에 80% potassium hydroxide 용액 3 mL를 넣고 water bath에서 10분간 비누화 반응한 후 10분간 냉각하였다. 반응이 정지된 tube에 증류수 5 mL과 *n*-hexane 10 mL를 넣고 혼합하였다. 이후 $1,750 \times \text{g}$ 에서 15분간(4°C) 원심분리하여 *n*-hexane층을 micro-pipette으로 회수하였다. 위 과정을 2회 더 실시하여 회수한 *n*-hexane층을 진공농축기를 이용하여 완전농축하였다. Methanol과 methyl tertiary butyl ether 용매를 1:1로 혼합한 용액 2 mL를 넣어 완전히 녹인 후 $0.20 \mu\text{m}$ polytetrafluoroethylene syringe filter(Whatman, Maidstone, UK)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. HPLC는 Waters e2695 LC(Milford, MA, USA)를 사용하였고, 컬럼은 YMC carotenoid column(4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$)을 사용하였다. 이동상은 A 용매(methanol:tert-butyl methyl ether:water:tert-butyl alcohol=10:86:4:0.1, v/v/v/v)와 B 용매(methanol:tert-butyl methyl ether:water:tert-butyl alcohol=81:15:4:0.1, v/v/v/v)를 gradient 조건으로 흘려주었고, gradient 조건은 11분간 0%에서 100% A용매로 변경한 후 35분까지 100% A용매로 유지하여 분석하였다. 유속은 1.0 mL/min 으로 하였고, 컬럼 오븐 온도는 30°C , 시료 $10 \mu\text{L}$ 를 주입하여 UV detector로 471 nm 에서 분석하였다.

3. Flavonoid 분석 방법

단감 시료의 플라보노이드 함량 분석은 Kim 등(2019)의 방법을 참고하였다(Kim 등 2019). 즉, 시료 1.00 ± 0.01 g을 50 mL centrifuge tube에 담고 1%의 formic acid가 함유된 50% methanol 25 mL를 넣어 30분간 초음파 추출하였다. 초음파 추출 후 원심분리(3,000 rpm, 10분)하여 상등액을 회수하였고, 위 과정을 2회 반복하여 회수한 상등액을 최종 50 mL로 정용하였다. 추출물은 $0.20 \mu\text{m}$ nylon syringe filter(Whatman)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. UPLC는 ACQUITY SQD LC(Milford, MA, USA)를 사용하였고, 컬럼은 CORTECS[®] UPLC[®] T3(2.1×150 mm, $1.6 \mu\text{m}$)을 사용하였다. 이동상은 A 용매(0.1% formic acid in water)와 B 용매(0.1% formic acid in acetonitrile)를 gradient 조건으로 흘려주었고, gradient 조건은 10% B용매에서 13분까지 25% B용매, 25분까지 50% B용매, 28분까지 90% B용매로 설정하여 분석하였다. 유속은 0.3 mL/min 으로 하였고, 컬럼 오븐 온도는 30°C , 시료 $1 \mu\text{L}$ 를 주입하여 DAD detector로 350 nm 에서 분석하였다.

4. 기상 환경 자료 수집

본 연구에 활용된 기상 자료는 기상청 기상자료개방포털

(<https://data.kma.go.kr>)에서 제공하는 기상관측 데이터를 기반으로 하였다. 자료 수집 기간은 단감의 생육 주기를 고려하여, 휴면기인 2022년 11월부터 수확 시기인 2023년 10월까지로 설정하였다. 수집 대상 기상 인자는 일교차와 일조량이며, 총 5개 지역에서 공통적으로 확보 가능한 항목을 기준으로 선정하였다. 경상남도 김해시, 창원시, 전라남도 광양시의 경우에는 종관기상관측소(Automated Synoptic Observing System, ASOS)의 자료를 활용하였고, 종관기상관측이 설치되어 있지 않은 전라남도 나주시와 영암군의 경우에는 방재기상관측망(Automated Weather System, AWS) 자료를 사용하여 일교차 및 일조량 데이터를 수집하였다. 일교차는 일 최고 기온과 최저 기온의 차이를 계산하여 산출한 월 평균값을 이용하였고, 일조량은 포털에 제시된 월평균 일조량 자료를 활용하였다.

5. 통계분석

통계 분석은 R 소프트웨어(버전 4.2.0, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)를 이용하여 수행하였다. 데이터 전처리 및 분석에는 tidyverse, dplyr, broom, ggplot2, rstatix, lme4 등의 R 패키지를 활용하였다. 크기 등급별 성분 함량 비교를 위해 총 7등급의 샘플 크기가 유사함을 확인한 후, ANOVA 분석을 수행하여 각 등급 간 성분 함량 차이를 평가하였다. 유의한 차이가 확인된 항목에 대해서는 Tukey의 다중비교 검정을 실시하였으며, 그룹 간 차이는 알파벳 문자로 표시하였다. 재배 지역 간 성분 함량 비교를 위해, 지역의 지리적 유사성을 고려하여 나주·영암, 광양, 김해·창원의 세 그룹으로 분류하였다. 분석에 앞서 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성을 검토한 결과, 대부분의 그룹에서 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 비모수 통계 방법을 적용하였으며, 집단 간 차이를 검증하기 위해 Kruskal-Wallis 순위 기반 일원분산분석(Kruskal-Wallis rank-sum test)을 실시하였다. 유의한 차이가 나타난 경우, 사후 검정으로 Mann-Whitney U 검정을 기반으로 한 pairwise 비교를 수행하였으며, 다중 비교에 대한 보정은 Bonferroni 방법을 적용하였다(rstatix 패키지 활용). 또한, 기상환경 변수와 성분 함량 간의 관계 분석을 위해 lme4 패키지를 활용한 혼합효과모형(linear mixed-effects model)을 적용하였으며, ggplot2 패키지를 이용하였다. 모든 검정은 양측 검정으로 수행하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였으며, $p<0.10$ 은 경향(trend) 수준으로 간주하였다. 이때, 경향 수준의 결과는 본문에서 p 값만 간략히 보고하고 표·그림은 별도로 제시하지 않았다.

결과 및 고찰

1. 단감 크기 등급에 따른 기능성분 함량 비교

단감의 크기 등급별 carotenoid 및 flavonoid 함량을 분석한 결

과는 Fig. 1에서 제시하였다. 과일은 크기에 따라 총 7개의 등급으로 구분하였으며, carotenoid는 전체, 과피, 과육으로 나누어 분석하였다. Flavonoid는 과육에서 극히 미량만 검출되어 정량 분석이 가능한 전체와 과피 두 부위에 대해서만 수행하였다.

Carotenoid 함량은 부위별로 뚜렷하게 다른 분포를 보였으며, 크기 등급에 따라 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. Lutein은 모든 부위에서 가장 낮은 함량 수준을 보였고, 전체에서 0.02~0.11 mg/100g FW, 과피에서 0.42~0.83 mg/100g FW, 과육에서 0.00~0.03 mg/100g FW으로, 과피가 전체 부위 대비 약 7배, 과육 대비 약 30배 이상 높은 함량을 나타냈다. 등급에 따른 함량의 차이를 비교분석한 결과, 전체와 과육에서는 유의한 차이가 없었으나, 과피에서는 크기 등급별 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 사후 검정에서 가장 작은 크기인 3S에서 함량이 가장 낮고, L 사이즈에서 가장 높은 함량을 보였다. Zeaxanthin 함량은 전체 0.04~0.33 mg/100g FW, 과피 0.78~1.39 mg/100g FW, 과육 0.05~0.19 mg/100g FW으로, 과피가 전체 부위 대비 약 4배, 과육 대비 약 7배 이상 높았다. 크기 등급별 함량 분석 결과, 전체와 과육에서는 차이가 없었으나 과피에서 유의한 차이를 보였으며($p<0.001$), 사후 검정 결과 lutein과 유사하게 크기에 따른 뚜렷한 경향성은 없었다. β -cryptoxanthin은 전체 0.38~0.81 mg/100g FW, 과피 2.28~3.21 mg/100g FW, 과육 0.18~0.35 mg/100g FW으로 carotenoid 성분 중 가장 높은 함량을 나타냈다. 과피는 전체 대비 약 4배, 과육 대비 약 9배 높은 함량을 보이며 다른 성분들과 유사하게 과피에서 두드러지게 높은 함량을 보였다. 그러나 등급별 함량 비교 분석 결과 과피에서는 통계적 유의차가 확인되지 않았으며($p=0.085$), 전체와 과육에서는 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 이는 크기 등급별 분포가 다른 carotenoid와 유사하나, 값의 변동 폭이 커 표준오차가 크게 나타난 데 기인한 것으로 해석된다. 사후 검정 결과, 과육에서 β -cryptoxanthin의 함량이 3S와 3L에서 가장 낮았고, 전체 부위에서는 L에서 함량이 가장 낮아 특별한 경향성을 찾을 수 없었다. 본 연구에서 β -cryptoxanthin은 단감의 전 부위에서 가장 높은 함량을 보인 주요 carotenoid로 확인되었으며, 이는 Zhou 등(2011)이 다양한 감 품종에서 해당 성분이 가장 풍부하다고 보고한 결과와 부합한다(Zhou 등 2011). β -Carotene은 전체 0.20~0.39 mg/100g FW, 과피 1.07~1.73 mg/100g FW, 과육 0.08~0.17 mg/100g FW으로, 과피가 전체 대비 약 4배, 과육 대비 약 10배 이상 높은 수준을 보였다. 모든 부위에서 크기 등급에 따른 유의한 차이가 있었으며(전체 $p=0.002$, 과피 $p=0.002$, 과육 $p<0.001$), 사후검정 결과 크기 등급에 따른 경향은 나타나지 않았다. 사후 검정 결과, 과피에서는 lutein과 zeaxanthin과 유사하게 3S에서 가장 낮고, L에서 가장 함량이 높은 경향을 보였지만 전체와 과육 부위에서는 특별한 경향이 없는 것으로 나타났다.

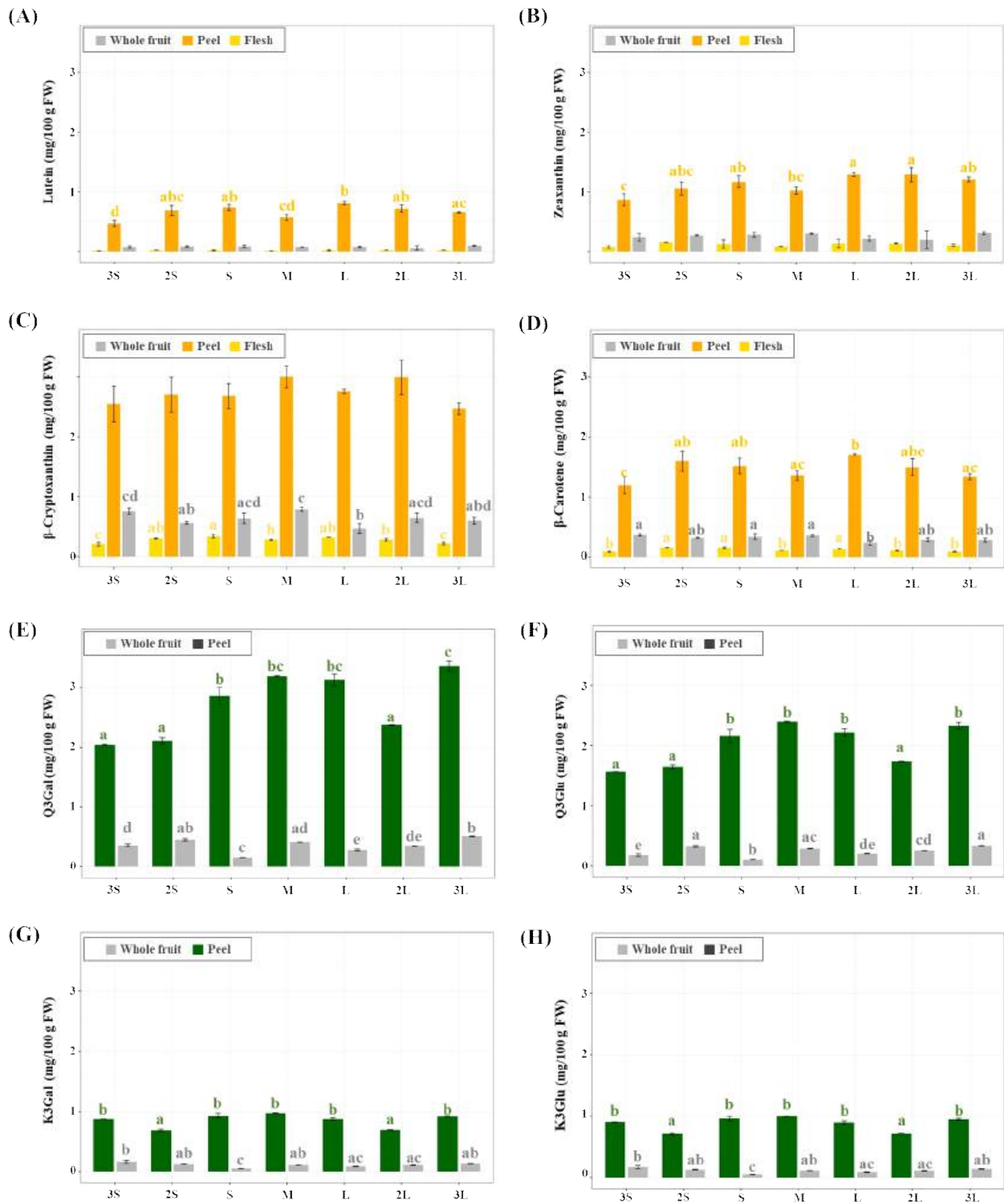


Fig. 1. Carotenoid and flavonoid levels in different parts of persimmons categorized by fruit size. Fruits were classified into seven size grades: 3S, 2S, S, M, L, 2L, and 3L. Data are presented as mean \pm SE. Means with different letters indicate significant differences at $p < 0.05$. Bars indicate different fruit parts: whole fruit (grey), peel (orange), and flesh (yellow) in carotenoid, whole fruit (grey), peel (dark green) in flavonoid. Q3Gal, Quercetin-3-O-Galactose; Q3Glu, Quercetin-3-O-Glucose; K3Gal, Kaempferol-3-O-Galactose; K3Glu, Kaempferol-3-O-Glucose.

Flavonoid 또한 부위별·등급별 차이를 보였으나, 일정한 경향성은 나타나지 않았다. 전체적으로 quercetin glycosides(Q3Gal, Q3Glu)가 kaempferol glycosides(K3Gal, K3Glu)에 비해 많이 검출되었으며, 과피에서 전체 부위 대비 약 5~7배 더 많이 나타난다. Q3Gal은 전체 0.15~0.51 mg/100g FW, 과피 2.03~3.45 mg/100g FW, Q3Glu는 전체 0.11~0.34 mg/100g FW, 과피 1.56~2.40 mg/100g FW으로 두 성분이 비슷한 경향을 보였다. 두 성분의 크기 등급에 따른 함량 비교분석 결과, 전체와 과피 모두에서 유의성을 나타냈다($p < 0.01$). 사후분석 결과, 전체 부위에서는 일정한 경향을 나타내지 않았으며, 과피에서는 3S에서 3L까지 증가하거나 유지되지만 2L에서만 함량이 낮아 일정한 경향을 나타낸다고 보기 어렵다. Kaempferol 배당체 역시 서로 유사한 분포를 보였다. K3Gal은 전체 0.05~0.19 mg/100g FW, 과피 0.67~0.98 mg/100g FW, K3Glu는 전체 0.05~0.19 mg/100g FW, 과피 0.69~1.00 mg/100g FW으로, 과피에서 약 5배 높은 함량을 나타냈다. 크기 등급별 함량 분석 결과, 전체 부위에서는 $p = 0.002$, 과피에서는 $p < 0.01$ 로 유의성을 보였으나, 사후 검정에서는 명확한 경향성이 나타나지 않았다. 이와 같이 성분 함량 분석 결과에서 Q3Gal과 Q3Glu, K3Gal과 K3Glu가 유사한 이유는 각자 동일 전구체에서 유래한 배당체 구조의 특성 때문으로 보이며, 기존 연구 결과와도 일치한다(Kwon 등 2021; Chen 등 2023).

종합하면, 단감의 크기에 따른 carotenoid 및 flavonoid 함량은 크기에 따른 차이가 일부 통계적으로 유의하였으나 일관된 경향성은 확인되지 않았다. 일부 보고 자료에서 단감의 크기와 기능성분 함량 간의 관련성이 언급되긴 하나, 이를 직접적으로 뒷받침하는 학술적 근거는 제한적이며, 본 연구 결과 역시 그러한 경향을 명확히 지지하지 않았다. 이러한 결과는 단감의 기능성분 함량에 크기보다는 재배 조건, 품종 등 다른 요인에 더 큰 영향을 줄 수 있음을 시사한다(Butt 등 2015). 반면, 기능성분의 함량 분포가 부위에 따라 차이를 보였으며, 특히 과피는 다른 부위에 비해 carotenoid 및 flavonoid 함량이 상대적으로 높게 나타났다. 과피의 carotenoid 및 flavonoid 함량은 전체 부위 대비 최소 4배에서 최대 7배 수준으로, 이는 과실의 기능성분이 주로 과피에 집중된다는 기존 연구 결과와도 일치하는 경향이다(Choi 등 2006; Hosseininejad 등 2022). 이는 단감의 기능성분 함량이 과실 크기보다는 과피 여부와 같은 부위 특성과 그 외 환경적 요인과 같은 기타 요인에 의해 더 큰 영향을 받을 수 있음을 시사한다.

2. 단감 재배 지역 별 기능성분 함량 차이

Table 1에서는 단감의 재배지에 따른 기능성분 함량을 전체, 과피, 과육 부위로 나누어 분석한 결과를 제시하였다. 전체 부위의 경우, carotenoid 함량은 재배 지역 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, flavonoid 계열 중 Q3Glu, K3GAL, K3Glu 성분

에서는 재배지 간 유의한 차이가 확인되었다($p = 0.014$, $p = 0.020$, $p = 0.020$, 각각). 사후 검정 결과, 이러한 차이는 공통적으로 광양에서 Q3Glu 0.365(0.280~0.488), K3Gal 0.129(0.107~0.162), K3Glu 0.130(0.107~0.164)으로 높는데 비해 상대적으로 김해·창원 지역에서 Q3Glu 0.244(0.186~0.283), K3Gal 0.095(0.077~0.114), K3Glu 0.095(0.077~0.115)으로 낮아 두 지역 간 유의한 차이를 보였다. 추가로, 일교차와 일조량의 기상요인이 성분 함량에 미치는 영향을 분석한 결과, 전체 부위에서의 유의한 상관관계는 관찰되지 않았다(data not shown).

과피 부위에서는 zeaxanthin($p = 0.003$) 및 β -carotene($p = 0.004$) 함량에서 재배지 간 유의한 차이가 나타났으며, 두 성분에서 최대 함량을 나타낸 지역은 상이하였다. 사후 검정 결과, zeaxanthin은 나주·영암 지역군에서 1.370(1.334~1.414)으로 가장 높은 함량을 보였으며, 1.051(0.897~1.212)의 김해·창원 지역군과 유의한 차이를 나타냈다. 반면, β -carotene은 김해·창원 지역군에서 가장 높은 함량을 보였으며(2.026 (1.724~2.192)), 광양 지역군과의 차이가 통계적으로 유의하였다(1.496 (1.352~1.634)). 또한, 과피의 flavonoid 성분 중 Q3Gal은 재배지 간 유의한 차이를 보였으며($p = 0.030$), 나주·영암 지역의 함량이 4.250 (3.820~4.685)로 김해·창원 지역의 함량이 3.123 (2.390~3.910)으로 통계적으로 유의하게 높았다. Q3Glu에서도 나주·영암 지역에서 2.936 (2.742~3.201), 김해·창원에서 2.228 (1.769~2.641)으로 유사한 경향이 관찰되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p = 0.018$). 한편, 과육 부위에서는 대부분의 기능성분에서 재배지에 따른 유의한 함량 차이가 관찰되지 않았다. 과피 부위에서 일교차와 일조량 이 기능성 성분 함량에 미치는 영향을 혼합효과모형으로 분석한 결과, 통계적으로 유의하지 않았으나 10% 유의수준에서 경향이 관찰되었다. Q3Gal은 휴면기(1월) 일교차와 약한 양의 연관성 경향을 보였으며($\beta = 0.765$, $p = 0.096$), Q3Glu에서도 휴면기(12~2월) 일교차와 약한 양의 연관성 경향이 관찰되었다(12월 $\beta = 0.285$, $p = 0.067$; 1월 $\beta = 0.293$, $p = 0.081$; 2월 $\beta = 0.239$, $p = 0.096$). 또한 Q3Glu은 수확기(10월) 일교차와도 약한 양의 연관성 경향을 보였다($\beta = 0.192$, $p = 0.068$).

본 연구 결과, 재배지 간 기능성분 함량의 차이는 주로 과육보다는 과피 및 전체 부위에서 확인되었다. 과피에 다량 존재하는 carotenoid와 flavonoid는 광 조건, 온도, 병해충 등 다양한 환경 스트레스 요인에 의해 생합성이 조절되는 것으로 알려져 있으며(Treutter 2008; Cazzonelli 2011), 이러한 특성으로 인해 재배지 간 환경 차이가 성분 함량 변동을 유발했을 가능성이 크다. 특히 quercetin과 kaempferol 유도체는 자외선 차단 및 항산화 방어에 기여하며, 광환경 및 기후 차이에 따른 생합성 조절에 따라 재배지 간 과피 내 축적량이 상이할 수 있다(Cao 등 2024). 한편, carotenoid 성분 간 지역 반응 양상이 상이하게 나타난 것은 zeaxanthin과 β -carotene이 동일한

Table 1. Comparative analysis of bioactive compounds in persimmons across different cultivation regions¹⁾

Part	Compounds	Median (Q1-Q3)			KW test	Dunn's post-hoc test <i>p</i> -value		
		NJ&YA (n=8)	GY (n=6)	GH&CW (n=42)	<i>p</i> -value	(NJ& YA) vs. (GY)	(NJ& YA) vs. (GH&CW)	(GY) vs. (GH&CW)
Whole fruit	Lutein	0.106 (0.096-0.118)	0.114 (0.095-0.126)	0.107 (0.092-0.119)	0.658	1.000	1.000	1.000
	Zeaxanthin	0.366 (0.349-0.440)	0.346 (0.266-0.440)	0.357 (0.281-0.381)	0.440	1.000	0.636	1.000
	β-Cryptoxanthin	0.837 (0.706-0.897)	0.952 (0.863-0.967)	0.839 (0.747-1.023)	0.595	0.934	1.000	1.000
	β-Carotene	0.401 (0.353-0.409)	0.416 (0.354-0.471)	0.420 (0.387-0.470)	0.434	1.000	0.592	1.000
	Q3Gal	0.472 (0.364-0.553)	0.426 (0.305-0.585)	0.362 (0.268-0.437)	0.068	1.000	0.139	0.431
	Q3Glu	0.322 (0.224-0.371)	0.365 (0.280-0.488)	0.244 (0.186-0.283)	0.014	0.855	0.372	0.022
	K3Gal	0.116 (0.099-0.129)	0.129 (0.107-0.162)	0.095 (0.077-0.114)	0.020	0.968	0.404	0.033
	K3Glu	0.116 (0.098-0.130)	0.130 (0.107-0.164)	0.095 (0.077-0.115)	0.020	0.968	0.404	0.033
Peel	Lutein	0.767 (0.749-0.810)	0.742 (0.679-0.778)	0.811 (0.753-0.870)	0.293	1.000	1.000	0.495
	Zeaxanthin	1.370 (1.334-1.414)	1.105 (0.790-1.342)	1.051 (0.897-1.212)	0.003	0.106	0.002	1.000
	β-Cryptoxanthin	3.062 (2.807-3.289)	2.720 (2.115-2.788)	3.228 (2.785-3.459)	0.355	0.796	1.000	0.452
	β-Carotene	1.753 (1.619-1.948)	1.496 (1.352-1.634)	2.026 (1.724-2.192)	0.004	0.734	0.231	0.008
	Q3Gal	4.250 (3.820-4.685)	2.951 (2.438-4.079)	3.123 (2.390-3.910)	0.030	0.258	0.024	1.000
	Q3Glu	2.936 (2.742-3.201)	2.569 (2.137-3.463)	2.228 (1.769-2.641)	0.018	1.000	0.021	0.666
	K3Gal	1.075 (0.994-1.195)	0.910 (0.772-1.126)	0.911 (0.779-1.028)	0.100	0.689	0.096	1.000
	K3Glu	1.107 (1.023-1.231)	0.937 (0.794-1.160)	0.938 (0.801-1.058)	0.100	0.689	0.096	1.000
Flesh	Lutein	0.030 (0.028-0.032)	0.031 (0.026-0.033)	0.027 (0.024-0.033)	0.513	1.000	0.822	1.000
	Zeaxanthin	0.234 (0.197-0.261)	0.263 (0.220-0.302)	0.234 (0.167-0.278)	0.656	1.000	1.000	1.000
	β-Cryptoxanthin	0.502 (0.479-0.605)	0.628 (0.522-0.649)	0.526 (0.438-0.616)	0.448	1.000	1.000	0.644
	β-Carotene	0.199 (0.177-0.222)	0.232 (0.221-0.241)	0.226 (0.195-0.259)	0.364	0.672	0.561	1.000

¹⁾ Descriptive statistics (Median [Q1-Q3]) and results of Kruskal - Wallis test, followed by Dunn's post-hoc test with Bonferroni correction for group-wise comparisons. KW test, Kruskal-Wallis test; NJ, Naju; YA, Yeongam; GY, Gwangyang; GH, Gimhae; CW, Changwon; Q3Gal, Quercetin-3-O-Galactose; Q3Glu, Quercetin-3-O-Glucose; K3Gal, Kaempferol-3-O-Galactose; K3Glu, Kaempferol-3-O-Glucose.

