

한국식품영양학회지

제 39권 3호 2026년 6월

목 차

<연구논문>

- 083 충북지역 토종콩의 품종별 품질 특성 노솔지 · 박재은 · 박혜진 · 한우리 · 임주현 · 김성겸 · 박재호 · 황인국 · 엄현주
- 092 RAW264.7 대식세포에서 돈육 뒷다리 유래 소화 분해물의 항염증 효과 배인선 · 박원서 · 함준상 · 유자연 · 이상엽
- 101 20·30대 여성의 인플루엔사 모방행동, 신체 존중감 및 식이 태도 간 연관성 이민영 · 이재연 · 박영일
- 112 압착 추출 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충 오일의 이화학적 특성 및 기능성 평가
..... 임윤지 · 김선암 · 김성연 · 오상아 · 김지수 · 이주영 · 이광우 · 남승희 · 문제학
- 125 효소처리 들깨박의 이화학적 특성 및 항산화 활성 이경행 · 홍혜정 · 이예진 · 김다영
- 132 대체단백질 소재로서 *Aspergillus oryzae*와 *Rhizopus oryzae* 동결건조 균사체의 이화학적 및 기능적 특성 비교
..... 김주민 · 조현욱 · 남채민 · 전서현 · 용혜인
-
- 143 ■ 학회소식
- 145 ■ 저자 체크표
- 146 ■ 저작권 이전 동의서
- 147 ■ 연구윤리서약서
- 148 ■ 한국식품영양학회 회칙
- 154 ■ 한국식품영양학회 연구윤리 규정
- 165 ■ 한국식품영양학회 논문 투고 규정

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 39, No. 3, June 2026

CONTENTS

<Original Articles>

- 083 **Quality Characteristics of Indigenous Soybean Landraces Cultivated in Chungbuk Province**
..... Sol-Ji Noh, Jae Eun Park, Hye Jin Park, Woo-Ri Han, Ju Hyun Im, Seong Kyeom Kim, Jae-Ho Park,
In-Guk Hwang and Hyun-Ju Eom
- 092 **Anti-Inflammatory Effects of Porcine Hydrolysate in RAW264.7 Macrophages**
..... In-Seon Bae, Won-Seo Park, Jun-Sang Ham, Jayeon Yoo and Sang-Yeob Lee
- 101 **Associations between Influencer Imitation, Body Esteem, and Eating Attitudes among Women in Their 20s and 30s**
..... Min Young Lee, Jane J. Lee and Young-Il Park
- 112 **Physicochemical Properties and Functional Activities of Oil Extracted from *Tenebrio molitor* Larvae**
..... Yun-Ji Lim, Sun-am Kim, Seong-Yeon Kim, Sang-a Oh, Ji-Soo Kim, Ju-Yeong Lee, Gwang-Woo Lee,
Seung-Hee Nam and Jae-Hak Moon
- 125 **Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Enzyme-Treated Defatted Perilla Seed Residue**
..... Kyung-Haeng Lee, Hye-Jung Hong, Ye-Jin Lee, Da-Young Kim
- 132 **Comparative Analysis of Physicochemical and Functional Properties of Lyophilized Mycelial from *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae* as Potential Alternative Protein Sources**
..... Jumin Kim, Hyun Uk Cho, Chemin Nam, Seohyeon Jeon and Hae In Yong
- 143 ■ **News of the Korean Society of Food and Nutrition**
- 145 ■ **Checklist for Original Article**
- 146 ■ **Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition**
- 147 ■ **Declaration of Ethical Conduct in Research**
- 148 ■ **The Rules of the Korean Society of Food and Nutrition**
- 154 ■ **Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition**
- 165 ■ **Guidelines for Submitting Manuscripts**

충북지역 토종콩의 품종별 품질 특성

[§]노솔지 · [§]박재은 · 박혜진 · 한우리 · 임주현 · 김성겸 · 박재호* · 황인국** · [†]엄현주*

충청북도농업기술원 지방농업연구소, *충청북도농업기술원 지방농업연구소,
**농촌진흥청 국립식량과학원 식품자원개발부 농업연구소

Quality Characteristics of Indigenous Soybean Landraces Cultivated in Chungbuk Province

[§]Sol-Ji Noh, [§]Jae Eun Park, Hye Jin Park, Woo-Ri Han, Ju Hyun Im,
Seong Kyeom Kim, Jae-Ho Park*, In-Guk Hwang** and [†]Hyun-Ju Eom*

Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

*Senior Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

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

Abstract

This study analyzed the quality characteristics of 12 indigenous soybean lines cultivated in Goesan, Chungbuk province, focusing on their proximate composition, antioxidant activities, and isoflavone content. Proximate composition varied significantly among lines: moisture (4.92–12.87%), crude ash (3.79–5.98%), crude protein (15.24–39.60%), crude lipid (1.08–30.40%), and carbohydrate (34.31–65.43%). Jinunikong exhibited the highest crude protein content (39.60%), while Hyanultarikong had the lowest (15.24%). Ajukkaribamkong (brown) contained the highest crude lipid content (30.40%). Napdegikong demonstrated the highest antioxidant activities, with peak values in total polyphenol (843.79 mg%), total flavonoid (508.98 mg%), 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging (97.20%), and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging (85.92%). In contrast, Hyanultarikong and Ajukkaribamkong (brown) showed the lowest antioxidant activities, with no significant difference between them. Malonyl daidzin and malonyl genistin were the predominant isoflavones. Namdojangkong had the highest levels of these compounds (92.80 and 179.85 mg/100g, respectively). However, no isoflavones were detected in Hyanultarikong, Ajukkaribamkong (brown), and Eollukgangnangkong. Correlation analysis revealed positive relationships among crude protein, antioxidant activities, polyphenols, flavonoids, and isoflavones, while negative correlations were observed with carbohydrate content. These findings provide fundamental data on the physicochemical and functional properties of Chungbuk indigenous soybeans, confirming their potential as valuable genetic resources for functional food development and cultivar improvement.

Key words: indigenous soybean, isoflavone, antioxidant activity, proximate composition

서론

콩(*Glycine max* (L.) Merr.)은 세계에서 가장 오래 재배되어 온 중요한 식량작물이며, 특히 아시아 지역에서 단백질과 필수 아미노산의 주요 공급원이다(Han 등 2008). 이외에도 콩에는 지방, 식이섬유, 무기질뿐만 아니라 이소플라본, 사포닌, 티아민, 리보플라빈 등 다양한 생리활성 물질을 함유

(Kim 등 2021a; Park 등 2025)하고 있어 심혈관 건강 증진(Zaheer & Akhtar 2017), 항종양 효과(Barnes 등 1996), 골다공증 예방(Kim 등 2000) 및 항산화 효과(Rhim TJ 2020) 등 다양한 기능을 가진다. 특히, 기능성 성분 중 이소플라본은 식물성 에스트로겐으로서 여성 갱년기 증상 완화, 골다공증 예방, 유방암 및 전립선암 등 호르몬성 질환 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다(Lee 등 2013; Yoon 등 2021). 콩에 포함

[§]These authors contributed equally to this study.

[†] Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Senior Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5551, Fax: +82-43-220-5549, E-mail: hyunjueom@korea.kr

된 이소플라본의 함량과 구성은 품종, 재배 지역, 재배 연도 등 다양한 환경적 요인에 따라 크게 달라지는 것으로 보고되어 있으며(Wang & Murphy 1994), 이는 토종콩 유전자원 평가에서 중요하게 고려될 사항이다.

한편, 콩 품종 육성 연구는 높은 생산성, 병해충 저항성, 내병성 등의 품질 향상을 목표로 급속히 발전해 왔다(Kim 등 2025). 최근에는 기후변화와 발작물 기계화 등 환경과 기술 변화에 따라 내도복성 및 기계 수확 적응성과 같은 형질이 신품종 개발에서 더욱 부각되고 있으나(Kato 등 2021; Kim 등 2025), 현대 품종은 유전자 다양성이 상대적으로 낮아 환경 변화와 기후 스트레스에 대한 적응력이 제한되는 문제점이 있다.

토종콩은 오랜 기간 지역 환경에 적응하며 농가에 의해 선발·유지된 유전자원으로, 최근에 육성된 품종에 비해 유전적 다양성과 고유 특성이 풍부하다. 실제로 국내 재래종 콩 유전자원은 이소플라본 함량 및 수량 관련 형질에서 큰 변이를 보이며(Yoon 등 2021), 이는 기능성 소재 및 품종 육성 자원으로 중요한 가치를 지닌다. Lee 등 (2013)은 여러 종류 콩의 총 이소플라본 함량이 97.54~402.00 mg/100g으로 품종 간 큰 차이를 보인다고 보고하였다. 또한 동일 품종의 검정콩이라도 재배 지역에 따라 기능성 성분과 생리활성에 유의적 차이가 있음이 보고된 바 있다(Lee 등 2021).

최근 기후변화와 식량안보 문제, 그리고 기능성 식품에 대한 수요 증가에 따라, 토종콩을 포함한 다양한 콩 유전자원의 보존 및 활용 중요성이 더욱 강조되고 있다. 특히, 토종콩은 내환경성, 지역 적응성 및 기능성 물질 함량 측면에서 잠재적 가치가 높아, 지속가능한 농업 및 고부가가치 식품 산업에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

따라서 본 연구는 충북 괴산 지역에서 재배·보전되고 있는 토종콩 12종에 대한 일반성분, 이소플라본을 포함한 생리활성을 분석하였으며 이들 결과를 활용하여 앞으로 충북의 새로운 소득작목으로의 가능성을 확인해 보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 전처리

본 연구에 사용된 토종콩은 2023년 충북 괴산군의 농업회사법인 우리씨앗살림(주)에서 재배한 것으로, 푸르미콩, 쥐눈이콩, 나물콩, 메주콩, 하얀올타리콩, 남도장콩, 아주까리밤콩(갈색), 얼룩강낭콩, 오리알태콩, 선비잡이콩, 아주까리밤

콩(검은색), 납데기콩 등 총 12종이다. 수확한 콩을 16% 전후 수분함량이 되도록 자연건조한 후, 분쇄기를 이용하여 곱게 갈고 12 mesh 표준망체를 이용하여 내려진 분말만 시료를 사용하였다. 분쇄한 콩 시료의 생리활성 분석은 분말 10 g을 80% 에탄올 90 mL로 2시간 동안 진탕 추출하였고, 원심분리(12,157×g, 20 min) 하여 감압여과(Adventec No. 2, Adventec, Tokyo, Japan) 후 분석에 사용하였다.

2. 일반성분 측정

토종콩의 일반성분 분석은 AOAC방법(AOAC 2002)에 따라 측정하였다. 수분 함량은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Micro-Kjeldahl법(단백질 환산계수: N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분의 함량은 550°C 직접회화법을 사용하였다. 탄수화물의 함량은 100%에 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량을 뺀 값으로 정의하였다.

3. 항산화 활성 측정

토종콩의 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) 라디칼 소거능은 7.4 mM ABTS(Sigma-Aldrich Co.)와 2.6 mM potassium persulfate를 24시간 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도가 1.3~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL와 추출액 50 µL를 혼합하여 30분간 반응시킨 후 흡광도를 735 nm에서 측정하였고, ABTS값은 시료 첨가구와 시료 비첨가구의 흡광도를 백분율로 나타내었다(Re 등 1999). DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 0.4 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 용액을 흡광도 1.5~1.7이 되도록 에탄올로 희석한 후, 희석된 추출물 0.2 mL에 DPPH 용액 0.8 mL를 가하여 실온에서 30분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH값 또한 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다(Choi 등 2003).

4. 총 폴리페놀 함량 측정

토종콩의 총 폴리페놀 함량은 콩 추출물 50 µL에 2% Na₂CO₃ 1 mL를 혼합하여 3분간 방치한 후, 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co.) 50 µL를 혼합하여 30분 동안 반응시켰다. 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였다. 최종 값은 mg gallic acid equivalent(GAE)/g(dry basis)로 표시하였다(Amerine & Ough 1980).

5. 총 플라보노이드 측정

토종콩의 총 플라보노이드 함량은 콩 추출물 200 μ L에 1 N NaOH 600 μ L 와 diethylene glycol 4 mL를 가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후, 420 nm에서 반응액의 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질 rutin(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성한 후, mg rutin equivalent(RE)/g(dry basis)로 표시하였다(Chung HJ 2014).

6. 이소플라본

토종콩의 이소플라본 함량 분석을 위한 추출물 제조는 시료 2.00 \pm 0.05 g을 정확히 칭량하여 0.05% acetic acid가 함유된 80% 메탄올 25 mL를 첨가하고 30분간 초음파(DH.WUC.A22H, Daihan Scientific) 추출하였다. 그 후 1,954 \times g에서 10분간 원심분리(Union 55R, Hanil Science)하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 2회 반복하여 최종 50 mL로 정용하여 0.2 μ m syringe filter(PVDF, Whatman)로 여과하여 UPLC(Waters ACQUITY UPLC system, Waters)로 분석하였다. 분석용 칼럼은 CORTECS® UPLC®(2.1 \times 150 mm, 2.7 μ m, Waters)을 사용하였고, 이동상 용매는 증류수에 0.1% formic acid와 acetonitrile에 0.1% formic acid를 gradient condition에서 0.3 mL/min 속도로 흘려주었으며, 컬럼 온도는 35°C를 유지하였다. 2 μ L의 시료를 주입하여 260 nm에서 PDA 검출기(ACQUITY UPLC PDA Detector, Waters)를 이용하여 검출하였다. 분리된 각 피크는 콩에서 유래된다고 보고된 이소플

라본인 daidzin, glycitin, genistin, malonyl-daidzin, malonyl-glycitin, acetyl-daidzin, acetyl-glycitin, malonyl-genistin, daidzein, glycitein, acetyl-genistin, genistein (Sigma-Aldrich Co.)의 검량곡선으로부터 산출하였다(Kim 등 2021b).

7. 통계처리

모든 시험은 3반복 진행하였으며 결과는 평균 \pm 표준편차 (standard deviation, SD)로 나타낸 후 통계분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0 SPSS INC. Chicago, IL, USA)를 이용하였고, 동질성을 비교하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시한 후 측정값 간의 유의성을 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다. 또한 품질 특성 간의 상관관계는 Pearson의 적률상관계수 (Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 분석하였으며, 유의수준은 $p < 0.05$ 및 $p < 0.01$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

충북지역 토종콩 12종에 대한 일반성분 함량 결과는 Table 1에 나타내었다. 먼저, 수분함량은 4.92~12.87%로 콩 품종 간 다양한 함량을 보였고, 갈색의 아주까리밤콩이 가장 낮은 함량을, 하얀올타리콩이 가장 높은 함량을 보였다.

Table 1. Proximate composition of 12 indigenous soybeans in Chungbuk province

(Unit: %)

Sample	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude lipid	Carbohydrate
Purmikong	6.68 \pm 0.01 ^{b,1)2)}	5.57 \pm 0.02 ^d	32.82 \pm 0.07 ⁱ	14.05 \pm 0.45 ^{de}	40.88 \pm 0.36 ^c
Jinunikong	5.67 \pm 0.01 ^j	5.01 \pm 0.01 ^e	39.60 \pm 0.04 ^a	11.63 \pm 0.13 ^f	38.09 \pm 0.16 ^d
Namulkong	9.64 \pm 0.06 ^c	5.98 \pm 0.01 ^a	34.38 \pm 0.02 ^f	15.69 \pm 0.20 ^c	34.31 \pm 0.18 ^f
Mejukong	5.27 \pm 0.01 ^k	5.62 \pm 0.01 ^c	34.90 \pm 0.04 ^e	18.15 \pm 0.72 ^b	36.06 \pm 0.69 ^e
Hayanultarikong	12.87 \pm 0.04 ^a	4.65 \pm 0.00 ^j	15.24 \pm 0.00 ^l	2.46 \pm 0.21 ^e	64.78 \pm 0.25 ^a
Namdojangkong	10.58 \pm 0.01 ^b	5.17 \pm 0.00 ^f	34.20 \pm 0.01 ^e	15.47 \pm 0.04 ^c	34.58 \pm 0.04 ^f
Ajukkaribamkong (brown)	4.92 \pm 0.00 ^l	3.79 \pm 0.00 ^j	18.42 \pm 0.01 ^k	30.40 \pm 0.55 ^a	42.47 \pm 0.56 ^b
Eollukgangnangkong	7.34 \pm 0.00 ^c	4.69 \pm 0.01 ^h	21.46 \pm 0.04 ^j	1.08 \pm 0.05 ^h	65.43 \pm 0.03 ^a
Orialtakong	6.93 \pm 0.00 ^f	5.69 \pm 0.01 ^b	37.93 \pm 0.01 ^b	14.42 \pm 0.15 ^d	35.03 \pm 0.16 ^f
Seonbijabikong	5.87 \pm 0.00 ⁱ	5.52 \pm 0.02 ^e	37.06 \pm 0.04 ^c	15.69 \pm 0.21 ^c	35.86 \pm 0.18 ^e
Ajukkaribamkong (black)	6.88 \pm 0.01 ^e	5.68 \pm 0.01 ^b	35.97 \pm 0.06 ^d	15.29 \pm 0.65 ^c	36.18 \pm 0.62 ^e
Napdegikong	8.65 \pm 0.03 ^d	5.97 \pm 0.01 ^a	33.56 \pm 0.04 ^h	13.25 \pm 0.03 ^e	38.57 \pm 0.04 ^d

¹⁾ Each values mean \pm SD (n=3).

²⁾ ^{a-1} Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

조회분은 3.79~5.98%로 품종 간 유의적인 차이가 있었다. 이 중 갈색의 아주까리밤콩이 가장 낮은 함량을, 나물콩과 납데기콩이 가장 높은 함량을 보였다. 실제로, 콩의 조회분 함량을 비교하였을 때(RDA 2025), 강낭콩 말린 것(3.58%), 쥐눈이콩 말린 것(4.88%), 갈색 밤콩 말린 것(6%), 대두(대풍, 4.87%), 대두(청자3호, 4.86%)로 나타나 본 연구 결과와 유사한 함량을 보였다. 또한 이들 콩류에는 폴리브넨, 셀레늄, 인, 칼륨과 같은 무기질이 높은 함량으로 함유되어 있어(RDA 2025), 본 연구에 사용된 토종콩 품종에도 이들 무기질이 높은 함량으로 포함되어 있을 것으로 예측된다.

콩은 단백질 함량이 약 40%로 높고 필수아미노산이 균형을 이루고 있어 동물성 단백질을 대체할 수 있는 것으로 보고되고 있는데(Kim 등 2022), 본 연구에서도 조단백 함량이 15.24~39.60%로 나타났다. 가장 낮은 함량은 하얀올타리콩으로 15.24%, 그 다음으로 갈색 아주까리밤콩이 18.42%, 얼룩강낭콩이 21.46%로 나타나 강낭콩류가 주로 낮게 나타났다. 이는 농촌진흥청 식품성분표에서도 강낭콩 말린 것(21.01%)이 낮게 나타난 결과와 일치하였다(RDA 2025). 반면, 쥐눈이콩이 39.60%로 가장 높은 함량을 보였고, 그 다음으로 오리알태콩(37.93%), 검정색 아주까리밤콩(37.06%)으로 나타나 주로 흑색의 콩류가 단백질 함량이 높은 것으로 나타났다. 선행연구(RDA 2025)에서 쥐눈이콩 말린 것(37.32%), 갈색 밤콩 말린 것(35%), 대두(대풍, 34.36%), 대두(청자3호, 34.6%)로 나타나 일반적으로 콩은 몇 가지 품종을 제외하고는 30% 이상의 높은 조단백을 가진 것으로 나타났다. 한편 Han 등(2008)은 한국 재래종 콩 1,300여 점의 품질을 조사한 결과 조단백 함량이 32.7~49.2%로 본 연구 결과보다 높은 함량을 보고하였는데, 이는 콩의 화학조성이 품종 간 유전적 특성, 재배조건 등 다양한 요인에 의해 달라지기 때문에 나타난 차이에 기인한 것으로 판단된다(Yoon 등 2003; Han 등 2008).

조지방은 1.08~30.40%로 일반성분 중 품종 간 다양한 함량을 보였다. 가장 낮은 조지방은 얼룩강낭콩으로 1.08%였고, 그 다음으로 하얀올타리콩이 2.46%로 낮게 나타났다. 반면, 가장 높은 함량은 갈색 아주까리밤콩으로 30.40%를 나타나 콩 품종 중에 매우 높은 함량을 보였다. 나머지 9 품종은 11~18%의 함량을 나타냈다. 농촌진흥청 식품성분표(RDA 2025)에서도 강낭콩 말린 것(1.41%), 쥐눈이콩 말린 것(14.61%), 갈색 밤콩 말린 것(17.20%), 대두(대풍, 13.83%), 대두(청자3호, 12.6%)로 나타나, 조지방 함량은 강낭콩이 낮았고, 나머지 품종은 본 연구처럼 11~18% 범주 안에 들어왔다.

탄수화물은 수분, 단백질, 지방, 회분을 100에서 뺀 값으로 얼룩강낭콩과 하얀올타리콩이 가장 높았고, 다음으로 갈색 아주까리밤콩으로 나타났다. 조단백과 조지방 값의 상관관계수(R)가 0.186으로 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 조단백 값은 조회분, 생리활성 값 및 이소플라본류와는 양의 관계에서 높은 상관계수를 보였고, 탄수화물 값과는 음의 관계가 있었다. 조지방의 경우는 수분함량과 탄수화물에서는 음의 관계에서 높은 상관계수를 보였고, 나머지와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

2. 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 및 라디칼 소거 활성

충북지역 토종콩 12종에 대한 항산화 활성, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 및 결과는 Table 3에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능을 분석하기 위하여 콩 시료를 80% EtOH에 5배 희석하여 측정된 결과, 모든 시료는 15.24~97.20%의 범위를 나타냈고, 쥐눈이콩 95.90%, 오리알태콩 95.66%, 검은색 아주까리밤콩 95.68% 및 납데기콩 97.20%로 높은 소거능을 보였으며 4가지 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 하얀올타리콩과 갈색 아주까리밤콩은 각각 20.78% 및 15.24%로 가장 낮은 소거능을 나타냈으며, 두 품종 간 유의적인 차이는 없었다. DPPH 라디칼 소거능 또한 토종콩 시료를 80% EtOH에 5배 희석하여 측정된 결과, 납데기콩이 85.92%로 가장 높았고, 푸르미콩 6.14%, 나물콩 9.42%, 하얀올타리콩 6.27% 및 갈색 아주까리밤콩 7.28%로 가장 낮은 소거능을 나타냈으며, 네 품종 간 유의적인 차이는 없었다.

총 폴리페놀 함량은 129.12~843.79 mg%로 나타났고, 납데기콩이 843.79 mg%로 가장 높은 함량을 보였으며 하얀올타리콩과 갈색 아주까리밤콩이 138.53 및 129.12 mg%로 가장 낮은 함량을 나타냈고, 두 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 총 플라보노이드 함량은 40.22~508.98 mg%로 나타냈고, 총 폴리페놀과 같은 경향으로 납데기콩이 508.98 mg%로 가장 높은 함량을 보였고, 하얀올타리콩과 갈색 아주까리밤콩이 55.49 및 40.22 mg%로 가장 낮은 함량을 나타냈으며, 두 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 결과적으로 모든 분석에서 가장 높은 값을 보인 납데기콩의 항산화 활성, 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량은 가장 낮은 값을 나타낸 하얀올타리콩과 갈색 아주까리밤콩과 약 6~14배 정도 차이를 보였다.