대사 경로에서 유래하더라도 효소 조절 지점이 달라, 환경 요인에 따라 선택적으로 반응했기 때문으로 해석된다(Lado 등 2019). 이러한 효소 발현은 온도, 광조건, 질소 수준 등에 의해 조절되므로 성분별 차별적 반응이 나타날 수 있다(Stanley & Yuan 2019; Wang 등 2022). 이에 어떤 기상 요인이 성분 함량에 영향을 미치는지 분석 결과, 과피 부위에서 특히 단감 휴면기(11~2월)에 일교차가 클수록 두 성분 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이러한 방향성은 충분한 한랭은 과실의 개화·착과뿐 아니라 과실 품질에도 영향을 줄 수 있으며, 휴면기의 온도 환경이 '다음 수확기 과실의 품질'에 영향을 미칠 수 있다는 기존의 연구와 부합한다(Tominaga 등 2022).

종합하면, 단감의 기능성분 함량은 재배지에 따라 부위 및 성분별로 상이하게 조절되며, 특히 과피는 외부 환경 변화에 민감하게 반응하면서 기능성분이 가장 풍부한 조직임을 확인하였다. 이러한 결과는 재배지의 기상환경 차이가 성분 함량 변동에 기여할 수 있음을 보여주며, 단감의 섭취 측면에서는 과피까지 함께 섭취하는 것이 기능성분 섭취 효율을 높이고 영양적 이점을 제공할 수 있음을 시사한다.

요약 및 결론

본 연구는 단감의 기능성분 함량에 대한 영향을 과실 부위, 과실 크기, 재배지 요인으로 구분하여 비교·분석하였다. 그 결과, 기능성분 함량은 과실 크기와 비례하는 연관성은 없었으나 재배지에 따라 차이를 보였고, 특히 휴면기 일교차가 차이를 설명할 수 있는 잠재 요인으로 제기되었다. 또한, 단감의 섭취 시 과피를 함께 섭취하는 것이 기능성분 섭취에 유리함을 시사하였다. 이에 따라 본 연구는 단감의 기능성분 함량을 과실 부위별로 체계적으로 분석하고, 과실 크기 및 재배지에 따른 차이를 비교함으로써 기능성분 섭취 측면에서 유리한 섭취 방법을 제시할 수 있는 근거 자료를 제공하였다는 점에서 학술적·실용적 의의가 크다. 특히, 단감의 주요 섭취 부위에 따른 성분 분포 특성을 정량적으로 제시함으로써 기능성분의 효율적 섭취 전략 마련에 기여할 수 있다는 점에서 본 연구의 강점이 있다. 다만, 수집된 시료에서 농가 간 개체 수의 균형이 충분히 확보되지 않았고, 기상 환경 등 재배 조건의 영향을 종합적으로 반영하기에는 주요 재배지

인 남부 지역에 한정된 점에서 표본 대표성과 일반화 가능성에 일정한 한계가 존재한다. 향후에는 재배지별 일사량, 강수량 등의 세부적인 기상자료와 토양, 수확 성숙도 등을 통합하여 차이의 기여 요인을 정량적으로 규명할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 2025년도 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2022-RD010385)과 국립식량과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것입니다.

References

- Butt MS, Sultan MT, Aziz M, Naz A, Ahmed W, Kumar N, Imran M. 2015. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: Hidden phytochemicals and health claims. *Excli J* 14:542-561
- Cao Y, Mei Y, Zhang R, Zhong Z, Yang X, Xu C, Chen K, Li X. 2024. Transcriptional regulation of flavonol biosynthesis in plants. *Horticult Res* 11:uhae043
- Cazzonelli CI. 2011. Carotenoids in nature: Insights from plants and beyond. *Funct Plant Biol* 38:833-847
- Chen S, Wang X, Cheng Y, Gao H, Chen X. 2023. A review of classification, biosynthesis, biological activities and potential applications of flavonoids. *Molecules* 28:4982
- Choi JH, Lee EY, Kim GJ, Park IH, Kim JS, Choi GB, Jung SG, Ham YS. 2006. Physicochemical properties and physiological activities of Ulsan sweet persimmon peel. Flesh according to cultivars. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49:309-314
- Direito R, Rocha J, Sepodes B, Eduardo-Figueira M. 2021. From *Diospyros kaki* L. (persimmon) phytochemical profile and health impact to new product perspectives and waste valorization. *Nutrients* 13:3283
- Gea-Botella S, Moreno-Chamba B, de la Casa L, Salazar-Bermeo J, Martí N, Martínez-Madrid MC, Valero M, Saura D. 2021. Carotenoids from persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) by-products exert photoprotective, antioxidative and microbial anti-adhesive effects on HaCaT. *Pharmaceutics* 13:1898
- Hossain A, Moon HK, Kim JK. 2018. Antioxidant properties of Korean major persimmon (*Diospyros kaki*) leaves. *Food Sci Biotechnol* 27:177-184
- Hosseininejad S, González CM, Hernando I, Moraga G. 2022. Valorization of persimmon fruit through the development of new food products. *Front Food Sci Technol* 2:914952
- Kim HW, Lee SH, Asamenew G, Lee MK, Lee S, Park JJ, Choi Y, Lee SH. 2019. Study on phenolic compounds in lettuce samples cultivated from Korea using UPLC-DAD-QToF/MS. *Korean J Food Nutr* 32:717-729
- Kim ID, Dhungana SK, Chae YG, Son NK, Shin DH. 2016. Quality characteristics of ‘Dongchul’ persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit grown in Gangwondo, Korea. *Korean J Plant Resour* 29:313-321
- Kim JY, Kwon SH, Jang M, Lee JY, Kim GC, Kang HJ, Hwang IG. 2021b. Analysis of ascorbic acid, anthocyanin and carotenoid contents of parts from selected peach cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:962-970
- Kim YM, Abas F, Park YS, Park YK, Ham KS, Kang SG, Lubinska-Szczygeł M, Ezra A, Gorinstein S. 2021a. Bioactivities of phenolic compounds from kiwifruit and persimmon. *Molecules* 26:4405
- KREI. 2025. Agricultural Outlook 2025: Preparing for Change in Korean Agriculture and Rural Communities. KREI
- Kwon J, Park JE, Lee JS, Lee JH, Hwang H, Jung SH, Kwon HC, Jang DS. 2021. Chemical constituents of the leaves of *Diospyros kaki* (persimmon). *Plants* 10:2032
- Lado J, Alós E, Manzi M, Cronje PJR, Gómez-Cadenas A, Rodrigo MJ, Zacarías L. 2019. Light regulation of carotenoid biosynthesis in the peel of mandarin and sweet orange fruits. *Front Plant Sci* 10:1288
- Stanley L, Yuan YW. 2019. Transcriptional regulation of carotenoid biosynthesis in plants: So many regulators, so little consensus. *Front Plant Sci* 10:1017
- Tominaga A, Ito A, Sugiura T, Yamane H. 2022. How is global warming affecting fruit tree blooming? “Flowering (dormancy) disorder” in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) as a case study. *Front Plant Sci* 12:787638
- Treutter D. 2008. Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant Biol* 7:581-591
- Wang Y, Zhang C, Xu B, Fu J, Du Y, Fang Q, Dong B, Zhao H. 2022. Temperature regulation of carotenoid accumulation in the petals of sweet osmanthus via modulating expression of carotenoid biosynthesis and degradation genes. *BMC Genomics* 23:418
- Zhou C, Zhao D, Sheng Y, Tao J, Yang Y. 2011. Carotenoids in fruits of different persimmon cultivars. *Molecules* 16:624-636

Received 19 September, 2025
 Revised 14 October, 2025
 Accepted 16 October, 2025

Skin Anti-Aging Effects of Flavonoid Extracted from *Petasites japonicus* Roots

Jin Jeong, Hyun-Suk Choi* and †DuBok Choi

Professor, Dept. of Science and Technology Convergence, Graduate School of Chosun University, Gwangju 61452, Korea

*Associate Professor, Dept. of Hotel Culinary Arts Patisserie, Chungcheong University, Cheongju 28171, Korea

Abstract

Flavonoids extracted from the roots of *Petasites japonicus* were evaluated for their cytoprotective, antioxidant, and anti-aging effects. The MTT assay confirmed that cell viability remained above 95% across concentrations up to 12 $\mu\text{g/mL}$, indicating no cytotoxicity. The extract demonstrated strong DPPH radical scavenging activity in a concentration-dependent manner, reaching 86.7% at 12 $\mu\text{g/mL}$, which is comparable to vitamin C. ROS scavenging activity also increased with dosage, showing significant suppression at concentrations of 6 $\mu\text{g/mL}$ and above, thus effectively mitigating oxidative stress. Collagen synthesis assays revealed an initial decrease at low concentrations, followed by a clear recovery and significant enhancement at higher doses (10 - 12 $\mu\text{g/mL}$). Additionally, the extract inhibited collagenase activity, with notable suppression occurring at concentrations above 10 $\mu\text{g/mL}$, suggesting protective effects against collagen degradation. Elastase activity was reduced in a dose-dependent manner, achieving over 60% inhibition at 10 - 12 $\mu\text{g/mL}$. These results imply that flavonoids have dual functions: they stimulate collagen production while suppressing the enzymes that degrade collagen and elastin. The strong antioxidant and anti-inflammatory potential of these flavonoids likely contributes to their protective effects on dermal structure and function. Collectively, these findings highlight the potential of flavonoids as promising natural ingredients for anti-aging cosmetics and skin health applications.

Key words: *Petasites japonicus* root flavonoids, reactive oxygen species, collagen synthesis, collagenase inhibition, elastase inhibition

Introduction

The skin is the primary barrier protecting the human body from the external environment. It is a vital organ that performs diverse physiological functions, including thermoregulation, moisture retention, and immune defense (Rinnerthaler et al. 2015). However, the skin is continuously exposed to a variety of external environmental stressors such as ultraviolet (UV) radiation, air pollution, chemicals, fine dust, and adverse climates, as well as internal factors such as aging, hormonal fluctuations, and metabolic abnormalities (Mukhtar & Elmetts 1996). These factors lead to the excessive generation of highly reactive molecules, such as reactive oxygen species (ROS), which damage lipids, proteins, and the DNA within cells, ultimately impairing cellular function (Darr & Fridovich 1994). In particular, ROS

induce the expression of matrix metalloproteinases (MMPs), which degrade structural proteins such as collagen and elastin in the dermal layer. This accelerates skin aging phenomena, such as wrinkle formation, elasticity loss, and sagging (Varani et al. 2002; Saito et al. 2004). Although synthetic antioxidants and enzyme inhibitors have been developed to prevent skin aging, their long-term use is associated with adverse effects and skin irritation (Mukherjee et al. 2006). Consequently, bioactive substances derived from natural sources, particularly polyphenolic compounds such as flavonoids with potent antioxidant activity, have attracted increasing attention as functional cosmetic and skin-protective agents (Nunes et al. 2018; Tungmunthum et al. 2020). Flavonoids are widely distributed throughout the plant kingdom and exhibit diverse physiological activities, including free-radical scavenging and anti-inflammatory, anticancer, anti-

† Corresponding author: Dubok Choi, Professor, Dept. of Science and Technology Convergence, Graduate School of Chosun University, Gwangju 61452, Korea. Tel: +82-62-230-7956, Fax: +82-62-608-5253, E-mail: choidb@chosun.ac.kr

bacterial, UV-protective, and anti-aging effects, mainly through electron donation and metal-ion chelation (Ryu BH 1999; Heim et al. 2002). Furthermore, flavonoids support skin structure and function by stimulating collagen synthesis and inhibiting collagenase and elastase activities (Heim et al. 2002; Thring et al. 2009). *Petasites japonicus* (the Japanese butterbur), a perennial herb belonging to the Compositae family, is native to East Asia and has traditionally been used in folk medicine for its anti-pyretic, analgesic, and anti-inflammatory effects (Seo et al. 2008; Lee et al. 2019). Its leaves, stems, and roots contain abundant bioactive compounds, such as petasins, sesquiterpenes, phenolic compounds, and flavonoids (Lee et al. 2019). *P. japonicus* extracts have been reported to exert antioxidant, anti-inflammatory, hepatoprotective, and anticancer activities (Choi OB 2002; Ji et al. 2010; Kim et al. 2020). However, few studies have investigated the skin-protective and anti-aging effects of flavonoids isolated from the roots of *P. japonicus*. Therefore, this study aimed to comprehensively evaluate the antioxidant activity and skin structure-preserving effects of flavonoids derived from *P. japonicus* roots. Specifically, DPPH radical scavenging activity was measured to assess the chemical antioxidant capacity of these flavonoids, and intracellular ROS scavenging activity was evaluated in hydrogen peroxide-stimulated Hs27 human dermal fibroblasts to confirm their cell-based antioxidant efficacy. Additionally, the potential anti-aging mechanisms of the flavonoids were examined by assessing their effects on collagen synthesis, collagenase inhibition, and elastase inhibition, which are key indicators of dermal structural protein metabolism. The findings of this study provide a scientific basis for the development of *P. japonicus* root-derived flavonoids as raw materials for skin cell protection and anti-aging applications.

Materials and Methods

1. Flavonoids preparation

The extraction of flavonoids was performed according to the method described by Liu et al. (2018), with minor modifications to incorporate ultrasonic-assisted extraction. In April 2024, *Petasites japonicus* roots were collected from Piagol, Toji-myeon, Gurye-gun, Jeollanam-do, South Korea (Hwang et al.

2014). The roots were thoroughly washed several times under running water and air-dried at ambient temperature for 24 h. A hot-water extraction was then conducted, and the resulting extract was dried in a convection oven to obtain a powdered form. Approximately 10 g of the powder was extracted with 150 mL of 70% ethanol in a water bath at 80°C for 5 h and subsequently filtered. The filtrate was concentrated under vacuum at 40°C and purified by recrystallization from water eight times. The purified product was then dried at 60°C. To remove lipophilic impurities, the dried root samples were defatted with diethyl ether. A 0.5 g portion of the sample was transferred into a test tube containing 20 mL of ethanol and subjected to ultrasonic extraction using a bath-type sonicator (Kodo Ultrasonic Cleaner, Kodo Industry Co., Ltd., Korea) operating at 40 kHz and 500 W for 30 min at a sample-to-solvent ratio of 1:50 (g/mL). The extract was filtered and concentrated under reduced pressure at 50°C using a rotary evaporator (LabTech EV400 Series, LabTech Srl, Italy). Finally, the concentrated extract was freeze-dried using a lyophilizer (ILShin FDT-8612; ILShin BioBase Co., Ltd).

2. Measurement of cell viability

Human dermal fibroblasts (Hs27 cells) were seeded into 96-well plates at a density of 1×10^4 cells per well and allowed to stabilize for 24 h in an incubator maintained at 37°C with 5% CO₂ (Kim et al. 2017). The cells were then treated with *P. japonicus* root flavonoid extract at final concentrations of 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 µg/mL, followed by incubation for 24 h. After treatment, 20 µL of MTT solution (5 mg/mL; 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) was added to each well and the cells were incubated at 37°C for a further 4 h. The supernatant was then removed, and 100 µL of dimethyl sulfoxide was added to dissolve the resulting formazan crystals. The plates were shaken at room temperature for 10 min to ensure complete solubilization. The absorbance was measured at 570 nm using a microplate reader. Cell viability was expressed as the relative percentage of absorbance compared with that of the untreated control group (0 µg/mL). All experiments were performed in triplicate, and the results are presented as mean ± standard deviation (SD). The cell viability was calculated using the following

equation: Cell viability (%) = [(Sample absorbance - Control)]

3. Measurement of DPPH radical scavenging activity

The radical scavenging activity of the samples was determined using a modified version of the Blois method (Blois MS 1958). A 0.25 mM DPPH solution was prepared by dissolving 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) in methanol. For the assay, 2.0 mL of each sample solution was mixed with 0.5 mL of 0.2 mM DPPH solution, and the mixture was stirred and incubated at room temperature for 30 min in the dark. The absorbance was measured at 517 nm using a UV - Vis spectrophotometer. Radical scavenging activity (%) was calculated relative to that of the control group, in which L-ascorbic acid was used as a positive reference standard.

4. Measurement of reactive oxygen species scavenging activity

Intracellular ROS levels were measured using a modified ROS-Glo H₂O₂ assay (Promega, 10⁴ cells/100 µL per well and incubated at 37°C in a 5% CO₂ atmosphere for 24 h. After stabilization, the medium was removed and replaced with PBS, followed by UV-B irradiation at 20 mJ/cm². Immediately thereafter, the PBS was removed and replaced with DMEM without phenol red or pyruvate (Kim et al. 2019). The cells were then treated with *P. japonicus* root-derived flavonoids at final concentrations of 2, 4, 6, 8, 10, and 12 µg/mL. To detect UVB-induced H₂O₂, ROS-Glo™ H₂O₂ substrate (1×final concentration) was added to the culture medium according to the manufacturer's instructions; the reaction was carried out for 60 min at 37°C. Subsequently, the detection solution was added and the cells were incubated for 20 min, after which the luminescence was measured using a microplate reader. Untreated cells and cells exposed to UVB irradiation alone served as experimental controls. L-Ascorbic acid (vitamin C) was used as a positive antioxidant control under the same experimental conditions.

5. Measurement of collagen synthesis

Changes in collagen expression were evaluated by measuring the amount of procollagen produced using a Procollagen Type I C-peptide EIA kit (MK101, Takara Bio, Shiga, Japan) (Kim

CR 2016). Hs27 cells were seeded in six-well plates at a density of 1×10⁶ cells/well and cultured in DMEM supplemented with 10% FBS for 24 h. The cells were then incubated in serum-free medium containing various concentrations of *P. japonicus* root derived flavonoids for 24 h. After incubation, the medium was removed and the cells were washed twice with PBS. Cells were lysed in extraction buffer (PBS containing 0.5% Triton X-100, 1 mM EDTA, and 1 mM PMSF; pH 7.2). The lysates were centrifuged at 14,000 rpm for 10 min at 4 °C, and the resulting supernatants were collected for analysis. The procollagen concentration in the supernatant was quantified using a Procollagen Type I C-peptide EIA kit, and the results were normalized to the total protein content of each sample.

6. Measurement of collagenase inhibitory activity

The inhibitory effect on collagenase activity was determined using the method described by Wunsch & Heidrich (1963) with slight modifications. Briefly, the reaction mixture consisted of a 0.25 mL substrate solution prepared by dissolving 4-phenylazobenzoyloxycarbonyl-Pro-Leu-Gly-Pro-D-Arg (0.3 mg/mL) in 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.5) containing 4 mM CaCl₂, and 0.1 mL of the sample solution. For the control, 0.1 mL of distilled water was added instead of the sample solution. Subsequently, 0.15 mL of collagenase solution (0.2 mg/mL) was added, and the mixture was incubated at room temperature for 20 min. The reaction was terminated by adding 6% citric acid (0.5 mL), followed by 2 mL ethyl acetate. The absorbance of the reaction mixture was measured at 320 nm using a UV - Vis spectrophotometer. Collagenase inhibitory activity (%) was expressed as the percentage reduction in the absorbance of the sample reaction compared with that of the control.

7. Measurement of elastase inhibitory activity

Elastase inhibitory activity was evaluated according to the method described by Lee et al. (2002), with slight modifications. Briefly, the reaction mixture consisted of 1 mL of 0.2 M Tris-HCl buffer (pH 8.0) containing 0.8 mM N-succinyl-(Ala)³-p-nitro-anilide as the substrate, 0.1 mL of porcine pancreatic elastase (PPE, 10 µg/mL), and 0.1 mL of the sample solution. For the control, 0.1 mL of distilled water was added instead of the

sample solution. The reaction was carried out at 25°C for 20 min, and the release of *p*-nitroaniline was quantified by measuring the absorbance at 410 nm using a UV-Vis spectrophotometer. Elastase inhibitory activity (%) was calculated as the percentage reduction in the absorbance of the sample reaction compared with that of the control.

8. Statistical analysis

All experiments were performed in triplicate. Statistical analyses were conducted using SPSS software (version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Descriptive statistics were calculated to obtain the means and standard deviations. One-way analysis of variance was performed to compare differences among groups, followed by Duncan's multiple comparison test, as appropriate. All data are presented as mean±SD and differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results and discussion

1. Cell viability

Using an MTT assay, the cytotoxicity of *P. japonicus* root-derived flavonoids was evaluated in Hs27 cells at concentrations of 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 µg/mL (Fig. 1). Cell viability remained above 95% at all concentrations. A slight increase in

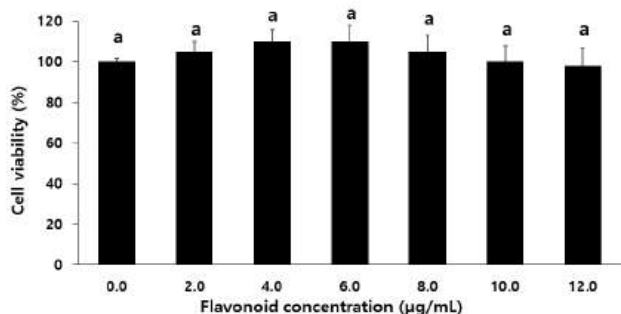


Fig. 1. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on the cell viability of Hs27 cells. Cell viability was measured using an MTT assay. Results are expressed as the % of control absorbance. Results display the mean±S.D. of triplicate data. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

viability was observed at 2-6 µg/mL compared with the control (0 µg/mL), whereas a minor decrease was noted at 8-12 µg/mL. However, none of these changes were statistically significant relative to the control. Therefore, the *P. japonicus* root-derived flavonoids did not affect Hs27 cell growth or maintenance within the tested concentration range, and subsequent experiments were conducted under these conditions. In the present study, flavonoids derived from *P. japonicus* roots did not exhibit significant cytotoxicity toward Hs27 human dermal fibroblasts at concentrations of 0-12 µg/mL, with cell viability exceeding 95% at all concentrations (Fig. 1). A previous MTT-based investigation of Hs27 cells treated with *Tamarix articulata* root extract established a similar non-cytotoxic concentration window prior to functional assays, supporting the interpretation and methodological validity of our study (Alnuqaydan et al. 2023).

2. DPPH radical scavenging effect

DPPH radical scavenging activity was assessed to evaluate the antioxidant potential of *P. japonicus* root-derived flavonoids at concentrations of 2, 4, 6, 8, 10, and 12 µg/mL (Fig. 2). Vitamin C was used as the positive control. DPPH is a stable nitrogen-centered free radical that undergoes reduction when antioxidants donate electrons or hydrogen atoms, resulting in a color change from purple to yellow (Blois MS 1958). The results showed a

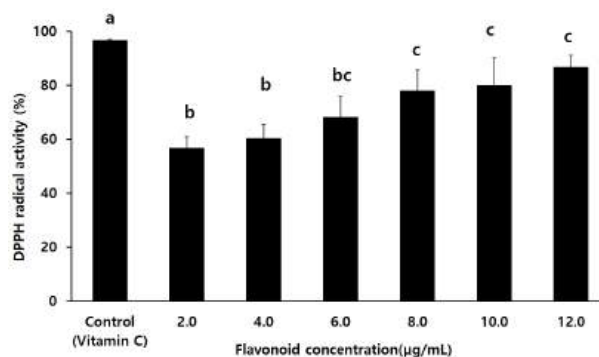


Fig. 2. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on DPPH radical scavenging activity. Vitamin C was used as the DPPH control. Results represent the mean±S.D. of triplicate data. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

concentration-dependent increase in DPPH radical-scavenging activity. The scavenging activity was 56.7%, 60.3%, 68.2%, 78.0%, 80.1%, and 86.7% at 2, 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$, respectively, approaching the 96.8% activity observed for vitamin C. These findings indicate that *P. japonicus* root-derived flavonoids possess strong free radical-scavenging properties, particularly at high concentrations. This is consistent with the findings of Ji et al. (2020), who compared DPPH and ABTS antioxidant activities according to the total polyphenol and flavonoid content of plant leaves, stems, and roots. It is also consistent with previous studies reporting that flavonoids and other phenolic compounds inhibit radical reactions through hydrogen donation and metal ion chelation (Rice-Evans et al. 1996). Therefore, *P. japonicus* root-derived flavonoids are valuable natural antioxidant candidates with high application potential.

3. ROS scavenging activity

To evaluate the intracellular ROS scavenging activity of *P. japonicus* root-derived flavonoids (2, 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$), Hs27 human dermal fibroblasts were treated with hydrogen peroxide to induce oxidative stress (Fig. 3). The results showed a concentration-dependent increase in ROS-scavenging activity. The scavenging activity was 46.5%, 52.8%, 57.4%, 61.2%, 66.9%, and 72.5% at 2, 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$, respectively.

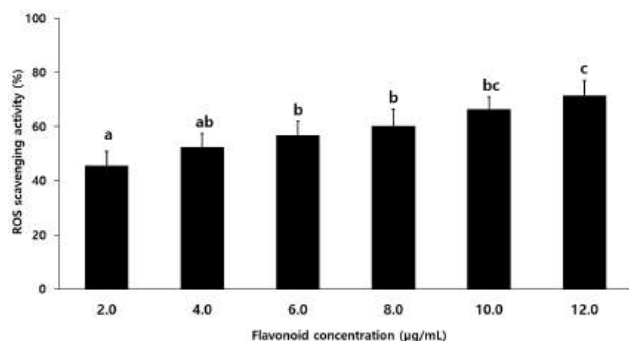


Fig. 3. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on ROS scavenging in HS27 cells. Results represent the mean \pm S.D. of three independent experiments. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

According to Duncan's multiple range test, a significant increase ($p < 0.05$) was observed at concentrations of 6 $\mu\text{g/mL}$ and above compared with the 2 $\mu\text{g/mL}$ group, with the highest scavenging activity detected at 12 $\mu\text{g/mL}$. ROS are naturally generated during cellular metabolism; however, their excessive accumulation can damage lipids, proteins, and DNA, leading to impaired cellular function and aging (Finkel & Holbrook 2000). H_2O_2 can be converted into more reactive species, such as hydroxyl radicals within cells, exacerbating oxidative damage (Imlay JA 2013). Owing to the hydroxyl groups attached to their aromatic ring structures, flavonoids exhibit strong electron-donating capacities, allowing them to stabilize free radicals and interrupt chain reactions (Pietta PG 2000). The increased ROS-scavenging activity observed for *P. japonicus* root-derived flavonoids in this study was attributed to their intrinsic antioxidant properties. In particular, the pronounced activity at higher concentrations (12 $\mu\text{g/mL}$) suggests their potential role as cofactors in cellular defense mechanisms under oxidative stress. Flavonoids are known not only to directly scavenge free radicals via phenolic hydroxyl groups, but also to enhance intracellular defense systems by upregulating antioxidant enzymes such as superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase (Pietta PG 2000; Heim et al. 2002). By reducing oxidative damage in skin cells, flavonoids mitigate the harmful effects of UV radiation and environmental pollutants, maintain skin-barrier integrity, and alleviate inflammation, supporting their potential application as anti-aging and cytoprotective agents (Fitzpatrick et al. 1999). Taken together, these findings highlight the potential of *P. japonicus* root-derived flavonoids as promising candidates for the protection of skin cells against oxidative stress and for use in anti-aging applications.

4. Collagen synthesis effect

To evaluate the effect of *P. japonicus* root-derived flavonoids on collagen synthesis in Hs27 human dermal fibroblasts, the rate of procollagen synthesis was measured under TGF- β 1 (30 ng/mL) stimulation at varying flavonoid concentrations (Fig. 4). The collagen synthesis rate was the highest in the control group (TGF- β 1 alone; 79.1%), but it decreased significantly to 20.2% and 26.7% in the 4.0 and 6.0 $\mu\text{g/mL}$ treatment groups, respectively

($p < 0.05$). The synthesis rate gradually recovered as the concentration increased, reaching 41.8%, 51.4%, and 68.2% at 8.0, 10.0, and 12.0 $\mu\text{g/mL}$, respectively. According to Duncan's multiple range test, statistically significant differences were observed at all concentrations, with the 12.0 $\mu\text{g/mL}$ group showing a markedly higher synthesis rate than the low-concentration groups. These results indicated that *P. japonicus* root-derived flavonoids influence the biosynthesis of collagen, a major structural component of the dermal layer. Comparable results have been widely reported for root-derived flavonoid extracts, including *Panax ginseng* root extract ginsenosides, which promote collagen synthesis (Lee et al. 2007); *Angelica acutiloba* root ethanol extract, which increases procollagen I (Park et al. 2017) and decreases MMP-1 under UV stimulation; and *Glycyrrhiza* spp. root-derived flavonoids, which help to preserve collagen (Kim et al. 2017). Collagen is essential for maintaining skin elasticity and structural integrity, but its degradation is accelerated and its synthesis inhibited by UV radiation, ROS, and inflammatory responses (Fisher et al. 2002). Flavonoids contribute to preventing collagen breakdown by suppressing ROS generation through antioxidant and anti-inflammatory activities, and by down-regulating MMP expression (Pietta PG 2000). Furthermore, certain flavonoids have been reported to promote collagen synthesis in fibroblasts via TGF- β 1/ Smad signaling pathway

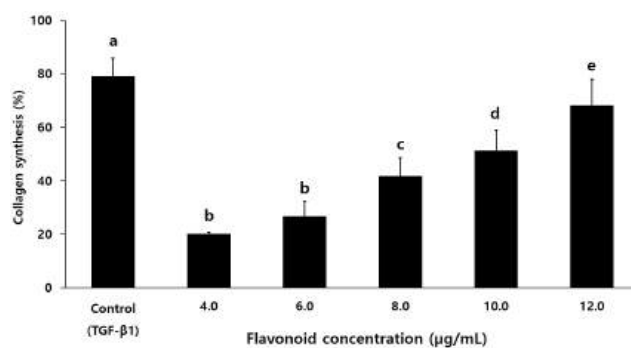


Fig. 4. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on type I procollagen synthesis in Hs27 cells. TGF- β 1 was used as the control. Results represent the mean \pm S.D. of three independent experiments. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

regulation (Quan et al. 2013). In this study, the decreased collagen synthesis observed at low concentrations (4.0 and 6.0 $\mu\text{g/mL}$) may reflect the insufficient stimulation of cellular synthesis pathways at the lower dosages. In contrast, the recovery of synthesis rates at higher concentrations (10.0 and 12.0 $\mu\text{g/mL}$) suggests that the concentration-dependent modulation of cellular metabolism and the antioxidant properties of the flavonoids contribute to the enhancement of collagen biosynthesis. Therefore, *P. japonicus* root-derived flavonoids show strong potential as functional agents for preventing skin aging and promoting tissue repair.

5. Collagenase inhibitory activity

To evaluate the collagenase inhibitory activity of *P. japonicus* root-derived flavonoids, Hs27 human dermal fibroblasts were treated with varying flavonoid concentrations (2, 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$), and vitamin C was used as a positive control (Fig. 5). The collagenase inhibition activity was the highest in the control group (90.7%), while the 2 $\mu\text{g/mL}$ treatment group showed the lowest inhibition rate (19.9%). As the concentration increased, the inhibition activity rose significantly, reaching 28.3%, 38.3%, 46.1%, 58.7%, and 66.7% at 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$, respectively ($p < 0.05$). In line with the collagen synthesis findings and consistent with reports on many other root-derived materials, the *P. japonicus* root flavonoids exhibited dual action, concurrently

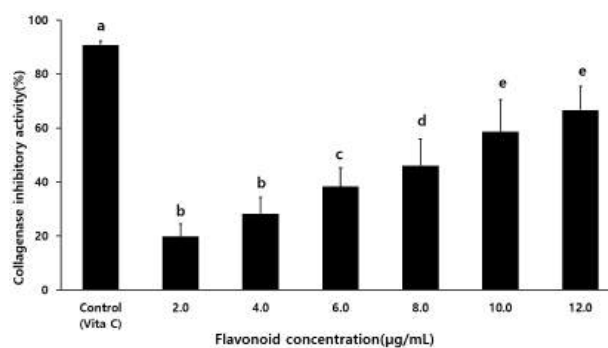


Fig. 5. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on collagenase inhibitory activity in HS27 cells. Vitamin C was used as the control. Results represent the mean \pm S.D. of three independent experiments. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

suppressing collagen-degrading enzymes and supporting collagen synthesis (Lee et al. 2007; Kim et al. 2017; Park et al. 2017). Collagenase degrades collagen, a key structural protein in the dermal layer of the skin. Its expression increases with UV exposure, ROS accumulation, and inflammatory responses, which are major contributors to aging phenomena such as reduced skin elasticity and wrinkle formation (Fisher et al. 1997). Flavonoids inhibit ROS production through their antioxidant activity and prevent collagen degradation by suppressing MMP expression (Pietta PG 2000). In this study, *P. japonicus* root-derived flavonoids exhibited concentration-dependent collagenase inhibitory activity, with a marked increase in inhibition observed at concentrations of 10 $\mu\text{g/mL}$ and higher. These findings suggest that *P. japonicus* root-derived flavonoids may delay skin aging and preserve skin elasticity by reducing the activity of collagen-degrading enzymes. These properties highlight the potential of *P. japonicus* root-derived flavonoids as active ingredients in anti-aging functional cosmetics and health-promoting nutraceuticals.

6. Elastase inhibitory activity

Elastase is a key enzyme responsible for degrading elastin, an elastic fiber in the dermis. Its activity is promoted by UV exposure and oxidative stress, and is considered one of the primary causes of reduced skin elasticity and wrinkle formation (Sherratt MJ 2009). To evaluate the elastase inhibitory activity of *P. japonicus* root-derived flavonoids, Hs27 human dermal fibroblasts were treated with varying flavonoid concentrations (2, 4, 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$), and ursolic acid (300 $\mu\text{g/mL}$) was used as a positive control (Fig. 6). Elastase inhibitory activity was the highest in the control group (93.3%). The 2 and 4 $\mu\text{g/mL}$ treatment groups exhibited low inhibitory rates of 32.7%, while inhibitory activity gradually increased with concentration, reaching 40.6%, 51.3%, 60.7%, and 67.6% at 6, 8, 10, and 12 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Statistical analysis revealed no significant difference between the 2 and 4 $\mu\text{g/mL}$ groups, but significant increases in inhibitory activity were observed at concentrations of 8 $\mu\text{g/mL}$ and above ($p < 0.05$). In this study, *P. japonicus* root-derived flavonoids exhibited concentration-dependent elastase inhibitory activity, with particularly strong effects observed in the 10 and 12 $\mu\text{g/mL}$ treatment groups, which displayed inhibition rates exceeding 60%.

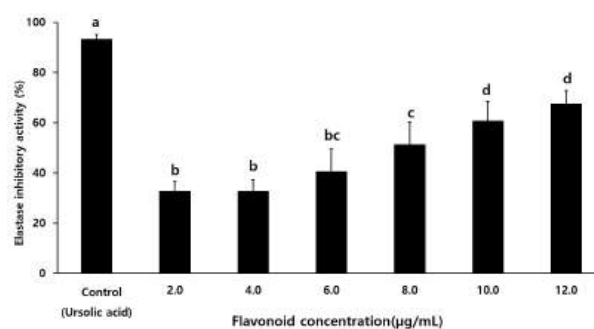


Fig. 6. Effect of different concentrations of *P. japonicus* root-derived flavonoids on elastase inhibitory activity in HS27 cells. Ursolic acid was used as the control. Results represent the mean \pm S.D. of three independent experiments. Means marked with identical letters do not differ significantly at $p < 0.05$, as determined by Duncan's multiple range test.

These findings suggest that *P. japonicus* root-derived flavonoids have strong potential as functional agents for maintaining skin elasticity and preventing aging. This pattern is consistent with numerous prior reports demonstrating that plant-derived polyphenols and flavonoids suppress dermal proteases such as elastase. Previous studies have reported that plant-derived flavonoids can inhibit elastase activity through their antioxidant and anti-inflammatory properties, thereby contributing to the preservation of dermal structure and the prevention of skin aging (Thring et al. 2009; Mukherjee et al. 2011). Phenolic and flavonoid constituents, such as caffeoylquinic acids (e.g., chlorogenic acid, 3,5-diCQA), fukinolic acid, and quercetin glycosides, have been identified in the leaves and stems of *P. japonicus*, and their antioxidant and anti-inflammatory activities have been widely reported (Woo et al. 2020). Although quantitative evidence for direct elastase inhibition by *P. japonicus* is limited, consideration of these constituents, together with the present results, suggests that these root-derived flavonoids likely attenuate elastase activity via a combination of antioxidant, anti-inflammatory, and direct enzyme-inhibitory mechanisms, thereby contributing to the preservation of skin elasticity.

Conclusion

P. japonicus root-derived flavonoids demonstrated consistent

positive effects in various antioxidant and skin structure-related experiments. In the DPPH radical scavenging assay, they exhibited strong concentration-dependent activity, with a scavenging rate of 86.7% at 12 $\mu\text{g/mL}$, approaching the level of vitamin C. This indicates excellent chemical antioxidant capacity. In intracellular ROS scavenging analysis, treatment with the flavonoids significantly reduced ROS accumulation in Hs27 cells under H_2O_2 -induced oxidative stress, reaching 72.5% scavenging activity at 12 $\mu\text{g/mL}$, thereby alleviating oxidative damage within a cellular environment. Regarding skin structural protein regulation, collagen synthesis was promoted in a concentration-dependent manner, with synthesis recovery observed at higher flavonoid concentrations. These findings suggest that the flavonoids may inhibit MMP expression and regulate the TGF- β 1/Smad pathway through their antioxidant effects. Conversely, in the collagenase inhibition assay, inhibition increased with concentration, exceeding 58% at concentrations ≥ 10 $\mu\text{g/mL}$. Similarly, elastase inhibition activity also increased concentration-dependently, reaching 67.6% at 12 $\mu\text{g/mL}$. Taken together, our data indicate a coherent dose-dependent cascade. As the concentration of *P. japonicus* root-derived flavonoids increased, both the DPPH radical-scavenging capacity and intracellular ROS attenuation increased. Concomitantly, oxidative/inflammatory signaling, typified by AP-1/MMP, was dampened, and the activities of collagenase and elastase declined. These shifts collectively restrained extracellular matrix degradation and re-engaged the TGF- β /Smad-driven synthetic axis, yielding clear recovery and procollagen synthesis elevation at higher doses (10-12 $\mu\text{g/mL}$). In terms of qualitative correlations, the antioxidant readouts (DPPH and ROS scavenging) were negatively associated with collagenase/elastase activity and positively associated with procollagen synthesis. Notably, threshold-like improvements in enzyme inhibition emerged at ≥ 8 $\mu\text{g/mL}$ for elastase and became pronounced at ≥ 10 $\mu\text{g/mL}$ for collagenase, while procollagen recovery was evident at 10-12 $\mu\text{g/mL}$. Overall, these findings support a linked trajectory in which the reinforcement of antioxidant capacity leads to the suppression of protease activity and the subsequent restoration of matrix synthesis, promoting dermal elasticity and structural maintenance.

Acknowledgments

This research was supported by the Project for Practical Use of Regional Science and Technology Performance of the Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA) funded by the Ministry of Science & ICT (1711198118, Chosun University).

References

- Alnuqaydan AM, Zainy FMA, Almutary AG, Sadier NS, Rah B. 2023. *Tamarix articulata* extract offers protection against toxicity induced by beauty products in Hs27 human skin fibroblasts. *PLOS ONE* 18:e0287071
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi OB. 2002. Anti-allergic effects of *Petasites japonicum*. *Korean J Food Nutr* 15:382-385
- Darr D, Fridovich I. 1994. Free radicals in cutaneous biology. *J Invest Dermatol* 102:671-675
- Finkel T, Holbrook NJ. 2000. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature* 408:239-247
- Fisher GJ, Datta S, Wang Z, Li XY, Quan T, Chung JH, Voorhees JJ. 1997. c-Jun-dependent inhibition of cutaneous procollagen transcription following ultraviolet irradiation is reversed by all-trans retinoic acid. *J Clin Invest* 98:633-640
- Fisher GJ, Kang S, Varani J, Bata-Csorgo Z, Wan Y, Datta S, Voorhees JJ. 2002. Mechanisms of photoaging and chronological skin aging. *Arch Dermatol* 138:1462-1470
- Fitzpatrick RE, Rostan EF, Marini L. 1999. Oxidative stress in aging human skin: Protection by antioxidants. *J Cosmet Dermatol* 2:183-189
- Ji S, Yoo TK, Jin S, Ju HJ, Eom SH, Kim J-S, Hyun TK. 2020. Changes in the phenolic compounds profile, antioxidant and anti-melanogenic activity from organs of *Petasites japonicus* under different extraction methods. *Rev Mex Ing Quím* 19:1453-1464
- Ji SH, Ahn DH, Jun M. 2010. Effects of *Petasites japonicus* and *Momordica charantia* L. extracts on MC3T3-E1 osteoblastic cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:203-209
- Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002. Flavonoid

- antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13:572-584
- Hwang SH, Jang JS, Kim MJ, Kim KS. 2014. The change of free sugar, hesperidine, naringin, flavonoid contents and antihypertensive activities of Yuza variety according to harvest date. *Korean J Food Nutr* 27:1051-1058
- Imlay JA. 2013. The molecular mechanisms and physiological consequences of oxidative stress: Lessons from a model bacterium. *Nat Rev Microbiol* 11:443-454
- Kim AN, Kim MH, Kim HK. 2017. Protective effect of *Petasites japonicus* extract against UVB-induced photoaging in human dermal fibroblasts. *Biol Pharm Bull* 40:837-843
- Kim CR. 2016. Mechanism of collagen synthesis by *Pyropia yezoensis* peptide in human dermal fibroblast Hs27 cells. Master's Thesis, Pukyong National Univ. Busan. Korea
- Kim EJ, Kim HN, Kim HM, Park SS. 2020. Anti-inflammatory activities of hot water extracts of *Petasites japonicus* leaves in LPS-induced RAW264.7 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49:289-294
- Kim KJ, Xuan SH, Park SN. 2017. Licoricidin, an isoflavonoid isolated from *Glycyrrhiza uralensis* Fisher, prevents UVA-induced photoaging of human dermal fibroblasts. *Int J Cosmet Sci* 39:133-140
- Kim YJ, Lee EH, Cho EB, Kim DH, Kim BO, Kang I, Jung HY, Cho YJ. 2019. Protective effects of galangin against UVB irradiation-induced photo-aging in CCD-986sk human skin fibroblasts. *Appl Biol Chem* 62:40
- Lee J, Jung E, Lee J, Huh S, Kim J, Park M, So J, Ham Y, Jung K, Hyun CG, Kim YS, Park D. 2007. *Panax ginseng* induces human type I collagen synthesis through activation of Smad signaling. *J Ethnopharmacol* 109:29-34
- Lee JS, Jeong M, Park S, Ryu SM, Lee J, Song Z, Guo Y, Choi JH, Lee D, Jang DS. 2019. Chemical constituents of the leaves of butterbur (*Petasites japonicus*) and their anti-inflammatory effects. *Biomolecules* 9:806
- Lee JT, Jeong YS, An BJ. 2002. Physiological activity of *Salicornia herbacea* and its application for cosmetic materials. *Korean J Herbology* 17:6-60
- Liu Y, Luo X, Lan Z, Tang J, Zhao P, Kan H. 2018. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant capacities of flavonoids from *Camellia fascicularis* leaves. *CyTA J Food* 16:105-112
- Mukherjee PK, Maity N, Nema NK, Sarkar BK. 2011. Bioactive compounds from natural resources against skin aging. *Phytomedicine* 19:64-73
- Mukherjee S, Date A, Patravale V, Korting HC, Roeder A, Weindl G. 2006. Retinoids in the treatment of skin aging: An overview of clinical efficacy and safety. *Clin Interv Aging* 1:327-348
- Mukhtar H, Elmets CA. 1996. Photocarcinogenesis: Mechanisms, models and human health implications. *Photochem Photobiol* 63:356-357
- Nunes AR, Vieira IGP, Queiroz DB, Leal ALAB, Morais SM, Muniz DF, Calixto-Junior JT, Coutinho HDM. 2018. Use of flavonoids and cinnamates, the main photoprotectors with natural origin. *Adv Pharmacol Sci* 2018:5341487
- Park MA, MJ, Kim YC, Kim SM, Kang YJ, Park SH, Kim MJ, Yoon JH, Jeong JH, Hwang JY. 2017. Anti-photoaging effects of *Angelica acutiloba* root ethanol extract in human dermal fibroblasts. *Toxicol Res* 33:125-134
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod* 63:1035-1042
- Quan T, Little E, Quan H, Qin Z, Voorhees JJ, Fisher GJ. 2013. Elevated matrix metalloproteinases and collagen fragmentation in photodamaged human skin: Impact of altered extracellular matrix microenvironment on dermal fibroblast function. *J Invest Dermatol* 133:1362-1366
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med* 20:933-956
- Rinnerthaler M, Bischof J, Streubel MK, Trost A, Richter K. 2015. Oxidative stress in aging human skin. *Biomolecules* 5:545-589
- Ryu BH. 1999. Antioxidative effects of flavonoids toward modification of human low density lipoprotein. *Korean J Food Nutr* 12:320-327
- Saito Y, Shiga A, Yoshida Y, Furuhashi T, Fujita Y, Niki E. 2004. Effects of novel gaseous antioxidative system containing a rosemary extract on the oxidation induced by nitrogen dioxide and ultraviolet radiation. *Biosci Biotechnol Biochem* 68:781-786
- Seo HS, Chung BH, Cho YG. 2008. The antioxidant and anti-cancer effects of butterbur (*Petasites japonicus*) extracts.

- Korean J Plant Res* 21:265-269
- Sherratt MJ. 2009. Tissue elasticity and the ageing elastic fibre. *Age* 31:305-325
- Thring TSA, Hili P, Naughton DP. 2009. Anti-collagenase, anti-elastase and anti-oxidant activities of extracts from 21 plants. *BMC Complement Altern Med* 9:27
- Tungmunnithum D, Tanaka N, Uehara A, Iwashina T. 2020. Flavonoids profile, taxonomic data, history of cosmetic uses, antioxidant and anti-aging potential of *Alpinia galanga* (L.) Willd. *Cosmetics* 7:89-96
- Varani J, Perone P, Fligiel SE, Fisher GJ, Voorhees JJ. 2002. Inhibition of type 1 procollagen production in photodamage: Correlation between presence of high molecular weight collagen fragments and reduced procollagen synthesis. *J Invest Dermatol* 119:122-129
- Woo HS, Shin KC, Kim JY, Kim YS, Ban YI, Oh YI, Cho HJ, Oh DK, Kim DW. 2020. Bakkenolides and caffeoylquinic acids from the aerial portion of *Petasites japonicus* and their bacterial neuraminidase inhibition ability. *Biomolecules* 10:888-899
- Wünsch E, Heidrich H. 1963. Zur qualitativen bestimmung der kollagenase. *Hoppe-Seyler's Physiol Chem* 333:149-151

Received 19 September, 2025

Revised 10 October, 2025

Accepted 17 October, 2025

Exploring the Effectiveness of Community-Based Nutrition Education for the Elderly: A Preliminary Study

Jeong Ik Lee, Hae In Kim*, Myung Chul Kim** and †Jean Kyung Paik***

Graduate Student, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

**Center Director, Sonbit Rehabilitation Exercise Center, Seoul 04969, Korea*

***Professor, Dept. of Physical Therapy, Eulji University, Seongnam 13135, Korea*

****Professor, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea*

Abstract

Older adults face a heightened risk of chronic diseases due to physiological changes, functional decline, and dietary imbalances. Although nutrition education can enhance dietary habits, its influence on physical activity is less clear. This study, conducted at the Seongnam Senior Industry Innovation Center in Gyeonggi Province, South Korea, assessed the effects of group-based nutrition education on 24 adults aged 65 and older (10 men, and 14 women; mean age 76.08 years). Participants engaged in a 12-week program that focused on hypertension, dyslipidemia, diabetes, and nutrition management. Anthropometric measurements, physical activity capacity, and dietary intake were evaluated before and after the intervention. Results showed significant reductions in body weight ($p=0.038$) and waist circumference ($p=0.003$), while BMI, body fat, and blood pressure remained unchanged. Appendicular skeletal muscle mass, muscle mass index, and right-hand grip strength decreased. Dietary fiber intake saw a slight increase, while cholesterol intake decreased significantly ($p=0.007$). Waist circumference decreased in both the groups consuming less than 300 mg and those consuming 300 mg or more of cholesterol. Overall, group-based nutrition education led to improvements in dietary habits and anthropometric outcomes, but did not enhance physical activity levels. Combining nutrition education with structured exercise may be more effective in promoting muscle strength and functional health in older adults.

Key words: community nutrition intervention, elderly, dietary cholesterol, chronic disease, nutrition education

Introduction

As of 2025, the elderly population in South Korea is 10,513,907, accounting for 20.3% of the total population. Along with the aging index, the elderly population has been steadily increasing every year (Statistics Korea 2024). Older adults experience various functional declines, such as sensory loss, reduced masticatory function, and decreased digestive capacity, which affect food intake and lead to nutritional imbalances. Such imbalances in nutrient intake influence morbidity, and for elderly individuals who already have chronic diseases, the impact can be even greater (Han & Yang 2018).

According to the 2023 Survey on the Status of Older Adults, 86.1% of older adults in Korea have at least one chronic disease,

with hypertension (59.5%), hyperlipidemia (28.9%), and diabetes mellitus (27.7%) being the most prevalent (Ministry of Health and Welfare 2023). Data from the 2023 Statistics on Causes of Death indicate that hypertensive diseases rank eighth among all causes of death across age groups, with mortality rates increasing markedly with advancing age (Statistics Korea 2023). Obesity further exacerbates these risks, increasing the likelihood of developing hypertension, dyslipidemia, and diabetes by 1.43-, 1.41-, and 1.55-fold, respectively, with risk escalating in proportion to the degree of obesity. As of 2022, the prevalence of abdominal obesity is higher among older adults than in any other age group (70s: 42.3%, 60s: 35.9%, 50s: 30.0%, 40s: 26.0%, 30s: 22.8%, 20s: 18.7%) (Korean Society for the Study of Obesity 2024).

† Corresponding author: Jean Kyung Paik, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea. Tel: +82-31-740-7141, E-mail: jkpaik@eulji.ac.kr

Most of these chronic diseases are closely linked to dietary and lifestyle factors, and more than 80% are considered preventable through the management of cardiovascular and cerebrovascular risk factors and the adoption of healthier lifestyle behaviors (Han & Jeon 2019; Lee et al. 2020). Dietary fat intake is associated with the prevalence of chronic conditions such as cardiovascular disease, cancer, metabolic syndrome, and obesity (Yim et al. 2004), while sodium and potassium intake are known to influence blood pressure (Noh et al. 2015).

Promoting healthy eating habits requires an educational approach that not only provides essential knowledge, but also fosters positive changes in attitudes and encourages individuals to take proactive action (Mo S 1990). In a study by Kim MH (2019), adult men were assigned to either a nutrition education group or a non-nutrition education group to examine the relationship between dietary intake and metabolic risk. The findings revealed a significant reduction in disease risk among those who received nutrition education. Similarly, Shin et al. (2023) implemented group nutrition education and individual counseling for older adults, demonstrating improvements in dietary knowledge, attitudes, and behaviors, as well as favorable changes in hypertension and dyslipidemia status.

Based on this evidence, the present study aimed to investigate changes in physical activity capacity and dietary intake status following group-based nutrition education in older adults.

Research Methods

1. Study participants and intervention

This study was conducted from August to October 2022 at the Seongnam Senior Industry Innovation Center in Seongnam City, Gyeonggi Province, involving 24 older adults aged 65 years and above. Participants were recruited through bulletin board announcements, were able to communicate and independently engage in activities, and provided written informed consent. The study protocol was approved by the Institutional Review Board of Eulji University (IRB approval number: EU22-48).

The nutrition education program focused on chronic disease-related topics, including an understanding of hypertension, dyslipidemia, and diabetes, as well as nutritional management strategies. It was delivered weekly in group sessions.

2. Anthropometric measurements

Gender and age were recorded, and anthropometric measure-

ments included height, weight, body mass index (BMI), waist circumference, body fat mass, body fat percentage, and blood pressure. Height was measured using a height meter (HuBDIC Wireless Ultrasound Height Meter HUK-2, HuBDIC, China). Weight, BMI, body fat mass, and body fat percentage were assessed using a body composition analyzer (InBody 570, Biospace, Korea). Waist circumference was measured with a tape measure (Rollfix, Hoechstmass, Germany). Blood pressure was measured twice using an automatic electronic sphygmomanometer (BPBIO320, InBody Europe B.V., Netherlands), and the average of the two readings was used for analysis.