상관관계 분석 결과(Table 2), ABTS 라디칼 소거능은 조회분, 조단백질, DPPH 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 이소플라본과 양의 상관관계가 나타났으며,

Table 2. Correlation coefficients among quality characteristics of 12 indigenous soybeans in Chungbuk province

Contents	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude lipid	Carbohydrate	ABTS radical scavenging activity	DPPH radical scavenging activity	Total polyphenol	Total flavonoid	Malonyl-daidzin	Malonyl-genistin
Moisture	1										
Crude ash	0.067 ¹⁾	1									
Crude protein	-0.345*	0.759**	1								
Crude lipid	-0.531**	-0.112	0.186	1							
Carbohydrate	0.386*	-0.552**	-0.823**	-0.679**	1						
ABTS radical scavenging activity	-0.201	0.721**	0.792**	-0.239	-0.418*	1					
DPPH radical scavenging activity	-0.205	0.348*	0.407*	-0.215	-0.130	0.705**	1				
Total polyphenol	-0.024	0.739**	0.665**	-0.066	-0.479**	0.804**	0.783**	1			
Total flavonoid	-0.021	0.593**	0.502**	-0.065	-0.353*	0.654**	0.848**	0.927**	1		
Malonyl-daidzin	0.007	0.727**	0.813**	0.156	-0.740**	0.646**	0.357*	0.689**	0.609**	1	
Malonyl-genistin	0.064	0.607**	0.712**	0.163	-0.677**	0.540**	0.160	0.491**	0.423*	0.881**	1

¹⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; Significant correlation by Pearson's correlation analysis.

Table 3. Comparison of antioxidant activities and total polyphenol and flavonoid contents among 12 indigenous soybeans in Chungbuk province

Sample	Total polyphenol (mg%)	Total flavonoid (mg%)	ABTS radical scavenging activity (%)	DPPH radical scavenging activity (%)
Purmikong	330.45±3.18 ^{f,1)2)}	131.04±11.54 ^{def}	68.34±0.55 ^d	6.14±1.86 ⁱ
Jinunikong	537.26±15.57 ^b	249.50±9.80 ^b	95.90±1.36 ^a	58.50±0.95 ^b
Namulkong	554.60±24.67 ^b	168.36±10.02 ^d	80.79±1.00 ^b	9.42±2.23 ^h
Mejukong	332.13±15.64 ^f	134.43±18.17 ^{def}	65.82±1.03 ^d	18.71±1.22 ^f
Hayanultarikong	138.53±9.85 ^g	55.49±11.71 ^g	20.78±1.42 ^e	6.27±0.62 ⁱ
Namdojangkong	360.91±7.44 ^e	126.35±4.71 ^{ef}	72.52±1.36 ^{cd}	12.69±2.23 ^g
Ajukkaribamkong (brown)	129.12±4.74 ^g	40.22±9.09 ^g	15.24±11.92 ^e	7.28±0.83 ^{hi}
Eollukgangnangkong	323.67±5.32 ^f	108.98±2.86 ^f	85.17±1.21 ^b	42.99±1.34 ^d
Orialtaekong	476.57±16.08 ^c	206.29±25.53 ^c	95.66±3.99 ^a	47.75±0.78 ^c
Seonbijabikong	401.46±14.07 ^d	150.90±4.22 ^{de}	78.73±4.88 ^{bc}	32.59±1.86 ^e
Ajukkaribamkong (black)	484.06±8.90 ^c	205.39±9.08 ^c	95.68±1.40 ^a	47.61±1.12 ^c
Napdegikong	843.79±17.28 ^a	508.98±61.67 ^a	97.20±0.79 ^a	85.92±0.29 ^a

¹⁾ Each values mean±SD (n=3).

²⁾ ^{a-i} Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

DPPH 라디칼 소거능 또한 조희분, 조단백질, ABTS 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 이소플라본과 양의 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀의 경우 조희분, 조단백, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능, 총 플라보노이드 및 이소플라본과 양의 상관관계가 나타났고, 탄수화물과는 음의 상관관계가 성립되었다. 총 플라보노이드 또한 총 폴리페놀과 같은 경향을 보였으며, DPPH 라디칼 소거능을 제외한 3가지 항산화 지표에서 탄수화물과 음의 상관관계가 나타났다.

콩의 기능성 성분 및 생리활성은 품종 고유의 유전적 특성 뿐만 아니라 재배 환경에 따라서도 크게 달라질 수 있다. Lee 등 (2021)은 동일한 검정콩 품종을 서로 다른 지역에서 재배 하였을 때 항산화 활성 및 혈당 조절 관련 생리활성에서 유의적인 차이가 나타남을 확인하였으며, 이는 재배지역의 기후 및 토양 환경이 콩의 기능성 성분 함량에 복합적으로 작용하기 때문인 것으로 보고하였다. 또한 콩에 함유된 이소플라본, 안토시아닌 등 기능성 성분은 위도, 파종 시기 등 재배 환경 조건에 따라 함량 차이가 발생할 수 있다고 알려져 있다(Hong 등 2010). 본 연구에서 충북 곡산 지역에서 재배된 토종콩 12종의 항산화 활성 및 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량이 품종 간 큰 차이를 보인 것은 각 품종이 지닌 유전적 다양성과 함께 재배 환경의 영향이 복합적으로 작용한 결과로 판단된다.

3. 이소플라본 함량

콩의 대표적인 기능성 성분으로 식물성 에스트로겐으로 알려진 이소플라본은 유방암, 전립선암 등 호르몬성 질환을 예방하고 혈관에 지방이 쌓이는 것을 억제해 고혈압, 고지혈증, 동맥경화 등의 완화에 효과적인 것으로 알려져 있다(Zaheer & Akhtar 2017). 콩에만 존재하는 이소플라본의 종류에는 다이드제인(daidzein), 제니스테인(genistein), 글리시테인(glycitein) 3가지의 아글리콘(aglycone)과 각각의 글리코시드(glycoside), 말로닐글리코시드(malonyl glycoside) 및 아세틸글리코시드(acetyl glycoside)가 존재한다(Jin & Ho 2004; Lee 등 2013; Yoon 등 2021). 특히 콩 종실에 함유된 이소플라본 중 말로닐글리코시드의 비율이 가장 높은 것으로 보고되어 있으며(Kim 등 2018; Kim 등 2019; Yoon 등 2021), 본 연구에서도 말로닐다이드진과 말로닐제니스틴이 주요 이소플라본으로 확인되어 이전 연구와 일치하는 결과를 보였다.

충북지역 토종콩 12종에 이소플라본 중 3가지 아글리콘과 함께 말로닐글리코시드 총 6물질에 대한 함량을 분석하였다(Fig. 1). 6가지 이소플라본 중 다이드제인, 글리시테인은 모든 콩에서 거의 검출되지 않았고, 제니스테인과 말로닐글리시틴(malonyl glycitein)의 경우는 하얀올타리콩, 갈색 아주까리밤콩 및 얼룩강낭콩에는 검출되지 않았고, 나머지 9종류의 콩에는 적은 함량이 포함되어 있었다. 대부분의 콩에서 말로닐다이

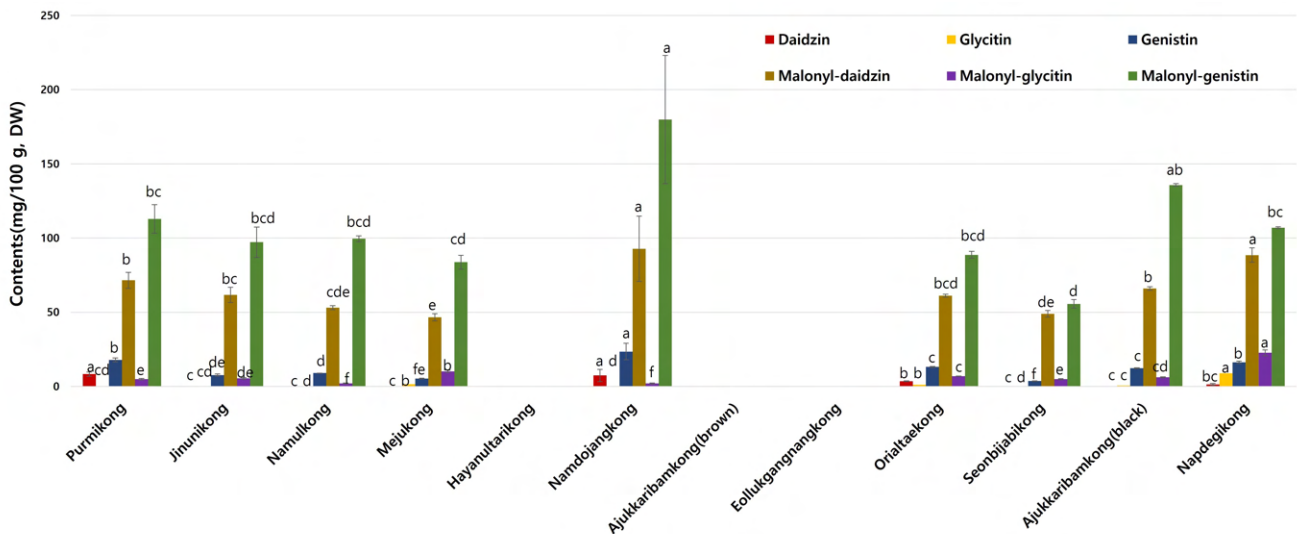


Fig. 1. Isoflavone content of 12 indigenous soybeans cultivated in Chungbuk province. ^{a-f} Values with different small letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

드진(malonyl daidzin)과 말로닐제니스틴(malonyl genistin)의 함량이 높게 검출되었는데, 이것 또한 하얀올타리콩, 갈색 아주까리밤콩 및 얼룩강낭콩에는 검출되지 않았다. 두 가지 이소플라본 중 남도장콩은 92.80과 179.85 mg/100g으로 가장 많이 함유하였고, 다음으로 납데기콩>검정 아주까리밤콩>푸르미콩 순으로 나타났다.

말로닐다이드진의 경우 조회분, 조단백, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 말로닐제니스틴과 양의 상관관계를 나타냈고, 탄수화물과는 음의 상관관계가 있었다. 말로닐제니스틴의 경우도 조회분, 조단백, ABTS 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 말로닐다이드진과 높은 양의 상관관계를 보였다(Table 2). 이는 이소플라본 함량이 높은 품종일수록 단백질 함량 및 항산화 활성도 높은 경향이 있음을 시사하며, Wang & Murphy (1994)가 보고한 바와 같이 콩의 이소플라본 함량은 품종 및 재배 환경에 따라 크게 달라질 수 있어 품종 간 함량 차이가 나타난 것으로 사료된다.

이소플라본 함량이 가장 높게 나타난 남도장콩의 경우, Lee 등(2013)은 콩나물용 소명콩의 총 이소플라본 함량이 402.00 mg/100g으로 가장 높게 나타났다고 보고하여 품종에 따른 이소플라본 함량의 차이가 본 연구와 유사한 경향임을 확인할 수 있었다. 반면 하얀올타리콩, 갈색 아주까리밤콩 및 얼룩강낭콩은 이소플라본이 전혀 검출되지 않았는데, 이는 Lee 등(2013)이 보고한 바와 같이 이소플라본 함량이 품종에 따라 큰 차이를 보이기 때문이다. 한편 Han 등 (2008)은 한국 재래종 콩 유전자원의 이소플라본 함량이 278.4~2,736.9 µg/g으로 매우 넓은 범위의 변이를 보인다고 보고하였는데, 본 연구에서도 이소플라본 함량이 품종 간 뚜렷한 차이를 나타낸 것은 토종콩 유전자원이 이소플라본 함량 측면에서 높은 유전적 다양성을 보유하고 있음을 시사하며, 이는 향후 기능성 콩 품종 육성 및 기능성 식품 소재 개발을 위한 유전자원으로서의 활용 가능성을 보여주는 결과로 판단된다.

요 약

본 연구는 충북 괴산의 유기농 농가에서 재배·보전되고 있는 토종콩 12종(푸르미콩, 쥐눈이콩, 나물콩, 메주콩, 하얀올타리콩, 남도장콩, 갈색 아주까리밤콩, 얼룩강낭콩, 오리알태콩, 선비잡이콩, 검정 아주까리밤콩, 납데기콩)을 대상으로 일반성분, 항산화 활성 및 이소플라본 함량 등의 품질 특성

을 분석하여 품종 간 품질 특성을 비교하였다. 일반성분 분석 결과, 수분함량은 4.92~12.87%, 조회분 3.79~5.98%, 조단백질 15.24~39.60%, 조지방 1.08~30.40%, 탄수화물 34.31~65.43%로 품종 간 유의적인 차이를 보였다. 조단백 함량은 쥐눈이콩이 39.60%로 가장 높았고, 하얀올타리콩이 15.24%로 가장 낮았으며, 조지방은 갈색 아주까리밤콩이 30.40%로 가장 높은 함량을 나타냈다. 항산화 분석 결과, 납데기콩이 총 폴리페놀(843.79 mg%), 총 플라보노이드(508.98 mg%), ABTS(97.20%) 및 DPPH(85.92%) 라디칼 소거능 모두에서 가장 높은 값을 나타냈다. 반면 하얀올타리콩과 갈색 아주까리밤콩은 모든 항산화 지표에서 가장 낮은 값을 보였으며, 두 품종 간 유의적인 차이는 없었다. 이소플라본 분석 결과, 말로닐다이드진과 말로닐제니스틴이 주요 이소플라본으로 확인되었으며, 남도장콩이 각각 92.80 및 179.85 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였다. 하얀올타리콩, 갈색 아주까리밤콩 및 얼룩강낭콩에서는 이소플라본이 검출되지 않았다. 상관 분석 결과, 조단백질, ABTS 라디칼 소거능, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 이소플라본류는 서로 양의 상관관계를 나타냈으며, 탄수화물과는 음의 상관관계를 보였다. 본 연구 결과는 충북지역 토종콩의 이화학적 특성 및 기능성에 관한 기초 자료를 제공하며, 기능성 식품 소재로서의 가능성을 확인하고, 향후 충북 지역 토종콩의 신소득 작목 개발과 유전 자원 보전·활용에 유용한 정보가 될 것으로 판단된다.

References

- Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for Analysis of Musts and Wines. pp.176-180. Wiley
- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. 17th ed. pp.50-58. Association of Official Analytical Chemists International
- Barnes S, Sfakianos J, Coward L, Kirk M. 1996. Soy isoflavonoids and cancer prevention: Underlying biochemical and pharmacological issues. In American Institute for Cancer Research (Ed.), Dietary Phytochemicals in Cancer Prevention and Treatment. Advances in Experimental Medicine and Biology. pp.87-100. Springer
- Choi Y, Kim M, Shin JJ, Park J, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:723-727
- Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total

- flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356
- Han WY, Park KY, Choung MG, Kim HT, Ko JM, Baek IY, Lee CY. 2008. Growth characteristics and qualities of Korean soybean landraces. *Korean J Crop Sci* 53:89-95
- Hong SB, Lee SJ, Kim YH, Hwang YS, Yoon KH, Lee SI, Nam MY, Song LS, Choung MG. 2010. Variation of anthocyanin, and isoflavone contents in Korean black soybeans grown at different latitudinal locations. *Korean J Environ Agric* 29:129-137
- Jin LK, Ho RK. 2004. Comparison of extraction methods for aglycone isoflavones from Korean soybean. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19:421-426
- Kato S, Samanfar B, Morrison MJ, Bekele WA, Torkamaneh D, Rajcan I, O'Donoghue L, Belzile F, Cober ER. 2021. Genome-wide association study to identify soybean stem pushing resistance and lodging resistance loci. *Can J Plant Sci* 101:663-670
- Kim C, Lee YS, Kim JS, Hahn Y. 2000. High performance liquid chromatographic analysis of isoflavones in soybean foods. *Korean J Food Sci Technol* 32:25-30
- Kim HJ, Seo JH, Won DJ, Han N, Lee JY, Kim M, Lee YY, Kang MS. 2022. Comparison of physicochemical properties of seed protein in soybean cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:1048-1055
- Kim HM, Jang EK, Gwak BS, Hwang TY, Yun GS, Hwang SG, Jeong HS, Kim HS. 2018. Variation of isoflavone contents and classification using multivariate analysis in Korean soybean varieties released from 1913 to 2013. *Korean J Breed Sci* 50:50-60
- Kim HS, Kang BK, Seo JH, Ha TJ, Kim HT, Shin SO, Park CH, Kwak DY. 2019. Quantitative variation of total seed isoflavone and its compositions in Korean soybean cultivars (*Glycine max* (L.) Merr.). *Korean J Crop Sci* 64:89-101
- Kim HY, Wo SY, Yang JY, Song SY, Seo WD, Lee MJ, Choi MS. 2021b. Antioxidant activities of various black soybean tissues (*Glycine max* L.) harvested from different cultivation regions. *Korean J Food Nutr* 34:331-339
- Kim JY, Kwon SH, Hwang BS, Jang M, Kang HJ, Kim GC, Hwang IG. 2021a. Changes in isoflavone composition of soybean according to processing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:403-409
- Kim N, Lee SK, Yoo Y, Lee I, Cho K, Seo MJ, Kang BK, Seo JH, Kim JH, Heo SV, Choi J, Cho HT. 2025. 'Ganghan,' a high-yielding and mechanization-compatible soybean cultivar with lodging and pod shattering resistance. *Korean J Breed Sci* 57:315-328
- Lee JY, Woo KS, Seo JH, Lee YY, Lee BW, Kim MH, Kang MS, Kim HJ. 2021. Physicochemical qualities and physiological activities of black soybeans by cultivation area and cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:29-35
- Lee S, Lee Y, Kim HS. 2013. Analysis of the general and functional components of various soybeans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1255-1262
- Park HY, Seo JH, Choi HS, Park J, Sim E, Kim HS. 2025. Nutritional content before and after fermentation of *Rhizopus oligosporus* in Korean soybean cultivars. *Korean J Food Nutr* 38:1-9
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Rhim TJ. 2020. Radical scavenging activities and anti-inflammatory effects of soybean extracts. *Korean J Community Living Sci* 31:181-194
- Rural Development Administration (RDA). 2025. National standard food composition database 10.3. Available from <http://koreanfood.rda.go.kr> [cited 10 April 2026]
- Wang H, Murphy PA. 1994. Isoflavone content in commercial soybean foods. *J Agric Food Chem* 42:1666-1673
- Yoon H, Yi J, Desta KT, Shin MJ, Lee Y, Lee S, Wang X, Choi YM, Lee S. 2021. Yearly variation of isoflavone composition and yield-related traits of 35 Korean soybean germplasm. *Korean J Breed Sci* 53:411-423
- Yoon MS, Baek HJ, Lee JR, Kim HH, Cho YH, Kim CY, Ahn JW. 2003. The major morphological characteristics and variations of soybean landraces. *J Korean Soc Int Agric* 15:294-303
- Zaheer K, Akhtar MH. 2017. An updated review of dietary

isoflavones: Nutrition, processing, bioavailability and impacts on human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57:1280-1293

Received 26 April, 2026
Revised 11 May, 2026
Accepted 08 June, 2026

RAW264.7 대식세포에서 돈육 뒷다리 유래 소화 분해물의 항염증 효과

†배인선 · 박원서* · 함준상* · 유자연 · 이상엽**

농촌진흥청 국립축산과학원 축산푸드테크과 농업연구사, *농촌진흥청 국립축산과학원 축산푸드테크과 농업연구관,
**농촌진흥청 국립축산과학원 동물복지과 농업연구사

Anti-Inflammatory Effects of Porcine Hydrolysate in RAW264.7 Macrophages

†In-Seon Bae, Won-Seo Park*, Jun-Sang Ham*, Jayeon Yoo and Sang-Yeob Lee**

Researcher, Animal Resources Food Tech Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanjugun 55365, Korea
*Senior Researcher, Animal Resources Food Tech Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanjugun 55365, Korea
**Researcher, Animal Welfare Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanjugun 55365, Korea

Abstract

This study aimed to evaluate the anti-inflammatory effects of pork-derived digestive hydrolysates and explore their underlying mechanisms. Pork meat was subjected to simulated gastrointestinal digestion and fractionated into different molecular weight fractions. Cytotoxicity assessment using RAW264.7 macrophages revealed no significant cytotoxic effects in any of the treatment groups. Treatment with pork hydrolysates significantly reduced the production of nitric oxide (NO) and pro-inflammatory cytokines, including tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin-6 (IL-6), and interleukin-1 β (IL-1 β), in a dose-dependent manner. In addition, both mRNA and protein expression levels of inducible nitric oxide synthase (iNOS) and cyclooxygenase-2 (COX-2) were markedly suppressed, with the <5 kDa fraction showing the most pronounced effects. Furthermore, the hydrolysates significantly inhibited the phosphorylation of mitogen-activated protein kinases (MAPKs), specifically c-Jun N-terminal kinase (JNK) and p38, indicating the regulation of inflammatory signaling pathways. Taken together, these results suggest that pork-derived digestive hydrolysates, particularly the low-molecular-weight fraction (<5 kDa), may exhibit anti-inflammatory effects by suppressing MAPK signaling pathways and downstream inflammatory mediators. These findings suggest that pork-derived hydrolysates, particularly the low-molecular-weight fraction (<5 kDa), may possess in vitro anti-inflammatory potential through the modulation of inflammatory signaling pathways.

Key words: pork hydrolysates, anti-inflammatory effects, RAW264.7 cells

서 론

염증은 외부 자극에 대한 생체의 방어 기전으로서 필수적인 생리적 반응이지만, 과도하거나 만성적으로 지속될 경우 대사질환, 심혈관질환 및 면역 관련 질환 등 다양한 질병의 발생과 밀접하게 연관되어 있다(Chen 등 2017; Chavda 등 2024). 특히 만성 염증은 조직 손상 및 기능 저하를 유발하고 질병의 진행을 촉진하는 주요 인자로 작용하는 것으로 알려져 있다(Chen 등 2017). 이러한 이유로 염증 반응을 효과적으

로 조절할 수 있는 안전하고 지속 가능한 식이 유래 기능성 물질의 발굴에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다(Ahn 등 2002; Bae 등 2014; Sanjeeva 등 2017; Zhu 등 2018; Lee 등 2025).

최근에는 식품 단백질을 효소적으로 분해하여 얻어지는 분해물이 다양한 생리활성을 나타낼 수 있음이 보고되고 있다(Fadimu 등 2022). 단백질 분해 과정에서 생성되는 물질은 원래의 식품 구조에서는 나타나지 않던 새로운 기능성을 부여받을 수 있으며, 특히 분자량이 작은 성분은 체내 흡수 및

† Corresponding author: In-Seon Bae, Researcher, Animal Resources Food Tech Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanjugun 55365, Korea. Tel: +82-63-238-7356, Fax: +82-63-238-7397, E-mail: isbae746@korea.kr

이용 가능성이 높아 생리활성 측면에서 중요한 역할을 할 수 있다(Ren 등 2022). 실제로 저분자 단백질 분해물은 항산화, 항고혈압 및 항염증 등 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있으며, 이러한 특성은 기능성 식품 소재로서의 활용 가능성을 높이고 있다(Garrido-Ortiz & Morales-Camacho 2025; Rzhepakovsky 등 2025). 이에 따라 단백질 분해물을 분자량에 따라 분획하고 각 분획의 기능성을 비교·평가하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

한편, 식품 단백질은 체내에서 위 및 소장 에 의해 연속적인 효소 분해 과정을 거치며, 이 과정에서 생성되는 분해물은 초기 단백질과는 다른 생리적 특성을 나타낼 수 있다. 따라서 실제 생체 내 환경을 반영한 기능성 평가를 위해서는 소화 과정을 모사한 접근이 필요하다. 특히 체외 소화(*in vitro* digestion) 모델은 식품 단백질이 체내에서 겪는 물리적·화학적 변화를 반영할 수 있는 유용한 방법으로 활용되고 있으며, 이를 통해 생성된 분해물의 생리활성을 평가하는 연구가 증가하고 있다(Wojtunik-Kulesza 등 2020; Lee 등 2023).