3. Physical activity ability assessment

Skeletal mass index was calculated by dividing appendicular skeletal muscle mass (kg), measured using a body composition analyzer (InBody 570, Biospace, Korea), by height squared (m^2). Grip strength was assessed using a digital dynamometer (my-5401, TAKEI, Japan), with each hand measured twice alternately for a total of four trials, and the maximum value was recorded. Participants were classified as normal or deficient according to the 2019 Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS 2019) criteria (muscle mass: men $<7.0 \text{ kg}/m^2$, women $<5.7 \text{ kg}/m^2$; grip strength: men $<28 \text{ kg}$, women $<18 \text{ kg}$) (Chen et al. 2020). Physical performance was evaluated using the Short Physical Performance Battery (SPPB), following the methodology of Kim et al. (2022), which comprised chair stands, balance tests, and a 4-meter walking speed assessment. Scores from each component were summed to obtain a total score, and participants were classified as deficient (≤ 9 points) or normal (>9 points) based on their total score.

4. Dietary intake

Graduate students majoring in clinical nutrition assessed dietary intake using the 24-hour dietary recall method with food model tools. Information on the types and amounts of foods, beverages, and dietary supplements consumed on the day before the survey was collected through questionnaires. The collected data were analyzed using CAN-Pro 6.0 software developed by the Korean Nutrition Society. Based on the pre-dietary cholesterol, the cholesterol recommended intake of 300 mg (Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020) comparisons were made for total energy intake, carbohydrates, fats (plant-based and animal-based), proteins (plant-based and animal-based), dietary fiber, cholesterol, vitamins, phosphorus,

sodium, and potassium intake.

5. Statistical analysis

Data were analyzed using SPSS Statistics version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Categorical variables were presented as frequencies and percentages, and differences between the two groups were assessed using McNemar's exact test and Fisher's exact test. Continuous variables were expressed as means± standard errors. The Wilcoxon signed-rank test was used to compare pre- and post-intervention values, and the Mann - Whitney U test was applied to assess differences in changes between the two groups. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results and Discussion

1. Anthropometric measurements

General characteristics and anthropometric measurements before and after the intervention are presented in Table 1. The study comprised 10 men (41.7%) and 14 women (58.3%), with a mean age of 76.08 years. Body weight significantly decreased from 56.25 kg to 55.89 kg ($p=0.038$). Although body mass index declined from 22.51 kg/m² to 22.40 kg/m², this change was not statistically significant ($p=0.075$). Waist circumference showed a significant reduction of 2.41 cm following the intervention ($p=0.003$). No significant differences were observed in height, body fat mass, body fat percentage, or blood pressure before and after the intervention.

Table 1. Anthropometric parameters of participants

Variables	Total (n=24)		
	Before	After	p-value
Sex (male/female)	10(41.7)/14(58.3)		
Age (year)	76.08±0.78		
Height (cm)	158.04±0.01	157.92±0.01	0.083
Weight (kg)	56.25±1.30	55.89±1.33	0.038
Body mass index (kg/m ²)	22.51±0.42	22.40±0.42	0.075
Waist circumference (cm)	85.79±1.36	83.38±1.30	0.003
Body fat mass (kg)	17.43±0.89	17.94±1.05	0.931
Body fat percentage (%)	30.87±1.29	30.82±1.32	0.903
Systolic blood pressure (mmHg)	131.71±3.43	129.50±3.63	0.819
Diastolic blood pressure (mmHg)	66.21±1.81	65.54±2.06	0.820

n(%) or Mean±standard error(SE).

p-value derived from Wilcoxon signed-rank test.

In the study by Kang et al. (2009), which provided nutrition education to older adults with diabetes, waist circumference significantly increased after the intervention, while body fat percentage significantly decreased and body mass index showed no significant change. These findings differ somewhat from those of the present study, likely due to the fact that the participants were overweight diabetic patients with a relatively high prevalence of abdominal obesity.

2. Physical activity ability assessment

Physical activity capacity before and after the intervention is presented in Table 2. Appendicular skeletal muscle mass significantly decreased from 15.49 kg to 15.27 kg ($p=0.008$), and muscle mass index also declined significantly from 6.15 kg/m² to 6.07 kg/m² ($p=0.007$). Right-hand grip strength decreased from 21.83 kg to 20.63 kg ($p=0.034$), while left-hand grip strength declined from 20.63 kg to 19.96 kg, though this change was not statistically significant ($p=0.142$). Despite the significant decrease in right-hand grip strength, it remained stronger than the left hand. No significant differences were observed before and after the intervention in trunk muscle mass, muscle mass index classification, maximum grip strength classification, or the Short Physical Performance Battery.

Table 2. Physical activity ability parameters of participants

Variables	Total (n=24)		
	Before	After	p-value
Body muscle mass (kg)	17.42±0.51	17.31±0.49	0.474
Appendicular skeletal muscle mass (kg)	15.49±0.58	15.27±0.58	0.008
Skeletal muscle index (kg/m ²)	6.15±0.14	6.07±0.14	0.007
SMI stage			
Normal/deficient	9(37.5)/15(62.5)	8(33.3)/16(66.7)	1.000
Right hand grip (kg)	21.83±1.41	20.63±1.39	0.034
Left hand grip (kg)	20.63±1.53	19.96±1.35	0.142
Hand grip maximum (kg)	23.54±1.61	22.58±1.58	0.108
Grip score			
Normal/deficient	15(62.5)/9(37.5)	11(45.8)/13(54.2)	0.219
Short physical performance battery total score			
Normal/deficient	2(8.3)/22(91.7)	4(16.7)/20(83.3)	0.500

Mean±SE or n(%)

p-value derived from Wilcoxon signed-rank test or McNemar's exact test.

Muscle strength declines by approximately 15% every 10 years after the age of 50 (Deschenes MR 2004). As aging progresses, muscle cells undergo senescence, resulting in muscle loss and functional decline (Kim & Kim 2023). Degeneration of cartilage, tendons, and ligaments may further contribute to impaired motor function, and functional limitations become increasingly pronounced in older adults. Considering their physiological characteristics and dietary intake, it is challenging to maintain or increase muscle mass through nutrition education alone. In contrast, a systematic exercise program has been shown to significantly increase appendicular skeletal muscle mass, muscle mass index, and grip strength in older adults with sarcopenia (Park & Gu 2018). Therefore, improving physical

activity capacity in older adults requires a combination of nutrition education and structured exercise training.

3. Dietary intake

Nutrient intake before and after the intervention is presented in Table 3. Total energy intake slightly decreased from 1,308.10 kcal to 1,306.67 kcal, however, this change was not statistically significant ($p=0.710$). Carbohydrate intake increased from 181.86 g to 197.81 g; but the difference was not significant ($p=0.391$). Fat and protein intake decreased after the intervention, although these changes were not statistically significant. Notably, the intake of plant-based fats and proteins increased, whereas the intake of animal-based fats and proteins decreased, although these trends did not reach statistical significance. These changes in plant- and animal-based food intake can be interpreted as the effects of the nutrition education.

Dietary fiber intake increased from 16.94 g to 21.43 g (adequate intake according to the KDRI for older adults: 25 g for men and 20 g for women (Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020)); however, this change was not statistically significant. Similarly, Kim & Kim (2012) observed an increase in dietary fiber intake following a health promotion education program for older adults, although the change was not statistically significant. Their findings, which emphasized balanced meal patterns and disease prevention, demonstrated dietary intake trends consistent with those observed in the present study.

Cholesterol intake significantly decreased from 388.84 mg before the intervention to 212.63 mg after the intervention ($p=0.007$), falling below the recommended cholesterol intake of 300 mg (Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020). In contrast, Seo EH (2019) reported a statistically significant increase in cholesterol intake for both men and women following a chronic disease prevention and management education program targeting older adults with chronic conditions. Although cholesterol intake increased in that study, it remained within the 2020 Korean Dietary Reference Intakes target of less than 300 mg (Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020). This increase was attributed to an overall rise in total food consumption, which differs from the findings of the present study.

Sodium intake decreased from 2,877.20 mg to 2,683.81 mg (Chronic Disease Risk Reduction Intake according to the KDRI: 2,100 mg for individuals aged 65–74 years, 1,700 mg for those over 75 years (Ministry of Health and Welfare & The Korean

Table 3. Dietary intake parameters of participants

Variables	Total (n=24)		p-value
	Before	After	
Total energy (kcal)	1,308.10±102.78	1,306.67±87.78	0.710
Carbohydrate (g)	181.86±11.17	197.81±13.57	0.391
Lipid (g)	38.10±5.71	31.78±3.19	0.689
Plant-based lipid (g)	16.75±1.90	17.34±2.18	0.753
Animal-based lipid (g)	21.35±5.05	14.44±2.00	0.304
Protein (g)	55.66±5.41	51.96±4.51	0.909
Plant-based protein (g)	26.62±1.99	30.91±3.42	0.361
Animal-based protein (g)	29.04±4.35	21.05±2.64	0.162
Fiber (g)	16.94±1.55	21.43±1.82	0.153
Cholesterol (mg)	388.84±45.09	212.63±30.87	0.007
Vitamin A (ug RAE)	365.47±39.56	390.23±72.70	0.864
Vitamin D (ug)	4.78±1.78	2.19±0.92	0.026
Vitamin E (mg)	11.09±1.06	9.99±1.16	0.549
Vitamin K (ug)	116.43±25.01	117.04±36.90	0.977
Vitamin C (mg)	52.09±7.77	61.49±11.26	0.753
Thiamine (mg)	1.17±0.09	1.18±0.10	0.977
Riboflavin (mg)	1.24±0.11	1.00±0.12	0.110
Niacin (mg)	10.56±1.36	9.58±0.83	0.668
Vitamin B ₆ (mg)	1.21±0.21	1.06±0.08	1.000
Folic acid (ug)	390.43±29.69	334.64±33.75	0.241
Vitamin B ₁₂ (ug)	8.13±1.71	5.59±0.94	0.440
Phosphorus (mg)	840.65±61.69	771.61±58.54	0.568
Sodium (mg)	2,877.20±289.73	2,683.81±297.87	0.689
Potassium (mg)	2,010.76±161.16	2,161.96±166.96	0.732

Mean±SE.

p-value derived from Wilcoxon signed-rank test.

Nutrition Society 2020)); however, this change was not statistically significant. Jung et al. (2013) examined changes in sodium intake according to participation levels in a low-sodium diet nutrition education program targeting individuals with borderline hypertension and reported reductions in sodium intake across all groups following the intervention. These findings suggest that nutrition education focused on chronic disease management may contribute to reductions in sodium intake.

4. Anthropometric measurements according to dietary cholesterol intake level

Anthropometric measurements classified according to the cholesterol intake target of 300 mg (Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020) are presented in Table 4. No significant differences were observed between the two groups before the intervention in height, weight, body mass index, waist circumference, body fat, body fat mass, or blood pressure. Waist circumference significantly decreased from 88.90 cm to 85.90 cm in the group consuming less than 300 mg ($p=0.037$) and from 83.57 cm to 81.57 cm in the group consuming 300 mg or more ($p=0.030$). Aging is associated with decreased secretion of hormones that inhibit fat synthesis, leading to fat accumulation and abdominal obesity (Moon & Kim 2005). A study analyzing health behaviors related to dyslipidemia in middle-aged adults (Shin et al. 2016) reported significant differences in waist circumference among normal,

borderline, and dyslipidemia groups, with the highest values observed in the dyslipidemia group. Furthermore, higher intakes of total fat and saturated fatty acids were linked to increased blood triglycerides and cholesterol, whereas consumption of unsaturated fatty acids and dietary fiber was reported to reduce these levels (Yeon & Kim 2011). In the present study, the increase in dietary fiber intake and the tendency toward decreased cholesterol intake after the intervention are believed to have contributed to the reduction in waist circumference.

5. Dietary intake according to dietary cholesterol intake level

Nutrient intake per 1,000 kcal of total energy is presented in Table 5. No significant differences were observed between the two groups in changes of nutrient intake, except for cholesterol intake. Although the reduction in fat intake was not statistically significant, the group consuming less than 300 mg of cholesterol showed a decrease of 1.46 g, while the group consuming 300 mg or more exhibited a decrease of 4.41 g. Notably, in the group consuming 300 mg or more cholesterol, animal-based protein intake significantly decreased from 25.02 g to 16.02 g, representing a reduction of 9.00 g ($p=0.041$).

Dietary cholesterol intake decreased from 173.98 mg to 173.35 mg in the group consuming less than 300 mg of cholesterol, but this change was not statistically significant ($p=0.646$). In contrast, the group consuming 300 mg or more showed a significant

Table 4. Anthropometric parameters of participants by cholesterol intake level

Variables	Cholesterol intake						p -value ²⁾
	<300 mg (n=10)			≥300 mg (n=14)			
	Before	After	p -value ¹⁾	Before	After	p -value ¹⁾	
Sex (male/female)	6(60.0)/4(40.0)			4(28.6)/10(71.4)			0.211
Age (year)	76.40±1.09			75.86±1.12			0.860
Height (cm)	160.03±0.02	160.03±0.02	1.000	156.43±0.02	156.21±0.02	0.083	0.218
Weight (kg)	58.84±2.15	58.55±2.16	0.358	54.39±1.49	53.99±1.55	0.055	0.114
Body mass index (kg/m ²)	22.93±0.69	22.80±0.69	0.256	22.21±0.53	22.11±0.54	0.269	0.464
Waist circumference (cm)	88.90±2.30	85.90±2.11	0.037	83.57±1.44	81.57±1.52	0.030	0.113
Body fat mass (kg)	18.60±1.10	18.41±0.96	0.407	16.59±1.28	17.61±1.68	0.530	0.253
Body fat percentage (%)	31.77±1.79	31.58±1.48	0.553	30.22±1.84	30.27±2.04	0.778	0.598
Systolic blood pressure (mmHg)	126.90±5.32	125.10±5.74	0.919	135.14±4.42	132.64±4.67	0.752	0.197
Diastolic blood pressure (mmHg)	65.00±3.58	66.90±4.06	0.342	67.07±1.86	64.57±2.13	0.219	0.725

n(%) or Mean±SE.

¹⁾ p -value derived from Wilcoxon signed-rank test.

²⁾ p -value derived from Fisher's exact test or Mann Whitney U-test.

Table 5. Dietary intake parameters per 1,000 kcal energy intake according to cholesterol intake level

Variables	Cholesterol intake				<i>p</i> -value ²⁾
	<300 mg (n=10)	<i>p</i> -value ¹⁾	≥300 mg (n=14)	<i>p</i> -value ¹⁾	
Carbohydrate (g)					
Before	160.38±5.94	0.721	133.82±7.49	0.300	
After	162.78±6.66		145.74±4.39		
Change	2.40±8.66		11.91±9.41		
Lipid (g)					
Before	22.23±2.57	0.646	30.79±2.99	0.300	
After	20.77±3.42		26.38±1.60		
Change	-1.46±4.52		-4.41±3.48		
Plant-based lipid (g)					
Before	12.50±1.77	0.878	13.11±1.86	0.925	
After	12.37±3.28		13.74±1.73		
Change	-0.13±4.39		0.64±2.33		
Animal-based lipid (g)					
Before	9.73±1.82	0.386	17.68±2.88	0.331	
After	8.40±2.06		12.64±1.57		
Change	-1.33±2.12		-5.05±3.42		
Protein (g)					
Before	38.94±1.58	0.646	44.24±2.08	0.331	
After	38.08±3.33		39.97±2.62		
Change	-0.85±4.16		-4.27±3.65		
Plant-based protein (g)					
Before	23.10±1.55	0.878	19.22±1.07	0.177	
After	22.70±1.18		23.95±3.16		
Change	-0.39±1.17		4.73±3.16		
Animal-based protein (g)					
Before	15.84±1.90	0.959	25.02±2.57	0.041	
After	15.38±3.60		16.02±1.63		
Change	-0.46±4.09		-9.00±3.37		
Fiber (g)					
Before	14.37±1.66	0.386	12.29±0.99	0.109	
After	17.82±2.58		15.68±1.26		
Change	3.45±3.06		3.39±1.77		
Vitamin D (ug)					
Before	2.52±0.75	0.093	4.83±2.39	0.074	
After	0.71±0.29		2.16±1.02		
Change	-1.80±0.80		-2.67±2.71		

Table 5. Continued

Variables	Cholesterol intake				<i>p</i> -value ²⁾
	<300 mg (n=10)	<i>p</i> -value ¹⁾	≥300 mg (n=14)	<i>p</i> -value ¹⁾	
Vitamin C (mg)					
Before	50.62±12.61	0.646	36.35±5.61	0.925	
After	55.25±19.83		45.00±11.66		
Change	4.63±25.10		8.65±14.77		
Sodium (mg)					
Before	2,445.00±545.65	0.445	2,267.93±207.56	0.331	
After	2,148.05±457.88		1,949.95±212.91		
Change	-296.94±650.30		-317.99±283.37		
Potassium (mg)					
Before	1,667.71±144.11	0.959	1,490.18±97.60	0.245	
After	1,791.85±143.80		1,592.71±130.86		
Change	124.14±216.17		102.53±155.42		

Mean±SE.

¹⁾ *p*-value derived from by Wilcoxon signed-rank test.²⁾ *p*-value derived from Mann Whitney U-test.

reduction from 406.49 mg to 163.20 mg after the intervention ($p<0.001$). The change in dietary cholesterol intake was -0.63 mg for the less than 300 mg group and -243.29 mg for the 300 mg or more group (Fig. 1). The difference in changes between the two groups was statistically significant ($p=0.006$).

Sodium intake (Chronic Disease Risk Reduction Intake according to the KDRI: 2,100 mg for individuals aged 65~74 years, 1,700 mg for those over 75 years); decreased from 2,445.00 mg to 2,148.05 mg in the group consuming less than 300 mg of cholesterol, although this change was not statistically significant ($p=0.445$). Similarly, in the group consuming 300 mg or more, sodium intake decreased from 2,267.93 mg to 1,949.95 mg, but this reduction was also not statistically significant ($p=0.331$).

Previous studies on dietary cholesterol and blood cholesterol levels have demonstrated a close association between dietary cholesterol intake and blood cholesterol concentrations, with saturated fatty acids raising blood cholesterol levels more than unsaturated fatty acids (Lee EJ 2016). Therefore, dietary recommendations to lower blood cholesterol include reducing animal-based fat consumption, increasing intake of plant-based fats, decreasing saturated fatty acid intake, and increasing unsaturated fatty acid intake (Baek YH 1998). Although most changes in nutrient intake observed in this study were not

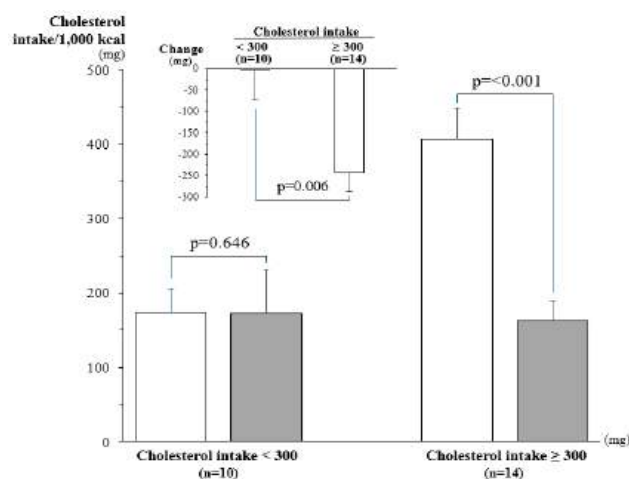


Fig. 1. Cholesterol level per 1,000 kcal of dietary intake.

statistically significant, the trends in increased and decreased nutrient consumption may be interpreted as effects of the nutrition education.

Summary and Conclusion

This study analyzed changes in physical activity capacity and dietary intake following group-based nutrition education in adults aged 65 and older. The results demonstrated a significant reduction in body weight and waist circumference, while body mass index, body fat percentage, and blood pressure showed no significant changes. Among physical activity measures, appendicular skeletal muscle mass, muscle mass index, and right-hand grip strength significantly declined, indicating that nutrition education alone may have limitations in preserving muscle mass and strength. Therefore, to enhance muscle strength and physical activity capacity in older adults, systematic exercise programs should be combined with nutrition education.

In terms of dietary intake, total energy consumption remained unchanged; however, intake of plant-based fats and proteins increased, whereas intake of animal-based fats and proteins tended to decrease. Dietary fiber intake also showed an upward trend, although this change was not statistically significant. Notably, cholesterol intake decreased significantly ($p=0.007$), which is expected to have a beneficial effect on chronic disease prevention. When analyzed according to cholesterol intake, both the group consuming less than the target level of 300 mg and the group consuming 300 mg or more exhibited a significant reduction in waist circumference. Additionally, the group consuming 300 mg or

more showed a significant decrease in animal-based protein intake.

This study has several limitations. Although it was a preliminary study, the small sample size limited its statistical power. In addition, dietary intake was assessed using a single 24-hour recall, which may not adequately reflect participants' usual dietary patterns. Furthermore, the lack of analysis of blood cholesterol levels is another limitation. Nevertheless, the dietary changes observed following the nutrition education in this study provide meaningful evidence of improvements in dietary habits aimed at reducing the risk of chronic diseases.

In summary, group-based nutrition education for older adults showed positive effects on anthropometric measures but did not result in significant improvements in physical activity. It is suggested that incorporating resistance exercise education aimed at maintaining and enhancing muscle strength and physical function may also lead to improvements in physical activity. Future studies are warranted to evaluate the effectiveness of combined intervention programs integrating both nutrition and exercise education.

References

- Baek YH. 1998. Effects of exercise and dietary fat on human cholesterol metabolism and atherosclerosis. *J Sports Sci Res Inst Jeju Univ* 4:177-190
- Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, Jang HC, Kang L, Kim M, Kim S, Kojima T, Kuzuya M, Lee JSW, Lee SY, Lee WJ, Lee Y, Liang CK, Lim JY, Lim WS, Peng LN, Sugimoto K, Tanaka T, Won CW, Yamada M, Zhang T, Akishita M, Arai H. (2020). Asian Working Group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 21:300-307
- Deschenes MR. 2004. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med* 34:809-824
- Han GS, Yang EJ. 2018. Evaluation of dietary habit and nutritional intake of Korean elderly: Data from Korea national health and nutrition examination survey 2013-2015. *J East Asian Soc Diet Life* 28:258-271
- Han S, Jeon MS. 2019. Development and application of nutrition education program for the elderly in low income. *Korean J Hum Ecol* 28:171-183
- Jung EJ, Kwon JS, Ahn SH, Son SM. 2013. Blood pressure, sodium intake and dietary behavior changes by session attendance on salt reduction education program for pre-

- hypertensive adults in a public health center. *Korean J Community Nutr* 18:626-643
- Kang HJ, Shin EM, Kim KW. 2009. Evaluation of nutrition education for diabetes mellitus management of older adults. *Korean J Community Nutr* 14:734-745
- Kim MC, Cheon JY, Kim HI, CHUNG DK, Bae WS. 2022. Analysis of the correlation between sarcopenia and locomotive syndrome in the elderly in Korea. *J Korean Soc Integr Med* 10:1-11
- Kim HI, Kim MC. 2023. Investigation of factors related to physical health in the old people: Focusing on sarcopenia and locomotive syndrome. *J Korean Soc Integr Med* 11:129-140
- Kim MH. 2019. Metabolic risk and nutrient intake by nutrition education in Korean adult men. *Korean J Food Nur* 32:251-258
- Kim MS, Kim JY. 2012. Development of nutrition education material for nutrient intake and prevention of disease and the effects of nutrition education for the elderly: Focused on items related to health and nutrients intake. *Korean J Community Living Sci* 23:467-478
- Korean Society for the Study of Obesity (KSSO). 2024. Obesity fact sheet 2024. Available from https://general.kosso.or.kr/html/user/core/view/reaction/main/kosso/inc/data/2024_Obesity_Fact_sheet_web_kor1223.pdf [cited 5 May 2025]
- Lee EJ. 2016. Dietary cholesterol intake and lipid concentrations: Can you eat all the eggs you want? *J Korean Diabetes* 17:73-78
- Lee MS, Lee KS, Lee JJ, Hwang TY, Lee JY, Yoo WS, Kim KY, Kim SK, Kim JY, Park KS, Hwang BY. 2020. Directions and current issues on the policy of prevention and management for hypertension and diabetes, and development of chronic disease prevention and management model in Korea. *J Agric Ned Community Health* 45:13-40
- Ministry of Health and Welfare. 2023. Elderly survey 2023. Available from https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10411010100&bid=0019&act=view&list_no=1483359&tag=&nPage=1 [cited 5 May 2025]
- Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2020. Dietary Reference Intakes for Koreans 2020.
- Mo S. 1990. The present status and a future scheme in nutrition education. *Korean J Nutr* 23:208-212
- Moon HK, Kim EG 2005. Comparing validity of using body mass index, waist to hip ratio, and waist circumference to cardiovascular risk factors of middle aged Koreans. *J Korean Diet Assoc* 11:356-374
- Noh HM, Park SY, Lee HS, Oh HY, Paek YJ, Song HJ, Park KH. 2015. Association between high blood pressure and intakes of sodium and potassium among Korean adults: Korean national health and nutrition examination survey, 2007-2012. *J Acad Nutr Diet* 115:1950-1957
- Park S, Gu MO. 2018. Development and effects of combined exercise program for older adults with sarcopenia based on transtheoretical model. *J Korean Acad Nurs* 48:656-668
- Seo EH. 2019. Effects of chronic disease control and prevention education program on the dietary habits and nutrition intakes of elderly. *J Wellness* 14:235-250
- Shin HW, Lee IO, Kim JW, Shin YL. 2023. Effects of nutrition education on dietary knowledge, dietary attitudes and dietary behavior of elderly. *Korean J Food and Nur* 36:153-162
- Shin MG, Yoon KH, Song MY. 2016. Comparison of health behaviors and nutritional status related to dyslipidemia in Korean middle-aged adults: From the Korean national health and nutrition examination surveys, 2007-2010. *Korean J Food and Nur* 29:724-734
- Statistics Korea. 2023. Cause of death statistics results 2023. Available from https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=218&act=view&list_no=433106 [cited 5 May 2025]
- Statistics Korea. 2024. Elderly statistics 2024. Available from https://www.kostat.go.kr/board.es?act=view&bid=10820&list_no=432917&mid=a10301010000 [cited 9 September 2025]
- Yeon JY, Kim MH. 2011. A study on blood lipid levels, nutrient intakes, and oxidation and inflammation markers of overweight and obese adults according to blood cholesterol levels in Korea. *Korean J Food and Nur* 24:1-11
- Yim KS, Kim JH, Kim CI, Chang KJ, Kim KW, Lee HJ, Park SJ, Choi HM. 2004. Analysis of dietary fat intake according to health related factors in adults aged 50 years and over in Korea. *Korean J Health Promot* 4:25-37

Received 13 August, 2025

Revised 20 October, 2025

Accepted 22 October, 2025

궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물 생리활성

†이 연 리

대전보건대학교 식품영양과 부교수

Biological Activities of Solvent Fractions Fractionated with Celtus Methanol Extract

†Youn Ri Lee

Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504, Korea

Abstract

The physiological activities of solvent fractions derived from the celtus methanol extract were measured. Following the extraction of celtus with methanol, the yields of the resulting fractions—methanol, hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, and water—were found to be 19.57%, 3.24%, 26.02%, 8.15%, 8.72%, and 63.57%, respectively. The total flavonoid contents of the celtus methanol extract were 13.76, 4.96, 8.20, 31.99, 28.33, and 5.02 mg CE/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity ($IC_{50\%}$) was measured at 22.48, 6.14, 11.15, 24.20, 19.18, and 20.71 $\mu\text{g/mL}$, with the highest activity observed in the ethyl acetate layer. The hydroxyl radical scavenging activity ($IC_{50\%}$) results were 14.27, 2.97, 9.19, 13.93, 3.90, and 3.10 $\mu\text{g/mL}$, also showing the highest activity in the ethyl acetate layer. The SOD-like activity measurements for the solvent fractions yielded values of 22.07, 9.65, 16.24, 32.63, 39.64, and 32.76 units/mL, with the highest activity in the butanol layer. The α -glucosidase inhibitory activity results were 16.42%, 11.29%, 16.60%, 27.40%, 2.86%, and 36.19%. Correlation analysis of antioxidant components and antioxidant activity indicated a very high correlation between total flavonoid content and both DPPH and SOD-like activities, suggesting that the celtus methanol extract positively influences antioxidant activity.

Key words: celtus, flavonoids, DPPH, hydroxyl radical, superoxide dismutase, α -glucosidase inhibitory activity

서 론

활성산소(reactive oxygen species, ROS)는 우리 몸에서 생기는 산소의 일종으로 세포나 DNA를 손상시키고, 노화나 질병을 유발할 수 있는 물질이며, 스트레스, 흡연, 오염, 자외선 등의 외부요인이나 운동, 신진대사 등의 내부요인에 의해서 생성될 수 있다(Justine 등 2019). 항산화제는 이런 활성산소와 반응하여 안정적인 상태로 중화시키는 식물기원의 페놀화합물은 나무, 줄기, 잎, 열매, 뿌리, 꽃, 씨앗 등의 모든 부분에 존재하며, 이들 성분은 유리 라디칼의 생성을 지연시키거나, 활성을 저해하는 항산화 물질로 작용한다(Yun & Park 2022; Son & Hwang 2024).

채소는 페놀화합물의 소재로서, 특히 상추(*Lactuca sativa*

L.)는 가장 많이 소비되는 대표적인 건강 짬 채소로서, 실제 다량의 페놀화합물을 함유하고 있어 중요한 식물소재이다(Kim 등 2016; Kim & Kwon 등 2018). 상추(*Lactuca sativa* L.)는 국화과(Compositae)에 속하는 1년생 근생엽의 초본식물로 지상부는 주로 짬채소 또는 샐러드로 많이 이용되고 있다(Lee 등 2009). 상추의 수분함량은 95%이고, 비타민 A, B, C, E 및 다량의 철분과 섬유소를 함유하고 있다(Kim 등 2016). 항염증 작용, 항산화 작용, 진정 작용 등의 생리활성이 알려져 있으며(Lee 등 2009; Mulabagal 등 2010; Cheng 등 2014; Pepe 등 2015; Adesso 등 2016), 줄기를 절단하면 하얀색의 알칼로이드 성분인 락투세린과 락투신 성분은 스트레스를 줄여주고, 통증을 완화시키는 효능이 있어 불편증에 좋은 것으로 알려져 있다(Ren 등 2004). 또한 상추에 상대적으로

† Corresponding author: Youn Ri Lee, Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504, Korea. Tel: +82-42-670-9246, Fax: +82-42-670-9246, E-mail: leeyounri@hit.ac.kr

항산화 활성이 강력한 트립타민 성분이 풍부하다고 알려져 있다(Ren 등 2004). 그러나 줄기상추에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 궁채 메탄을 추출물로부터 분획된 용매분획물의 생리활성을 검토하여 기능성 식품소재로서의 가능성을 보고자 한다.

재료 및 방법

1. 메탄을 추출물 및 용매분획물 제조

궁채는 2024년 충북 전통시장에서 구매하여 동결건조한 후 분쇄하여 궁채 건조분말 500 g에 100% 메탄올을 가하여 24시간 씩 3회 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)한 다음 추출액을 여과하였다. 그 후 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 35°C에서 용매를 완전히 제거한 후 동결건조하여 추출수율을 측정하였으며, 동결건조물 일정량을 취하여 증류수 1 L로 재용해하여 hexane, chloroform, ethylacetate, n-butanol, water로 순차적으로 분획물을 얻었다. 분획물들은 감압농축한 후 동결건조하여 사용하였으며, 용매분획물은 DMSO(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에 녹여 사용하였다.

2. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Kang 등(2002)의 방법에 준하여 측정하였다. 시료액 1 mL에 90% diethyleneglycol 10 mL와 1 N NaOH 1 mL를 가하여 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin(Sigma-Aldrich)을 표준물질로 하여 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다

3. DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능

시료에 0.2 mM의 DPPH 용액 0.8 mL를 가하여 혼합한 뒤, 상온에서 30분간 반응시킨 후 UV-visible spectrophotometer(DU 730, Beckman Coulter, Fullerton, CA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radicals scavenging activity의 값이 50%가 되는 시료의 농도를 IC_{50%}값으로 구하였다(Blois MS 1958).

4. Hydroxyl 라디칼 소거능

10 mM FeSO₄·7H₂O 용액, 10 mM EDTA·2Na 용액, 10 mM 2-deoxyribose 용액을 각각 200 µL의 Fenton 반응 혼합물에 일정 농도의 시료용액 200 µL에 0.1 M Phosphate buffer용액(pH 7.4) 1.2 mL를 넣어 총 용액 1.8 mL로 조제하였다. 여기에 10 mM H₂O₂ 용액 200 µL를 가하여 혼합한 후, 37°C에서 4시간 반응시

켰다. 다시 2.8% TCA(trichloroacetic acid) 시약 1 mL와 1% TBA(thiobarbituric acid) 1 mL를 가하여 끓는 물에서 10분간 반응시킨 후 실온에서 급냉한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하여 50% 감소시키는 IC_{50%}을 구하였다(Smirnoff & Cumbes 1989).

5. Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

시료 40 µL에 pH 8.5로 보정한 Tris-HCl buffer(50 mM tris amino-methane + 10 mM EDTA, pH 8.5) 120 µL와 7.2 mM pyrogallol 20 µL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 그 후 1 N HCl 20 µL를 가하여 반응을 정지시키고, 420 nm에서 흡광도를 측정하여 추출물 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다(Marklund & Marklund 1974).

6. α-Glucosidase 저해활성 측정

시료 50 µL를 0.35 unit/mL α-glucosidase(Sigma-Aldrich) 효소액 100 µL와 혼합하여 37°C에서 10분간 배양한 후 1.5 mM pNPG(p-nitrophenyl-α-glucopyranoside, Sigma-Aldrich) 50 µL를 가하여 37°C에서 20분간 반응시켰다. 그 후, 1 M sodium carbonate 1,000 µL로 반응을 정지시키고 405 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조군에 대한 흡광도 감소 정도를 백분율로 나타내었다(Tibbot & Skadsen 1996).

7. 통계처리

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS(statistical package for social sciences, Version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균±표준오차로 나타내었고, 각 농도의 평균치의 통계적 유의성을 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 궁채 메탄을 추출물로 분획된 용매분획물의 플라보노이드 함량

플라보노이드는 다양한 식물에 널리 분포하는 폴리페놀 성분으로, 야채, 곡물, 과일 등 여러 종류의 식물성 식품에 포함되어 있다(Kim & Kim 2020). 이 화합물들은 수천 가지 형태로 존재하며, 플라본 핵에 수산기(OH)를 가진 물질이 항산화 작용을 나타낸다(Zhishen 등 1999). 또한, 플라보노이드는 항균, 항바이러스, 항염증, 지질산화 억제, 돌연변이 방지 등의 생리적 활성을 가진다(Middleton & Kandaswami 1992). 궁채의 메탄올 추출물에서 얻은 용매 분획물의 수율은 Table 1에 제시되어 있으며, 각 용매에 따른 추출 수율은 methanol 19.57%, hexane 3.24%, chloroform 26.02%, ethyl acetate 8.15%, n-butanol 8.72%, water 63.57%로 나타났다.

Table 1. Total flavonoid content of solvent fractions fractionated with celtus methanol extract

Extract solvent	Extraction yields	Total flavonoid content (mg CE ¹⁾ /g)
Methanol	19.57	13.76±0.22 ^c
Hexane	3.24	4.96±0.18 ^a
Chloroform	26.02	8.20±0.22 ^b
Ethylacetate	8.15	31.99±1.20 ^e
n-Butanol	8.72	28.33±1.28 ^d
Water	63.57	5.02±0.17 ^a

¹⁾ Total flavonoid content was expressed as mg/g catechin equivalent (CE).

²⁾ Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ Means within each column with different letter (^{a-c}) different significantly ($p<0.05$).

궁채의 메탄올 추출물로부터 얻은 용매 분획물의 플라보노이드 농도는 methanol 13.76, hexane 4.96, chloroform 8.20, ethyl acetate 31.99, n-butanol 28.33, water 5.02 mg CE/g으로 측정되었으며, 특히 ethyl acetate와 n-butanol 분획에서 높은 농도를 보였다.

Kim & Jeong(2015)의 연구에 따르면, 야콘(*Smallanthus sonchifolius*), 선화초(*Gynostemma pentaphyllum*), 자초(*Lithospermum erythrorhizon*)의 추출물에서도 ethyl acetate와 n-butanol 분획에서 폴리페놀 및 플라보노이드 농도가 높았다. An 등(2023)의 연구에서는 잎들개 유전자원에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드 농도가 증가할수록 항산화 활성이 강화되는 경향을 보여, 본 연구 결과와 비슷한 패턴을 보였으며, 궁채 추출물에서도 높은 플라보노이드 농도가 확인되어 기능성 소재로서의 가능성을 시사하고 있다.

2. 궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물의 라디칼 소거 능력 측정

DPPH 라디칼은 안정적인 질소 기반의 자유 라디칼로, 항산화제가 전자를 전달하거나 수소 원자를 제공함으로써 이를 중화하는 능력을 평가하는 데 자주 사용된다(Kim 등 2022). 이 과정에서 DPPH 라디칼은 보라색에서 연한 노란색으로 변하며, 이는 항산화 활성을 정량적으로 측정하는 데 유용하다(Kim 등 2022).

궁채의 메탄올 추출물에서 얻은 용매 분획물의 라디칼 소거 능력은 Table 2에 나타난 바와 같으며, methanol, hexane, chloroform, ethyl acetate, n-butanol, water 분획물에서 DPPH 라디칼 소거능(IC_{50%})은 각각 22.48, 6.14, 11.15, 24.20, 19.18, 및 20.71 µg/mL로 측정되었으며, 특히 ethyl acetate 분획에서 가장 높은 값을 보였다. Hydroxyl 라디칼은 매우 반응성이 높아

Table 2. DPPH, hydroxyl radical scavenging of solvent fractions fractionated with celtus methanol extract

Extract solvent	DPPH radical scavenging (IC _{50%}) ¹⁾	Hydroxyl radical scavenging (IC _{50%})
Methanol	22.48±0.58 ^c	14.27±0.29 ^c
Hexane	6.14±0.24 ^a	2.97±0.12 ^a
Chloroform	11.15±0.91 ^b	9.19±0.19 ^c
Ethyl acetate	24.40±0.68 ^f	13.93±0.12 ^d
n-Butanol	19.18±0.32 ^e	3.90±0.14 ^b
Water	20.71±0.35 ^d	3.10±0.12 ^a

¹⁾ IC_{50%}: The values indicate 50% decrease of DPPH, hydroxyl radical.

²⁾ Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

³⁾ Means within each column with different letter (^{a-f}) different significantly ($p<0.05$).

DNA의 염기 변형, 가닥 끊어짐, DNA-단백질 가교 결합 등 다양한 손상을 유도한다. 전자가 풍부한 DNA의 이중 결합을 공격하여 DNA를 손상시키는데, 이는 발암, 돌연변이, 세포 손상 등을 유발할 수 있다(Manian 등 2008). Hydroxyl radical(·OH) 소거능은 과산화수소(H₂O₂)와 철이온(FeCl₃-EDTA)과의 반응, 즉 Fenton 반응에 의해 생성되는 hydroxyl radical에 의해 반응계의 기질로 사용된 deoxyribose가 산화되면서 생성되는 과산화물인 malondialdehyde(MDA)를 측정함으로써 평가된다(Smirnoff & Cumbes 1989).

궁채의 메탄올 추출물로부터 분획된 용매 분획물의 hydroxyl 라디칼 소거 능력은 Table 2에 제시되어 있으며, 각 분획의 IC_{50%} 값은 methanol 14.27, hexane 2.97, chloroform 9.19, ethyl acetate 13.93, n-butanol 3.90, water 3.10 µg/mL로 측정되었으며, ethyl acetate 분획에서 상대적으로 높은 값을 보였다. 또한, Kim 등(2022)의 연구에 의하면, 금시초의 유기 용매 추출물과 분획물에서 DPPH 라디칼 소거 능력 비교 시, ethyl acetate(EA)와 n-butanol(n-BuOH) 분획이 높은 항산화 활성을 나타냈고, n-hexane(n-Hex)과 methanol(MC) 분획은 상대적으로 낮은 항산화 활성을 보였다. 여러 식물에 포함된 페놀 화합물은 광합성 과정 중 생성되는 활성산소로부터 자신을 보호할 수 있는 이차 대사산물로, 자유 라디칼을 제거할 수 있는 phenolic hydroxyl기를 다수 가지고 있어, 큰 분자들과 결합해 활성산소종을 제거하는 것으로 알려져 있다(Shim 등 2005).

3. 궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물의 superoxide dismutase(SOD) 유사활성

Superoxide dismutase(SOD)는 체내에서 생성되는 유해한 활성산소인 초과산화물 음이온(O₂⁻)을 무독성 물질인 산소

(O₂)와 과산화수소(H₂O₂)로 전환하는 항산화 효소이다. 이를 통해 세포 손상을 방지하고, 산화적 스트레스를 줄여 노화와 다양한 질병을 억제하는 핵심적인 생체 기능을 수행한다 (Matsui 등 2001). SOD 유사 활성을 측정하는 방법은 활성산소종을 hydrogen peroxide(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하는 것이다(Benzie & Strain 1996). 궁채 메탄올 추출물에서 얻은 용매 분획물의 SOD 유사 활성 측정값은 Table 3에 나타나 있으며, 각 분획물의 결과는 methanol 22.07, hexane 9.65, chloroform 16.24, ethyl acetate 32.63, n-butanol 39.64, water 32.76 unit/mL로 나타났고, 특히 n-butanol 분획에서 가장 높은 값을 나타냈다. 궁채 추출물은 체내와 식품에서 활성산소종을 제거하는 데 도움을 줄 가능성이 있다.

4. 궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물의 α-glucosidase 억제 활성 측정

당의 분해에 관여하는 효소 중에서 α-amylase와 α-glucosidase는 전분과 글리코젠 소화에 중요한 효소이며, 식후 포도당 농도를 조절하는데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 전분은 α-amylase에 의해 maltose와 dextrin으로 분해되며, 이후에 α-glucosidase가 포도당으로 전환시켜 혈당 수준을 높인다. 따라서, 제 2형 당뇨병 치료에서 α-amylase 및 α-glucosidase의 억제는 식후 혈당을 완화시키는 효과적인 방법이다(Shim 등 2005). α-Glucosidase는 탄수화물을 체내에 흡수하기 위해 이를 포도당으로 분해하는 효소의 하나이며, 이러한 분해를 차단하여 혈당치를 낮게 유지하기 위한 α-glucosidase 억제제를 전분차단제라고도 부른다(Manian 등 2008). 궁채의 메탄올 추출물로부터 얻은 용매 분획물의 α-glucosidase 억제 활성은 Table 4에 나타나 있으며, 각 분획물의 억제 활성은 methanol 16.42%, hexane 11.29%, chloroform 16.60%, ethyl acetate

Table 3. Superoxide dismutase (SOD)-like activity of solvent fractions fractionated with celtus methanol extract

Extract solvent	Superoxide dismutase - like activity (unit/mL)
Methanol	22.07±1.67 ^c
Hexane	9.65±0.52 ^a
Chloroform	16.24±0.28 ^b
Ethyl acetate	32.63±0.33 ^d
n-Butanol	39.64±0.78 ^c
Water	32.76±0.83 ^d

¹⁾ Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

²⁾ Means within each column with different letter (^{a-c}) different significantly ($p<0.05$).

Table 4. α-Glucosidase inhibition activity of solvent fractions fractionated with celtus methanol extract

Extract solvent	α-Glucosidase inhibition activity (%)
Methanol	16.42±0.09 ^c
Hexane	11.29±0.51 ^b
Chloroform	16.60±0.39 ^c
Ethyl acetate	27.40±2.16 ^d
Butanol	2.86±0.24 ^a
Water	36.19±1.41 ^c
Acarbose	95.82±0.69

¹⁾ Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

²⁾ Means within each column with different letter (^{a-c}) different significantly ($p<0.05$).

27.40%, n-butanol 2.26%, water 36.19%로 측정되었으며, 특히 물 분획에서 가장 높은 억제 활성을 보였다.

5. 궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물의 생리활성 간의 상관관계

궁채 메탄올 추출물로 분획된 용매분획물의 생리활성 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 총 플라보노이드 함량은 DPPH, SOD유사활성과는 양의 상관관계를 보였으며, 상관계수는 각각 0.625($p<0.01$), 0.676($p<0.01$)으로 나타났다.

요약 및 결론

궁채 메탄올 추출물로부터 분획된 용매분획물의 생리활성을 측정하였다. 궁채 메탄올로 추출한 후, 분획별 추출 수율은 methanol, hexane, chloroform, ethyl acetate 및 butanol, water 분획물의 수율을 측정한 결과는 각각 19.57, 3.24, 26.02, 8.15, 8.72 및 63.57%로 나타났다. 궁채 메탄올 추출물의 총 플라보

Table 5. Correlation coefficients among extraction total flavonoid, DPPH, OH, radical scavenging activities, SOD, and α-glucosidase inhibition activity of solvent fractions fractionated with celtus methanol extract

Factors	TFC	DPPH	OH	SOD	α-glu
TFC	1.00	0.625**	0.48	0.676**	-.208
DPPH	0.605**	1.00	0.520*	0.777**	0.417
OH	0.408	0.520*	1.00	-.012	0.163
SOD	0.676**	0.777**	-.012	1.00	0.163
α-glu	-.208	0.417	0.163	0.163	1.00

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

노이드 함량은 각각 13.76, 4.96, 8.20, 31.99, 28.33, 5.02mg CE/g으로 나타났다. DPPH 라디칼 소거 활성(IC_{50%}) 결과, 22.48, 6.14, 11.15, 24.20, 19.18, 20.71 ug/mL로 나타났으며, ethylacetate 층에서 높게 나타났다. Hydroxyl radical 소거능 측정(IC_{50%}) 결과, 각각 14.27, 2.97, 9.19, 13.93, 3.90, 3.10 ug/mL로 나타났으며, ethylacetate 층에서 높게 나타났다. 궁채 메탄을 추출물로 분획된 용매분획물의 SOD 유사활성 측정 결과는 22.07, 9.65, 16.24, 32.63, 39.64, 32.76 unit/mL로 나타났으며, 부탄올층에서 높게 나타났다. α-Glucosidase 억제 활성 측정결과, 16.42, 11.29, 16.60, 27.40, 2.86, 36.19%로 나타났다.

References

- Adesso S, Pepe G, Sommella E, Manfra M, Scopa A, Sofo A, Tenore GC, Russo M, Di Gaudio F, Autore G, Campiglia P, Marzocco S. 2016. Anti-inflammatory and antioxidant activity of polyphenolic extracts from *Lactuca sativa* (var. Maravilla de Verano) under different farming methods. *J Sci Food Agric* 96:4194-4206
- An YJ, Kim JI, Kim SW, Kim S, Oh E, Lee J, Lee E, Yoo E, Sung JS, Lee MH, Kim CS. 2023. Functional components and antioxidant activities of perilla leaf genetic resource. *Korean J Food Nutr* 36:379-386
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cheng DM, Pogrebnyak N, Kuhn P, Poulev A, Waterman C, Rojas-Silva P, Johnson WD, Raskin I. 2014. Polyphenol-rich Rutgers Scarlet lettuce improves glucose metabolism and liver lipid accumulation in diet-induced obese C57BL/6 mice. *Nutrition* 30:S52-S58
- Justine VT, Mustafa M, Kankara SS, Go R. 2019. Effect of drying methods and extraction solvents on phenolic antioxidants and antioxidant activity of *Scurrula ferruginea* (Jack) Danser (Loranthaceae) leaf extracts. *Sains Malays* 48:1383-1393
- Kang MH, Cho CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG, Park HW. 2002. Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. *Korean J Food Sci Technol* 34:1098-1102
- Kim AR, Jeong GT. 2015. Study on antioxidant activity of *Smallanthus sonchifolius*, *Agrimonia pilosa*, and *Lithospermum erythrorhizon* extract fractions. *KSBB J* 30:302-306
- Kim HY, Lee HG, Seo HY, Seo WD, Lee MJ, Song SY, Kim JI, Choi JY. 2022. Antioxidant activities of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*) by various cultivars. *Korean J Food Nutr* 35:453-463
- Kim KC, Kim JS. 2020. Effect of varying ethanol concentrations on the extraction properties and physiological activity of *Artemisia annua* L. *Korean J Food Sci Technol* 52:130-137
- Kim MJ, Moon Y, Tou JC, Mou B, Waterland LL. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J Food Compos Anal* 49:19-34
- Kim OS, Kwon OC. 2018. Anti-oxidants activity in the *Eucommia* early leaves and the quality characteristics of *Jeolpyun*. *Culin Sci Hosp Res* 24:156-165
- Lee JH, Felipe P, Yang YH, Kim MY, Kwon OY, Sok DE, Kim HC, Kim MR. 2009. Effects of dietary supplementation with red-pigmented leafy lettuce (*Lactuca sativa*) on lipid profiles and antioxidant status in C57BL/6J mice fed a high-fat high-cholesterol diet. *Br J Nutr* 101:1246-1254
- Manian R, Anusuya N, Siddhuraju P, Manian S. 2008. The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L. *Food Chem* 107:1000-1007
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47:469-474
- Matsui T, Ueda T, Oki T, Sugita K, Terahara N, Matsumoto K. 2001. α-Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 1. Survey of natural pigments with potent inhibitory activity. *J Agric Food Chem* 49:1948-1951
- Middleton E Jr, Kandaswami C. 1992. Effects of flavonoids on immune and inflammatory cell functions. *Biochem Pharmacol* 43:1167-1179
- Mulabagal V, Ngouajio M, Nair A, Zhang Y, Gottumukkala AL, Nair MG. 2010. *In vitro* evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chem* 118:300-306
- Pepe G, Sommella E, Manfra M, De Nisco M, Tenore GC, Scopa A, Sofo A, Marzocco S, Adesso S, Novellino T, Campiglia P. 2015. Evaluation of anti-inflammatory activity and fast UHPLC - DAD - IT-TOF profiling of polyphenolic compounds extracted from green lettuce (*Lactuca sativa* L.; var. Maravilla de Verano). *Food Chem* 167:153-161
- Shim JS, Kim SD, Kim TS, Kim KN. 2005. Biological activities

- of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. *Korean J Food Sci Technol* 37:78-83
- Smirnoff N, Cumbes QJ. 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry* 28:1057-1060
- Son H, Hwang ES. 2024. Quality characteristics and antioxidant activity of burdock according to the drying method and extraction solvent used. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53:1286-1293
- Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30:229-241
- Yun JJ, Park SK. 2022. *In vitro* antioxidant activities of *Curcuma longa* Linne extracts according to extraction solvents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:1103-1108
- Ren YL, Zhou YW, Ye YH. 2004. Chemical components of lactuca and their bioactivities. *Acta Pharm Sin* 39:954-960
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559
-
- Received 22 September, 2025
Revised 01 October, 2025
Accepted 13 October, 2025

한국식품영양학회 소식

• 일반소식

1. 2025년 09월 10일(수) : 회장후보 대상자 통지 및 출마 권유 안내
2. 2025년 09월 12일(금) : 2025년 한국식품영양학회 제6차 이사회
3. 2025년 09월 23일(화) : 2025년 한국식품영양학회 추계학술대회 안내 및 공지
4. 2025년 09월 13일(토) : 한국식품영양학회 사단법인 추진을 위한 정관개정 TF 초안 작성
5. 2025년 10월 16일(목) : 한국식품영양학회 제7차 이사회
6. 2025년 10월 20일(월) : 2025년 추계학술대회 포스터 발표 및 사전접수 안내 및 홍보
7. 2025년 10월 31일(금) : 학술지 제38권 제5호에 연구논문 10편 출판

• 학회 가입 및 회비 납부

1. 회원가입

회원가입 신청서를 작성하신 후 우편 또는 이메일로 총무이사에게 제출하시기 바랍니다. 입회원서 제출 및 회비 납부 완료시 정회원으로 승인됩니다. (홈페이지 <http://ksfn.kr>)

홍보이사 : 심기현, E-mail : ksfan88@hanmail.net, 010-4751-0918

전화 : 033-738-7641, 팩스 0504-207-5432

주소 : (우) 26339, 강원특별자치도 원주시 상지대길 83, 상지대학교, 식품영양학전공 내

2. 회원 회비납부

신규회원	정회원	평의원	도서관회원	단체회원	학생회원	종신회비
50,000원 (입회비+가입비)	40,000원 (연회비)	50,000원 (연회비)	50,000원 (연회비)	100,000원 (연회비)	20,000원 (연회비)	400,000원 (평생회비)

송금계좌 : 국민은행 759701-04-000460 한국식품영양학회

재무이사 : 박영일, E-mail: jhkang78@gmail.com, 010-8526-3218

• 논문투고

1. 논문투고 방법

한국식품영양학회지 홈페이지(<http://ksfn.kr>)에 안내되어 있는 논문투고규정에 따라 논문을 작성한 다음, 로그인(신규회원인 경우 회원가입 필수) 후 논문투고를 진행하시기 바랍니다. 학회지 발간 이전에 게재료를 납부하셔야 하며, 주저자와 교신저자 모두 학회 회원으로 가입하셔야 합니다.