육류는 현대인의 식생활에서 가장 중요한 고단백 영양원 중 하나이며, 그중 돼지고기는 국내 육류 소비량에서 높은 비중을 차지하고 있는 주요 단백질 공급원이다. 그러나 국내 양돈 산업에서는 삼겹살이나 목살 등 특정 고지방 부위에 대한 소비 편중 현상이 심화되어 있으며, 이로 인해 단백질 함량이 높고 지방이 적은 뒷다리 부위는 저 선호 부위로 분류되어 부가가치가 상대적으로 낮게 평가받고 있다. 따라서 국내산 돈육 뒷다리 부위의 활용도를 높이고 식품 산업에서의 경쟁력을 확보하기 위해, 단순한 영양 공급원을 넘어선 고기능성 생리활성 소재로서의 가치를 탐색하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 돈육 뒷다리를 대상으로 소화효소 처리를 통해 분해물을 제조하고, 이를 분자량에 따라 전체 분해물(whole), 5 kDa 초과 분획(>5 kDa), 5 kDa 이하 분획(<5 kDa)으로 분획하였다. 이후 RAW264.7 대식세포 모델을 이용하여 각 분획이 염증 매개 인자의 생성에 미치는 영향을 평가함으로써, 돈육 유래 소화 분해물의 항염증 활성을 비교·분석하고자 하였다. 본 연구는 돈육 뒷다리 유래 분해물의 생리활성 가능성을 탐색하기 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 돈육 뒷다리 가수분해물 제조

돼지고기는 시중에서 구입하여 돈육의 뒷다리를 사용하

였으며, 가시적인 지방을 제거한 후 동결건조를 수행하였다. 이후 시료를 분쇄하여 입자 크기가 1 mm 이하가 되도록 준비한 뒤 체외 소화 실험에 사용하였다. 체외 소화는 Seo 등(2022)의 방법을 기반으로 하여 위 단계와 소장 단계를 순차적으로 수행하였다. 먼저, 분쇄된 시료 1 g에 대하여 10 mL의 증류수를 첨가하여 현탁한 후, 위 소화단계에서 pepsin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 최종 농도 2,000 U/mL가 되도록 첨가하였다. 반응 용액의 pH는 1 N HCl을 이용하여 pH 2.0으로 조절하였으며, 39°C, 150 rpm으로 6시간 반응시켰다. 이후 소장 단계에서는 pancreatin(Sigma-Aldrich)과 bile salts(Sigma-Aldrich)를 각각 최종 농도 100 U/mL 및 10 mM이 되도록 첨가하였으며, 1 N NaOH를 이용하여 pH를 7.5로 조절한 후 39°C, 170 rpm 조건에서 18시간 반응시켰다. 소화가 완료된 시료는 0.22 µm membrane filter(Millipore, Burlington, MA, USA)를 이용하여 여과하였으며, 여과된 전체 소화 분해물(whole)은 별도로 회수하여 동결건조 후 분말 형태로 제조하였다. 이후 일부 시료는 5 kDa molecular weight cut-off ultrafiltration membrane(Amicon Ultra-15, Millipore)을 사용하여 분획하였으며, 5 kDa 이하 분획(<5 kDa)과 5 kDa 초과 분획(>5 kDa)을 각각 회수하였다. 모든 분획 시료는 동결건조 후 분말 형태로 보관하였으며, 세포 실험에 사용하기 전 멸균 증류수에 재용해한 후 0.22 µm filter로 재여과하여 사용하였다.

2. 세포 배양

마우스 유래 대식세포주인 RAW264.7 세포는 American Type Culture Collection(ATCC, Rockville, MD, USA)로부터 분양받아 사용하였다. 세포는 10% fetal bovine serum(FBS, Gibco, Grand Island, NY, USA)과 1% Penicillin-streptomycin(welgene Inc., Gyeongsan, Korea)이 첨가된 Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM, Welgene) 배지를 사용하였으며, 37°C, 5% CO₂ 조건의 humidified incubator에서 배양하였다. 배지는 2~3일 간격으로 교체하였으며, 세포가 약 80% confluence에 도달하였을 때 계대배양하여 실험에 사용하였다. 항염증 활성 평가를 위해 RAW264.7 세포에 시료를 농도별로 처리하여 1시간 동안 전처리한 후, lipopolysaccharide(LPS, 1 µg/mL)를 처리하여 염증 반응을 유도하였다.

3. 세포생존율 측정

세포독성은 EZ-Cytox cell viability assay kit(Daeil Lab

Service, Seoul, Republic of Korea)를 이용하여 측정하였다. RAW264.7 세포를 96-well plate에 분주하여 24시간 동안 안정화한 후, 시료를 각 50, 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ 로 처리하여 24시간 배양하였다. 배양 종료 후 각 well에 EZ-Cytox 시약을 10 μL 씩 첨가하고 37°C에서 1시간 반응시킨 다음, microplate reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포생존율은 대조군 대비 백분율로 계산하였다.

4. NO 생성 억제량 측정

RAW264.7 세포에서 nitric oxide(NO) 생성량은 Nitric oxide Assay kit(abcam, Cambridge, UK)를 이용하여 측정하였다. 세포를 96-well plate에 분주하여 24시간 동안 배양한 후, 시료를 농도별로 처리하여 1시간 동안 전처리한 다음 LPS(1 $\mu\text{g/mL}$)를 처리하였다. 배양 후 상층액을 회수하여 제조사의 지침에 따라 반응시킨 후, microplate reader를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. NO 생성 억제율은 LPS 처리군 대비 백분율(%)로 계산하였다.

5. Quantitative real-time PCR(qRT-PCR)

RAW264.7 세포에서 염증 관련 유전자 발현을 분석하기 위해 qRT-PCR을 수행하였다. 세포에 시료를 농도별로 처리하여 1시간 전처리한 후 LPS(1 $\mu\text{g/mL}$)를 처리하였다. 이후 Trizol reagent(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)를 이용하여 총 RNA를 추출하였다. RNA의 농도와 순도는 spectrophotometer를 이용하여 확인하였으며, 동일한 양의 RNA를 사용하여 cDNA synthesis kit(Invitrogen)를 통해 cDNA를 합성하였다. 이후 SYBR Green PCR master mix(Invitrogen)를 사용하여 qRT-PCR을 수행하였다. 염증 관련 유전자(iNOS, COX-2)의 발현을 분석하였으며, β -actin을 내부 대조군으로 사용하였다.

6. Western blot analysis

RAW264.7 세포에 시료를 농도별로 처리하여 1시간 전처리한 후 LPS(1 $\mu\text{g/mL}$)를 처리하였다. 이후 세포를 ice-cold PBS로 세척하고 RIPA buffer(Sigma-Adlrlich Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 단백질을 추출하였다. 세포 용해액은 4°C에서 원심분리하여 상층액을 회수하였으며, 단백질 농도는 BCA protein assay kit(abcam)를 이용하여 정량하였다. 동일한 양의 단백질(20 μg)을 SDS-PAGE로 분리한 후 nitrocellulose membrane으로 전이하였다. Membrane은 5%

skim milk로 1시간 blocking한 후, 1차 항체(iNOS, COX2, p38, p-p38, JNK, p-JNK, β -actin)와 4°C에서 overnight 반응시켰다. 이후 HRP-conjugated secondary antibody와 반응시킨 후 ECL-detection reagent를 이용하여 단백질 밴드를 확인하였다. 단백질 발현은 β -actin을 기준으로 정량하였으며, ImageJ software(NIH, USA)를 이용하여 상대 발현량을 분석하였다.

7. 전염증성 사이토카인 분비량 측정

RAW264.7 세포에서 전염증성 사이토카인(TNF- α , IL-6, IL-1 β)의 분비량은 enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) kit(R&D systems, Minneapolis, MN, USA)를 이용하여 측정하였다. 세포를 96-well plate에 분주하여 24시간 배양한 후, 시료를 농도별로 처리하여 1시간 전처리한 다음 LPS(1 $\mu\text{g/mL}$)를 처리하였다. 배양 후, 상층액을 회수하여 1,000 \times 에서 3분간 원심분리한 뒤 상층액을 사용하여 제조사의 지침에 따라 실험을 수행하였다. 각 사이토카인의 농도는 microplate reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

8. 통계 분석

모든 실험 결과는 평균 \pm 표준편차로 나타내었으며, 모든 실험은 3회 이상 반복 수행하였다. 통계 분석은 SPSS 프로그램(ver. 28, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 실험군 간의 평균 차이에 대한 사후 검정은 Duncan's multiple range test를 통해 사후검정을 수행하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 세포독성평가

돈육 유래 소화 분해물의 세포독성을 평가하기 위하여 RAW264.7 세포에 시료를 농도별(50, 100, 200 $\mu\text{g/mL}$)로 처리한 후 세포 생존율을 측정하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이, 돈육 소화 분해물(whole)은 모든 처리 농도에서 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않아 대식세포에 대한 독성이 없음을 확인하였다. 분자량 분획물에 따른 영향을 살펴보면, 모든 농도 범위에서 대조군과 대등한 수준의 생존율을 일관되게 유지하여, 분획 과정에서 유입될 수 있는 유해 물질이나 펩타이드 자체에 의한 독성이 나타나지 않음을 확인하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 제조된 돈육 유래 소화 분해물이

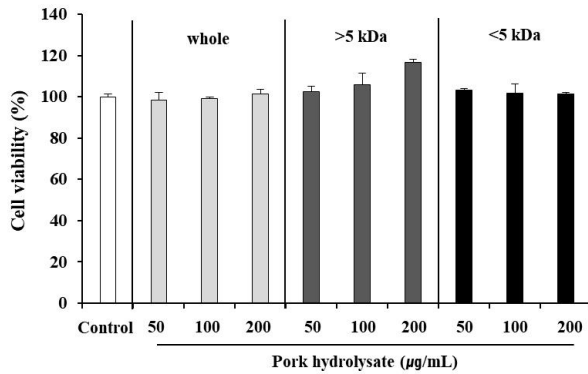


Fig. 1. Effects of pork hydrolysates and their molecular weight fractions on the viability of RAW264.7 cells. Cells were treated with different concentrations (50, 100, and 200 µg/mL) of whole hydrolysate, >5 kDa fraction, and <5 kDa fraction for 24 h. Cell viability was measured using the EZ-Cytox cell viability assay kit. The values represent the mean±SD (n=3).

RAW264.7 세포에 대해 독성을 나타내지 않으며, 실험에 적용된 농도 범위가 세포 생존에 영향을 미치지 않는 안전한 수준임을 의미한다.

2. iNOS 및 COX-2 mRNA 발현 억제 효과

염증 반응의 주요 매개체인 NO와 Prostaglandin E₂(PGE₂)는 각각 iNOS와 COX-2라는 효소에 의해 합성된다(Weinberg JB 2000). 따라서 이들 유전자의 발현을 억제하는 것은 항염증 활성을 평가하는 데 중요한 지표이다. 돈육 유래 소화 분해물이 염증 관련 유전자 발현에 미치는 영향을 확인하기 위하여 RAW264.7 세포에서 iNOS 및 COX-2 mRNA 발현을 분석하였다(Fig. 2). 대조군과 비교하여 LPS 단독 처리군에서는 iNOS와 COX-2의 mRNA 발현량이 각각 약 4.2배 및 5.2배로 유의적으로 증가하였다. 그러나 돈육 뒷다리 소화 분해물 및 분획물을 처리했을 때 모든 시료군에서는 두 유전자의 발현이 농도 의존적으로 감소하는 경향을 보였다. 분획 간 비교 결과, 분자량이 낮을수록 iNOS 및 COX-2 발현 억제 효과가 더욱 크게 나타났으며, 동일 농도에서 <5 kDa 분획이 가장 우수한 억제 활성을 보였다. 이러한 결과는 돈육 단백질이 소화 과정을 거치며 생성된 펩타이드 중, 분자량이 작은 저분자 펩타이드가 대식세포 내 염증 신호 전달 체계에 더 효과적으로 관여함을 시사한다. 기존 연구에 따르면 2~20개의

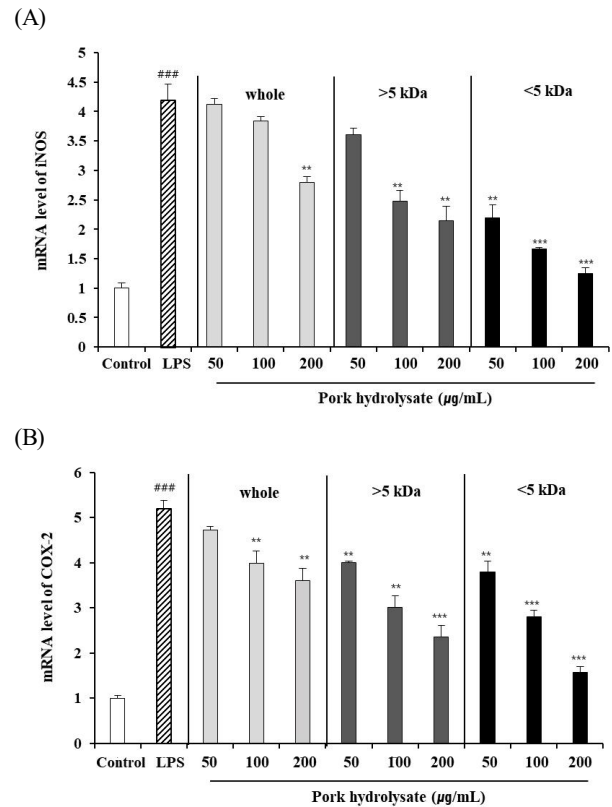


Fig. 2. Effects of pork hydrolysates and their molecular weight fractions on the mRNA expression of (A) iNOS and (B) COX-2 in LPS-stimulated RAW264.7 cells. RAW264.7 cells were pretreated with different concentrations (50, 100, and 200 µg/mL) of whole hydrolysate, >5 kDa fraction, and <5 kDa fraction for 1 h, followed by stimulation with LPS (1 µg/mL) for 24 h. The mRNA levels were determined by qRT-PCR and normalized to β-actin as an internal control. The values represent the mean±SD (n=3). ### $p < 0.001$ compared to the control group (without LPS). ** $p < 0.01$ and *** $p < 0.001$ compared to the LPS-alone treated group.

아미노산으로 구성된 저분자 펩타이드는 고분자 단백질보다 세포막의 수용체와의 결합이 용이하고 세포 내부로의 이행이 원활하여 높은 생리활성을 나타낸다고 보고된 바 있으며 (Wang 등 2022), 본 연구 결과 또한 이러한 경향과 일치한다.

3. NO 생성 억제 효과

대식세포인 RAW264.7 세포는 LPS 자극을 받으면 다량의 NO를 생성하며, 과도한 NO 생성은 염증 반응을 심화시키고

조직 손상을 유발하는 것으로 알려져 있다(Cao 등 2019). 돈육 유래 소화 분해물이 염증 매개물질 생성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 NO 생성량을 측정하였다(Fig. 3). LPS 처리군에서는 NO 생성량이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으며, 이는 염증 반응이 정상적으로 유도되었음을 나타낸다. 시료를 처리한 결과, 모든 분획에서 NO 생성이 농도 의존적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 분획별 비교 결과, 5 kDa 이하 분획에서 가장 우수한 NO 생성 억제 효과가 나타났으며, 이는 앞서 확인된 iNOS와 COX-2 mRNA 발현 감소 경향과 일치하였다. 반면 whole 및 5 kDa 이상 분획에서는 상대적으로 낮은 억제 효과가 나타났으나, 여전히 유의적인 감소를 보였다. NO는 과도하게 생성될 경우 조직 손상 및 염증 반응을 촉진하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 확인된 NO 생성 억제 효과는 돈육 유래 소화 분해물이 염증 반응을 억제할 수 있음을 시사하며, 이는 앞선 유전자들의 발현 결과와 일관된 경향을 보인다. 종합적으로, 돈육 유래 소화 분해물은 특히 저분자 분획에서 NO 생성 억제 효과가 우수하게 나타났으며, 이는 항염증 활성의 주요 기전 중 하나로 작용할 가능성을 시사한다.

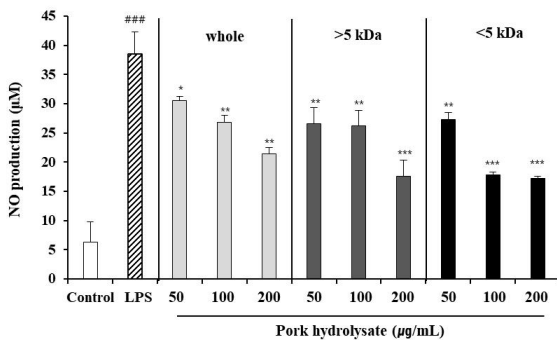


Fig. 3. Effects of pork hydrolysates and their molecular weight fractions on NO production in LPS-stimulated RAW264.7 cells. RAW264.7 cells were pretreated with different concentrations (50, 100, and 200 µg/mL) of whole hydrolysate, >5 kDa fraction, and <5 kDa fraction for 1 h, followed by stimulation with LPS (1 µg/mL) for 24 h. NO production in the culture supernatant was measured using Griess reagent. The values represent the mean±SD (n=3). ###*p*<0.001 compared to the control group (without LPS). **p*<0.05, ***p*<0.01 and ****p*<0.001 compared to the LPS-alone treated group.

4. 전염증성 사이토카인(TNF-α, IL-6, IL-1β) 분비 억제 효과

전염증성 사이토카인은 대식세포가 외부 자극(LPS 등)을 받았을 때 분비되는 주요 면역 조절 인자로, 과도한 분비는 만성 염증 및 조직 손상의 직접적인 원인이 된다(Soromou 등 2012). 돈육 유래 소화 분해물이 염증성 사이토카인 분비에 미치는 영향을 평가하기 위하여 RAW264.7 세포에서 TNF-α, IL-6, IL-1β의 생성량을 측정하였다(Fig. 4). LPS 자극에 의해 TNF-α, IL-6, IL-1β의 분비량은 대조군 대비 각각 약 2배, 6배, 5.5배 이상 급격히 증가하였다. 그러나 돈육 소화 분해물 및 분획물을 처리했을 때 증가된 사이토카인의 분비가 전반적으로 억제되는 양상을 보였다. 시료 처리 결과, 모든 분획에서 TNF-α, IL-6, IL-1β의 생성이 농도 의존적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 분획 간 비교 결과 5 kDa 이하 분획에서 가장 강한 억제 활성이 나타났으며, 동일 농도 조건에서 whole 및 5 kDa 이상 분획보다 우수한 효과를 보였다. TNF-α, IL-6, IL-1β는 대표적인 전염증성 사이토카인으로, 염증 반응의 초기 단계에서 중요한 역할을 하며 다양한 염증 신호전달 경로를 활성화하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 확인된 사이토카인 생성 억제 효과는 돈육 유래 소화 분해물이 염증 반응 조절과 관련될 수 있음을 시사한다. 특히 이러한 결과는 앞서 확인된 iNOS 및 COX-2 mRNA 발현 감소와 NO 생성 억제 결과와 일관된 경향을 나타내며, 돈육 유래 소화 분해물이 염증 관련 유전자 발현, 효소 활성 및 사이토카인 분비를 동시에 조절함으로써 항염증 활성을 나타낼 가능성을 시사한다.

5. iNOS 및 COX-2 단백질 발현 억제 효과

앞선 결과에서 저분자 분획(<5 kDa)이 가장 우수한 항염증 활성을 나타냄에 따라, 해당 분획을 대상으로 iNOS 및 COX-2 단백질 발현을 분석하였다. Fig. 5에 나타난 바와 같이, LPS 단독 처리군에서는 iNOS와 COX-2 단백질 발현이 대조군 대비 현저하게 상향 조절되었다. 반면, <5 kDa 분획을 처리한 경우 iNOS 및 COX-2 단백질 발현이 농도 의존적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 고농도 처리군에서 가장 뚜렷한 억제 효과를 나타내었다. 이러한 결과는 조제된 저분자 돈육 분획물이 mRNA의 전사 단계뿐만 아니라, 최종 산물인 단백질의 번역 단계까지 종합적으로 조절함으로써 항염증 효과 가능성을 시사한다.

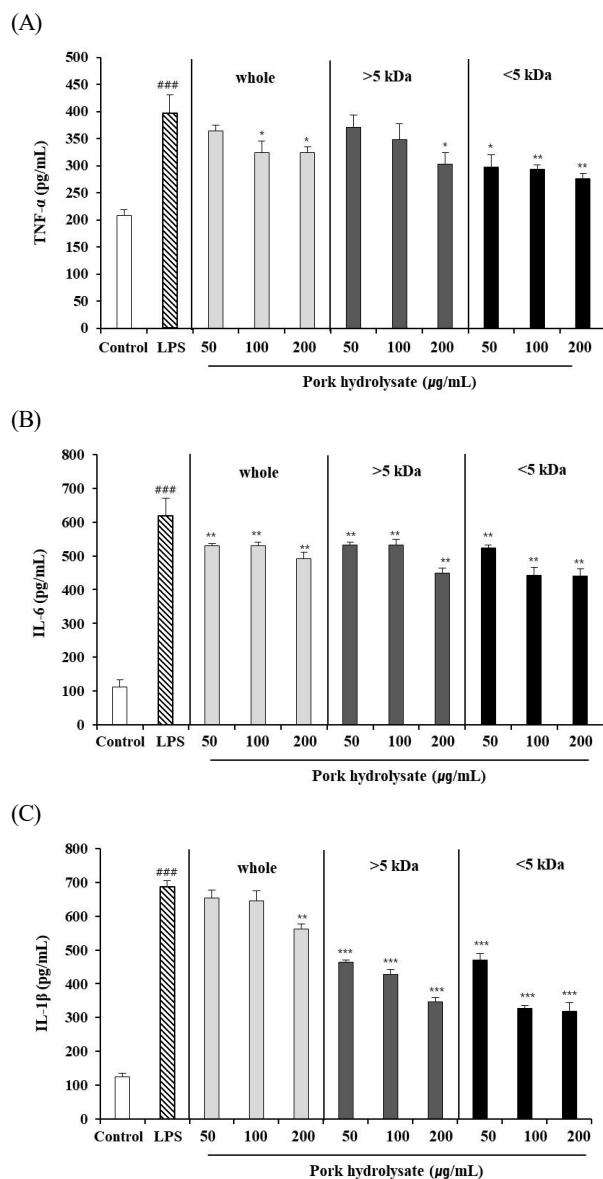


Fig. 4. Effects of pork hydrolysates and their molecular weight fractions on the secretion of pro-inflammatory cytokines (A) TNF- α , (B) IL-6 and (C) IL-1 β in LPS-stimulated RAW264.7 cells. RAW264.7 cells were pretreated with different concentrations (50, 100, and 200 $\mu\text{g/mL}$) of whole hydrolysate, >5 kDa fraction, and <5 kDa fraction for 1 h, followed by stimulation with LPS (1 $\mu\text{g/mL}$) for 24 h. The values represent the mean \pm SD (n=3). ### p <0.001 compared to the control group (without LPS). * p <0.05, ** p <0.01 and *** p <0.001 compared to the LPS-alone treated group.