2. 논문심사료 및 게재료

논문심사료 : 50,000원

게재료 면당 : 50,000원

송금계좌 : 국민은행, 378801-01-051596, 한국식품영양학회(편집)

편집재무이사 : 백진경, E-mail : jkpaik@eulji.ac.kr, 010-2743-0402

3. 논문접수 담당

편집이사: 이호진, E-mail : foodnutr1@naver.com, 043-820-5338, 010-4907-3711

주소 : (우) 27909, 충청북도 증평군 증평읍 대학로 61 한국교통대학교 식품영양학과

Checklist for Original Article

Title of the manuscript : _____

Please check below items as ✓ mark before submission of the manuscript.

1. General guideline

- Manuscript contained one original manuscript, checklist, statement of copyright transfer, and introduction for authors and was dispatched viz email (Statement of copyright transfer should be dispatched via PDF file)
- Manuscript should be typed in hangul or other word processor with a space of 30 mm from upper, lower, left and right margin, 10.0 pt in font size, and line space of 200%
- Text consisted of cover page, title page, abstract, main text, references, tables and figures in separate pages.
- Main text consisted of INTRODUCTION, Materials AND METHODS, and RESULTS AND DISCUSSION.

2. Cover page

- Title, name of authors, affiliation was described both in English and in Korean.
- Korean and English abbreviated titles were described (Korean : less than 20 letters, English less than 10 words).
- In lower area of cover page, the name, address, email, telephone, fax of the corresponding author or presentation in the scientific meeting were described.

3. Abstract and Keywords

- Word count was equal to or less than 250.
- A total number of word count was described below abstract.
- Keywords were described from MeSH in Medline if possible.

4. Main text

- The other of the subtitle was described according to the Instruction to Authors.
- Reference in the main text were described according to the Instruction to Authors.

5. References

- Every articles in REFERENCES were cited in the main text.
- Abbreviated title of the journals were those from Medline or Korea Med.
- All references were written in English.
- The reference style was followed by the Instruction to Authors.
- PDF file for the journal reference which is not indexed in KoreaMed or PubMed was included.

6. Tables and figures

- The title and legends of table and figures were written in English.
- Photos were in required format.
- The numbers of table and figures were described according to the Instruction to Authors.

Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition

Title of Manuscript :

Author(s) :

COPYRIGHT TRANSFER

If or when above cited manuscript is accepted for publication, copyright is hereby transferred to the Korean Society of Food and Nutrition. The undersigned confirm that neither the manuscript nor any part of it has been published elsewhere. The following statements are comprehended by the undersigned.

1. The author(s) has right to reuse the article or parts in a collection of their works, in noncommercial textbook, in lecture notes, press releases, and review articles, with the express agreement that full bibliographic references be given to the original copyrighted source.

2. Whenever the Korean Society of Food and Nutrition is asked for permission by others to use or reprint the article except for classroom use, the undersigned author's permission will be required.

3. No proprietary right other than copyright is claimed by the Korean Society of Food and Nutrition.

This agreement must be signed by a corresponding author who has the consent of all authors.

Authorized Name and Title(print)

Signature(s):

Date: 2025. . .

Declaration of Ethical Conduct in Research

I declare that I have abided by the following Code of Research Ethics while writing this paper.

“First, I have strived to be honest in my conduct, to produce valid and reliable research conforming with the guidance of ethical regulations for the Korean Journal of Food and Nutrition, and I affirm that my paper contains honest, fair and reasonable conclusions based on my own careful research under the guidance of ethical regulations for the Korean Journal of Food and Nutrition.

Second, I have not committed any acts that may discredit or damage the credibility of my research. These include, but are not limited to: falsification, distortion of research findings or plagiarism and false authorship.”

Date _____

Paper Title :

(Corresponding) Author :

(Signature)

Institute :

한국식품영양학회 회칙

제 1장 총 칙

제 1조 (명칭) 본회는 한국식품영양학회(The Korean Society of Food and Nutrition; Korean J Food Nutr)라 칭한다.

제 2조 (목적) 본회는 식품 및 영양분야에 관한 이론과 기술을 연구하고, 이의 응용과 보급을 촉진시켜, 국민 식생활의 향상을 도모함을 목적으로 한다.

제 3조 (사무소의 소재지) 본회의 사무소는 회장이 정하는 곳에 두며, 필요에 따라 지부를 둘 수 있다.

제 4조 (사업) 본회는 제 2조의 목적을 달성하기 위하여 다음의 사업을 행한다.

1. 학회지, 정보지 및 도서의 발간
2. 연구발표, 학술강연회 및 학술토론회의 개최
3. 학술정보의 교환
4. 학술활동의 진흥 및 보조
5. 기타 본 회의 목적 달성에 필요한 사항

제 2장 회 원

제 5조 (구성) 본회의 회원은 정회원, 학생회원, 단체회원, 특별회원 및 명예회원으로 구분한다.

제 6조 (자격)

1. 정회원은 식품학, 영양학 또는 이와 관련된 분야에 종사하는 사람으로서 본 회의 취지에 찬동하여 입회원서를 제출하고, 회비를 납부한 사람으로 한다. 다만, 40세 이상의 정회원으로서 회비의 10배를 일시에 납부한 사람은 종신회원이 된다.
2. 학생회원은 식품학 또는 영양학 분야의 교육기관에 재학 중인 사람으로서 입회원서를 제출하고, 회비를 납부한 사람으로 한다.
3. 단체회원은 입회원서를 제출하고, 회비를 납부한 단체로 한다.
4. 특별회원은 본 회의 발전을 위하여 특별찬조를 한 단체 또는 개인으로 한다.
5. 명예회원은 본회의 발전에 현저히 공헌을 하고, 정년퇴임을 한 정회원으로서 회비를 납부하지 아니한다.

제 7조 (권리와 의무)

1. 본회의 회원은 회비를 납부해야 하며, 평의원은 평의원회비를 납부해야 한다.
2. 회원은 선거권, 피선거권, 기타 회칙이 정하는 권리를 갖는다. 단, 학생회원, 단체회원 및 특별회원은 총회에 참석하여 발언할 수 있으나 선거권 및 피선거권은 갖지 아니한다.

제 3장 임 원

제 8조 (구성) 본회는 다음의 임원을 둔다.

1. 회장 1명
2. 차기회장 1명

3. 부회장은 총괄부회장 외 약간명
4. 총무이사 약간명
5. 학술이사 약간명
6. 편집이사 약간명
7. 사업이사 약간명
8. 재무이사 약간명
9. 홍보이사 약간명
10. 감사 2명
11. 지부장 약간명

제 9조 (임기)

1. 임원의 임기는 회계연도를 기준으로 1년으로 하고, 회장은 중임할 수 있다.
2. 보선된 임원의 임기는 전임자의 잔임 기간으로 한다.

제 10조 (선임)

1. 회장은 차기회장이 승계한다.
2. 차기회장은 다음 각호에 따라 약 1년 이전인 하반기(동계)에 고문회에서 후보를 심의하여 평의원회에서 추천하고 정기총회에서 선출한다.
 - ① 차기회장 후보를 추천할 때는 본회의 현 평의원이고, 최근까지 회비를 납부한 회원 중에서 본회의 임원을 역임하여 학회의 전반적인 흐름을 잘 파악하고 있는 사람으로 하여야 한다.
 - ② 회장은 차기회장 후보 대상자에게 후보신청서를 받아서 고문회에 제출하고, 고문회는 후보를 심의하여 평의원회에서 추천하고 총회에서 선출한다.
3. 부회장은 회장이 임명하고, 부회장 중 1명을 총괄부회장으로 하여 총회의 인준을 받아야 한다.
4. 감사는 총회에서 후보를 추천하고, 총회에서 선출한다. 감사 후보를 추천할 때에는 최근까지 회비를 납부하고 본회의 현 평의원이며, 본회의 임원을 역임한 경력이 있는 사람으로 하여야 한다.
5. 이사 및 지부장은 총괄부회장이 추천하고 회장이 임명한다.
6. 회장의 궐위 시에는 총괄부회장이 회장의 직위를 승계한다. 이 경우 임기는 전임자의 잔임 기간으로 한다.

제 11조(직무) 본회의 임원은 다음의 직무를 수행한다.

1. 회장은 본회를 대표하고, 회무를 총괄하며, 총회, 평의원회, 고문회, 임원회 및 이사회의 의장이 된다.
2. 총괄부회장은 회장의 직무를 보좌하고, 회장의 유고시에 그 직무를 대행한다.
3. 부회장은 학술, 편집, 사업, 재무, 홍보 등 회장이 부여하는 분야를 관장하며 회장을 보좌한다.
4. 감사는 본 회의 모든 재무를 감사하고, 그 결과를 총회에 보고한다.
5. 총무이사는 문서수발, 회의준비 등 회무에 관한 제반사항을 시행하고, 각종 행사 및 회의 내용을 기록 보존한다.
6. 학술이사는 학술발표, 강연, 학술토론 등 학술활동에 관한 업무를 담당한다.
7. 편집이사는 학회지의 편집 및 발간에 관한 업무를 담당한다.
8. 사업이사는 본 회의 발전을 위한 수익사업을 담당한다.
9. 재무이사는 회비, 참가비, 협찬금 등의 수령과 각종 경비의 지출을 담당하고, 그 내용을 기록 보존한다.
10. 홍보이사는 회원수 증대 및 학술대회 참가자수 증대를 위한 홍보업무와 정보화 관련 업무를 담당한다.
11. 지부장은 지역을 대표하고, 지역활동을 주재하며, 본회와 지역간의 연락을 원활하게 한다.

제 12조 (고문)

1. 본회의 발전을 위한 조언과 회칙에서 부여한 임무를 하게 하도록 고문 약간명을 둔다.

2. 고문은 본 학회의 명예회장을 역임한 사람으로 한다.

제 13조 (명예회장)

1. 본회의 발전을 위한 조인과 후원을 하도록 명예회장 약간명을 둔다.
2. 명예회장은 본 학회의 회장을 역임하고 퇴임 때까지로 한다.

제 4장 회 의

제 14조 (회의) 본회의 회의는 총회, 평의원회, 고문회, 임원회, 이사회, 편집위원회 및 윤리위원회로 한다.

제 15조 (총회)

1. 총회는 정회원으로 구성하며, 정기총회와 임시총회로 나눈다.
2. 정기총회는 연 2회 회장이 소집하고, 임시총회는 임원회에서 필요하다고 인정할 때에 회장이 소집한다.
3. 회장은 총회 개최일 7일 이전에 회원들에게 그 소집을 통지하여야 한다.
4. 총회는 출석의원 과반수 찬성으로 의결한다. 가부동수일 경우에는 회장이 결정한다.
5. 총회에서는 다음의 사항을 심의 또는 의결한다.
 - ① 임원선출 및 인준
 - ② 예산 및 결산의 승인
 - ③ 회칙 개정
 - ④ 사업계획의 승인
 - ⑤ 회비의 결정
 - ⑥ 기타 중요한 사항

제 16조 (평의원회)

1. 평의원회는 평의원으로 구성한다.
2. 평의원은 정회원 중 다음의 자격을 갖춘 사람으로 이사회의 추천으로 회장이 위촉한다. 단, 이사회에서 평의원 후보를 추천할 때에는 최근 2년간 학회활동 실적을 참조하고 다음과 같은 사항에 의거하여 추천한다.
 - ① 본 회의 임원을 역임한 회원
 - ② 연구단체 또는 직능단체의 대표성 회원
 - ③ 정회원으로서 장기간 활동한 회원
3. 평의원회는 회장이 필요시 소집하며, 평의원회의 개최일 7일 이전에 그 소집을 통보하여야 한다.
4. 평의원회는 출석의원 과반수 찬성으로 의결한다.
5. 평의원회는 다음의 사항을 심의 또는 의결한다.
 - ① 예산안의 심의
 - ② 사업계획의 심의
 - ③ (삭제) <2016.6.16.>
 - ④ 회장 후보의 추천
 - ⑤ 기타 총회에서 위임받은 사항
6. 부득이한 사유로 평의원회 개최가 어려운 때에는 서신 및 전자우편으로 대체할 수 있다. 이 경우 전체 평의원의 과반수가 응답으로 성립하고, 응답자의 과반수 찬성으로 의결한다.
7. 평의원은 다음과 같은 사항에 의거하여 해임 할 수 있다.
 - ① 회원 탈퇴자
 - ② 학회 설립목적에 위배되는 행위를 한 자에 대하여 이사회의 의결에 의한다.

- ③ 3년 연속 평의원 회비를 납부하지 아니한 자는 평의원 자격이 상실된다.

제 17조 (고문회)

1. 고문회는 회장, 명예회장 및 고문으로 구성하고, 회장이 소집한다.
2. 고문회는 과반수 출석으로 성립하며, 출석회원 과반수 찬성으로 의결한다.
3. 고문회는 다음 사항을 자문 또는 의결한다.
 - ① 학회의 발전을 위한 자문
 - ② 총회 또는 평의원회에서 위임받은 사항
 - ③ 회장후보의 심의

제 18조 (임원회)

1. 임원회는 회장, 차기회장, 부회장, 이사 및 지부장으로 구성하며, 회장이 소집한다.
2. 임원회는 과반수 출석으로 성립하며, 출석 회원 과반수 찬성으로 의결한다.
3. 임원회는 다음의 사항을 심의 또는 의결한다.
 - ① 사업계획에 관한 사항
 - ② 예산 및 결산에 관한 사항
 - ③ 총회에 부의할 안건
 - ④ 시행세칙 및 제 규정의 심의 및 의결
 - ⑤ 임시총회의 소집 여부
 - ⑥ 회칙 개정안 발의
 - ⑦ 각종 회의에서 위임받은 사항
 - ⑧ 윤리규정 위반에 따른 징계 건의에 대한 최종심의 및 의결<신설 2016.6.16.>

제 19조 (이사회)

1. 이사회는 회장, 총괄부회장 및 이사로 구성하며, 회장이 소집한다.
2. 이사회는 과반수 출석으로 성립하며, 출석회원 과반수 찬성으로 의결한다.
3. 이사회는 다음 사항을 심의 또는 집행한다.
 - ① 각종 회의에 제출할 안건 및 보고서의 작성
 - ② 본 회의 제반 사업과 행사의 추진을 위한 세부계획의 수립과 이의 집행
 - ③ 회원가입 신청의 승인
 - ④ 평의원 추천
 - ⑤ 시행세칙 및 제 규정의 입안
 - ⑥ 각종 회의에서 위임받은 사항

제 20조 (편집위원회)

1. 편집위원은 정회원 중에서 편집이사가 추천하고 회장이 위촉하며 임기는 1년이며 중임할 수 있다. 단, 편집이사는 당연직 편집위원으로 한다.
2. 편집위원회 위원장 또는 편집이사가 편집위원회를 소집하며, 과반수 출석과 출석회원 과반수 찬성으로 의결한다.
3. 편집위원회에서는 학회지의 편집에 관한 제반사항을 수행한다.
4. 편집위원회 위원장은 편집위원 중에서 회장이 위촉하고 임기는 1년으로 중임할 수 있다.

제 20조의2 (윤리위원회)

1. 윤리위원회는 본 학회에서 정한 윤리규정을 기초로 연구윤리규정의 위반여부 및 혐의의 진실성 검증을 목적으로 한다.

2. 윤리위원회는 7인 내외로 구성하며 위원장은 학회장으로 하고, 부위원장은 편집이사로 하며, 그 외 인원은 편집이사의 추천을 받아 학회장이 위촉한다.
3. 윤리위원회는 연구윤리 부정행위의 혐의에 대한 보고접수 권한 및 진실성 검증을 위한 조사 권한을 갖는다.[본조신설 2016.6.16.]

제 5장 재 정

제 21조 (재원) 본 회의 재원은 각종 회비, 각종 단체의 보조금, 찬조금, 수익 사업금, 논문 게재료 및 기타 수익금으로 한다.

제 22조 (회비) 본 회의 회비는 임원회의 심의를 거쳐, 총회에서 결정한다.

제 23조 (회계년도) 본 회의 회계연도는 1월 1일에서 12월 31일까지로 한다.

제 24조 (예산 및 결산)

1. 예산안은 재무이사가 편성하고, 임원회 및 평의원회의 심의를 거친 후 총회의 승인을 받아야 한다.
2. 총회에서 예산승인을 받기 전까지는 가예산 상태로 운영하되 임원회 및 평의원회 보고한다.
3. 결산안은 회계연도 종료 즉시 재무이사가 작성하여 임원회의 심의를 거친 후 감사를 받고, 총회의 승인을 받아야 한다.

제 6장 시 상

제 25조 (학회상의 종류) 본 학회에서 시상하는 상의 종류는 다음 각항과 같다.

1. 공로상 : 우리 학회 발전에 현저히 공헌한 사람 또는 단체에 수여한다.
2. 학술상 : 식품영양 분야에서 학술적으로 현저한 연구업적을 남긴 자에게 수여한다.
3. 우수포스터상 : 각 학술대회에서 우수한 포스터 발표를 한 사람(공동발표자 포함)에게 수여한다.

제 26조 (수상자 선정 등) 수상자의 선정기준, 선정방법, 시상 등은 별도의 규정으로 정한다.

제 7장 보 칙

제 27조 (시행세칙) 본 회칙의 시행에 필요한 시행세칙과 제 규정은 이사회에서 입안하고, 임원회의의 심의를 거쳐 평의원회에서 의결한다.

제 28조 (회칙개정) 본 회칙을 개정하고자 할 때에는 임원회 또는 회원 20인 이상이 발의하며, 총회에서 개정한다.

제 29조 (저작권의 귀속)

학회의 업무수행과정에서 발생한 저작권에 대한 저작권법상의 권리는 학회에 귀속됨을 원칙으로 한다. 다만, 위탁저작물의 경우에는 저작권을 원저작자에게 환부할 수 있다. [본조신설 2023. 11. 10.]

제 30조 (정관의 변경)

학회가 정관을 변경하고자 할 때에는 정기총회 또는 임시총회에서 재적 대의원 3분의 2이상의 찬성으로 의결한다. [본조신설 2023. 11. 10.]

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1988년 7월 18일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1991년 10월 19일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1996년 7월 10일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1997년 1월 9일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1999년 10월 23일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2008년 6월 23일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2008년 12월 18일부터 시행한다. 다만 제8조는 2005년 1월 1일부터 소급 시행하되 종전의 규정에 의한 간사장은 2008년 12월 31일까지 한시적으로 총괄이사로 한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2011년 6월 16일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2012년 6월 22일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2012년 12월 13일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2013년 12월 12일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2015년 8월 20일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2016년 6월 16일부터 시행한다.

부 칙

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2023년 11월 10일부터 시행한다.

한국식품영양학회 연구윤리 규정

2008년 6월 23일 제정 2016년 4월 21일 개정
2016년 12월 03일 개정 2023년 11월 10일 개정

제 1장 총 칙

제 1조(연구윤리 정의) 연구윤리란 연구자가 연구를 수행하는데 있어서 정보를 정직하게 전달하고, 자원을 효율적으로 사용하며, 연구결과를 객관적으로 명확하게 보고하여 책임 있는 연구를 수행하는 것을 말한다.

제 2조(윤리규정의 목적) 본 규정은 학문연구의 윤리성과 진실성을 확보하고 부정행위를 공정하게 검증할 수 있는 기준을 제시하여 한국식품영양학회(이하 학회라 약칭함) 회원들에게 연구의 윤리성을 고양하고 부정행위를 방지하는데 그 목적이 있다.

제 3조(윤리규정의 적용대상) 본 규정은 학회에 등록되어 있는 회원을 비롯하여 학회에서 정기적으로 발행하는 모든 간행물(학회지와 학술대회발표집)에 게재되는 내용과 관련 있는 회원 모두에게 적용한다.

제 2장 연구수행의 윤리규정

제 4조(연구의 진실성) 연구를 수행하고 결과를 발표하는 저자와 연구결과를 평가하는 심사자는 모두 학자로서의 양심에 어긋남이 없이 투명하고 진실하게 연구 활동을 수행해야 한다.

제 5조(데이터 관리)

1. 연구자는 연구에 필요한 데이터를 수집하기 이전에 데이터 소유권이 누구에게 있으며 승인이 필요한지 확인하고, 데이터 수집이나 공개에 따르는 자신의 의무와 권리가 무엇인지 명확하게 이해하고 수행하여야 한다.
2. 데이터는 신뢰할 수 있는 타당하고 적절한 방법으로 수집, 기록하고 일정기간 동안 보관하며 필요시 다른 연구자들이 결과 확인이나 다른 목적으로 사용할 수 있도록 이를 공개하여 데이터를 공유할 수 있도록 해야 한다.

제 6조(연구발표) 모든 연구결과는 완전하고 공정한 설명과 함께 정확하게 보고하여야 하며, 연구의 방법, 연구자가 발견한 결과 및 결과에 대한 연구자의 생각이 적절하게 포함되어 있는지 정직하고 투명한 평가가 이루어져야 한다.

제 7조(저작권의 보유) 저작권은 원칙적으로 연구에 중요한 공헌을 한 저자들에게 주어지나 교육 등 공공의 목적으로 사용될 경우에는 학회지 및 학술대회발표집의 발행인인 학회가 그 사용권을 가진다.

제 8조(저자의 순서와 소속표시)

1. 저자란에 실릴 저자의 순서는 공동저자간의 합의 하에 연구에 대한 기여도에 따라 표기하며 저자들은 저자 기재 순서에 대한 원칙을 설명할 수 있어야 한다.
2. 저자의 소속은 연구를 수행할 당시의 소속으로 표기하는 것을 원칙으로 하지만, 이와 다른 관행이 통용되는 분야에서는 그 관행을 따를 수 있다.

제 9조(교신저자 또는 책임저자의 책임) 교신 또는 책임저자는 동료 연구자들을 대표하여 데이터의 정확성, 저자로 기록된 이름, 모든 저자들의 최종 초안 승인, 모든 교신과 질문에 대한 응답 등에 대하여 책임을 지며, 교신저자의 실수나

누락 부분이 자신뿐 아니라 동료 연구자들의 경력에도 큰 영향을 끼친다는 점을 명심하여야 한다. 저자는 출판하는 논문의 연구에 지적인 공헌을 한 자로서 다음 각 호의 자격을 모두 충족하여야 한다.

1. 연구의 구상이나 설계 또는 자료의 수집이나 분석이나 해석을 하는데 있어서 상당한 공헌을 한 자
2. 논문의 초안을 작성하거나 주요내용을 수정한 자
3. 출간될 원고를 최종 승인한 자
4. 연구의 정확성이나 무결성과 관련된 문제를 적절히 조사하고 해결하는 것에 책임이 있음을 동의한 자

제 10조(참고문헌의 인용원칙)

1. 저자는 타인의 연구 내용의 일부를 자신의 연구논문에 원문 그대로 또는 번역하여 인용할 수 있다.
2. 저자는 참고문헌의 출처 표시와 목록 작성의 정확성을 기하여야 한다. 저자명, 학술지의 권·호수, 페이지, 출간 년도 등 인용의 모든 요소를 2차 출처에 의존하지 말고 원 논문에서 직접 확인해야 하며 불가피한 경우에만 재인용을 밝히고 인용해야 한다.

제 3장 연구 부정행위의 윤리규정

제 11조(연구 부정행위의 정의)

1. 연구 부정행위는 연구계획, 연구수행, 연구보고 및 발표, 연구의 심사 및 평가 등에 있어서 발생하는 위조, 변조, 표절, 중복게재 등의 행위를 말한다.
2. “위조”는 존재하지 않는 데이터 또는 연구결과의 기록을 허위로 만들어 보고하고 제출하는 행위를 말한다.
3. “변조”는 연구 자료나 장비 혹은 과정을 조작 하거나 데이터 또는 결과를 변형·삭제함으로써 연구 기록이 정확하게 표현되지 않도록 하는 행위를 말한다.
4. “표절”은 창시자의 공적을 인정하지 않고 저작권법상 보호되는 다른 사람의 아이디어, 연구과정, 연구결과 혹은 표현에 적절한 출처를 명시하지 않고 전체나 일부분을 유용하는 것을 말한다.
5. “중복게재”는 편집인이나 독자에게 이미 출간된 처음의 연구내용을 공지하지 않은 채 완전히 동일하거나 거의 동일한 연구내용을 다른 학술지에 두 번 이상 발표하여 게재하는 것을 말한다.

제 12조(표절의 유형) 표절의 유형은 “아이디어 표절”과 저자를 밝히지 않고 타인이 저술한 텍스트의 일부를 복사하는 “텍스트 표절”, 텍스트의 일부를 조합하거나 단어의 추가, 삽입 또는 동의어로 대체하는 “모자이크 표절” 등이 있다.

제 13조(참고문헌의 왜곡금지)

1. 참고문헌은 논문의 내용과 직접적으로 관련이 있는 문헌만 포함시켜야 한다. 학술지나 논문의 인용지수를 조작할 목적으로 또는 논문의 게재 가능성을 높일 목적으로 관련성에 의문이 있는 문헌을 의도적으로 참고문헌에 포함시켜서는 안 된다.
2. 자신의 데이터나 이론에 유리한 문헌만을 편파적으로 참고문헌에 포함시켜서는 안 되며, 자신의 관점과 모순되는 문헌도 인용해야 할 윤리적 책무가 있다.

제 14조(지양해야 할 관행) 논문의 발표 시, 논문에 기여한 바가 없어 논문 저자로서의 자격이 없는 사람을 저자로 올리는 “명예” 저자 관행, 단순히 숫자를 늘리기 위해 하나의 연구를 여러 갈래로 쪼개어 작은 연구를 여러 개 만드는 관행, 연구를 검토 없이 조급하게 발표하는 관행 등은 지양해야 한다.