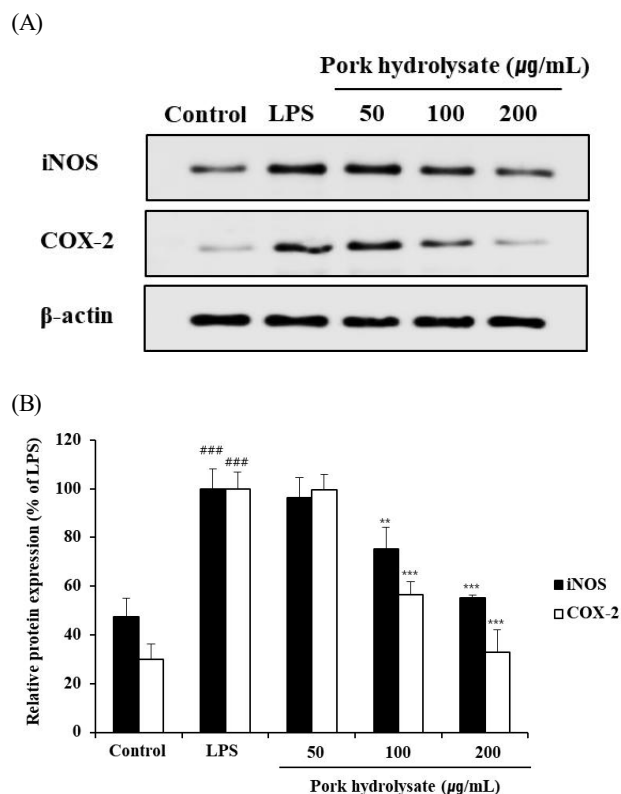
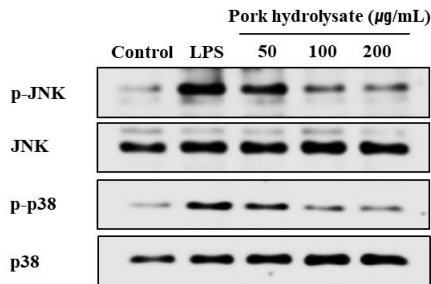


Fig. 5. Effects of <5 kDa pork hydrolysate fraction on the protein expression of iNOS and COX-2 in LPS-stimulated RAW264.7 cells. Representative western blot bands and relative protein expression levels normalized to β -actin. Cells were pretreated with different concentrations (50, 100, and 200 $\mu\text{g/mL}$) of the <5 kDa fraction for 1 h, followed by stimulation with LPS (1 $\mu\text{g/mL}$) for 24 h. The values represent the mean \pm SD (n=3). ### p <0.001 compared to the control group (without LPS), ** p <0.01 and *** p <0.001 compared to the LPS-alone treated group.

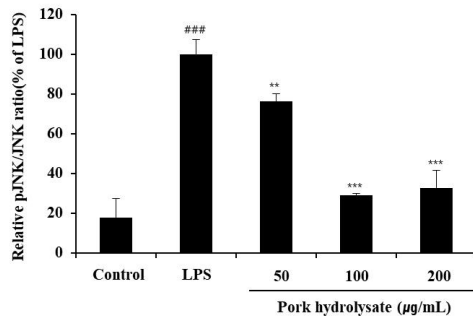
6. MAPK signaling pathway 관련 단백질 발현(p-JNK, p-p38) 억제 효과

LPS 자극은 대식세포 표면의 TLR4 수용체를 활성화하여 MAPK 신호전달 경로의 인산화를 유도한다. MAPK 경로 중 JNK와 p38은 염증 유전자 발현을 조절하는 전사인자인 NF- κ B와 AP-1의 활성화에 결정적인 역할을 한다(Matsuguchi 등 2003; Thobe 등 2007). 돈육 유래 소화 분해물의 항염증 작용과 관련된 신호전달 경로를 확인하기 위하여 MAPK 경로의 주요 인자인 JNK와 p38의 인산화 수준을 분석하였다(Fig. 6).

(A)



(B)



(C)

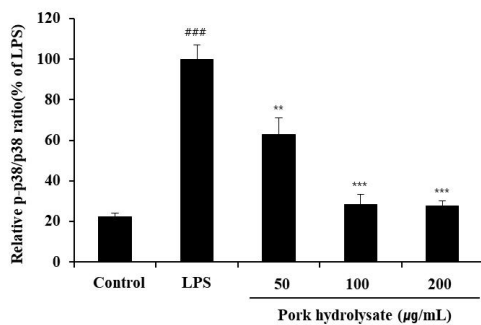


Fig. 6. Effects of <5 kDa pork hydrolysate fraction on the phosphorylation of JNK and p38 in LPS-stimulated RAW264.7 cells. Representative western blot bands, relative ratio of p-JNK/JNK, and relative ratio p-p38/p38 are shown. The expression levels were normalized to their respective total protein forms. Cells were pretreated with different concentrations (50, 100, and 200 µg/mL) of the <5 kDa fraction for 1 h, followed by stimulation with LPS (1 µg/mL) for 24 h. The values represent the mean±SD (n=3). ####*p*<0.001 compared to the control group (without LPS). ***p*<0.01 and ****p*<0.001 compared to the LPS-alone treated group.

MAPK 경로는 LPS 자극에 의해 활성화되어 iNOS, COX-2 및 전염증성 사이토카인의 발현을 상위에서 조절하는 핵심 경로로 알려져 있다. Fig. 6에서 확인한 바와 같이, LPS 처리 시 RAW264.7 세포 내 JNK와 p38의 인산화 수준이 대조군 대비 현저하게 증가하였다. 그러나 <5 kDa 분획물을 농도별로 처리했을 때 p-JNK 및 p-p38의 발현이 농도 의존적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 돈육 유래 저분자 분획이 MAPK 신호전달 경로, 특히 JNK와 p38의 인산화 조절과 관련될 수 있으며, 이를 통해 염증 반응에 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

요약 및 결론

본 연구에서는 돼지고기 뒷다리육을 이용하여 체외 소화 과정을 통해 제조된 소화 분해물의 항염증 활성을 평가하고 관련 기전을 탐색하고자 하였다. 돈육 시료를 위 및 소장 소화 과정을 모사하여 분해한 후 분자량에 따라 분획하였으며, 이를 RAW264.7 대식세포를 이용하여 항염증 활성을 분석하였다. 그 결과, 돈육 유래 소화 분해물은 모든 처리 농도에서 세포독성을 나타내지 않았으며, nitric oxide(NO) 생성 및 전염증성 사이토카인(TNF-α, IL-6, IL-1β) 분비를 유의적으로 억제하였다. 또한 iNOS 및 COX-2의 mRNA 및 단백질 발현을 감소시켰으며, 특히 5 kDa 이하 저분자 분획에서 가장 우수한 억제 효과를 나타내었다. 아울러 MAPK signaling pathway 관련 단백질인 JNK 및 p38의 인산화가 억제됨을 확인하였으며, 이는 돈육 유래 소화 분해물이 염증 신호전달 경로를 조절함으로써 항염증 활성과 관련될 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구 결과는 돈육 유래 소화 분해물, 특히 저분자 분획이 RAW264.7 대식세포 모델에서 염증 관련 인자 및 신호전달 경로를 조절함으로써 항염증 활성을 나타낼 수 있음을 시사한다(Fig. 7). 그러나 본 연구는 돈육 유래 소화 분해물의 항염증 활성을 세포 수준에서 평가한 것으로, 활성 성분에 대한 분자량 분포, 펩타이드 조성 등 성분학적 분석이 충분히 이루어지지 못한 한계가 있다. 또한 본 실험에서 사용된 농도 범위는 실제 식이 섭취 환경과 차이가 있을 수 있으며, 이에 따라 본 결과를 직접적인 생체 내 효과로 해석하는 데에는 제한이 있다. 향후 연구에서는 활성 성분의 규명 및 동물모델을 통한 생리적 유효성 검증이 필요하다.

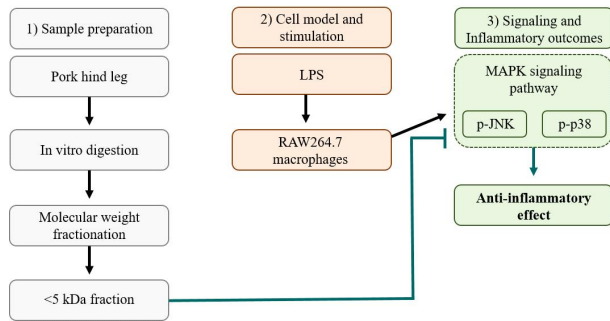


Fig. 7. Proposed mechanism underlying the anti-inflammatory effects of the <5 kDa pork hydrolysate fraction in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. The <5 kDa fraction derived from pork hind leg digestive hydrolysates suppresses LPS-induced inflammatory responses in RAW264.7 macrophages. The fraction inhibits the phosphorylation of JNK and p38 in the MAPK signaling pathway, leading to decreased expression of iNOS and COX-2. As a result, NO production and the secretion of pro-inflammatory cytokines, including TNF- α , IL-6, and IL-1 β , are reduced, thereby exerting anti-inflammatory effects.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2022-RD010371)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Ahn TW, Lim SR, Wang SK. 2002. Effect of Kimchi containing *Cordyceps sinensis* extract on the immune function of Balb/c mice. *J Soc Prev Korean Med* 6:156-167
- Bae MJ, Shin HS, See HJ, Chai OH, Shon DH. 2014. Cheonggukjang ethanol extracts inhibit a murine allergic asthma via suppression of mast cell-dependent anaphylactic reactions. *J Med Food* 17:142-149
- Cao Y, Chen J, Ren G, Zhang Y, Tan X, Yang L. 2019. Punicalagin prevents inflammation in LPS-induced RAW264.7 macrophages by inhibiting FoxO3a/autophagy signaling pathway. *Nutrients* 11:2794
- Chavda VP, Feehan J, Apostolopoulos V. 2024. Inflammation: The cause of all diseases. *Cells* 13:22
- Chen L, Deng H, Cui H, Fang J, Zuo Z, Deng J, Li Y, Wang X, Zhao L. 2017. Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget* 9:7204-7218
- Fadimu GJ, Le TT, Gill H, Farahnaky A, Olatunde OO, Truong T. 2022. Enhancing the biological activities of food protein-derived peptides using non-thermal technologies: A review. *Foods* 11:1823
- Garrido-Ortiz ER, Morales-Camacho JI. 2025. Production of protein hydrolysates with antioxidant and antihypertensive activity from edible larvae of *Aegiale hesperiaris* and *Comadia redtenbacheri*. *Foods* 14:2124
- Lee DB, Jang KA, Hwang IS, Kang MS, Seo MK, Kim HR, Yoo SM. 2023. Analysis of nutrient content by digestion phase of legumes using an *in vitro* digestion model. *Korean J Food Nutr* 36:368-378
- Lee YS, Kim J, Seo YH. 2025. Anti-oxidant and anti-inflammatory activities of *Allium wakegi* Araki root extract. *Korean J Food Nutr* 38:388-396
- Matsuguchi T, Masuda A, Sugimoto K, Nagai Y, Yoshikai Y. 2003. JNK interacting protein 3 associates with Toll like receptor 4 and is involved in LPS mediated JNK activation. *EMBO J* 22:4455-4464
- Ren Z, Yang F, Yao S, Bi L, Jiang G, Huang J, Tang Y. 2022. Effects of low molecular weight peptides from monkfish (*Lophius litulon*) roe on immune response in immunosuppressed mice. *Front Nutr* 9:929105
- Rzhepakovsky I, Piskov S, Avanesyan S, Dudchik N, Sizonenko M, Timchenko L, Kurchenko V, Osadchy A, Nagdalian A, Jafari SM. 2025. Functional and health-promoting bioactivities of fractions derived from chicken embryo hydrolysates. *Food Res Int* 219:117058
- Sanjeewa KKA, Fernando IPS, Kim EA, Ahn G, Jee Y, Jeon YJ. 2017. Anti-inflammatory activity of a sulfated polysaccharide isolated from an enzymatic digest of brown seaweed *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. *Nutr Res Pract* 11:3-10
- Seo K, Cho HW, Jeon JH, Kim CH, Lim S, Jeong S, Kim K, Chun JL. 2022. Influence of bile salts and pancreatin on dog food during static *in vitro* simulation to mimic *in vivo* digestion. *Animals* 12:2734

- Soromou LW, Zhang Z, Li R, Chen N, Guo W, Huo M, Guan S, Lu J, Deng X. 2012. Regulation of inflammatory cytokines in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 murine macrophage by 7-O-methyl-naringenin. *Molecules* 17:3574-3585
- Thobe BM, Frink M, Hildebrand F, Schwacha MG, Hubbard WJ, Choudhry MA, Chaudry IH. 2007. The role of MAPK in Kupffer cell toll-like receptor (TLR) 2-, TLR4-, and TLR9-mediated signaling following trauma-hemorrhage. *J Cell Physiol* 210:667-675
- Wang L, Wang N, Zhang W, Cheng X, Yan Z, Shao G, Wang X, Wang R, Fu C. 2022. Therapeutic peptides: Current applications and future directions. *Signal Transduct Target Ther* 7:48
- Weinberg JB. 2000. Nitric oxide synthase 2 and cyclooxygenase 2 interactions in inflammation. *Immunol Res* 22:319-341
- Wojtunik-Kulesza K, Oniszczyk A, Oniszczyk T, Combrzyński M, Nowakowska D, Matwijczuk A. 2020. Influence of *in vitro* digestion on composition, bioaccessibility and antioxidant activity of food polyphenols: A non-systematic review. *Nutrients* 12:1401
- Zhu F, Du B, Xu B. 2018. Anti-inflammatory effects of phytochemicals from fruits, vegetables, and food legumes: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58:1260-1270
-

Received 09 April, 2026

Revised 11 May, 2026

Accepted 09 June, 2026

20·30대 여성의 인플루언서 모방행동, 신체 존중감 및 식이 태도 간 연관성

이민영 · 이재연* · †박영일**

숙명여자대학교 교육대학원 영양교육전공 석사과정, *숙명여자대학교 식품영양학과 조교수,
**숭의여자대학교 식품영양과 조교수

Associations between Influencer Imitation, Body Esteem, and Eating Attitudes among Women in Their 20s and 30s

Min Young Lee, Jane J. Lee* and †Young-Il Park**

Graduate Student, Major in Nutrition Education, Graduate School of Education, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

*Assistant Professor, Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

**Assistant Professor, Department of Food and Nutrition, Soongyei Women's University, Seoul 04628, Korea

Abstract

This study investigated the effects of social media influencer imitation on body esteem and eating attitudes among women in their 20s and 30s. The aim was to inform healthy weight management and nutrition education in SNS environments. An online survey of 200 women aged 20 - 39 was conducted from January 16–20, 2026. Data were analyzed using SPSS 28.0 and AMOS, employing factor analysis, reliability testing, and structural equation modeling. Results showed that appearance-related imitation was the most prevalent, accompanied by negative body perception and a prominent fear of weight gain. Imitation behaviors did not significantly impact body esteem. However, cognitive imitation increased body distortion, dieting, and inappropriate eating, while behavioral imitation specifically affected body distortion. Conversely, higher body esteem reduced all eating-related risk factors. The findings suggest that cognitive imitation may elevate risk, whereas body esteem serves as a protective factor. This highlights the importance of educational interventions promoting critical SNS use and positive body image.

Key words: influencer, imitation behavior, body esteem, eating attitude, nutrition education

서 론

최근 소셜 미디어(social networking service, SNS)는 단순한 소통 도구를 넘어 개인의 가치관, 생활방식, 외모 인식에 중요한 영향을 미치는 매체로 자리 잡았다(Wang 등 2025). 특히 인스타그램, 유튜브, 틱톡과 같은 시각 중심 플랫폼은 이상화된 미적 기준을 빠르게 확산시키며 이용자의 인식과 행동에 영향을 미치고 있다(Lee & Lee 2017; Lee MS 2019). 이러한 환경에서 인플루언서는 다양한 사용자에게 영향력을 행사하는 존재로, 일반인도 콘텐츠 생산과 공유를 통해 인플

루언서가 될 수 있는 구조가 형성되었으며(Park 등 2014; Lee & Ahn 2018), 특히 신체존중감과 식이태도와 같은 개인의 인식과 행동에 중요한 영향을 미칠 수 있다(Kim & Lim 2015; Jeon & Chung 2024).

20·30대 여성은 SNS 이용률이 높고 외모에 대한 사회문화적 압력에 민감한 집단으로, 인플루언서가 제시하는 이상적 신체 이미지와 다이어트 방식에 영향을 받을 가능성이 크다(Kim D 2021; Sinn & Park 2021). 이는 신체 이미지 왜곡이나 극단적인 체중조절 행동으로 이어질 수 있다(Oh HS 2020).

† Corresponding author: Young-Il Park, Assistant Professor, Dept. of Food and Nutrition, Soongyei Women's University, Seoul 04628, Korea. Tel: +82-2-3708-9250, E-mail: zeroonetwo@sewc.ac.kr

모방행동(imitation behavior)은 타인의 행동과 태도를 관찰하고 이를 재현하려는 사회적 학습 과정으로 정의되며(Bandura A 1962), 제스처, 언어, 행동, 사고 등 다양한 양식을 포함하는 복합적 현상이다(Florit-Pons 등 2026). 특히 사회적으로 주목받거나 자신과 유사하다고 인식되는 대상일수록 모방 가능성이 높아지며(Stein 등 2024), SNS 환경에서는 인플루언서가 이러한 주요 대상이 된다(Li 등 2022). 인플루언서는 이상적인 신체 이미지와 라이프스타일을 제시하며, 반복적 노출은 이용자와의 비교를 유발하고 실제 행동으로 이어질 수 있다(Hwang SE 2022; Wang D 2023). 특히 외모, 체형, 식습관과 같은 신체 관련 요소는 주요 모방 대상이 되며, 이용자는 인플루언서의 가치관과 태도를 수용하는 인식적 측면의 모방뿐 아니라 식습관이나 체중조절 행동 등을 실제로 재현하는 행동적 모방을 보이기도 한다. 이러한 모방행동은 개인의 신체 인식과 행동 변화에 영향을 미칠 수 있다(Kwon OH 2023). 그러나 기존 연구는 인플루언서 모방행동의 선행요인에 집중되어 있으며, 이러한 모방행동이 신체존중감이나 식이 태도와와의 관계를 다룬 연구는 부족한 실정이다.

신체존중감은 자신의 신체에 대한 전반적인 평가와 감정을 의미하며(Mendelson 등 2001), 자기존중감 및 신체이미지와 밀접하게 관련된 심리적 개념이다(Kim JH 2025). 높은 신체존중감은 자신의 신체를 긍정적으로 수용하는 경향을 보이는 반면, 낮은 신체존중감은 체형 불만족과 신체 왜곡으로 이어질 수 있다(Lee 등 2022). 청소년을 대상으로 한 연구에서도 체중조절 여부에 따라 신체만족도와 자아존중감에 유의한 차이가 나타나는 것으로 보고되어(Song HJ 2017), 신체에 대한 인식이 개인의 심리적 태도와 밀접하게 관련됨을 확인할 수 있다. 또한 SNS에서 이상화된 신체 이미지에 대한 반복적 노출과 비교는 신체존중감을 저하시킬 수 있으며(Quan & Zhang 2024; Seung JS 2024), 이는 식이 태도 형성에도 밀접하게 연결된다.

식이태도는 음식 섭취와 체중 조절과 관련된 인식적·행동적 특성을 포함하는 개념으로(Lee 등 1998), 다이어트 행동, 폭식, 음식 집착 등 다양한 형태로 나타난다(Janahi 등 2024). 특히 다이어트 행동은 체중 감량을 위한 절식이나 식사 제한 행동 등으로 나타나며, 자신의 체형을 부정적으로 인식할수록 이러한 체중조절행동이 증가하는 경향이 보고되었고(Seo 등 2018), 부적절 섭식행동은 신체에 대한 부정적 인식과 신체 불만족 증가와 관련된 것으로 보고되었다(Ki & Lee 2025). 또한, 신체왜곡은 실제 체형과 관계없이 자신의

신체를 부정적으로 평가하게 하며, 이는 식이 제한이나 극단적 체중조절 행동으로 이어질 수 있다(Stice & Shaw 2002). 이러한 식이태도는 사회·문화적 환경과 심리적 요인의 영향을 크게 받으며(Lim & Won 2023), 특히 이상적 체형 기준의 내면화와 신체 비교 경험은 부적응적 섭식 행동을 유발할 수 있다(Lim & Seol 2023; Kim JH 2025). 나아가 최근 SNS를 통한 인플루언서의 다이어트 및 식단 관련 콘텐츠는 이러한 식이태도 형성에 중요한 영향을 미치며, 이용자들은 이를 참고하여 자신의 체중조절 행동을 형성하는 경향을 보인다(Kim & Yeon 2017; Kim GB 2022). 이를 바탕으로 본 연구에서는 식이태도를 신체왜곡, 부적절 섭식행동 및 다이어트 행동의 하위요인으로 구성하여 살펴보았다.

이에 본 연구는 20·30대 여성을 대상으로 SNS 인플루언서 모방행동이 신체존중감과 식이 태도에 미치는 영향을 분석하고, 시각 중심 SNS 환경에서 형성된 신체 인식이 체중조절 및 섭식 태도로 이어지는 과정을 규명하고자 한다. 이를 통해 건강하지 못한 체중조절 행동을 예방하고 올바른 식생활 교육 및 건강한 체중 관리 방안을 위한 기초 자료를 제공하는 데 목적이 있다.

연구 방법

1. 조사대상 및 기간

본 연구는 인플루언서 모방행동이 신체존중감과 식이 태도에 미치는 영향을 알아보기 위해 SNS를 사용해 본 경험이 있는 20세 이상 39세 이하의 성인 이용자를 모집단으로 선정하였다. 리서치 전문기관(주)그로스헬퍼에 설문 목적을 설명한 후 조사를 의뢰하였고, 이메일로 온라인 설문지를 전달 받은 패널 중 자발적 참여 의사를 가진 자만이 설문문에 응답하여 제출하는 방식으로 설문이 진행되었다. 설문 조사는 2026년 1월 16일부터 1월 20일까지 5일간 실시되었으며 총 200부를 회수하였다. 응답 자료를 검토한 결과 불성실 응답이나 결측치는 발견되지 않아 200부(100%)의 유효 표본이 결과분석에 사용되었다.

본 연구의 계획 및 실행의 모든 과정은 숙명여자대학교 기관 생명윤리위원회의 승인(SMWU-2512-HR-123)을 얻고 수행하였다.

2. 조사 방법 및 내용

연구대상자의 일반적 특성으로는 나이, 거주 지역, SNS 이

용 여부, 사용 SNS, 인플루언서 팔로우 여부, SNS 방문 빈도 및 하루 시청시간, 영양 상태 정도의 8문항으로 구성하였다. 인플루언서 모방행동(Lee 등 2001; Shin & Yeom 2024)은 인식적 모방행동, 행동적 모방행동에 관한 총 8문항으로 구성하였다. 신체존중감(Kim WS 2007; Park TE 2009)은 외모 존중감, 체중 존중감에 관한 7문항으로 구성하였다. 식이태도(Lee 등 2001; Lim OY 2019)는 신체왜곡, 부적절 섭식행동, 다이어트 행동에 관한 총 10문항으로 구성되었다. 모든 문항은 본 연구에 맞게 수정 및 보완하였으며 일반적 특성을 제외하고 모두 리커트 5점 척도를 이용해 측정했다.

3. 연구모형 및 연구가설

인플루언서 모방행동이 신체존중감과 식이 태도에 미치는 영향을 알아보하고자 Fig. 1과 같은 연구 가설을 설정하였다.

가설 1. 인플루언서 모방행동은 신체존중감에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H1-1. 인식적 모방행동은 신체존중감에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H1-2. 행동적 모방행동은 신체존중감에 유의한 영향을 미칠 것이다.

가설 2. 신체존중감은 식이 태도에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-1. 신체존중감은 신체왜곡에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-2. 신체존중감은 부적절 섭식행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H2-3. 신체존중감은 다이어트 행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

가설 3. 인플루언서 모방행동은 식이 태도에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-1. 인식적 모방행동은 신체왜곡에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-2. 인식적 모방행동은 부적절 섭식행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-3. 인식적 모방행동은 다이어트 행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-4. 행동적 모방행동은 신체왜곡에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-5. 행동적 모방행동은 부적절 섭식행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

H3-6. 행동적 모방행동은 다이어트 행동에 유의한 영향을 미칠 것이다.

4. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS Statistics(Ver. 28.0 IBM Corp., Armonk, USA) 프로그램을 이용해 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성을 파악하기 위해 빈도분석을 실시하였고, 측정도구의 타당성 검증을 위해 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 실시하였다. 탐색적 요인에서는 주성분 분석과 베리맥스 회전을 적용하였다. 신뢰도 검증을 위해 Cronbach's α 계수를 산출하였고, 가설 검증을 위해 AMOS를 활용한 구조방식 모형을 적용해 경로분석을 실시하였다.