제 14조의2(생명윤리) 인간 대상 연구를 시행한 논문을 투고 할 때에는 생명윤리심의위원회의 승인과 연구대상자의 동

의를 받았음을 논문에 명시하고, 동물실험의 경우 연구기관이나 국가 지침을 준수하며 동물실험윤리위원회의 승인을 받았음을 논문에 명시해야 한다. 생명윤리심의위원회 및 동물실험윤리위원회 승인서 사본을 학회 이메일로 제출하여야 하며, 승인의 필요한 연구와 시행일자는 다음과 같다.

-다음-

연구방법	IRB 승인 기재 의무화 시행일자 (시행일자 이후 투고시 의무화)	비고
인체적용시험	2017년 7월 1일	연구자들의 혼란을 최소화하기 위해 유예기간(6개월~1년)을 둠
동물실험	2017년 7월 1일	
설문조사 (survey, 관능평가 포함)	2018년 1월 1일	

제 4장 논문심사의 윤리규정

제 15조(심사자의 책임과 의무)

1. 심사자는 학회의 편집위원회에서 의뢰하는 논문을 성실하게 심사하고 심사결과를 심사규정이 정한 기일 내에 편집위원회에 보고해야 한다.
2. 심사자는 의뢰된 논문이 자신이 심사하기에 불충분하다고 판단되면 즉시 편집위원회에 논문을 반납하여야 한다.
3. 심사자는 논문의 질, 연구의 실험성, 이론성 및 해석에 관해 엄격한 과학적 기준 및 연구 기준을 적용해 객관적으로 평가해야 하고 자신의 판단에 대하여 적절하게 설명하고 뒷받침할 수 있어야 한다.
4. 심사자는 저자의 지적 독립성을 존중하고 저자가 다른 과학자의 연구를 잘못 인용하는 것을 막아야 하며 이해관계의 상충에 잘 대응해야 한다.
5. 심사자는 논문의 기밀을 유지해야 하고 저자의 동의 없이 아직 검토 중인 미간행 논문에 담긴 정보, 주장, 해석 등을 사용하거나 공개해서는 안 된다.

제 16조(심사자의 비윤리적 행위)

심사자는 공정한 심사와 심사 중 기밀 유지를 위하여 다음과 같은 비윤리적 행위를 삼가 해야 한다.

1. 자신이 맡은 심사를 대학원 학생이나 제 3자에게 부탁하는 행위
2. 심사 중인 논문의 내용을 동료와 논의하는 행위
3. 심사 종료 후 심사 내용의 사본을 반납하거나 분쇄하지 않고 보유하는 행위
4. 논문을 심사하는 과정에서 명예손상이나 인신공격에 해당하는 언어를 쓰는 행위
5. 논문을 읽지 않고 심사 또는 평가하는 행위

제 17조(편집위원회의 책임과 의무) 삭제(2016년 4월 21일)

제 5장 연구윤리규정의 시행 및 윤리위원회

제 18조(윤리규정 준수 의무) 회원은 회원가입과 동시에 자신의 연구 행동을 책임지고 연구 부정행위를 심각하게 받아들여야 하며 본 학회의 연구윤리 규정을 준수할 의무를 갖는다.

제 19조(윤리규정 위반의 보고 및 조사) 회원은 다른 회원이 윤리규정을 위반한 사실이 인지될 경우 그 회원으로 하여금 윤리규정을 환기시키고 위반사항이 바로 잡히지 않을 경우에는 윤리위원회에 즉시 보고한다.

제 20조(윤리위원회의 목적과 구성)

1. 윤리위원회는 본 학회에서 정한 윤리규정을 기초로 연구윤리규정의 위반여부 및 혐의의 진실성 검증을 목적으로 한다.
2. 윤리위원회는 7인 내외로 구성하며 위원장은 학회장으로 하고, 부위원장은 편집이사로 하며, 그 외 인원은 편집위원장의 추천을 받아 학회장이 위촉한다.

제 21조(윤리위원회의 권한)

1. 윤리위원회는 연구윤리 부정행위의 혐의에 대한 보고접수 권한 및 진실성 검증을 위한 조사 권한을 갖는다.
2. 보고된 사안에 대하여 제보자, 피조사자, 증인, 참고인 및 증거자료 등을 통한 폭 넓은 조사를 실시한 후 윤리규정을 위반한 것이 사실로 판정될 경우 학회 정관에 의거하여 제재조치를 할 수 있다.

제 22조(윤리위원회의 판정 및 제재)

1. 위반행위에 대한 검증절차는 예비조사, 본 조사, 판정의 단계로 진행하여야 하며 모든 조사 일정은 6개월 이내에 종료되어야 한다. 단, 이 기간 내에 조사가 이루어지기 어렵다고 판단될 경우 위원장의 승인을 거쳐 조사기간을 연장할 수 있다.
2. 제보자 또는 피조사자가 판정에 불복할 경우 통보를 받은 날로부터 30일 이내에 서면으로 이의를 제기할 수 있으며, 윤리위원회에서 이를 검토하여 필요한 경우 재조사 할 수 있다.

제 23조(제보자 및 조사대상자의 보호)

1. 윤리위원회는 제보자 및 조사대상자가 위반행위의 신고 및 조사를 이유로 불이익이나 부당한 압력 또는 위해 등을 받지 않도록 보호해야 할 의무를 지니며, 이에 대한 대책을 마련해야 한다.
2. 제보자는 위반행위의 신고 이후에 진행되는 조사절차 및 일정 등에 대하여 알려줄 것을 요구할 수 있으며, 윤리위원회는 이에 성실히 응하여야 한다.
3. 연구윤리 규정 위반으로 보고된 회원에게는 조사대상이 된 사안의 개요를 서면 통지하고 정해진 기간내에 소명서를 제출할 기회를 보장하고 본인이 희망하는 경우 본조사 절차 중 1회 이상 윤리위원회의 회의에 출석하여 구술로 해명할 수 있는 기회를 주는 등 충분한 소명 기회를 주어야 한다.
4. 윤리규정 위반에 대하여 학회의 최종적인 결정이 내려질 때까지 윤리위원회는 해당 회원의 명예나 권리가 침해되지 않도록 신원을 외부에 공개해서는 안 된다.

제 24조(징계의 절차 및 내용)

1. 징계 건의가 있을 경우 위원장은 임원회를 소집하여 징계 여부 및 징계내용을 최종적으로 결정한다.
2. 징계가 판정된 회원의 연구결과는 학회지나 학술 대회발표집, 인터넷 홈페이지에서 삭제하고 향후 5년간 논문투고금지, 회원자격 정지 내지 박탈 등의 징계를 하며 이 조치를 대상자의 소속기관에 알리거나 학회지에 공시할 수 있다.

제 25조(윤리규정의 수정)

1. 윤리규정은 수정이 필요한 경우 간사회에서 수정안을 작성하고 임원회에서 심의한 후 평의회에서 의결한다.
2. 기존의 규정을 준수하기로 서약한 회원은 추가적인 서약 없이 새로운 규정을 준수하기로 서약한 것으로 간주한다.

- 부칙 -

제 1조(효력발효) 본 윤리규정은 2008년 6월 23일부터 효력을 발생한다.

제 2조(효력발효) 본 윤리규정은 2016년 4월 21일부터 효력을 발생한다.

제 3조(효력발효) 본 윤리규정은 2016년 12월 3일부터 효력을 발생한다.

제 4조(효력발효) 본 윤리규정은 2023년 11월 10일부터 효력을 발생한다.

Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition

Amended on 23/06/2008 Amended on 21/04/2016
Amended on 03/12/2016 Amended on 10/11/2023

Chapter 1 General Provisions

Article 1: Definition of Research Ethics

The term “research ethics” means honestly conveying information in the research conduct, using resources efficiently, and performing responsible study by objectively and accurately reporting study results.

Article 2: Purpose of Ethics Regulations

This regulation aims to enhance research ethics to members of the Korean Society of Food Science and Nutrition (hereinafter referred to as “the Society”) and prevent research misconducts by proposing standards to secure ethics and truth in academic research and fairly verify misconducts.

Article 3: Application Objects of Ethics Regulations

These regulations shall apply to all of the registered members as well as any members related to contents presented in all publications (the journal of the Society and symposium publications) regularly issued in the Society

Chapter 2 Ethics Regulations on Research Conduction

Article 4: Truth in Research

An author who conducts a research and presents its results and a dissertation review committee member who evaluates the research results shall carry out research activity transparent and sincere without doing any act against conscience as scholars

Article 5: Data Management

5.1. A researcher shall confirm the ownership of data and authorization to use the data prior to collecting necessary data. In addition, the researcher must carry out the study with clear understanding on the obligation and right imposed upon the collection or disclosure of data.

5.2. Data shall be collected and recorded through appropriated measures in reliable and valid manner and must be retained for a certain period of time for other researchers to verify results and assessable to be used as other purposes by publicly presenting the findings.

Article 6: Presentation of Research Results

All of the research results shall be accurately reported with a thorough and reasonable explanation. An honest and transparent evaluation must be conducted to examine if research methods and researcher’s opinions are adequately presented in the findings or results of the study.

Article 7: Retention of Copyright

In principle, the copyright is given to the authors who made significant contributions in the research. However, the Society, the publisher of the journal and publications of symposiums, has the right of using the copyright in case the findings are used for the purpose of public interest such as education, and others.

Article 8: Order of Authors and Affiliation

8.1. For the space stating the authors, the order of authors shall be determined pursuant to the contribution made on the research upon the mutual consent among corresponding authors. In addition, the authors shall be able to explain the principles of such orders.

8.2. In principle, the affiliation of the author is stated by the name of the institution at the time of the research conduct. However, when other customary practices are applied in other field, the author may state the affiliation in accordance with custom.

Article 9: Responsibility of the Corresponding Author or Senior Author

The author, as one who makes intellectual contributions to the research published in the paper, must satisfy all of the following qualifications.

9.1. Someone who has made a significant contribution to the conception, design, data collection, analysis, or interpretation of the research

9.2. The individual who has drafted the manuscript or made substantial revisions to its main content

9.3. The person who has given final approval to the version of the manuscript to be published

9.4. Someone who agrees to be accountable for investigating and resolving any issues related to the accuracy or integrity of the research

Article 10: Citation Principles of References

10.1 The author may cite the part of other researchers' study in his/her research paper as the original text or the translated version.

10.2 The author shall take all possible measures to ensure the accuracy in stating sources and making the list of references.

Chapter 3 Ethics Regulations on Misconduct**Article 11: Definition of Research Misconduct**

11.1. The research misconduct is defined as the fabrication, falsification, plagiarism, and other unfair activities generated in the process of designing, carrying out, reporting, and evaluating and assessing the research.

11.2. "Fabrication" means reporting the research data or results, etc. that do not actually exist but have been fabricated.

11.3. "Falsification" means manipulating research data or equipment and process or exhibiting research record inaccurately by deliberately changing or deleting research results.

11.4. "Plagiarism" means using the entire or partial research ideas, processes, results, and etc. protected under copyright law of any other person without citing the appropriate sources and acknowledging the contribution of the founder of such findings.

11.5 "Repeated publication" means publishing an identical or almost similar research in other journals two (2) or more times without stating the initial research contents that have been already presented to publishers or readers.

Article 12: Types of Plagiarism

Types of plagiarism is classified as “idea plagiarism”, “text plagiarism”, copying a part from other persons’ text without citing the source for the ideas of other authors, “mosaic plagiarism”, combining a part of a text with a few words added, inserted, or replaced with synonyms, and others.

Article 13: Prohibition of Distortion in References

13.1. Cited references shall only includes directly related references to the contents of research paper. The author shall not deliberately include irrelevant references for the purpose of intentionally increasing citation index of articles or journals and the probability of publication of the manuscript.

13.2. The author shall not biasedly include only references favorable to data or theories of his/her articles. The author has ethical responsibility to cite references contradicting against his/her point of view.

Article 14: Practices to Avoid

The following practices should be avoided including a practice of “honoring” author by listing unqualified authors who have made no contributions in publishing research papers as one the authors, practice of dividing a research into many studies only to increase the number of published articles, and practice of hastily publishing articles without review process.

Article 14-2: Bioethics

When submitting a paper that involves research on human subjects, it is necessary to specify in the paper that approval has been obtained from the Institutional Review Board (IRB) for bioethics and consent has been obtained from the research subjects. In the case of animal experiments, compliance with institutional or national guidelines for animal research and approval from the Animal Research Ethics Committee must be stated in the paper. Copies of approval documents from the Bioethics Review Board and the Animal Research Ethics Committee should be submitted to the conference via email. The required approval for research and the date of implementation are as follows.

Research type	Date of enforce (After date of enforce, make indication of submission)	Note
human subject	Jul, 1, 2017	Suspend periods(6 month ~ 1 year) for minimize of researchr’s confusion
Animal experiment	Jul, 1, 2017	
Question investigation (survey and sensory evaluation)	Jan, 1, 2018	

Chapter 4 Ethics Regulations for Dissertation Review**Article 15: Responsibilities and Obligations of Dissertation Examiner**

15.1. The dissertation examiner shall report the review results to the Publishing Committee within the period stipulated in the review regulations by sincerely examining the submitted dissertations.

15.2. The examiner shall immediately turn in the research paper to the Publishing Committee once the submitted dissertation is determined to be inadequate for the examiner to review.

15.3. The examiner shall objectively evaluate the dissertation by applying strict scientific and research standards regarding the quality of dissertation, the experimentability of research, and conceptuality and interpretation, and must be able to adequately explain or support the assessment made upon his/her judgement.

15.4. The examiner shall respect the author's intellectual independence, prevent the author from wrongfully citing other scientists' research, and well coordinate contradictions that arise out of the relationship between interested parties.

15.5. The examiner shall abide by the confidentiality of research paper that is still in the process of reviewing and shall not publicize any information, assertion, interpretation or any other matters of the unpublished manuscript without the consent of the author.

Article 16: Unethical Acts of Examiner

For fair evaluation and confidentiality, examiners shall refrain from performing any of the following unethical acts.

16.1. an act of assigning research paper view that is requested to the examiner to post-graduate students or any third party

16.2. an act of discussing the contents of research paper while the viewing of the dissertation is still in progress.

16.3. an act of turning in the copy of research paper or retaining the paper without shredding it despite the review process is completed

16.4. an act of using abusive words categorized as a form of defamation of character and personal attack in the process of dissertation review

16.5. an act of evaluating the dissertation without reading the paper

Article 17: Responsibilities and Obligations of the Publishing Committee : Delete(21 April 2016)

Chapter 5 Implementation of the Research Ethics Regulations and the Ethics Committee

Article 18: Duty of Obedience

The members of the Society shall take responsibilities on their research activities upon the signing up as the member, accept research misconduct seriously and they are obligated to comply with the research ethics regulations of the Society.

Article 19: Report and Investigation of Violations of the Ethics Regulations

In case where a member of the Society recognizes the ethics violation of another member, the member must remind the ethics regulations to the another member and shall immediately notify the Ethics Committee when the violations are not corrected.

Article 20: Purpose and Composition of the Ethics Committee

20.1. The Committee aims to verify the allegation and truth of research ethics violations in accordance with the ethics regulations stipulated in the Society.

20.2. The Committee shall consist of about seven (7) commissioners. The president of the Society shall serve as the chairman of the Committee and the vice chairman shall serve as the chief of editor. The other members of publishing commissioners shall be appointed by the president of the Society upon the recommendation of the head of the Publishing Committee.

Article 21: Rights of the Ethics Committee

21.1. The Ethics Committee is authorized to receive reports on alligation of the research misconduct and investigate for the verification of truth.

21.2. The Committee may impose sanctions as stipulated in the Society regulations, if violations are verified to be true upon the conduction of extensive investigation with informants, examinees, witnesses, other persons to attend, and submit materials relevant to the case.

Article 22: Judgment and Sanctions of the Ethics Committee

22.1. The verification process of violation shall be conducted in accordance with the phases of preliminary examination, main examination, and judgement and the process must be terminated within six (6) months. Provided, That the investigation period may be extended upon the approval of the chairman of the Committee in case the investigation is deemed difficult to be completed within the stipulated period

22.2. In case an informant or an examinee is dissatisfied with the judgement, those persons may raise an objection in writing within thirty (30) days after they are informed of the notification. In such event, the Ethics Committee may reinvestigate, if necessary, upon the reviewing objection.

Article 23: Protection of Informant and Examinee

23.1. The Committee is responsible for the protection of informant and investigated subject in the event that the informant receives disadvantages or unjust pressure due reporting alleged misconduct and its investigation, the Committee shall take all necessary measures to protect the informant.

23.2. The informant has right to request necessary information on investigation process or schedules after reporting alleged misconduct and the Committee shall faithfully comply with it.

23.3. For members reported for violations of research ethics regulations, a written notification outlining the overview of the case should be provided, ensuring the opportunity to submit a written statement within a specified period. Additionally, the member should be given sufficient opportunity to attend at least one meeting of the ethics committee during the investigation process to provide oral explanations if desired.

23.4. Until the final decision of the society regarding the violation of ethical regulations is reached, the ethics committee should refrain from disclosing the identity of the member to the public to ensure that the member's honor and rights are not infringed upon.

Article 24: Procedures and Contents of Disciplinary Sanctions

24.1. In case where any disciplinary sanctions need to be taken, the chairman of the Committee shall convene the meeting and conclusively determine if disciplinary sanctions will be imposed or not and the forms of sanctions.

24.2. Once the sanction is finalized, the member may be suspended or deprived from research paper submission and member's qualification for the next five (5) years and such measures may be informed or publicized to the subject or his/her affiliated institution and journals.

Article 25: Revision of the Ethics Regulations

25.1. In case where revision of the ethics regulations is required, the amendment shall be prepared by the Board of Directors, deliberated to the Board of Executives, and decided by the resolution of the Advisory Council.

25.2. Members who pledged to comply with the previous regulations shall be deemed to agree to comply with the amended regulations without additional pledge.

Addendum**Article 1: Date of Enforcement**

These regulations shall enter into force on June 23rd, 2008.

Article 2: Date of Enforcement

These regulations shall enter into force on april 21rd, 2016.

Article 3: Date of Enforcement

These regulations shall enter into force on december 3rd, 2016.

Article 4: Date of Enforcement

These regulations shall enter into force on November 10rd, 2023

한국식품영양학회지 논문 투고 규정

1988년	7월	5일	제정	1990년	12월	10일	개정
1996년	8월	16일	개정	1998년	12월	18일	개정
2002년	8월	8일	개정	2003년	3월	8일	개정
2004년	3월	26일	개정	2006년	3월	25일	개정
2009년	3월	25일	개정	2010년	8월	14일	개정
2012년	6월	22일	개정	2013년	6월	20일	개정
2013년	9월	28일	개정	2014년	6월	20일	개정
2015년	12월	17일	개정	2016년	6월	16일	개정
2023년	11월	10일	개정	2025년	2월	14일	개정
				2025년	10월	16일	개정

1. 한국식품영양학회지는 식품·영양에 관한 연구논문, 연구노트, 연구속보 및 총설 등을 게재한다. 단, 총설은 본 학회에서 위촉하거나, 편집위원회의 심의에 의해 정한 경우로 한다.
2. 투고자 중 주 저자와 교신저자는 본회 회원에 한하는 것을 원칙으로 하되, 초청논문은 예외로 한다.
3. 투고논문은 다른 학술지에 발표되지 않은 것이어야 한다.
4. 논문 투고는 학회 홈페이지(<http://ksfn.kr>)의 온라인 논문 투고시스템으로 한다.
5. 원고 투고 관련 문의는 편집이사에게 한다.
E-mail: foodnutr1@naver.com
6. 논문의 심사, 채택여부, 게재순서, 인쇄순서는 논문 심사규정 및 편집규정에 따른다. 논문의 접수일은 논문이 본 학회 온라인 투고시스템에 도착한 날로 한다.
7. 교신저자는 한국식품영양학회 회원이어야 하며, 회원이 아닌 사람의 논문 게재는 편집위원회의 결의에 따른다.
온라인 투고 (Online Submission)를 원칙으로 한다. 투고방법은 논문 제출서 (Submission Form)를 작성한 후, 논문과 연구 윤리 서약서 및 저작권 이전 동의서 (Authors' Agreement of Ethics Policy & Copyright Transfer)를 제출한다. 인간대상연구와 동물실험 논문은 연구를 수행하기전 기관생명윤리위원회 IRB(Institutional Review Board) 승인서와 동물실험윤리위원회 승인서 사본 (승인번호가 기재된 첫 장만)을 연구 윤리 서약서 및 저작권 이전 동의서 뒷장에 첨부한다.
체계적고찰(Systematic review)과 메타분석(Meta analysis)를 제외한 총설과 초청논문은 편집위원회에서 위촉된 경우에 한하여 게재된다.
위촉에 의해 투고된 원고도 일반 투고 논문과 동일한

- 심사과정을 거쳐 게재된다.
- 논문의 심사, 채택여부, 게재순서 등은 편집규정과 심사규정에 의거하여 진행한다. 논문은 3단계 심사절차를 거쳐 게재여부를 결정하며, 3단계 심사절차는 아래와 같다.
- 1단계 : 편집이사가 간단히 논문 검토 후 1차적인 심사 가부를 결정한다.
- 2단계 : 편집이사가 정한 2인의 심사위원이 세부심사를 한다.
- 3단계 : 2단계 심사에서 최종판정이 나지 않은 경우, 1인의 심사위원을 추가로 위촉하여 심사를 한다.
- 심사자 비공개를 원칙으로 하고, 세부 심사절차는 본 학회지 심사 규정에 따른다.
8. 논문은 국문 또는 영문으로 한글 또는 MS워드 파일을 사용하여 컴퓨터로 작성하되, 글씨 크기는 10~12 포인트, 줄 간격은 200%로 한다.
 9. 원고 제1면에는 국문과 영문으로 논문제목, 저자, 소속기관, 직위를 나타낸다. 제목 상단에 압축한 소제목 (Running title)을 기재한다. 소제목(Running title)은 논문의 내용을 잘 나타낼 수 있도록 짧게 하며 논문 저자가 두 사람 이상인 경우에는 교신저자 성명 앞에 [†] 표시를 한다. 소속기관이 다른 경우에는 저자 이름 끝에 위첨자로 *, **, ***을 순서에 따라 붙이고, 해당인의 소속기관 앞에도 같은 부호를 붙인다. 공동 제1저자를 추가해서 지정할 수 있다. 제1저자와 공동 제1저자는 성명 앞에 '\$'를 위첨자로 표시하며, 하단에 영문으로 "These authors contributed equally to this work"로 표시한다. 교신저자는 1면 하단에 영문으로 성명, 소속기관, 소속기관 주소, 전화번호, fax 번호, e-mail 주소를 기입한다. 국문 저자명은 저자명 사이에 "·"를, 영문은 저자명 사이에 " , "를 넣는다.

논문 저자 중 소속이 2개 이상일 경우, 여러 기관을 명시하는 것이 가능하다.

모든 저자는 ORCID 등록 시 소속과 직위를 등록해야 하며, 이는 추후 저자신분 확인이 필요할 경우 자료로 활용할 수 있다.

10. 원고 제 2면에는 제목을 국문과 영문으로 표기하고 영문으로 된 Abstract를 첨부한다. 초록은 200단어 내외의 줄 바꿈 없는 단일 문단으로 하되 본문과 분리하여도 논문을 이해할 수 있도록 연구목적, 연구방법, 연구결과가 나타나도록 작성하며, 하단에는 5개 이내의 영문주제어(keywords)를 기입한다(keywords는 모두 소문자 영어로 표기).
11. 논문의 형식은 서론, 재료 및 방법(또는 연구 대상 및 방법), 결과 및 고찰, 요약 및 결론, 이해상충(Conflict of interest), 감사의 글, References의 순서로 함을 표준으로 하며, 쪽 구분 없이 계속 연결하여 작성한다.
12. 연구노트는 어떤 한정된 부분의 발견이나 새로운 실험 방법과 좋은 내용을 정리한 논문으로, 논문형식을 기준으로 작성하되 2,500단어 이내, Table과 Figure 합이 3개 이하를 원칙으로 한다.
13. 모든 표 및 그림의 제목과 설명은 영문으로 한다. 제목은 Table 1, Fig. 1 등의 순서로 표기하며 본문을 참조하지 않아도 내용을 알 수 있을 정도로 간결, 명확하게 기재한다. Table의 제목은 표의 상단에, Fig.의 제목은 그림의 하단에 기재한다. 본문에 인용할 때는 Table 1, Fig. 1 등으로 표시한다. Table이 페이지를 넘어가는 경우에는 제목 끝에 “continued”를 표기해 준다.
14. Table의 밑에 각주(footnote)를 달 때는 Table 내용 중 설명하려는 단어 혹은 문장 아래 아라비아 숫자 1), 2), 3)으로 나타내며 부호들은 사용하지 않는다. *, ** 표시는 통계분석의 유의확률이 $p < 0.05$ 나 $p < 0.01$ 을 나타낼 때만 사용한다. 다중범위 검정에서는 a, b, c, d 등을 사용하고 하단에 그 내용을 표시한다. |
15. 모든 표와 그림은 본문 중에 작성하거나, 한 장에 하나씩 작성하여 본문 뒤에 순서대로 첨부한 후 본문 중에 그 위치를 표시하여야 한다. 그림은 사진 또는 컴퓨터로 깨끗이 작성하여 정판원고로 직접 사용될 수 있도록 한다.
16. 본문 중에 인용되는 References는 저자명과 연도별로 인용하며, 영문으로 표기함을 원칙으로 한다. 인용문헌의 기재 예는 다음과 같다.
 - 1) 인용되는 문헌은 해당부위에 영문 성(family name)으로 된 저자명과 연도를 괄호하여 표기한다. **저자**

가 1인 일 때는 저자의 성과 이름 약자를 모두 표시하고 저자가 2인 일 때는 두 저자의 성만을 표시하고, 3인 이상일 때는 제 1저자 성을 표기하고 ‘등’을 쓴다. 동일저자의 같은 연도 발표논문인 경우에는 연도 뒤에 a, b, c로 표기한다.

예: **문장 처음에 오는 경우**

Kim HJ(2005)는 ...

Kim & Lee(2007)는 ...

Kim 등(2008)은 ...

Park(2007a)은 ...

문장 끝에 오는 경우

(Kim HJ 2005), (Kim & Lee 2007), (Kim 등 2008).

- 2) 본문 중에 인용문헌이 여럿일 경우에는 연도순으로 표기하고, 연도가 같은 경우에는 저자명의 알파벳 순으로 표기한다.