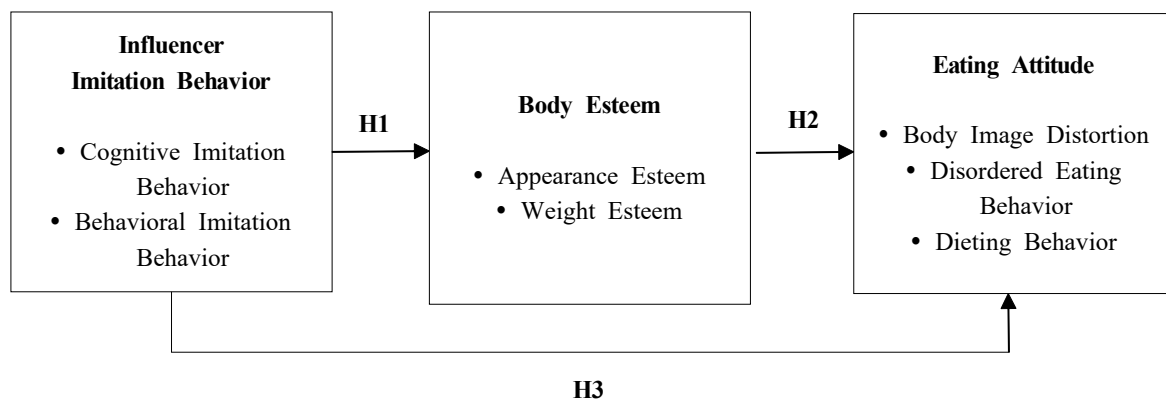


Fig. 1. The research model and hypothesis.

결과 및 고찰

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 총 200명 중 20대 100명(50.0%), 30대 100명(50.0%)이었다. 거주 지역은 수도권 139명(69.5%), 비수도권 61명(30.5%)으로 나타났다. SNS 이용 경험이 있는 대상자를 포함하여 모든 응답자가 ‘예’(100.0%)로 응답하였다. 사용 SNS는 복수 응답으로 인스타그램이 194명(97.0%)으로 가장 높았고, 유튜브 179명(89.5%), X 65명(32.5%), 틱톡 47명(23.5%), 페이스북 34명(17.0%) 순으로 나타났다. SNS 방문 빈도는 ‘하루 여러 번’ 123명(61.5%), ‘하루 1회’ 24명(12.0%), ‘주 3~4회’ 20명(10.0%), ‘주 5~6회’ 19명(9.5%), ‘주 1~2회’ 14명(7.0%) 순이

Table 1. General characteristics of respondents

Characteristics	n (%)	
Age	20s	100 (50.0)
	30s	100 (50.0)
Region of residence	Metropolitan area	139 (69.5)
	Non-metropolitan area	61 (30.5)
SNS usage	Yes	200 (100.0)
SNS platforms used	Instagram	194 (97.0)
	YouTube	179 (89.5)
	X (formerly Twitter)	65 (32.5)
	Facebook	34 (17.0)
	TikTok	47 (23.5)
SNS visit frequency	1-2 times per week	14 (7.0)
	3-4 times per week	20 (10.0)
	5-6 times per week	19 (9.5)
	Once per day	24 (12.0)
	Several times per day	123 (61.5)
Daily SNS viewing time	Less than 1 hour	71 (35.5)
	1-2 hours	64 (32.0)
	2-3 hours	34 (17.0)
	More than 3 hours	31 (15.5)
Self-perceived health and nutritional status	Very poor	9 (4.5)
	Poor	37 (18.5)
	Average	67 (33.5)
	Good	65 (32.5)
	Very good	22 (11.0)

었다. 하루 시청시간은 ‘1시간 미만’ 71명(35.5%), ‘1~2시간 미만’ 64명(32.0%), ‘2~3시간 미만’ 34명(17.0%), ‘3시간 이상’ 31명(15.5%)으로 나타났다. 주관적으로 인식한 건강 및 영양 상태 인식은 ‘보통이다’ 67명(33.5%), ‘좋은 편이다’ 65명(32.5%), ‘나쁜 편이다’ 37명(18.5%), ‘매우 좋은 편이다’ 22명(11.0%), ‘매우 나쁜 편이다’ 9명(4.5%) 순으로 나타났다.

2. 연구 변수에 대한 탐색적 요인분석

연구 변수에 대한 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석의 결과는 Table 2와 같다. 탐색적 요인분석 결과 요인의 공통성이 0.5 이하로 나온 신체존중감 유형 2문항, 식이태도 유형 4문항이 각각 제거되었다.

인플루언서 모방행동 유형은 2개 요인으로 추출되었으며, 요인 1은 ‘행동적 모방’, 요인 2는 ‘인식적 모방’으로 명명하였다. 각 요인의 고유훈(eigen value)은 1 이상, 누적 분산 설명력은 66.649%, 요인적재량은 모두 0.5 이상으로 요인구조의 적합성이 확보되었고, 신뢰도 분석 결과 Cronbach’s α 계수는 행동적 모방행동이 0.881, 인식적 모방행동이 0.752로 나타나 모두 신뢰도가 검증되었다.

신체존중감은 단일 요인으로 추출되어 ‘신체존중감’으로 명명하였다. 고유훈(eigen value)은 1 이상, 누적 분산 설명력은 67.926%, 요인적재량은 모두 0.5 이상으로 요인구조의 적합성이 확보되었고, 신뢰도 분석 결과 Cronbach’s α 계수는 0.877로 나타나 신뢰도가 검증되었다.

식이태도 유형은 3개 요인으로 추출되었으며, 요인 1은 ‘다이어트 행동’, 요인 2는 ‘부적절 섭취행동’, 요인 3은 ‘신체 왜곡’으로 명명하였다. 각 요인의 고유훈(eigen value)은 1 이상, 누적 분산 설명력은 70.566%, 요인적재량은 모두 0.5 이상으로 요인구조의 적합성이 확보되었고, 신뢰도 분석 결과 Cronbach’s α 계수는 다이어트 행동 0.858, 부적절 섭취행동 0.761, 신체 왜곡 0.822로 나타나 모두 신뢰도가 검증되었다.

3. 측정 모형에 대한 확인적 요인분석

측정 모형의 적합도를 검증하기 위해서 확인적 요인 분석을 실시하였다. 모형의 적합도 및 각 적합도 지수의 기준을 Table 3에 제시하였다.

적합도 지수 평가를 통한 측정 모형의 적합도 검증 결과 일부 요인에서 카이제곱값(χ^2)과 RMR(root mean residual)이 기준을 충족하지 못한 것으로 나타났으나, CMIN/DF(chi-square minimized normed fit index), GFI(goodness of fit index),

Table 2. Exploratory factor analysis of imitation behavior of influencers, body esteem, eating attitudes

Variable	Question	Factor			Cronbach's α	
		Factor1	Factor2	Factor3		
Influencer imitation behavior	I have followed diet plans introduced by influencers.	0.864	-	-	0.881	
	I have tried weight-control methods introduced by influencers.	0.853	-	-		
	After watching influencer content, I have tried to reduce my food intake or avoid certain foods.	0.781	-	-		
	I have purchased diet supplements or health functional foods recommended by influencers.	0.758	-	-		
	I think clothes worn by slim influencers look more attractive.	-	0.852	-	0.752	
	When I see content featuring slim or idealized body types, I feel that I want to look like them.	-	0.722	-		
	Influencers present the type of appearance that I consider to be my ideal.	-	0.681	-		
	I tend to compare my body with those of influencers.	-	0.576	-		
	Eigen value		2.987	2.345	-	-
	Cumulative variance (%)		37.336	66.649	-	-
Body esteem	I like the way I look when I see myself in the mirror.	0.892	-	-	0.877	
	I am proud of my appearance.	0.877	-	-		
	I believe that I have a more attractive appearance than others.	0.849	-	-		
	There are many aspects of my appearance that I would like to change.	0.707	-	-		
	I think my current weight is appropriate for my height.	0.782	-	-		
	Eigen value		3.396	-	-	-
Cumulative variance (%)		67.926	-	-	-	
Eating attitudes	I particularly avoid carbohydrate-rich foods such as bread or potatoes.	0.793	-	-	0.858	
	I engage in exercise or other behaviors to reduce my weight.	0.739	-	-		
	I consume diet foods to control my weight.	0.738	-	-		
	I pay attention to the nutritional content and calories of the food I eat.	0.665	-	-		
	When exercising, I calculate or think about the calories that will be burned.	0.587	-	-		
	I feel that food dominates my life.	-	0.844	-	0.761	
	I am preoccupied with food.	-	0.713	-		
	I feel intense guilt after eating.	-	0.615	-		
	I am afraid of gaining weight.	-	-	0.869	0.822	
	I cannot get the thought of needing to become thinner out of my mind.	-	-	0.801		
Eigen value		2.858	2.199	1.999	-	
Cumulative variance (%)		28.582	50.573	70.566	-	

TLI(Turker-Lewis index), CFI(comparative fit index), RMSEA(root mean square error of approximation)가 기준을 충족하였다. χ^2 값은 표본 크기에 민감하여 적합도 평가의 절대적 기준이 아니므로, 다른 적합도 지수들과 함께 종합적으로 판단할 필요가

있다(Kim GS 2008). 이에 따라 본 연구의 측정 모형은 적합한 것으로 판단하였다. 확인적 요인분석 측정 모형의 집중 타당도 검증을 위하여 개념 신뢰도(composite reliability, C.R.), 평균분산추출(average variance extracted, AVE), 유의성

Table 3. Fit verification of measurement model

Model	$\chi^2 (p)^1$	CMIN/DF	RMR	GFI	TLI	CFI	RMSEA
Optimum model	($p>0.05$)	<3	<0.05	>0.9	>0.9	>0.9	<0.08
Influencer imitation	34.011 (0.018)	1.790	0.059	0.962	0.970	0.980	0.063
Body esteem	5.645 (0.227)	1.411	0.026	0.989	0.992	0.997	0.045
Eating attitudes	58.403 (0.003)	1.825	0.057	0.948	0.961	0.972	0.064

¹⁾ χ^2 : Chi-square.

CMIN/DF: Chi-square minimized normed fit index.

RMR: Root mean squared residual.

GFI: Goodness of fit index.

TLI: Tucker-Lewis index.

CFI: Comparative fit index.

RMSEA: Root mean square error of approximation.

(*t*-value)을 확인하였다. 분석 결과 모든 요인의 표준화 요인 적재량(β)은 0.6 이상이며, 각 경로의 *t*-value 역시 1.96 이상으로 나타나 통계적으로 유의하였다. 평균분산추출은 인식적 모방행동 요인을 제외한 모든 요인에서 0.5 이상으로 나타났으며, 해당 요인의 경우 0.5 미만으로 나타났다. 그러나 모든 요인의 개념 신뢰도는 0.7 이상으로 나타나 신뢰성이 확보되었으며, Fornell & Larcker(1981)의 기준에 따라 본 연구의 측정 모형은 수렴 타당도를 확보한 것으로 판단하였다.

4. 구조방정식 모형 분석 및 가설 검증

구조방정식 모형을 적합도 판단 기준에 따라 분석한 결과는 Table 4와 같다. 구조모형의 적합도는 절대적합지수(CMIN/DF, GFI, RMR), 증분적합지수(TLI, CFI), 그리고 RMSEA 등을 통해 종합적으로 평가하였다(Lee & Lim 2017). 분석 결과, $\chi^2(p)$ 441.388($p<0.001$), CMIN/DF 2.053, RMR 0.109, GFI 0.851, TLI 0.896, CFI 0.912, RMSEA 0.073으로 나타났다. GFI와 TLI는 각각 0.8 이상일 경우 양호한 수준으로 평가되며(Kim WP 2017; Kwon SY 2023), CFI는 0.9 이상, RMSEA는 0.08 이하일 때 적합한 모형으로 간주된다(Schermelleh-Engel 등 2003). 따라서 일부 적합도 지수는 권장 기준에 다소 미치지 못하였으나 수용가능한 수준으로 나타났으며, 주요 적합도 지수인 CMIN/DF, CFI, RMSEA는 기

Table 4. Hypothetical model fit index

Model	$\chi^2 (p)^1$	CMIN/DF	RMR	GFI	TLI	CFI	RMSEA
Optimum model	($p>0.05$)	<3	<0.05	>0.9	>0.9	>0.9	<0.08
Hypothetical model	441.388 (0.000)	2.053	0.109	0.851	0.896	0.912	0.073
Result	Unfit	Fit	Fit	Unfit	Unfit	Fit	Fit

¹⁾ χ^2 : Chi-square.

CMIN/DF: Chi-square minimized normed fit index.

RMR: Root mean squared residual.

GFI: Goodness of fit index.

TLI: Tucker-Lewis index.

CFI: Comparative fit index.

RMSEA: Root mean square error of approximation.

준을 충족하고 있어 본 연구의 모형은 전반적으로 타당한 것으로 판단되었다.

구조방정식 경로분석 결과는 Fig. 2와 같으며, 인플루언서 모방행동에 따른 신체존중감 및 식이 태도에 대한 가설 검증 결과는 Table 5와 같다.

인플루언서 모방행동이 신체존중감에 미치는 영향을 살펴본 결과, 가설 H1-1인 인식적 모방행동은 신체존중감에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p=0.754$). 또한, 가설 H1-2인 행동적 모방행동 역시 신체존중감에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p=0.779$). 따라서 가설 H1-1과 H1-2는 기각되었다. 이러한 결과는 신체 관련 행동이나 타인의 행동을 모방하는 행동이 반드시 개인의 신체존중감 형성에 직접적인 영향을 미치지 않을 수 있음을 시사한다. 따라서 신체존중감은 모방행동 외에도 다양한 심리적 및 사회환경적 요인에 의해 형성될 수 있음을 고려할 필요가 있으며, 기존 선행 연구인 Hong 등(2024)의 연구 결과와 유사한 맥락을 보인다.

신체존중감이 식이태도에 미치는 영향을 살펴본 결과, 가설 H2-1인 신체존중감은 신체왜곡에 $-0.518(p<0.001)$ 로 유의한 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 신체존중감이 높은 개인일수록 자신의 신체에 대한 왜곡된 인식이 낮아질 가능성이 높음을 의미한다. 이러한 결과는 개인이 자신의 신체를 긍정적으로 인식할수록 신체에 대한 부정적 평가나 왜곡된 인식이 감소한다는 Park & Han(2022), Liu 등(2025)의 결과를 지지하는 것으로 볼 수 있다. 가설 H2-2인 신체존중감은

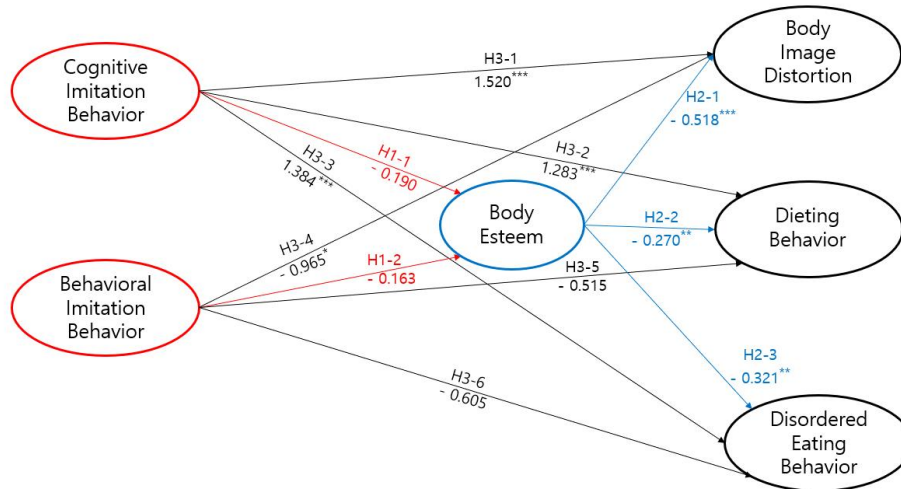


Fig. 2. Structural equation model of influencer imitation behavior, body esteem, eating attitudes. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Table 5. Results of hypothesis testing for the structural equation model

Hypothesis		Standardized factor loading	Factor loading	S.E ¹⁾	C.R. ²⁾	$p^3)$	Result
H1-1	Cognitive imitation behavior → Body esteem	-0.190	-0.362	1.156	-0.313	0.754	Reject
H1-2	Behavioral imitation behavior → Body esteem	0.163	0.151	0.539	0.280	0.779	Reject
H2-1	Body esteem → Body image distortion	-0.518	-0.478	0.109	-4.379	***	Support
H2-2	Body esteem → Dieting behavior	-0.270	-0.271	0.100	-2.720	0.007**	Support
H2-3	Body esteem → Disordered eating behavior	-0.321	-0.276	0.094	-2.951	0.003**	Support
H3-1	Cognitive imitation behavior → Body image distortion	1.520	2.676	0.835	3.203	0.001***	Support
H3-2	Cognitive imitation behavior → Dieting behavior	1.283	2.460	0.761	3.235	0.001***	Support
H3-3	Cognitive imitation behavior → Disordered eating behavior	1.384	2.272	0.710	3.198	0.001***	Support
H3-4	Behavioral imitation behavior → Body image distortion	-0.965	-0.828	0.379	-2.184	0.029*	Support
H3-5	Behavioral imitation behavior → Dieting behavior	-0.515	-0.481	0.339	-1.418	0.156	Reject
H3-6	Behavioral imitation behavior → Disordered eating behavior	-0.605	-0.484	0.316	-1.531	0.126	Reject

1) Standard error.

2) Critical ratio.

3) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

다이어트 행동에 $-0.270(p=0.007)$ 으로 유의한 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 신체존중감이 높은 개인일수록 체중조절이나 다이어트와 관련된 행동을 과도하게 수행할 가능성이 낮음을 의미한다. 자신의 신체에 대한 긍정적인

인식은 불필요한 체중조절 행동을 감소시키는 요인으로 작용한다는 So & Kwon(2021)과 Kim M(2024)의 결과와도 일치한다. 가설 H2-3인 신체존중감이 부적절 섭식행동에 미치는 영향을 살펴본 결과, $-0.321(p=0.003)$ 로 유의한 부(-)의 영향을

미치는 것으로 나타났다. 이는 신체존중감이 높을수록 폭식이나 절식과 같은 부적절한 섭식행동이 감소할 가능성이 높다는 것을 의미한다. Lee M(2025)에 따르면 긍정적인 신체 인식은 부적절한 섭식 문제를 감소시키는 보호 요인으로 작용하는 것으로 보고되었고 자신의 신체를 긍정적으로 수용하는 태도가 높을수록 폭식 행동과 같은 부정적인 섭식 행동이 감소한다는 Kim & Yoon(2024)의 결과와도 일치한다.

모방행동이 식이태도에 미치는 영향을 살펴본 결과, 가설 H3-1인 인식적 모방행동은 신체왜곡에 1.520($p=0.001$)으로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 타인의 신체나 외모를 기준으로 자신을 비교하고 더 나아가 이를 추구하거나 모방하려는 경향이 강할수록 자신의 신체에 대한 왜곡된 인식이 증가할 가능성이 있음을 의미한다. 선행연구에 따르면, 타인과의 외모 비교는 개인의 신체 불만족을 증가시키는 중요한 요인으로 보고되었으며(Barbierik 등 2023), 특히 SNS 환경에서 이상적인 외모를 지닌 타인과의 상향 비교는 자신의 신체에 대한 부정적 인식을 강화하고, 신체 이미지 왜곡으로 이어질 수 있는 것으로 나타났다는 McComb & Mills(2021)의 선행연구와도 같은 맥락임을 알 수 있다.

다음으로 가설 H3-2인 인식적 모방행동이 다이어트 행동에 미치는 영향을 살펴본 결과, 1.283($p=0.001$)으로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 타인의 외모나 신체를 모방하려는 경향이 강할수록 체중조절이나 다이어트 행동을 수행할 가능성이 높음을 의미한다. 이러한 결과는 외모에 대한 사회문화적 기준을 내재화하고 외모 비교를 수행할수록 이상 섭식 행동이 증가한다는 선행연구(Lim & Seol 2023)와도 일치한다. 또한, 가설 H3-3인 인식적 모방행동은 부적절 섭식행동에 1.384($p=0.001$)로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 타인의 신체나 외모를 모방하려는 경향이 강할수록 부적절한 섭식 행동이 증가할 가능성이 있음을 의미한다. 특히 외모 중심의 사회적 기준을 내면화할 경우 체중이나 외모에 대한 압박이 증가하면서 부적절한 섭식 행동으로 이어질 수 있으며, 이러한 결과는 SNS상에서의 외모 비교가 신체 이미지 문제를 심화시키고, 결과적으로 부정적인 섭식 태도와 행동을 증가시킨다는 선행연구(Bonfanti 등 2025; Kefeli Col 등 2025)와도 일치한다.

한편 행동적 모방행동이 신체왜곡에 미치는 영향을 살펴본 결과인 가설 H3-4는 $-0.965(p=0.029)$ 로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 타인의 행동을 모방하는 경향이 신체에 대한 인식에 영향을 미치고, 나아가 식이태도에도 영

향을 줄 수 있음을 시사한다. 실제로 행동적 모방은 타인의 정서 및 신체 표현에 대한 인식과 같은 지각 과정에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있으며(Borgomaneri 등 2020; Portingale 등 2025), 이는 모방이 개인의 인식적 처리 과정에 관여할 수 있음을 시사한다. 다만, 행동적 모방과 식이 태도 간의 관계를 직접적으로 검증한 선행연구는 제한적이므로, 본 결과는 관련 개념을 중심으로 해석될 필요가 있다.

또한, 행동적 모방행동은 다이어트 행동($p=0.156$)과 부적절 섭식행동($p=0.126$)에는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 행동적 모방행동이 다이어트 행동과 부적절 섭식행동에 영향을 미칠 것이라는 가설 H3-5와 H3-6은 기각되었다. 이는 행동적 모방이 신체 인식과는 일부 관련될 가능성이 있으나, 실제 섭식행동이나 체중조절 행동으로 직접 이어지는 않을 수 있음을 시사한다. 이러한 결과는 행동적 모방과 실제 섭식행동 간의 관계가 제한적일 가능성을 보여준다.

요약 및 결론

본 연구는 20·30대 여성 성인을 대상으로 SNS 인플루언서 모방행동이 신체존중감과 식이 태도에 미치는 영향을 분석하여, 시각 중심 SNS 환경에서 형성되는 외모 인식과 식생활 태도 간의 관계를 규명하고 건강한 체중 관리 및 영양교육 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 SNS 사용 경험이 있는 20세 이상 39세 이하 여성을 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였으며, 총 200부를 최종 분석에 활용하였다.

연구대상자의 특성을 살펴본 결과, 20대와 30대의 비율은 동일하였으며, SNS 이용 빈도와 인플루언서 팔로우 비율이 높아 일상적으로 SNS에 많이 노출되어 있는 것으로 나타났다. 또한 전반적인 건강 및 영양 상태 인식은 보통 이상 수준으로 확인되었다.

주요 변수 분석 결과, 인플루언서 모방행동과 식이 태도는 비교적 높은 수준을 보였으며, 신체존중감은 상대적으로 낮은 수준으로 나타났다. 특히 날씬한 인플루언서에 대한 선호 및 이상화된 체형에 대한 동경이 높게 나타났으며, 체중 증가에 대한 두려움과 다이어트 관련 인식 역시 높게 나타났다.

연구 변수 간 관계를 살펴본 결과, 인플루언서 모방행동은 식이 태도의 모든 하위요인과 유의한 정(+)의 관계를 보였으며, 신체존중감은 식이 태도와 유의한 부(-)의 관계를 나타냈다. 구조 모형 분석 결과, 인식적 모방행동은 신체 왜곡,

다이어트 행동, 부적절 섭취 행동에 모두 유의한 영향을 미쳤으며, 행동적 모방행동은 신체 왜곡에만 부분적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 모방행동은 신체존중감에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 또한 신체존중감은 모든 식이 태도 요인에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타나 보호 요인으로 작용함을 확인하였다.