예: **(Lee 등 2007; Kim HJ 2008; Park & Kim 2008)**

17. 본 학회 학술지에 게재된 논문을 적극적으로 인용(3편 이상)할 것을 권장한다.
18. 저자의 이해상충(Conflict of interest)여부에 대해 기재해야 한다. [본조신설 2023. 11. 10.]

예: There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest. OOO(Author's name) has been an editor since 2023. However, he was not involved in the review process of this manuscript. Otherwise, there was no conflict of interest.
19. **References의 배열은 저자의 영문성의 알파벳 순으로 한다.** 인용문헌에서 게재 학회지의 약어는 국제 약어 기록 관례에 따른다. References의 기재 예는 다음과 같다.

1) 학술잡지

Kim KW, Ko CJ, Park HJ. 2002. Mechanical properties, water vapor permeabilities and solubilities of highly carboxymethylated starch-based edible films. *J Food Sci* 67:218-222

2) 단행본

Brock TD, Smith DW, Madigan MT. 1984. Biology of Microorganisms. pp.100-105. Prentice-Hall. Inc. AOAC. 1980. The Association Official Methods of Analysis. 13th ed. pp.3508-3515

3) Bulletin, 학위논문

Hur YH, Lee SG, Suh JS. 1987. Studies on the change in components of γ -irradiated soybean during fermentation.

Ann Bull Seoul Health Junior College 7:7-14

Ciacco CF. 1983. A study on mineral contents in processed foods. Ph.D. Thesis, North Dakota State Univ. Fargo. North Dakota

4) 특허

Bernard S. 1988. Preproofed, frozen and refrigeration and crusty bread and method of making same. US Patent 4,788,067

5) 학회에서 구두 발표된 원고

Huhtanen CN. 1988. Preparation of cold water dispersible cocoa powder. Abstract 21, 42nd *Ann Meeting Inst Food Technol* Atlanta

6) 인터넷 규정

Korean National Statistical Office. 2007. The statistics of mortality and the cause. Available from <http://www.kostat.go.kr> [cited 20 January 2014]

20. 논문 약호는 Chemical Abstracts에 준한다. 학술용어

는 가능한 한 한글로 표기한다.

21. 수량은 아라비아 숫자로, 단위는 가능한 국제단위(SI unit)로 표기한다. 단위와 술어의 약자는 본 학회가 권장하는 방법을 따르되 기타 부득이한 경우에는 본문에 처음 나올 때 설명하여야 한다.
22. 교정은 초교에 한하여 저자가 교정하는 것을 원칙으로 하며, 교정 중 내용을 바꾸거나 추가할 수 없다. 단, 논문편집상 필요하다고 인정되는 사항은 편집이사가 이를 교정할 수 있다. 본 학회지에 게재된 논문의 저작권은 본 학회에 귀속된다.
23. 투고자는 소정의 게재료를 납부하여야 한다. 논문은 온라인으로만 발간되며, 칼라사진으로 인쇄할 경우나 별책을 원할 경우에는 투고자가 실비를 부담한다.
24. 한 호에 게재되는 논문은 저자 1명 당 2편으로 제한하며 해당 월의 20일까지 편집완료 된 30편 이내의 논문을 게재한다.
25. 본 규정에 명시되지 않은 사항은 편집위원회에서 결정한다.

단 위	표기방법	단 위	표기방법
micrometer	2 μm	part per million	20 ppm
millimeter	4 mm	molarity	0.1 M
centimeter	6 cm	normality	0.05 N
meter	2 m		0.01 N HCl
milligram	2 mg	temperature	60°C
gram	4 g		180°F
kilogram	6 kg	absolute degree	270K
milliliter	2 mL	mega pascal	25 MPa
liter	4 L	kilocalorie	2,000 kcal
second	2 s	gravity	10,000×g
minute	4 min		
hour	6 h	약 어	
milliliter/minute	2 mL/min	optical density	O.D.
meter/second	4 m/s	dextrose equivalent	D.E.
percent	20%		
%(weight/volume)	20%(w/v)	범 위	1.0~2.0 mg
milligram percent	100 mg%		
pH	pH 7.0	수 식	(a+b)/(c+d)

※ 학회지 투고규정이 2025년 10월 16일자로 일부 변경되었습니다.
38권 5호 이후의 논문 투고 시 참고하시기 바랍니다.

Guidelines for Submitting Manuscripts

Amended on 05/07/1988	Amended on 10/12/1990
Amended on 16/08/1996	Amended on 18/12/1998
Amended on 08/08/2002	Amended on 08/03/2003
Amended on 26/03/2004	Amended on 25/03/2006
Amended on 25/03/2009	Amended on 14/08/2010
Amended on 22/06/2012	Amended on 20/06/2013
Amended on 28/09/2013	Amended on 20/06/2014
Amended on 17/12/2015	Amended on 16/06/2016
Amended on 10/11/2023	Amended on 14/02/2025
	Amended on 16/10/2025

1. The Journal of the Korean Society of Food and Nutrition publishes research papers, research notes, research updates, and review articles related to food and nutrition. However, the publication of review articles is limited to those appointed by the society or those approved by the editorial board.
2. In principle, the first author and corresponding author among paper contributors shall be limited to only members of the Society excluding invited research papers.
3. Submitted manuscripts should not have been published before in any other journals.
4. The author should submit the manuscript electronically via online submission at the Society's website (<http://ksfn.kr>).
5. For information of Manuscript submission please contact the editor.
E-mail: foodnutr1@naver.com
6. Research paper review, selection, publishing order, printing order shall comply with review and publishing regulations. The receipt date of manuscript shall be the arrival date of manuscript by online submission to the Society.
7. The corresponding author must be a member of the Korean Society of Food and Nutrition, and the publication of papers by non-members is subject to the resolution of the editorial board.

Online submission is the primary method. Authors should complete the Submission Form and submit the paper along with the Research Ethics Pledge and the Authors' Agreement of Ethics Policy & Copyright Transfer. For research involving human subjects and animal experiments, a copy of the approval from the Institutional Review Board (IRB) and the Animal Research Ethics Committee (only the first page with the approval number) should be attached to the back of the Authors' Agreement of Ethics Policy & Copyright Transfer.

The review articles and invited papers, excluding systematic review and meta-analysis, will be published only when commissioned by the editorial board. Manuscripts submitted through commission undergo the same review process as regular submissions.

The evaluation, acceptance, and order of publication of papers follow the editorial regulations and review rules. The paper undergoes a three-stage review process to determine its publication status, as outlined below.

Stage 1: The editorial director reviews the paper briefly and determines the preliminary assessment.

Stage 2: Two reviewers designated by the editorial director conduct a detailed examination.

Stage 3: If the final decision is not reached in the second stage, one additional reviewer is appointed to conduct further evaluation.

- The principle is to keep the reviewers' identities confidential, and the detailed review procedures follow the regulations outlined in the journal's review guidelines.

8. The language in the manuscript should be Korean or English in A4-size paper setting, typed using a computer with font size of 10~12 points and the line spacing should be set at 200%.
9. The author should provide the title in Korean and English, the author's (or authors') name(s), affiliation and job position on the first page of the manuscript. The running title should be provided at the upper part of the title page. If the number of authors is two or more, [†]mark should be indicated in front of corresponding author. If affiliations of authors are different, superscriptions of *, **, *** should be put at the end of authors name in order. The same marks should be put in front of respective affiliation. It is possible to designate co-first authors. The first and co-first authors are indicated by a superscript "\$" before their names, and the English phrase "These authors contributed equally to this work" is displayed below. The corresponding authors should provide author's name in English, affiliation, affiliation address, telephone, fax, and e-mail. The authors' names in Korean should have "-" in between the name and the author's names in English should have "," in between the name.
If an author is affiliated with two or more institutions, it is permissible to specify multiple affiliations.
All authors must register their affiliations and positions when registering with ORCID or a similar identifier. This information can be utilized as documentation for identity verification if needed in the future.
10. The English abstract should be provided in case of Korean manuscript on the second page of the manuscript. The abstract must not exceed more than 200 words in one paragraph and it should provide a general view of the manuscript by including the research objectives, methods, and results. At the bottom, include up to 5 keywords in English (all in lowercase).
11. The paper should follow the standard format with the following sections in order: Introduction, Materials and Methods (or Study Subjects and Methods), Results and Discussion, Summary and Conclusions, Conflict of Interest, Acknowledgments, and References. The text should be continuously connected without page breaks.
12. Research Notes are brief reports of limited scope that contribute new knowledge. The formatting is the same as the Research Articles. Research Notes are suggested not exceeding 2500 words. The tables and figures are limited up to 3 in any combination.
13. Titles and descriptions of tables and figures should be all provided in English. Titles should be provided in order of Table 1, Fig. 1, and etc. and in clear and precise manner so they could be understandable without referring to the text. The title of table should be given at the top of the table and the title of figure should be given at the bottom of the figure. Tables and figures should be stated as Table 1, Fig. 1 and etc. when they are quoted from the text body.
14. Footnotes should be expressed as Arabic numerals of 1), 2), 3) at the bottom of tables, and no sign should be used. Moreover, *, ** marks must be used to present significance probability of $p < 0.05$ or $p < 0.01$ in statistical analysis. In multiple range test, alphabets of a, b, c, d, and etc. should be used and the explanations should be stated at the bottom.
15. All of the tables and figures may be presented in the middle of the text body or on separate sheets of paper to be attached at the end of the manuscript in order. The exact locations of tables and figures should be properly stated in the text. Pictures must be neatly produced by photography or a computer to be directly used as original images.
16. All sources cited in the text must provide author's name alphabetically and the year, and, in principle, all references must be provided in English. The examples of cited references are as follows:
 - 1) Cited references should be presented as surname in English and the year in parentheses at the corresponding part. For the citation of **a single author**,

his/ her **initial(s) and surname** should be provided. For the citation of **two authors**, only **surnames** should be provided. For one work by **more than three authors**, citation should include only **the surname of the first author** followed by “**et al.**” For two or more works by the same author by year of publication, the signs such as a, b and c should be provided followed by the year.

e.g. **Citation in the beginning of a sentence**

Kim HJ (2005) is ...

Kim & Lee (2007) is ...

Kim et al. (2008) is ...

Park (2007a) is ...

Citation in the end of a sentence

(Kim HJ 2005), (Kim & Lee 2007), (Kim et al. 2008).

- 2) For several citations in the text, the cited sources should be presented in chronological order or in alphabetical order of authors, in case of the same year.

e.g. (Lee et al. 2007; Kim HJ 2008; Park & Kim 2008)

17. KSFAN actively recommends to cite articles (3 or more) published in the journal of the Society.

18. The author must disclose any conflicts of interest. [Added to the regulation on November 10, 2023.]

Example: There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest. OOO(Author's name) has been an editor since 2023. However, he was not involved in the review process of this manuscript. Otherwise, there was no conflict of interest.

19. **The arrangement of references shall be put in alphabetical order of author's last name.** Abbreviation of journal in cited references shall comply with international standards for abbreviation. The examples of cited references are as follows:

1) Academic Journal

Kim KW, Ko CJ, Park HJ. 2002. Mechanical properties, water vapor permeabilities and

solubilities of highly carboxymethylated starch-based edible films. *J Food Sci* 67:218-222

2) Edited Books

Brock TD, Smith DW, Madigan MT. 1984. Biology of Microorganisms. pp.100-105. Prentice-Hall. Inc.

AOAC. 1980. The Association Official Methods of Analysis. 13th ed. pp.3508-3515.

3) Bulletin, Dissertations

Hur YH, Lee SG, Suh JS. 1987. Studies on the change in components of γ -irradiated soybean during fermentation. *Ann Bull Seoul Health Junior College* 7:7-14.

Ciaccio CF. 1983. A study on mineral contents in processed foods. Ph.D. Thesis, North Dakota State Univ. Fargo. North Dakota

4) Patents

Bernard S. 1988. Preproofed, frozen and refrigeration and crusty bread and method of making same. US Patent 4,788,067

5) Oral Presentation of Manuscript at Symposia

Huhtanen CN. 1988. Preparation of cold water dispersible cocoa powder. Abstract 21, 42nd *Ann Meeting Inst Food Technol* Atlanta

6) Internet Source

Korean National Statistical Office. 2007. The statistics of mortality and the cause. Available from <http://www.kostat.go.kr> [cited 20 January 2014]

20. Article abbreviations should be presented in accordance with Chemical Abstracts. Academic terms, if possible, should be provided in Korean.

21. The quantity always should be express in Arabic numerals and units should be express, if possible, in accordance to the International System of Units (SI). Units and abbreviations of predicate terms shall abide by recommendation provided by the Society. However, in case where there is any unavoidable reason, such exceptions must be clearly explained in the beginning of the text.

22. In principle, revision is accepted during the proofreading made by only the authors of the manuscript. No changes or insertions shall be made in the contents during the revision. Provided, That matters, in case of deemed necessary, may be revised by an editor. The copyright of all published articles in the journal of KFN shall devolve on the Society.
23. The submitter must pay the specified publication fees and this journal is published online only. Additionally, if color photographs are to be printed or if separate attachments are requested, the submitter bears the associated expenses.
24. The number of papers published in one issue is limited to 2 per lead author, and up to 30 papers that have been editorially completed by the 20th of the month are published in the corresponding month.
25. Any matters not explicitly stated in these regulations shall be determined by the Publishing Committee.

※ The submission regulations for the journal have been partially revised as of **October 16, 2025**. Please refer to the updated guidelines when submitting papers for **Volume 38, Issue 5**, and subsequent issues.

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 38, No. 5 October 2025

pISSN : 1225-4339

eISSN : 2287-4992

Homepage : <http://ksfn.kr>

Full-text : www.eksfan.or.kr

President

Hye Sook Ryu(Sangji Univ.)

Vice Presidents

Young-Ho Seo(Wonkwang Health Science Univ.)

Ok-Sun Kim(Jangan Univ.)

Jong-Sook Kwon(Shingu Univ.)

Jong Kyung Lee(Hanyang Women's Univ.)

Jae Pil Roh(Shingu Univ.)

Jong Hee Kim(Seoil Univ.)

Mi-Hyadng Hwangbo(Keimyung College Univ.)

Seung-Hee Hong(Shinhan Univ.)

Editor-in-Cheif

Youn-Ri Lee(Daejeon Health Institute of Technology)

Editors

Hojin Lee(Korea National University of Transportation)

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Soo-Youn Kwon(Shingu Univ.)

Manuscript editor

Ha Hyun Lee

Secretary General

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Editorial Board

Seung Gyun Choi(Soongyei Women's Univ.)

Hoon Kim(Chung-Ang Univ.)

Hyun-Wook Do(Jeonju Univ.)

Hye Jin Park(Chungbuk Agricultural Research
and Extension Service)

Kyu-Ho Han(Obihiro Univ.)

Min Sun Moon(Erom Corporation)

Gi Dae Kim(Kyungnam Univ.)

Hae In Yong(Chungnam National Univ.)

Se Ho Lee(Junganatafla)

Bum sik Kim(Yeonsung Univ.)

Bo rham Yoon(Sunchon National Univ.)

Ki Nam Kim(Daejeon Univ.)

Hyun Jung Kim(Jeju National Univ.)

Aims & Scope

The Korean Journal of Food and Nutrition (Korean J. Food Nutr.) is the official journal published quarterly in February, April, June, August, October and December each year. Contributions written in English and Korean are welcomed in the form of review articles, research papers, and research notes. This journal aims to promote and encourage the advancement of the field of food science with nutrition. Topics covered include:

- impact of nutritional science on food product development
- nutritional implications of food processing
- nutritional quality of novel foods
- food-nutrient interactions
- use of fermentation and biotechnology in food science/nutrition
- nutritional and physiological aspects of bioactive compounds in food
- dietary requirements and nutritive value of food

ISO abbreviation of journal title

The official title of the journal is 'The Korean Journal of Food and Nutrition' and the abbreviated title is 'Korean J. Food Nutr.'

Year of launching (history)

The Korean Journal of Food and Nutrition was launched in 1988.

Availability of the full-text in the web

The URL address of the Journal is 'www.eksfan.or.kr' where full text is available.

Indexed in database

Some, or all, of the articles in this journal are indexed in Ksfan, DOI/crossref, Google scholar, the National Research Foundation of Korea(NRF) and Korea Citation Index (KCI).

Fund support

This journal was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies (KOFST) Grant funded by the Korean Government.

Subscription information

Correspondence concerning business matters should be addressed to Secretary Treasurer Young il Park, Department of Food and Nutrition, Soongui Women's University, 25, 10, Sopa-ro 2-gil, Jung-gu, Seoul, Republic of Korea.(Cell: 82-10-8526-3218, E-mail: zeroonetwo@sewc.ac.kr) The subscription price of this journal is Korean Won, ₩40,000 (US\$ 30.00 or equivalent) annually. Back issues are available.

Contact information

Manuscripts should be submitted via the online Manuscript Central website (<http://ksfn.kr>) Other correspondences can be sent by an e-mail to foodnutr1@naver.com (Editor, Hojin Lee, Major of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, 61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk, 27909 Korea, Cell: +82-10-4907-3711) The manuscript and other required documents including a completed Copyright Assignment Form and Checklist for original article should be emailed as attachments to the above e-mail address.

Publication fee

A page charge is effective for all manuscripts on original research. A review is exempt from page charges, provided it is approved in advance by the Editor-in-Chief. The actual charge per printed page will be notified to the author along with the manuscript for galley proofs.

Published by

The Korean Society of Food Science and Nutrition
Department of Food and Nutrition, Sangji University, 83, Sangjidae-gil, Wonju-si, Gangwon-do, 26339 Korea
Tel: +82-33-738-7641, Fax: +82-504-207-5432 E-mail: ksfan88@hanmail.net

Editorial office of the Korean Journal of Food Science and Nutrition

Major of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, 61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk, 27909 Korea
Tel: +82-43-820-5338, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: hojin@ut.ac.kr

Printed by Guhmok Publishing/Guhmok Info

259-1, Euljiro3-ga, Jung-gu, Seoul, 04549, Korea
Phone: +82-2-2277-3324, Fax: +82-2-2277-3390, E-mail: guhmok@guhmok.com

Editor-in-Chief

Professor, Youn-Ri Lee
Department of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology College, 21 Chungjeong St., Dong-gu, Daejeon, 34504 Korea
Cell: +82-10-4400-7863, E-mail: leeyounri@hit.ac.kr

It is printed on acid-free paper.

Copyright ©2025 by The Korean Society of Food and Nutrition

This work is supported by the 'Lottery Fund' of the 'Ministry of Strategy and Finance' and the 'Science and Technology Promotion Fund' of the 'Ministry of Science and ICT', contributing to the realization of social value and the development of national science and technology.

학술 출판과 관련된 모든 고민을 해결해 드립니다!

오랜 역사

1989년 설립 이후,
30여년 이상 학술 출판에 매진하였습니다.

다양한 경험

현재 80여개의
학술지를 편집·출판하고 있습니다.

앞선 기술력

DOI 등록, JAST XML, 인디자인 편집 등
최신기술을 앞서서 적용합니다.



학술출판 One-Stop 서비스

1. 논문 접수, ME(교정), 편집, 인쇄, 제본, 출판, IT 솔루션
2. 학회/국제학술대회 홈페이지 구축 및 초록 접수/등록/결제 지원
3. DOI, Similarity Check, Crossmark, ORCID 등록 및 관리 제공
4. JATS XML 국제수준 제작 및 PMC 등록 업무 대행
5. 학술지 인용지수 상상을 위한 세계 최고수준의 Journal Site 제공
6. 전세계 논문 접수를 24시간 지원하는 논문투고 시스템(국/영문) 제공

교문사 e라이브러리

식품영양 × bukio

6개월 43,000원



buk.io/gyoelib
e 라이브러리
바로가기

이런 도서관 봤나?

식품영양학 교재를
모두 모았다!

월 7천원이면 50여 종 식영 도서가 무제한.
태블릿 하나로 공부 걱정 해결.

영양사 자격증도

교문사.e.라이브러리

하나면 돼!



너서영관? 그럴교리!



한국식품영양관련학과 추천도서 문운당

영양사 시험문제집

개정 제30판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)



영양사 요점정리

개정 제26판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)

문운당 위생사 실기

제12판 | 4도 인쇄 | 값 33,000원(출간 예정)

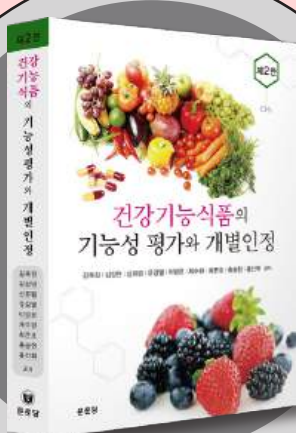


문운당 위생사 필기

제12판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)

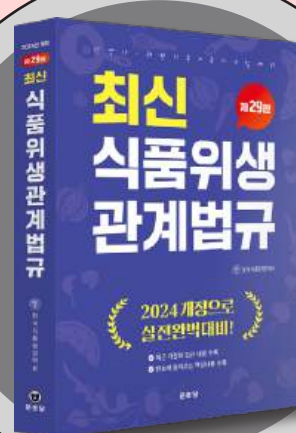
건강기능식품의 기능성 평가와 개별인정

제2판 | 1도 인쇄 | 값 35,000원



최신 식품위생관계법규

개정 제30판 | 1도 인쇄 | 값 35,000원(출간 예정)





근육·뼈 건강을 위한 식약처 기능성인정 건강기능식품

소비자 웰빙지수 **1**위!
(2021~22, 2년 연속 한국표준협회 선정)

산양유 단백질에
정상적인 면역기능
아연까지!



내 몸을 위한 단백질 건강습관 하루 한 컵 하이문!

- 근육건강을 위한 단백질 밸런스(동물성:식물성=6:4)
- 장건강, 배변을 위한 프리바이오틱스
- 정상적인 면역기능을 위한 아연
- 활발한 신진대사를 위한 비타민
- 뼈 건강을 위한 칼슘, 비타민D



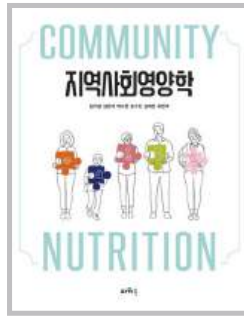
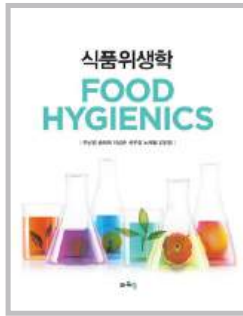
지금 전화하시면 근육건강에 좋은 일이 생깁니다

02.2049.2238

제4판

개정판

개정2판



생애주기영양학

식품위생학

지역사회영양학

제4판 단체급식관리

미식관광론

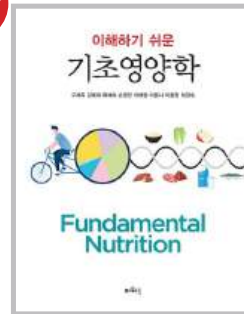
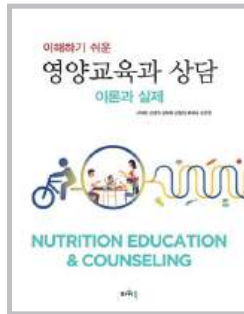
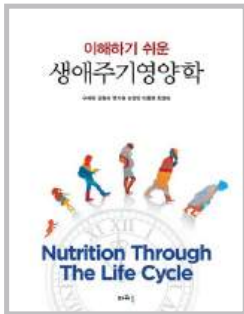
김정현 · 정혜연 · 박유경 · 박은주
정자용 · 황진아 · 김오연
448쪽 | 값 26,000원
978-89-8160-513-1 (93590)

주난영 · 송태희 · 이상준
국무창 · 노재필 · 강민정
256쪽 | 값 22,000원
978-89-8160-445-5 (93590)

김기량 · 김현자 · 박소현
송수진 · 심재은 · 유현주
320쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-507-0 (93590)

전희정 · 주나미 · 백재은
배현주 · 정현아
332쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-514-8 (93590)

256쪽 | 값 22,000원
978-89-8160-519-3 (93590)



이해하기 쉬운 생애주기영양학

이해하기 쉬운 외식경영 및 창업
-캡스톤디자인-

이해하기 쉬운 영양교육과 상담
-이론과 실제-

이해하기 쉬운 HACCP 이론과 실제

이해하기 쉬운 기초영양학

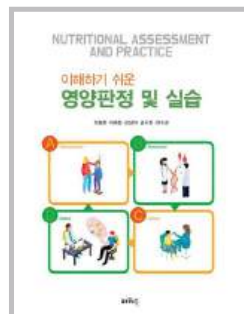
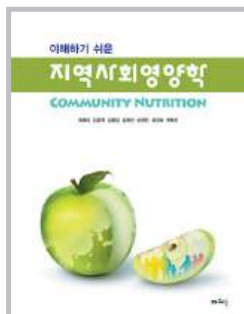
구재욱 · 김형숙 · 변기원
손정민 · 이종현 · 최경숙
396쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-474-5 (93590)

한은숙 · 김옥선 · 김삼희
장우철 · 강창민 · 김진수
296쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-506-3 (93590)

구재욱 · 김경원 · 김복희
김창임 · 류혜숙 · 윤은영
424쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-476-9 (93590)

이금희 · 한영애 · 김영태
송현주 · 민경진 · 김귀란
336쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-504-9 (93590)

구재욱 · 김복희 · 류혜숙 · 손정민
이윤나 · 이애랑 · 이종현 · 최경숙
304쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-475-2 (93590)



이해하기 쉬운 지역사회영양학

조리원리

이해하기 쉬운 영양판정 및 실습

개정2판 임상영양학

최혜미 · 김경원 · 김창임 · 김희선
손정민 · 최경숙 · 현대선
352쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-485-1 (93590)

이영미 · 최지유 · 권수연
김미영 · 김옥선 · 윤지현
272쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-520-9 (93590)

이종현 · 이해정 · 신상아
송수진 · 전수경
304쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-522-3 (93590)

이미숙 · 이선영 · 김현아
정상진 · 김원경 · 김현주
472쪽 | 값 26,000원
978-89-8160-523-0 (93590)



www.powerbook.kr

경기도 고양시 일산동구 호수로 358-25 동문타워 2차 529호
TEL 02-730-1412 FAX 031-908-1410