따라서 인플루언서 모방행동, 특히 인식적 모방행동은 왜곡된 신체 인식과 부정적 식이 태도를 강화하는 위험요인으로 작용할 수 있으며, 신체존중감은 이를 완화하는 중요한 변수로 확인되었다. 이는 단순한 SNS 이용 여부보다 인플루언서의 가치관과 외모기준을 내면화하고 모방하는 과정이 개인의 신체인식과 식이태도 형성에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 특히 본 연구는 인플루언서 모방행동을 인식적 모방과 행동적 모방으로 구분하여 살펴봄으로써, SNS 환경에서의 모방행동이 개인의 신체 인식 및 식이태도에 미치는 영향을 구체적으로 확인하였다는 점에서 의의가 있다.

본 연구 결과는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 먼저 실무적 측면에서, 20·30대 여성을 대상으로 한 영양교육 및 건강 증진 프로그램은 SNS 환경의 영향을 반영한 접근이 요구된다. 특히 본 연구에서 인플루언서 모방행동 중 인식적 모방행동이 왜곡된 신체 인식과 부정적 식이태도에 보다 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타난 점을 고려할 때, 단순한 SNS 이용 여부나 노출 수준을 넘어 인플루언서 콘텐츠의 내면화 정도를 평가하고 이를 상담 및 교육에 반영할 필요가 있다. 또한 신체존중감이 식이태도의 보호 요인으로 확인된 만큼, 긍정적 신체 인식 형성을 중심으로 한 미디어 리터러시 기반 교육과 중재 프로그램 개발이 중요하다. 정책적 측면에서는 SNS에서 확산되는 다이어트 및 체형 관련 정보가 개인의 신체 인식과 식이태도에 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려하여 보다 체계적인 관리가 요구된다. 특히 현재 인플루언서 마케팅 규제가 주로 광고 표시 의무에 머물러 있는 점을 감안할 때, 건강 및 영양 관련 정보 제공 시 근거 기반 정보 표기 가이드라인을 마련하고, 과도한 체중 감량이나 왜곡된 신체 이미지를 반복적으로 제시하는 콘텐츠에 대한 관리 및 모니터링 체계를 강화할 필요가 있다. 아울러 공공 영양교육 및 건강증진 정책 차원에서는 건강한 신체 이미지와 균형 잡힌 식습관을 촉진하는 교육과 콘텐츠를 확대함으로써 SNS 환경에서도 긍정적 신체 인식 형성을 지원할 필요가 있다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 연구대상에 비수도권 대상자도 포함되어 있었으나, 수도권 거주자의 비율이

상대적으로 높아 연구 결과 일반화에 한계가 있다. 둘째, 자기보고식 설문에 따른 응답 편향 가능성이 존재한다. 셋째, 인플루언서의 모방행동, 신체존중감 및 식이태도의 관계를 중심으로 분석하였으나, 식이태도는 우울, 자아존중감, 사회적 비교, 외모관심도 등 다양한 사회문화적 환경요인의 영향을 반영하지 못하였다. 따라서 후속 연구에서는 지역별 표본을 보다 균형있게 구성하고, 자기보고식 설문 외의 다양한 연구 방법을 함께 활용하며 다양한 심리 및 사회문화적 변인을 포함한 통합적인 접근이 요구된다.

References

- Bandura A. 1962. Social learning through imitation. In Jones MR (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation*. pp.211-269. University of Nebraska Press
- Barbierik L, Bacikova-Sleskova M, Petrovova V. 2023. The role of social appearance comparison in body dissatisfaction of adolescent boys and girls. *Eur J Psychol* 19:244-258
- Bonfanti RC, Melchiori F, Teti A, Albano G, Raffard S, Rodgers R, Lo Coco G. 2025. The association between social comparison in social media, body image concerns and eating disorder symptoms: A systematic review and meta-analysis. *Body Image* 52:101841
- Borgomaneri S, Bolloni C, Sessa P, Avenanti A. 2020. Blocking facial mimicry affects recognition of facial and body expressions. *PLOS ONE* 15:e0229364
- Florit-Pons J, Pronina M, Coego S, Prieto P. 2026. Multimodal imitation reveals differences in typically developing children and children with neurodevelopmental disorders. *Cogn Dev* 77:101668
- Fornell C, Larcker DF. 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *J Mark Res* 18:39-50
- Hong J, Kim D, Kim YK, Park JH. 2024. Influence of peer body shape norm and peer pressure related to body shape on social media on body image over-distortion of early adolescent girls. *Hum Ecol Res* 62:441-453
- Hwang SE. 2022. Effects of beauty influencer exposure on subscriber behavior. Master's Thesis, Hansung Univ. Seoul. Korea
- Janahi S, Alkhatir N, Bucheer A, Hashem Y, Alothman KK,

- Alsada A, Bucheer M, Jandeeel H, AlJamea D, Al Aqaili R, Ghazzawi H, Jahrami H. 2024. A reliability generalization meta-analysis of the Eating Attitudes Test 26 (EAT-26) scale. *Cureus* 16:e73647
- Jeon AY, Chung YJ. 2024. The negative effects of SNS body image posting on female university students: Difference between the self-concept clarity groups. *J Korean Assn Learn Cent Curric Instr* 24:973-985
- Kefeli Col B, Gumusler Basaran A, Birben Kurt T, Genc Kose B. 2025. The effects of comparisons of physical appearance on social media and social approval on eating attitudes. *Risk Manag Healthc Policy* 18:2091-2105
- Ki D, Lee S. 2025. The relationship between maladaptive self-focused attention and disordered eating: The mediating effect of body dissatisfaction and the moderating effect of mindfulness. *Stress* 33:184-191
- Kim AR, Kim JJ, Park EY, Lee YR, Lim YR, Choi BM, Choi YH, Kim BS. 2021. Analysis of body image perception and diet practice according to dietary lifestyle types of college students. *Korean Soc Food Nutr Conf* 2021:157
- Kim D. 2021. Body image distortion and appearance management behaviors among women and policy implications. *Korea Inst Health Soc Aff* 299:67-80
- Kim GB. 2022. A narrative approach to the diet history of female college students: Focusing on the role of SNS and social media influencers and individuals' motivation for dieting. *Korean J Journal Commun Stud* 66:139-182
- Kim GS. 2008. *Structural Equation Modeling Analysis*. Hannarae
- Kim HJ, Lim SM. 2015. The relationship between social media use and disordered eating behavior: The mediating effects of body talk and celebrity worship. *J Korean Youth Stud* 22:25-52
- Kim JH. 2025. The effects of appearance-contingent self-worth on disordered eating behaviors. Master's Thesis, Ajou Univ. Suwon. Korea
- Kim M. 2024. Subjective body image and weight control: Behavior among female college students. *J Qual Life Improv* 2:29-36
- Kim MH, Yeon JY. 2017. Dietary control and nutrition education needs according to desired weight loss among college students. *J Korean Soc Food Nutr* 30:473-481
- Kim WP. 2017. *Structural Equation Model Analysis*. Wise Company
- Kim WS. 2007. Development of the Korean overall body esteem scale. *Korean J Psychol Women* 12:231-253
- Kim YH, Yoon SM. 2024. The sequential mediating effects of body dissatisfaction and body compassion in the relationship between sociocultural attitudes towards appearance and binge eating behavior. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 25:373-379
- Kwon OH. 2023. Effects of beauty influencer characteristics on imitation intention and consumer behavior. Master's Thesis, Hansung Univ. Seoul. Korea
- Kwon SY. 2023. A study on public delivery app usage intention. Ph.D. Thesis, Sehan Univ. Seoul. Korea
- Lee JM, Kim SJ, Kang SR. 2022. Validation of a Korean version of the body-appreciation scale (K-BAS) in young women. *Int J Environ Res Public Health* 19:3426
- Lee M. 2025. The protective role of positive body image on the associations between body objectification, disordered eating symptoms, and depression among Korean women. *Eat Disord* 33:339-357
- Lee M, Lee HH. 2017. The effects of SNS appearance-related photo activity on women's body image and self-esteem. *J Korean Soc Cloth Text* 41:858-871
- Lee MG, Ko YT, Lee HK, Hwang EJ, Lee YH. 2001. Validation of the Korean version of the Eating Attitudes Test-26. *Psychosom Med* 9:153-163
- Lee MG, Lee YH, Park SH, Son CH, Jung YJ, Hong SK, Lee BK, Jang PL, Yoon AR. 1998. Standardization of the Korean version of the Eating Attitudes Test-26. *Psychosom Med* 6:155-175
- Lee MS. 2019. Effects of Instagram appearance-related photo activity and appearance comparison on body satisfaction. *J Korean Soc Cloth Text* 43:81-94
- Lee SY, Ahn JK. 2018. Influencer: The Extraordinary Influence of Ordinary People. NexusBIZ
- Li YQ, Kim HJ, Lee HG. 2022. Hashtag challenge participation. *Inf Policy* 29:82-104
- Lim D, Seol KO. 2023. Internalization of sociocultural attitudes towards appearance and disordered eating behaviors among Korean young adult women: Social physique anxiety and

- appearance-related social comparison as mediators. *J Soc Sci* 62:133-154
- Lim JW, Won SD. 2023. Sociocultural pressure for thinness and binge eating behavior. *Korean J Health Psychol* 28:383-398
- Lim OY. 2019. Study on body image sacrifice experiences. Master's Thesis, Chosun Univ. Gwangju. Korea
- Liu J, Dang J, Zou H. 2025. Exploring the longitudinal dynamics of self-esteem, body image, and psychological resilience in college students. *J Pac Rim Psychol* 19:1-11
- McComb SE, Mills JS. 2021. Young women's body image following upwards comparison to Instagram models: The role of physical appearance perfectionism and cognitive emotion regulation. *Body Image* 38:49-62
- Mendelson BK, Mendelson MJ, White DR. 2001. Body-esteem scale for adolescents and adults. *J Pers Assess* 76:90-106
- Oh HS. 2020. Effects of social media use on negative body image among college students. *Korean J Advert Public Relat* 22:5-35
- Park HS, Lee YH, Song YH. 2014. A study of influencers in social networks for long-tail marketing focusing on the Korean movie industry. *Proceedings of the Korean Society for Management Information Conference* Seoul
- Park MH, Han HS. 2022. The effects of female college students' body image and self-esteem on depression. *Crisisonomy* 18:123-136
- Park TE. 2009. Effects of appearance instrumentality on consumption intention. Master's Thesis, Ajou Univ. Suwon. Korea
- Portingale J, Butler D, Krug I. 2025. Does identifying with another face alter body image disturbance in women with an eating disorder? An enfacement illusion study. *Nutrients* 17:1861
- Quan L, Zhang Y. 2024. Who you follow determines how you eat?: Effects of traditional celebrities and influencers on social media on internalization of beauty ideals, self-photo manipulation, and eating disorders. *J Korea Contents Assoc* 24:142-157
- Schermelleh-Engel K, Moosbrugger H, Müller H. 2003. Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods Psychol Res Online* 8:23-74
- Seo YS, Jeong CY, Cho EH. 2018. Influence factors of female college students on weight control behaviors. *J Korean Clin Health Sci* 6:1106-1114
- Seung JS. 2024. Relationship between social media use, body image satisfaction, and disordered eating behaviors among adult women. Master's thesis, Seoul National Univ. Seoul. Korea
- Shin HR, Yeom MS. 2024. Effects of virtual influencer characteristics on purchase intention. *J Korean Soc Cloth Ind* 26:1-14
- Shin SH, Park MJ. 2021. The effect of social comparison and internalization of the appearance of selfie-experienced persons on self-editing, appearance management behaviors and plastic surgery intentions: Focusing on women in their 20s and 30s. *J Korean Soc Des Cult* 27:263-273
- So B, Kwon KH. 2021. Relationship regarding body image and self-esteem of non-diet workers in Republic of Korea. *J Korean Soc Wellness* 16:327-338
- Song HJ. 2017. Body satisfaction and self-esteem according to weight control of female middle school students. *Korean J Food Nutr* 30:983-994
- Stein JP, Breves L, Anders N. 2024. Parasocial interactions with real and virtual influencers: The role of perceived similarity and human-likeness. *New Media Soc* 26:3433-3453
- Stice E, Shaw HE. 2002. Role of body dissatisfaction in the onset and maintenance of eating pathology: A synthesis of research findings. *J Psychosom Res* 53:985-993
- Wang D. 2023. A study on the effect of virtual influencer characteristics on the desire to mimic and subscription intention of SNS users. Master's Thesis, Dongguk Univ. Seoul. Korea
- Wang H, Alivi MAB, Mustafa SEB. 2025. Unveiling the relationship between social media and self-objectification: A three-level meta-analysis. *Body Image* 53:101895

Received 24 April, 2026
 Revised 26 May, 2026
 Accepted 09 June, 2026

압착 추출 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충 오일의 이화학적 특성 및 기능성 평가

†임윤지 · 김선암 · 김성연 · 오상아 · 김지수 · 이주영 · 이광우* · 남승희** · 문제학***

전남농업기술원 곤충잡업연구소 농업연구사, *전남대학교 융합식품바이오공학과 박사과정,
전남대학교 융합식품바이오공학과 연구교수, *전남대학교 융합식품바이오공학과 교수

Physicochemical Properties and Functional Activities of Oil Extracted from *Tenebrio molitor* Larvae

†Yun-Ji Lim, Sun-am Kim, Seong-Yeon Kim, Sang-a Oh, Ji-Soo Kim,
Ju-Yeong Lee, Gwang-Woo Lee*, Seung-Hee Nam** and Jae-Hak Moon***

Researcher, Insect and Sericultural Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Jangseong 57214, Korea

*Ph.D. Student, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

**Research Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

***Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract

This study investigated how extraction temperature (60, 90, and 120°C) affected the yield and functional properties of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO). Extraction yield was comparable at 60 and 90°C but declined at 120°C, while oil purity consistently exceeded 99.5%. MO was rich in unsaturated fatty acids, especially oleic and linoleic acids, with the highest total unsaturated fatty acid content observed at 90°C. Tocopherol content peaked at 60°C, suggesting temperature-sensitive preservation of these bioactive compounds. Antioxidant activity was greatest at 90°C and correlated with flavonoid content. Oxidative stability during storage was enhanced at 4°C but diminished at 25°C, with higher antioxidant levels improving this stability. MO demonstrated dose-dependent antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Cutibacterium acnes*. Furthermore, MO showed no cytotoxicity in RAW 264.7 cells and significantly inhibited both nitric oxide production and tyrosinase activity. These findings indicate that MO holds promise as a functional ingredient for food and cosmetic applications, with 90°C being optimal for overall functionality and 60°C for maximizing tocopherol preservation.

Key words: mealworm oil, antioxidant activity, tocopherol, antibacterial activity

서 론

최근 지속 가능한 식품 자원과 기능성 소재에 관한 관심이 증가함에 따라 곤충 유래 자원의 산업적 활용 가능성이 주목 받고 있다. 특히 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충은 단백질 함량이 높아 미래 식품 자원으로서의 잠재력이 큰 소재로 평가되고 있으며, 식용곤충 중에서도 가장 활발히 이용되고 있다. 기존 연구에 따르면 갈색거저리 유충은 50-60%의 높은

단백질 함량과 리놀레산, 올레산 등의 불포화지방산을 풍부하게 함유하고 있어 기능성 소재 및 영양학적으로 활용 가치가 높다(Lee 등 2025). 현재 갈색거저리에 대한 선행연구는 항산화 및 모발 성장 촉진(Baek 등 2017), 간암세포에 대한 세포독성 효능(Lee 등 2015), 단백질수분해물의 항산화 활성(Yu 등 2017), 갈색거저리 유충 단백질의 항염증 효능(Seo 등 2019) 등 다양한 건강 기능성에 관한 연구가 수행됐다.

이처럼 갈색거저리에 관한 연구는 주로 단백질 추출 및 유

† Corresponding author: Yun-Ji Lim, Researcher, Insect and Sericultural Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Jangseong 57214, Korea. Tel: +82-61-286-5669, Fax: +82-61-393-6014, E-mail: yg1644@korea.kr

충 전체의 기능성 평가에 집중되어 있고, 식품 소재로의 활용 역시 단백질 공급원으로서의 가치에 초점을 두고 이루어져 왔다. 따라서 가공 과정에서는 단백질 함량을 높이기 위한 탈지 공정이 필수적으로 수반된다. 갈색거저리 유충은 건물 기준 약 30% 내외의 지방을 함유하고 있으며(Yu 등 2017), 탈지 과정에서 상당량의 오일이 부산물로 발생하게 된다. 그러나 이러한 오일은 다양한 지질 및 생리활성 성분을 함유할 가능성이 있음에도 불구하고, 그 활용 가치에 관한 연구는 상대적으로 부족하며, 대부분 적절히 활용되지 못하고 있다(Lee 등 2025).

현재 갈색거저리 유충의 탈지는 대부분 기계적 압착 방식을 이용한 소규모 생산 형태로 이루어지고 있으며, 착유조건 또한 생산자의 경험적 기준에 따라 설정되는 경우가 많다. 이에 따라 생산된 오일의 품질 특성이 균일하지 않을 가능성이 있다. 또한 일반 식용유와 달리 정제 과정을 거치지 않아 여러 생리활성 물질을 함유한 것으로 알려져 있으나(Kim 등 2009), 표준화된 착유 조건이 확립되어 있지 않아 착유 조건에 따라 품질 특성 및 기능성에 차이가 발생할 것으로 예상된다.

곤충 유래 오일은 식물성 오일과 차별화된 지방산 조성 및 기능성 성분을 함유할 가능성이 있으며, 착유 조건에 따라 품질 특성 및 생리활성이 크게 달라질 수 있다(Lee 등 2024; Lee 등 2025). 식물성 유지의 경우 추출 온도와 착유 조건은 수율뿐만 아니라 산가, 과산화물가, 토크페놀 함량 및 항산화 활성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Kim 등 2022). Jeong JY(2021)은 건조 방법 및 착유 조건에 따른 기름 수율 변화와 지방산 조성 변화를 분석하였다. 그러나 이러한 연구들은 주로 수율 또는 지방산 조성 평가에 국한되어 있으며 오일의 이화학적 특성, 기능성 및 저장 안정성 등 품질 특성에 미치는 영향을 체계적으로 평가한 연구는 아직 제한적인 실정이다.

본 연구에서는 갈색거저리 유충의 탈지 공정 중 발생하는 오일을 단순 부산물이 아닌 활용 가능한 자원으로 인식하고, 착유 조건에 따른 갈색거저리 오일의 품질 특성, 항산화 및 생리활성을 종합적으로 평가함으로써 갈색거저리 오일의 산업적 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용한 시료는 전라남도농업기술원 곤충잠

업연구소에서 사육한 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충으로 종령 단계의 유충을 수확한 후 세척 및 건조하여 수분함량이 5%가 되도록 조절하여 사용하였다. 갈색거저리 오일 추출은 Jeong JY(2021)의 방법을 참고하여 유압식 착유기(2-pod oil press, National ENG Co., Ltd., Korea)를 이용하여 압착 추출하였다. 시료 1.5 kg을 실린더에 투입한 후 최대 60 MPa까지 도달하도록 반복적으로 가압하는 조건에서 60°C, 90°C 및 120°C로 설정된 온도에서 각각 20분 동안 추출하였다.

2. 수율 및 품질 분석

갈색거저리 유충 오일(MO)의 착유 수율은 초기 시료의 무게 대비 추출된 오일의 무게비를 백분율(%)로 환산하여 계산하였다. 오일의 순도 및 잔존 지방 함량은 SOXTEC AUTO 8000(FOSS)를 이용하여 Soxhlet 원리에 따라 측정하였으며, 지방 추출 용매로 petroleum ether를 사용하였다. 외관 특성은 시료를 동일한 조건에서 일정 간격으로 배치한 후 디지털카메라(EOS 800D, Canon Inc., Japan)로 촬영하고, 색상 및 투명도 등의 특성을 비교하였다.

3. 지방산 조성분석

지방산 조성분석은 Kim 등(2021)의 방법을 일부 수정하여 수행하였다. 시료 25 mg에 0.5 N NaOH/MeOH를 1.5 mL씩 넣고, 100°C에서 약 5분 동안 가열하였다. 이후 실온으로 냉각한 후 BF₃-메탄올 용액 2 mL를 첨가하여 100°C에서 30분간 재가열한 후 냉각하였다. 지방산 메틸에스터(fatty acid methyl ester, FAME)를 추출하기 위하여 iso-octane 1 mL를 가하여 30초간 격렬히 진탕한 후, 포화 NaCl 용액 5 mL를 즉시 첨가하여 다시 진탕하였다. 분리된 iso-octane 층을 무수황산 나트륨으로 탈수한 후 분석용 시료로 사용하였다. 지방산 분석은 기체크로마토그래피(GC System 7890A, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였으며, 검출기는 flame ionization detector (FID), carrier gas로는 헬륨을 사용하였다. 분석용 column은 capillary column(SP-2560, 100 m×0.25 mm I.D., 0.2 μm film thickness, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다. 주입구(injector) 및 검출기 온도는 각각 250°C 및 260°C로 설정하였으며, 오븐 온도 프로그램은 140°C(10 min) → 4°C/min → 240°C(30 min) 조건으로 설정하였다. 지방산의 동정 및 정량은 지방산 메틸에스터 표준혼합물(F.A.M.E. Mix, C4-C24, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을

사용하여 수행하였으며, 각 지방산은 표준물질의 머무름 시간(retention time)과 비교하여 동정하고 피크 면적을 이용하여 정량하였다.

4. 토코페롤 분석

토코페롤 이성질체(α -, β -, γ -, δ -tocopherol) 분석은 Moon 등(2017)의 방법을 참고하여 수행하였다. 시료 오일은 n-hexane에 적절히 희석하여 시험용액으로 조제한 후 HPLC로 분석하였다. 분석은 HPLC system(LC-20AR, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 사용하였으며, silica column(silica 60, 5 μ m, 4.6 \times 250 mm, Tosoh Corp., Tokyo, Japan)을 이용하였다. 이동상은 0.9%(v/v) isopropanol이 포함된 n-hexane을 사용하였고, 유속은 0.8 mL/min으로 설정하였다. 검출파장은 295 nm, 컬럼 온도는 30°C로 유지하였다. 각 토코페롤 이성질체의 정성 및 정량은 α -, β -, γ -, δ -tocopherol 표준물질을 사용하여 수행하였으며, 표준물질의 머무름시간(retention time)과 비교하여 동정하고, 검량선을 이용하여 정량하였다.

5. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

총 페놀 함량은 Folin - Ciocalteu 방법에 따라 측정하였다 (Singleton VL 1999). 시료를 MeOH에 적절 농도로 희석한 후 증류수 500 μ L와 Folin - Ciocalteu reagent 500 μ L를 가하여 혼합한 후, 포화 Na_2CO_3 용액 500 μ L를 첨가하여 반응시켰다. 혼합 용액은 암소에서 30분간 반응시킨 후, microplate reader(VERSAmax, Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid 표준곡선을 이용하여 계산하였으며, gallic acid equivalent(GAE)로 나타냈다.

총 플라보노이드 함량은 Lee & Lee(1994)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 100 μ L(MeOH 추출)에 증류수 900 μ L를 혼합한 후, 5% NaNO_2 용액 70 μ L를 첨가하여 5분간 반응시켰다. 이후 10% AlCl_3 용액 150 μ L와 1 N NaOH 용액 500 μ L를 첨가하여 혼합한 후, 0.45 μ m PTFE 필터로 여과하였다. 여과액은 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 catechin 표준곡선을 이용하여 계산하였으며, catechin equivalent(CE)로 나타내었다.

6. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성 측정

DPPH radical scavenging 활성은 Choi 등(1994)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 용액 100 μ L에 500 μ M DPPH 용액

100 μ L를 혼합하여 최종 농도 250 μ M로 조정된 후, 암소에서 30분간 반응시켰다. 반응 후 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 다음식에 따라 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{DPPH radical scavenging activity (\%)} \\ = \frac{(\text{Control} - \text{RS})}{\text{Control}} \times 100 \end{aligned}$$

ABTS radical scavenging 활성은 Re 등(1999)의 방법을 참고하여 측정하였다. 7 mM ABTS 용액과 2.5 mM potassium persulfate 용액을 혼합하여 4°C 암소에서 12시간 동안 반응시켜 ABTS^+ radical 용액을 제조하였다. 이후 ethanol로 희석하여 734 nm에서의 흡광도가 0.70 \pm 0.05가 되도록 조정하였다. 시료 용액 500 μ L에 ABTS^+ radical 용액 500 μ L를 혼합한 후, 암소에서 30분간 반응시켰다. 반응 후 microplate reader를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 다음식에 따라 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{ABTS radical scavenging activity (\%)} \\ = \frac{(\text{Control} - \text{RS})}{\text{Control}} \times 100 \end{aligned}$$

7. Hydroxyl 라디칼 소거활성 측정

Hydroxyl radical scavenging 활성은 Yu 등(2016)의 방법을 이용하여 측정하였다. 1 mM FeSO_4 용액 200 μ L, 1 mM 1,10-phenanthroline 용액 200 μ L, 0.01% H_2O_2 용액 200 μ L 및 0.15 M sodium phosphate buffer(pH 7.4) 300 μ L를 혼합한 후, 시료 200 μ L를 첨가하여 반응시켰다. 혼합 용액은 37°C에서 30분간 반응시킨 후, microplate reader를 이용하여 536 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydroxyl 라디칼 소거활성은 다음식에 따라 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} \\ = \frac{(\text{RS} - \text{Control})}{(\text{A}_0 - \text{Control})} \times 100 \end{aligned}$$

여기서 RS는 시료 첨가군의 흡광도, A_0 는 시료 및 H_2O_2 를 첨가하지 않은 용액의 흡광도, Control은 시료를 첨가하지 않은 용액의 흡광도를 의미한다.

8. 색도

색도 측정에 사용된 기기는 Spectrophotometer(CM-5, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)로 측정 전 표준 백판을 이용하여 기기를 보정한 후 분석을 수행하였다. 색도는 CIE L*, a*, b* 색공간을 기준으로 측정하였으며, 표준백색판(Calibration plate CR-A43, Tokyo, Japan)의 L, a, b값은 각각 91.13, -0.23, 5.75였다. 각 시료는 동일한 조건에서 3회 반복 측정하였으며 대조군과의 색도 차이는 다음식에 따라 총 색차(ΔE)로 계산하여 비교하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

9. 산가 및 과산화물가 분석

산가(acid value) 및 과산화물가(peroxide value)는 식품공전의 방법에 따라 측정하였다(Kim 등 2018a). 먼저 산가 측정은 시료를 에탄올-에테르 혼합 용매(1:1, v/v)에 용해한 후 페놀 프탈레인 지시약을 첨가하여 0.1 N 수산화칼륨(KOH) 용액으로 적정하였다. 적정 종말점은 연한 분홍색이 30초 이상 지속되는 시점으로 하였으며, 다음식에 따라 계산하였다.

$$\text{산가(mg KOH/g)} = \frac{(V \times N \times 56.1)}{W}$$

과산화물가 측정은 시료를 아세트산-클로로포름 혼합 용매(3:2, v/v)에 용해한 후 포화 요오드화칼륨(KI) 용액을 첨가하여 암소에서 반응시켰다. 이후 증류수를 첨가하고 0.01 N 티오황산나트륨(sodium thiosulfate) 용액으로 적정하였으며, 전분 지시약을 사용하여 종말점을 확인하였다. 과산화물가는 다음식에 따라 계산하였다.

$$\text{과산화물가(meq O}_2\text{/kg)} = \frac{(V \times N \times 1000)}{W}$$

10. 세포독성시험(MTT assay)

세포독성시험은 RAW264.7 대식세포를 이용한 MTT assay로 평가하였다(Mosmann T 1983). RAW264.7 세포는 96-well plate에 분주하여 16시간 이상 배양한 후, 시료를 농도별로 처리하여 24시간 배양하였다. 이후 각 well에 MTT 시약을 최종 농도 0.5 mg/mL가 되도록 첨가하고, CO₂ 배양기에서 4시간

반응시켰다. 반응 후 배지를 제거하고 DMSO 용액 200 μ L/well을 첨가하여 생성된 formazan을 용해한 다음, microplate reader를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포생존율(%)은 대조군 대비 흡광도 비율로 산출하였다.

11. 항염증 효능평가(NO assay; Griess reaction)

항염증 효능은 LPS로 유도된 RAW264.7 세포의 NO(nitric oxide) 생성 억제 효과로 평가하였다(Choi & Koo 2004). RAW264.7 세포는 96-well plate에 분주하여 16시간 이상 배양한 후, 시료를 농도별로 4시간 전처리하였다. 이후 LPS(100 ng/mL)와 시료를 함께 처리하고 CO₂ 배양기에서 20시간 배양하였다. 배양 후 각 well의 상등액 50 μ L를 새로운 96-well plate로 옮긴 뒤, Griess reagent를 1:1 비율로 순차적으로 반응시켰다. 반응액의 흡광도는 microplate reader로 540 nm에서 측정하였다. NO 생성량은 흡광도 값을 기준으로 비교하였으며, 대조군 대비 NO 생성 억제율(%)로 산출하였다.

12. Tyrosinase 저해능 측정

미백 활성은 tyrosinase 저해능을 측정하여 평가하였다(Han 등 2008). Tyrosinase는 멜라닌 생합성의 핵심 효소로 해당 효소의 억제는 미백 기능성 평가의 주요 지표로 활용된다(Jung 등 2009). Tyrosinase 효소와 기질로 L-DOPA를 사용하였으며, 반응은 0.1 M phosphate buffer(pH 6.8)에서 수행하였다. 96-well plate에 buffer, 시료(농도별), tyrosinase 용액을 혼합하여 37°C에서 예비 반응 후 L-DOPA 용액을 첨가하여 반응을 개시하였다. 반응 후 생성되는 dopachrome의 흡광도를 microplate reader로 475 nm에서 측정하였다. 양성대조군(positive control)은 ascorbic acid를 사용하였으며, 음성대조군은 시료 대신 용매를 첨가하여 동일 조건으로 반응시켰다. Tyrosinase 저해율(%)은 다음식으로 계산하였다.

$$\text{저해율(\%)} = 1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}}) \times 100$$

13. 항균활성 평가

항균활성은 paper disc assay로 평가하였다(Lee 등 2014). 시험균주는 *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Cutibacterium acnes*를 사용하였으며, 시험을 위해 배양 후 적절한 농도로 희석하여 사용하였다. 갈색거저리 오일은 70%

EtOH에 용해한 후 농도별로 시료를 조제하여 사용하였으며, 양성대조군으로는 ampicillin, 음성대조군은 에탄올을 동일 조건으로 disc에 처리하여 사용하였다. 각각의 배양 조건에서 배양한 후 disc 주위에 형성된 저해환(inhibition zone)의 직경을 mm 단위로 측정하여 항균 활성을 평가하였다.

14. 통계처리

본 연구의 결과는 XLSTAT(2021) 프로그램을 이용하여 Microsoft Excel LTSC Professional Plus 2021 환경에서 수행하였다. 처리구 간의 유의성 검증을 위해 일원배치분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 Tukey's honestly significant difference(HSD) test를 이



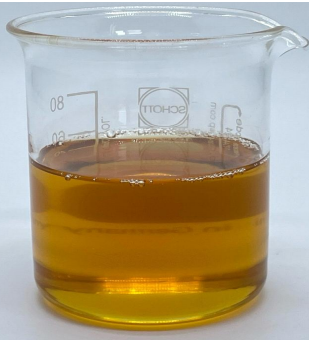



용하였다. 모든 실험은 3회 반복 수행하였으며, 통계적 유의 수준은 $p<0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 수율 및 품질분석

착유 온도(60, 90, 120°C)에 따른 갈색거저리 유충 오일(MO)의 수율 및 품질 특성을 비교한 결과, 수율은 60°C(25.2±0.62%)와 90°C(25.6±0.17%)에서 유의적 차이가 없었으나 120°C에서는 21.3±1.36%로 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 이는 고온처리에서 갈색거저리의 조직이 변성 및 파괴되어 압착 과정에서 오일분 아니라 미세한 고형물

Table 1. Yield and quality characteristics of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO) at different extraction conditions

Samples ¹⁾	MO60	MO90	MO120
Extraction condition	60°C, 20 min	90°C, 20 min	120°C, 20 min
Image			
			
Extraction yield (%)	25.2±0.62 ^{a,2)3)}	25.6±0.17 ^a	21.3±1.36 ^b
Oil purity (%)	99.8±0.01 ^a	99.6±0.10 ^a	99.5±0.12 ^a
Residual fat content (%)	14.0±0.34 ^a	11.9±1.36 ^a	11.0±0.24 ^a

¹⁾ MO60, oil extracted from *Tenebrio molitor* larvae at 60°C; MO90, oil extracted from *Tenebrio molitor* larvae at 90°C; MO120, oil extracted from *Tenebrio molitor* larvae at 120°C.

²⁾ Mean±SD (n=3).

³⁾ Different letters within a row indicate significant differences by one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($p<0.05$).

및 섬유질 성분이 함께 유출되어 착유기 내부에 오일과 함께 찌꺼기로 끼어 실질적인 회수 수율 감소로 이어진 것으로 판단되었다. 선행 연구에서도 온도는 수율에 영향을 주는 인자로(Min & Jeong 1993) 일정 범위까지는 수율 증가에 기여하지만, 과도한 온도 상승 시 오히려 수율이 감소하는 경향이 보고되었다(Jeong JY 2021). 오일의 순도는 모든 처리구에서 99.5% 이상으로 매우 높게 나타났으며, 착유 온도에 따른 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 탈지박의 잔존 지방 함량은 60°C에서 14.0±0.34%로 가장 높았고, 90°C(11.9±1.36%) 및 120°C(11.0±0.24%)로 갈수록 감소하는 경향을 나타내어, 높은 온도가 조직 내 잔류 지질의 용출을 촉진하는 것으로 판단된다. 색상 변화는 온도가 증가할수록 오일의 색이 진해지는 경향이 확인되었는데, 색도는 gossypol, chlorophyll, carotenoid 및 폴리페놀 성분 등에 따라 각각 고유의 색을 나

타내며, 특히 저온 압착유의 갈색화 정도가 일반 고온 압착유보다 낮다고 알려져 있다(Kim 등 2022). 이와 같은 갈변은 지질 산화, Maillard 반응, 폴리페놀 산화 등 복합적인 반응으로 발생하며, 특히 온도 상승은 이러한 반응을 촉진하는 주요 요인으로 작용한다(Kwon 등 1998).

2. 지방산 조성 및 토코페롤 분석

착유 온도에 따른 MO의 지방산 조성 및 토코페롤 함량을 올리브유와 비교하였다(Table 2). MO는 전반적으로 불포화 지방산이 풍부하였으며, 주요 지방산은 올레산(C18:1n9c)과 리놀레산(C18:2n6c)이었다. 특히 리놀레산 함량(25.7~27.6 g/100 g)은 올리브유(11.1 g/100 g)보다 현저히 높았으나, 올레산 함량은 40.2~42.1 g/100 g으로 올리브유(69.5 g/100 g)보다 낮았다. 총 불포화지방산 함량은 MO에서 68.9~72.2% 범

Table 2. Fatty acid composition and tocopherol contents of olive oil and mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO) from different extraction temperatures

Samples	Olive oil	MO60	MO90	MO120
Fatty acids (g/100 g) ¹⁾				
Myristic acid(C14:0)	N.D. ²⁾	3.44±0.03 ^{b,3)4)}	3.57±0.01 ^a	3.52±0.05 ^{ab}
Palmitic acid(C16:0)	14.1	15.1±0.27 ^b	15.8±0.12 ^a	15.5±0.18 ^{ab}
Palmitoleic acid(C16:1)	1.5	1.80±0.07 ^a	1.9±0.05 ^a	1.86±0.02 ^a
Stearic acid(C18:0)	2.8	1.86±0.04 ^b	1.97±0.01 ^a	1.96±0.03 ^a
Oleic acid(C18:1n9c)	69.5	40.2±0.70 ^b	42.1±0.32 ^a	41.5±0.46 ^{ab}
Linoleic acid(C18:2n6c)	11.1	25.7±0.39 ^b	27.6±0.15 ^a	26.9±0.28 ^a
Linolenic acid(C18:3n3)	1.0	1.13±0.01 ^a	1.14±0.09 ^a	1.13±0.09 ^a
Total unsaturated fatty acid	83.1	68.9±1.16 ^b	72.2±0.53 ^a	71.4±0.82 ^a
Total fatty acid	100	89.3±1.49 ^b	93.6±0.68 ^a	92.4±1.07 ^a
Tocopherols (mg/100g)				
α-Tocopherol	80.6±0.96 ^b	80.9±2.78 ^b	85.7±0.76 ^b	93.7±0.05 ^a
β-Tocopherol	N.D.	11.4±0.79 ^a	9.80±0.01 ^a	10.9±0.15 ^a
γ-Tocopherol	13.1±0.18	N.D.	N.D.	N.D.
δ-Tocopherol	N.D.	350±7.85 ^a	214±5.91 ^c	295±1.82 ^b
Total tocopherols	94.0±1.10 ^d	442±10.6 ^a	310±6.36 ^c	400±1.97 ^b

Sample abbreviations are presented in Table 1.

¹⁾ Fatty acid composition values for olive oil were obtained from the literature (Nam & Lee 2007), with representative values estimated as the midpoints of the reported ranges.

²⁾ N.D.: Not detected.

³⁾ Mean±SD (n=3).

⁴⁾ Different letters within a row indicate significant differences by one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($p<0.05$).

위로 나타났고, 90°C 처리군에서 가장 높았다. 토코페롤 조성에서도 MO는 올리브유와 뚜렷한 차이를 보였다. 총 토코페롤 함량은 MO가 310~442 mg/100 g으로 올리브유(94.0 mg/100 g)보다 높았으며, 올리브유에서는 α - 및 γ -토코페롤이 주요 성분이지만 MO에서는 δ -토코페롤이 주요 성분으로 확인되었다. δ -토코페롤은 토코페롤 이성체 중 가장 높은 산화 안정성 및 열 안정성을 보이는 것으로 보고되었다(Park 등 2018). 이러한 결과는 MO가 고유한 지용성 항산화 조성을 갖는 기능성 오일 소재임을 시사한다.

3. 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 활성

착유 온도에 따른 MO와 올리브유의 총 페놀, 총 플라보노이드 및 항산화 활성을 비교하였다(Table 3). 총 페놀 함량은 올리브유가 가장 높았으며, MO에서는 90°C 처리군이 가장 높은 값을 나타냈다. 총 플라보노이드 함량 역시 MO90에서 가장 높았고, 이러한 경향은 DPPH, ABTS 및 hydroxyl radical 소거 활성에서도 유사하게 나타났다. 식품에 존재하는 폴리페놀 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 aromatic phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어 있다(Lee 등 2022). 또한, 총 페놀과 항산화 활성은 열처리와 추출법에 따라 달라지는 것으로 보고되며(Jang 등 2012), 추출 온도 상승이 일정 범위까지는 유효 성분 추출을 돕지만 과도한 조건에서는 불리하게 작용하기도 한다(Park 등 2013). 이는 추출 온도가 일정 범위까지는 항산화 성분의 유리를 촉진하지만, 과도한 고온에서는 페놀성 화합물과 플라보노이드의 열분해 및 산화가 증가하기 때문으로 해석된다. 종합하면, 항산화

성분과 라디칼 소거활성을 기준으로 할 때 MO의 기능성 확보에는 90°C 전후의 추출 조건이 가장 적절한 것으로 판단된다.

일반적으로 올리브유의 항산화 활성은 페놀성 화합물과 토코페롤에 크게 의존하는 것으로 알려져 있으나(Heo 등 2012), 본 연구 결과 MO는 올리브유에 비해 상대적으로 낮은 총 페놀 함량에도 불구하고 높은 라디칼 소거능을 나타내어 항산화 활성 발현 기작이 올리브유와는 다른 조성 기반을 가질 가능성을 보여준다. 또한 MO는 올리브유에 비해 총 페놀 함량은 다소 낮지만, 플라보노이드 함량과 라디칼 소거 활성 측면에서는 동등하거나 우수한 수준을 나타내어, 항산화 기능성 유지로서 충분한 활용 가능성을 가지는 것으로 판단된다.

4. 저장 중 산화 안정성

저장 중 산화 안정성을 평가한 결과 저장 온도 및 착유 온도에 따라 품질 변화 양상이 뚜렷하게 달랐다(Fig. 1). 4°C 저장 조건(A-C)에서의 색도 변화는 MO120에서 초기 색차 값이 큰 변화를 보였다. 산가 및 과산화물가의 경우 모든 처리구에서 큰 변동 없이 일정 수준을 유지하여 저온 저장 시 산화 진행이 비교적 억제됨을 확인할 수 있었다. 반면 25°C 저장 조건(D-F)에서는 모든 시료에서 색도 변화가 지속적으로 증가하였으며, 특히 MO60에서 가장 높은 값을 보였다. 산가 또한 저장 기간 후반에 증가하는 경향을 나타내어 지방의 가수분해가 진행되었음을 시사하였다. 과산화물가는 저장 기간 동안 급격히 증가하여 산화가 지속적으로 진행됨을 보여 주었다. 저장 7주 이후 감소하는 경향은 1차 산화 생성물인 과산화물이 분해되어 알데하이드, 케톤 등의 2차 산화 생성

Table 3. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activities of olive oil and mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO) from different extraction temperatures

Parameters	Olive oil	MO60	MO90	MO120
Total phenolic content (mg GAE/100 g) ³⁾	8.54±0.11 ^{a,1)2)}	2.55±0.29 ^c	5.98±0.17 ^b	2.60±0.23 ^c
Total flavonoid content (mg CE/100 g) ³⁾	15.7±0.86 ^d	40.9±1.26 ^b	45.5±0.63 ^a	37.6±1.04 ^c
DPPH radical scavenging activity (%)	77.6±0.62 ^b	64.2±0.71 ^c	84.8±2.24 ^a	66.4±0.37 ^c
ABTS radical scavenging activity (%)	99.8±0.10 ^a	62.1±0.60 ^c	82.5±0.52 ^b	59.5±1.03 ^d
Hydroxyl radical scavenging activity (%)	37.8±3.64 ^{ab}	25.0±3.85 ^c	44.6±3.38 ^a	32.4±2.94 ^{bc}

Sample abbreviations are presented in Table 1.

¹⁾ Mean±SD (n=3).

²⁾ Different letters within a row indicate significant differences by one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($p<0.05$).

³⁾ GAE, gallic acid equivalents; CE, catechin equivalents.

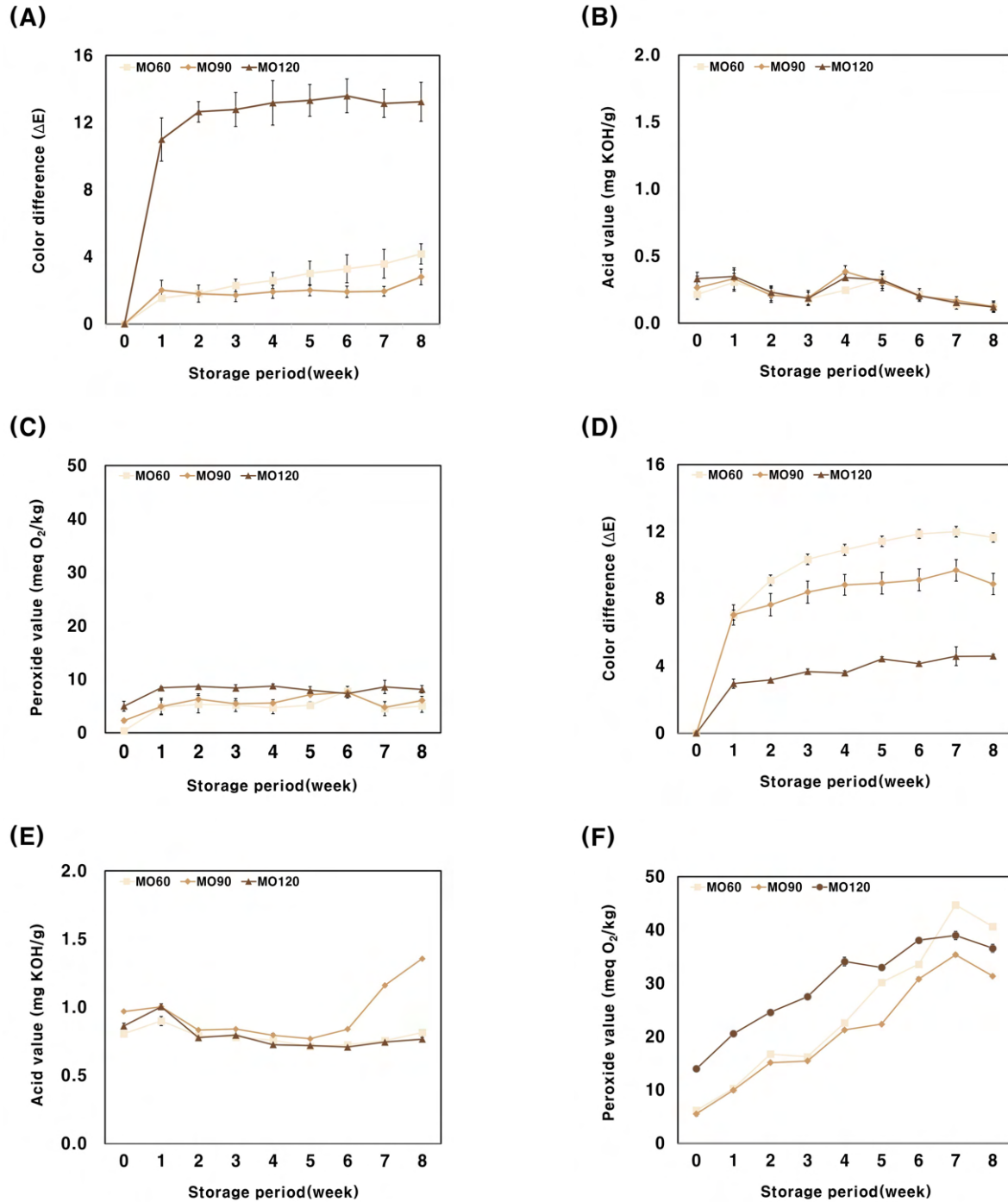


Fig. 1. Oxidative stability of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO) during storage at 4°C and 25°C for 8 weeks. Sample abbreviations are presented in Table 1. (A–C) Changes in color difference (A), acid value (B) and peroxide value (C) at 4°C; (D–F) changes in color difference (D), acid value (E) and peroxide value (F) at 25°C.

물로 인해 지질 산화 과정에서 일반적으로 나타나는 현상이며, 산화가 계속해서 진행된 단계에 도달했음을 의미한다 (Domínguez 등 2019). 이러한 결과는 착유 온도와 저장 온도가 지질 산화에 큰 영향을 미치며, 저온 저장에서는 산화 반응이 억제되는 반면 상온에서는 산화 및 열화가 가속화됨을 의미한다. 또한 착유 온도에 따라 초기 항산화 성분 함량이 달라짐에 따라 저장 안정성에도 차이가 나타난 것으로 판단되며 적절한 열처리 조건이 산화 안정성 확보에 중요함을 시사한다.

5. 항염증 및 미백 활성

이전 실험에서 가장 우수한 결과를 나타낸 MO 90을 이후 기능성 활성평가의 처리구로 사용하였으며, 이후 언급되는 MO는 90°C에서 착유한 갈색거저리 유충의 오일을 뜻한다. 세포독성 평가 결과 RAW 264.7 세포에서 250~1,000 µg/mL 처리 시 세포 생존율이 100% 이상으로 유지되어 시험 농도 범위 내에서 유의적인 세포독성은 관찰되지 않았다(Fig. 2A). 이러한 결과는 갈색거저리 유충 소재가 비교적 높은 세포 안전성을 나타낸다는 선행 연구와 일치하는 경향이다. Kim HO(2020)는 갈색거저리 유충 오일을 HaCaT keratinocyte에 0.01~0.2%로 72시간 처리했을 때 유의한 세포독성이 없었음을 보고하였으며, 이는 갈색거저리 오일이 화장품 소재 관점에서 기초적인 안전성을 가질 수 있음을 시사한다.

또한, LPS로 염증을 유도한 RAW 264.7 세포에서 NO 생성량은 MO 처리로 유의적으로 감소하였고, 특히 500 및 1,000 µg/mL에서 뚜렷한 억제 효과가 확인되었다(Fig. 2B). NO는 대식세포 활성화 과정에서 생성되는 대표적인 염증 매개 인자로 그 생성 억제는 항염 활성의 1차 지표로 널리 활용된다. 따라서 본 결과는 MO가 대식세포의 염증 반응을 완화하는 방향으로 작용할 가능성을 보여준다. Yu 등(2016)은 갈색거저리 시료가 RAW 264.7 세포에서 항산화 및 항염 효과를 나타낸다고 보고하였고, Kang 등(2017)은 동결건조 갈색거저리 유충이 RAW 264.7 세포에서 NO 생성과 TNF- α , IL-6 발현을 억제하여 항염 소재로 활용할 수 있음을 제시하였다. 앞서 진행한 갈색거저리 유충 오일의 높은 불포화지방산 함량과 토크페롤류는 본 연구에서 관찰된 NO 억제 효과에 기여했을 가능성이 있다.

Tyrosinase 저해 활성 평가에서는 MO 농도가 증가할수록 저해율이 증가하는 경향을 보였으며, 6,000 µg/mL에서는 양성 대조군인 ascorbic acid와 유사한 수준의 활성을 나타냈다(Fig. 2C).

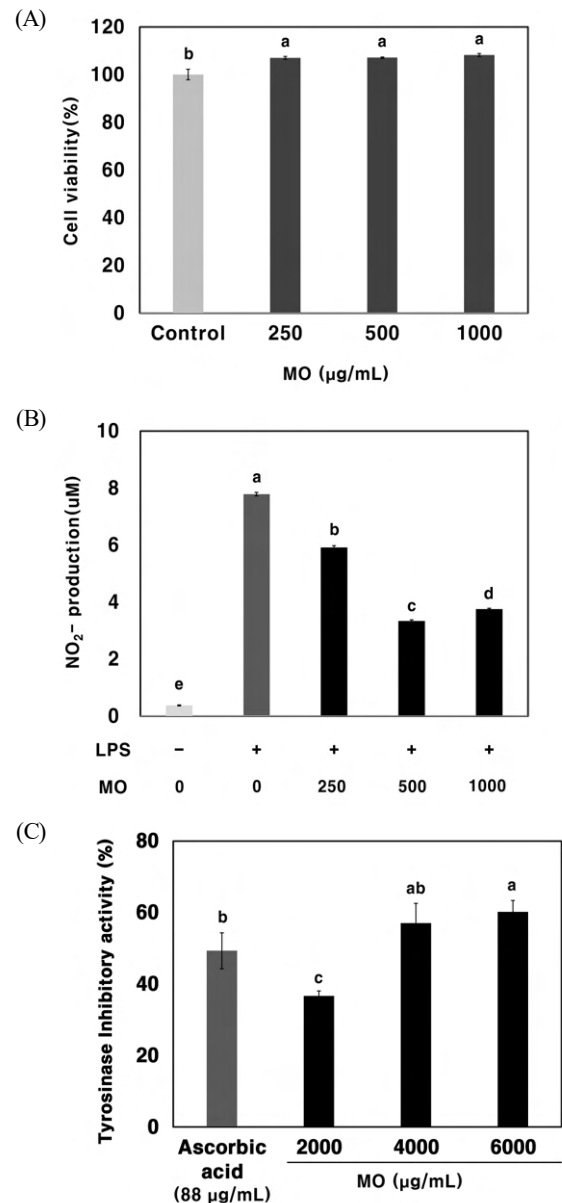


Fig. 2. Functionality of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae oil (MO) extracted at 90°C. (A) Cell viability of RAW 264.7 cells treated with MO at various concentrations. (B) Inhibitory effects of MO on nitric oxide (NO) production in LPS-stimulated RAW 264.7 cells. (C) Tyrosinase inhibitory activity of MO compared with ascorbic acid (88 µg/mL, positive control). The results are expressed as mean±SD (n=3). Different letters indicate significant differences as determined by one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($p < 0.05$).

본 실험의 처리 농도는 예비실험 결과에 따라 저농도 구간에서는 뚜렷한 저해 활성이 관찰되지 않아 충분한 활성 평가를 위해 2,000-6,000 µg/mL 범위에서 실험을 수행하였다. 이는 MO가 멜라닌 생성 과정과 관련된 핵심 효소인 tyrosinase를 억제할 수 있음을 의미하며, 미백 기능성 소재로서의 가능성을 시사한다. 갈색거저리 유래 소재의 미백 관련 활성은 이미 일부 선행 연구에서 보고된 바 있다. Kim 등(2018b)은 갈색거저리 유충으로부터 항산화 및 skin-whitening 관련 화합물의 추출 조건을 최적화할 수 있음을 제시하여, 갈색거저리가 미백 관련 기능성 물질의 공급원이 될 수 있음을 보고하였다. 또한 갈색거저리 단백질 가수분해물에서 tyrosinase 저해 활성이 확인되어 갈색거저리 유래 소재 자체가 피부 미백 기능성과 연계될 수 있음을 보여주었다(Gam 등 2019). 본 연구는 이러한 선행 연구의 범위를 지질 분획인 오일로 확장했다는 점에서 의미가 있으며, 특히 고농도에서 ascorbic acid에 근접한 활성을 보였다는 점은 화장품용 유지 기반 소재로서 응용 가능성을 높여준다.

6. 피부 상재균 및 여드름균에 대한 항균 활성

피부 관련 주요 균주에 대한 항균 활성 평가 결과 *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* 및 *Cutibacterium acnes*

모두에서 농도 의존적인 억제 효과가 확인되었다(Fig. 3). 항균 활성 평가는 disc diffusion method의 특성을 고려하여 명확한 억제圈 형성을 확인할 수 있는 농도 범위인 200 및 400 µg/disc에서 수행하였다. 특히 200 µg/disc 대비 400 µg/disc 처리 시 억제圈 직경이 유의적으로 증가하여 MO의 항균 활성은 농도 증가에 따라 강화되는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 갈색거저리 유충 추출물이 *S. aureus*를 포함한 세균에 대해 농도 의존적인 억제 효과를 보인다는 선행 연구 결과와 일치한다(Hwang 등 2022). 이와 같은 항균 활성은 주로 지방산 기반 기전에 의해 설명될 수 있다. 지방산은 세균 세포막의 인지질 이중층에 삽입되어 막 구조를 교란하고 투과성을 증가시켜 세포 내용물 유출 및 세포 사멸을 유도하는 것으로 보고되어 있다(Desbois & Smith 2010). 따라서 본 연구에서 관찰된 MO의 항균 효과 역시 이러한 지질 성분에 기인했을 가능성이 높다. 균주별 감수성에서는 *S. aureus*와 *S. epidermidis*에서 유사한 억제 경향을 보였지만, *C. acnes*에서는 전반적으로 낮은 억제圈 직경이 관찰되었다. 한편, MO의 항균 활성은 양성 대조군인 ampicillin에 비해 전반적으로 낮은 수준을 보였다. 이는 항생제가 특정 세포 구조(세포벽 합성 등)를 표적으로 강하게 작용하는 반면, 천연 유래 지질 성분은 비교적 비특이적이고 완만한 방식으로 작용하기

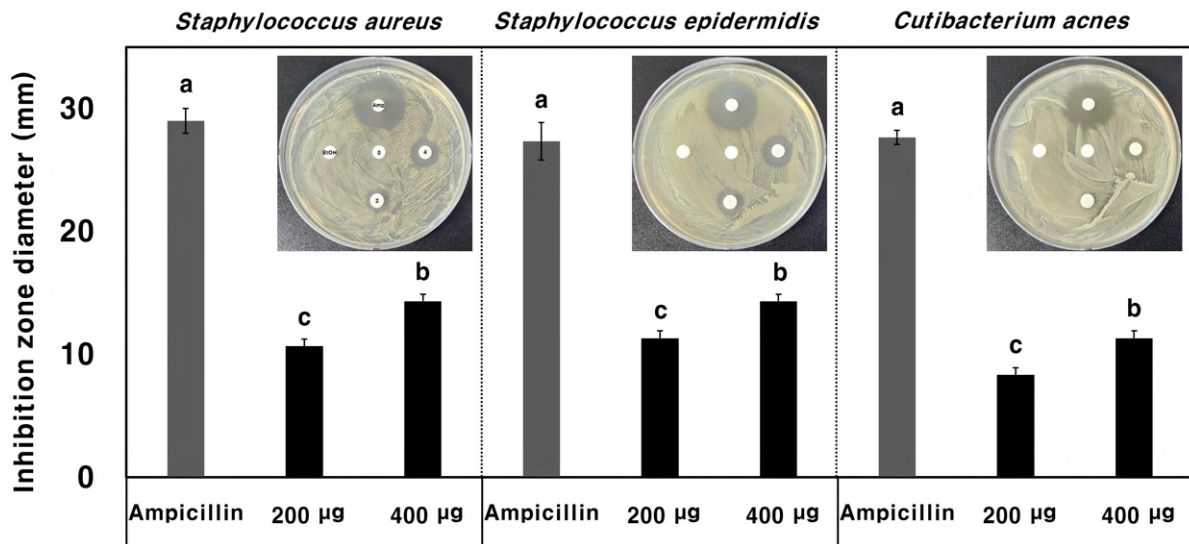


Fig. 3. Antibacterial activity against major skin-associated bacteria: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* and *Cutibacterium acnes*. The inhibition zone diameter was measured after treatment with MO at indicated concentrations (200 and 400 µg/disc). Ampicillin (100 µg/disc) was used as a positive control. The results are expressed as mean±SD (n=3). Different letters indicate significant differences among groups as determined by one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($p < 0.05$).

때문에 이해된다. 따라서 MO는 항산화, 항염, 미백 및 항균 활성을 동시에 나타내는 천연 유래 지질 소재로서 식품 소재뿐만 아니라 피부 건강 증진 및 피부 트러블 개선을 위한 기능성 화장품 소재로의 활용 가능성을 시사한다.

요약 및 결론

본 연구에서는 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 유충으로부터 추출한 오일의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 평가하였다. 지방산 조성 분석 결과 oleic acid와 linoleic acid가 주요 지방산으로 확인되었으며, 이는 불포화지방산 함량이 높은 특징을 나타내었다. 또한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석 결과 갈색거저리 오일은 일정 수준의 항산화 성분을 함유하고 있었으며, DPPH, ABTS 및 hydroxyl radical 소거 활성 평가에서 우수한 항산화 활성을 나타내었다. 세포독성 평가에서는 시험 농도 범위 내에서 유의적인 독성이 관찰되지 않았으며, RAW 264.7 세포에서 NO 생성 억제 효과를 나타내어 항염 활성 가능성을 확인하였다. 또한 tyrosinase 저해 활성과 피부 관련 균주에 대한 항균 활성이 확인되어 미백 및 피부 건강 관련 기능성 소재로서의 활용 가능성을 보여주었다. 따라서 갈색거저리 유충 유래 오일은 항산화, 항염, 미백 및 항균 활성을 갖는 복합 기능성 소재로서 식품 및 화장품 산업 분야에서 활용 가능성이 있을 것으로 판단되며, 향후 작용기전 규명 및 산업적 적용을 위한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Baek M, Seo M, Kim MA, Yun EY, Hwang JS. 2017. The antioxidant activities and hair-growth promotion effects of *Tenebrio molitor* larvae extracts (TMEs). *J Life Sci* 27:1269-1275
- Choi EM, Koo SJ. 2004. Inhibition of lipopolysaccharide-stimulated inflammatory mediator production in RAW264.7 macrophages by *Foeniculum vulgare* fruit extract. *Korean Soc Food Cook Sci* 20:505-510
- Choi JS, Lee JH, Park HJ, Kim HG, Young HS, Mun SI. 1994. Screening for antioxidant activity of plants and marine algae and its active principles from *Prunus davidiana*. *Korean J Pharmacogn* 24:299-303
- Desbois AP, Smith VJ. 2010. Antibacterial free fatty acids: Activities, mechanisms of action and biotechnological potential. *Appl Microbiol Biotechnol* 85:1629-1642
- Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba FJ, Zhang W, Lorenzo JM. 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants* 8:429
- Gam DH, Kim SY, Kim SK, Kim JW. 2019. Production of skin-whitening and anti-wrinkle functional peptide from *Tenebrio molitor* (mealworm) using Cheonggukjang strain. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J* 34:291-298
- Han J, Sung J, Kim DJ, Jeong HS, Lee J. 2008. Inhibitory effect of methanol extract and its fractions from grape seeds on mushroom tyrosinase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1679-1683
- Heo W, Lee SY, Lim SY, Pan JH, Kim HM, Kim YJ. 2012. The functionalities and active constituents of olive oil. *Korean J Food Sci Technol* 44:526-531
- Hwang D, Lee SH, Goo TW, Yun EY. 2022. Potential of antimicrobial peptide-overexpressed *Tenebrio molitor* larvae extract as a natural preservative for Korean traditional sauces. *Insects* 13:381
- Jang GY, Kim HY, Lee SH, Kang Y, Hwang IG, Woo KS, Kang TS, Lee J, Jeong HS. 2012. Effects of heat treatment and extraction method on antioxidant activity of several medicinal plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:914-920
- Jeong JY. 2021. Optimization of extraction processing and physicochemical characteristics of *Tenebrio molitor* larvae oil. Ph.D. Thesis, Dankook Univ. Yongin. Korea
- Jung SH, Ku MJ, Moon HJ, Yu BC, Jeon MJ, Lee YH. 2009. Inhibitory effects of fucoidan on melanin synthesis and tyrosinase activity. *J Life Sci* 19:75-80
- Kang MS, Kim MJ, Han JS, Kim AJ. 2017. Fatty acid composition and anti-inflammatory effects of the freeze dried *Tenebrio molitor* larva. *Korean J Food Nutr* 30:251-256
- Kim AN, Lee KY, Ha MH, Lee MH, Kim JI, Kwak D, Choi

- SG. 2018a. The effect of air-bubble washing with natural sanitizers on microbial contamination and quality characteristics of perilla seeds. *Food Preserv Process* 25:797-803
- Kim D, Lee SH, Lee ED, Lee J, Roh HJ, Lee SS, Jang A, Kim KW. 2021. Analysis of component changes according to early cutting of elk velvet antlers. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 22:565-576
- Kim EJ, Hwang SY, Son JY. 2009. Physiological activities of sesame, black sesame, perilla and olive oil extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:280-286
- Kim HO. 2020. Anti-oxidant and moisturizing effects of oil extracted from *Tenebrio molitor* larvae. *Asian J Beauty Cosmetol* 18:273-281
- Kim JJ, Kim KS, Yu BJ. 2018b. Optimization of antioxidant and skin-whitening compounds extraction condition from *Tenebrio molitor* larvae (mealworm). *Molecules* 23:2340
- Kim YH, Chang JH, Ha SY, Park SJ, Park SY, Jung TH, Shin KO. 2022. Analysis of nutrients and antioxidants of sterilized and non-heat-pressed perilla oil. *Korean J Food Sci Technol* 54:264-271
- Kwon DJ, Kim YJ, Kim HJ, Hong SS, Kim HK. 1998. Changes of color in Doenjang by different browning factors. *Korean J Food Sci Technol* 30:1000-1005
- Lee JE, Lee AJ, Jo DE, Cho JH, Youn K, Yun EY, Hwang JS, Jun M, Kang BH. 2015. Cytotoxic effects of *Tenebrio molitor* larval extracts against hepatocellular carcinoma. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:200-207
- Lee JH, Lee SR. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26:310-316
- Lee KY, Han CY, Pyo MJ, Choi SG. 2022. Effect of onion powder on quality characteristics, antioxidant activities and oxidative stability of perilla oil mayonnaise. *Korean J Food Nutr* 35:417-425
- Lee S, Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim JK. 2014. Effects of drying methods on quality characteristics and antioxidative effects of omija (*Schisandra chinensis* Bailon). *Food Sci Preserv* 21:341-349
- Lee SY, Kim IW, Lee HS, Lee JH, Jo YY. 2025. Evaluation on the physiological activity of *Tenebrio molitor* larval oil (TMO). *Asian J Beauty Cosmetol* 23:513-522
- Lee YE, Nam JK, Min YR, Jang HW. 2024. A study of the nutritional composition of *Tenebrio molitor* larvae as a food source. *Korean J Food Sci Technol* 56:285-293
- Min YK, Jeong HS. 1993. Effect of temperature and pressure on the oil expression of perilla seed. *Korean J Food Sci Technol* 25:28-32
- Moon YH, Song YS, Kim KS, Lee JE, Yu GD, Lee YH, Lee KB, Choi IS, Cha YL. 2017. Comparison of color and major components of hempseed oils extracted with pressuring and extruding methods. *J Korean Appl Sci Technol* 34:666-672
- Mosmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods* 65:55-63
- Nam HY, Lee KT. 2007. Analysis of characterization in commercial extra virgin olive oils. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:866-873
- Park HJ, Yoon GM, Lee SH, Jang GY, Kim MY, Meishan L, Lee J, Jeong HS. 2013. Effects of extraction temperature and time on antioxidant activities of *Rhus verniciflua* extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1776-1782
- Park YH, Cho MJ, Kim HJ. 2018. Effects of α -, γ -, and δ -tocopherol on the oxidative stability of horse fat. *Korean J Food Sci Technol* 50:267-273
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Seo M, Lee H, Lee JH, Baek M, Kim IW, Kim SY, Hwang JS, Kim M. 2019. A study of the anti-inflammatory effect of protein derived from *Tenebrio molitor* larvae. *J Life Sci* 29:854-860
- Singleton VL. 1999. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299:152-178
- Yu JM, Jang JY, Kim HJ, Cho YH, Kim D, Kwon O, Cho YJ,

- An BJ. 2016. Antioxidant capacity and RAW 264.7 macrophage anti-inflammatory effect of the *Tenebrio molitor*. *Food Sci Preserv* 23:890-898
- Yu MH, Lee HS, Cho HR, Lee SO. 2017. Enzymatic preparation and antioxidant activities of protein hydrolysates from *Tenebrio molitor* larvae (mealworm). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:435-441
-
- Received 28 April, 2026
Revised 08 June, 2026
Accepted 18 June, 2026

효소처리 들깨박의 이화학적 특성 및 항산화 활성

†이경행 · 홍혜정* · 이예진* · 김다영*

국립한국교통대학교 식품영양학전공 교수, *국립한국교통대학교 식품영양학전공 학부생

Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Enzyme-Treated Defatted Perilla Seed Residue

†Kyung-Haeng Lee, Hye-Jung Hong*, Ye-Jin Lee*, Da-Young Kim*

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

*Student, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

Abstract

This study aimed to improve the industrial utility of defatted perilla seed residue (DPSR), a byproduct of perilla oil extraction. To maximize the release of DPSR's bioactive compounds, we prepared extracts using single or combined treatments of protease, cellulase, and pectinase, and then evaluated their physicochemical properties and antioxidant activities. All enzyme treatments significantly increased the content of soluble solids and reducing sugars compared to the control, with pectinase treatment yielding the highest sugar content. The pH values of all enzyme-treated groups were lower than the control. Regarding antioxidant components, groups treated with protease demonstrated exceptional efficiency. Ascorbic acid and total polyphenol content were most effectively extracted with protease alone, while the highest flavonoid content was achieved through complex enzyme treatment. The increase in these bioactive components directly correlated with improved radical scavenging activities. Specifically, a mixture of protease and cellulase exhibited the most potent DPPH and ABTS radical scavenging activities. Correlation analysis revealed a strong positive relationship between antioxidant components and activity indices, with a notably high correlation coefficient of 0.9684 between polyphenol content and ascorbic acid.

Key words: defatted perilla seed residue, enzymatic hydrolysis, antioxidant activity, food upcycling

서론

들깨(*Perilla frutescens* L.)는 국내에서 널리 소비되는 주요 유지 작물로, 기름 추출 과정에서 발생하는 들깨박은 연간 약 15,000톤 정도의 막대한 양에 달한다(NICS 2023). 들깨박은 단백질, 식이섬유뿐만 아니라 polyphenol 및 flavonoid 화합물과 같은 생리활성 물질이 풍부함에도 불구하고(Hong 등 1997; Jeong 등 2020) 현재까지 대부분 사료나 퇴비 등으로 저가 활용되거나 폐기되는 실정이다(Ahn 등 2021). 이러한 활용 방식은 자원의 비효율적 이용을 초래할 뿐만 아니라 식품 산업의 지속가능성을 저해하는 요인으로 작용한다. 따라

서 최근에는 농산 부산물을 고부가가치 식품 소재로 전환하는 푸드 업사이클링 전략이 주목받고 있으며, 이에 따른 소비자의 가치 인식과 웰빙에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다(Sunpil & Jinsoo 2024).

활성산소는 산화적 스트레스, 노화 및 다양한 만성질환의 주요 원인으로 알려져 있으며, 이를 억제할 수 있는 항산화 물질의 중요성이 강조되고 있다. 들깨박은 이러한 생리활성 물질을 포함하고 있어 기능성 소재로서의 활용 가능성이 높은 소재로도 평가되고 있다(Kang 등 2018). 또한 다양한 농산 부산물 및 유박에서도 생리활성 성분 및 기능성 차이에 대한 연구가 보고되어 부산물을 활용한 기능성 소재 개발의 중요

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

성이 강조되고 있다(Lee 등 2023a).

그러나 들깨박 내 주요 유효성분들은 세포벽 구조에 결합되어 있거나 고분자 형태로 존재하여 일반적인 용매 추출 공정만으로는 회수 효율 및 생리활성을 충분히 확보하는 데 한계가 있다. 기존 연구는 주로 단일 추출 또는 특정 조건에 국한되어 있어 생리활성 물질의 회수 효율을 극대화하는 데 한계가 있으며, 구조적으로 결합된 항산화 성분을 효과적으로 유리시키기 위한 기술이 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 들깨박의 산업적 활용도를 높이기 위한 전략적 대안으로 효소처리 공정을 도입하고자 하였다. 효소기반 추출은 농산 부산물의 리그노셀룰로오스 구조를 효과적으로 분해 또는 연화하여 내부 생리활성 성분의 회수를 가능하게 하는 친환경적 기술로 보고되고 있다(Costa 등 2020). 즉 효소처리 공정은 세포벽 및 세포막을 선택적으로 분해하여 생리활성 성분의 방출을 촉진하며, 온화한 조건에서 높은 추출 효율과 친환경적 공정 구현이 가능하다고 보고되었다(Puri 등 2012). 특히 효소처리에 의한 들깨박 수용성 다당류의 추출 효율 증가 및 항산화 활성 향상이 보고된 바 있으며(Hwang 등 2021), 효소 가수분해 조건에 따른 들깨박 단백질 유래 펩타이드의 항산화 활성 증진 효과 또한 규명된 바 있다(Park & Yoon 2018). 그러나 효소처리에 의한 들깨박의 항산화 활성 연구에서 복합효소의 활성에 관한 연구는 많지 않다.

따라서 본 연구에서는 들깨박에 단일 또는 복합효소처리 공정을 적용하여 polyphenol 및 flavonoid 화합물 등 생리활성 물질의 함량변화, 항산화 활성 변화 및 이화학적 변화를 분석하고, 이를 통해 폐기되던 부산물의 고부가가치 소재화 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 실험에 사용된 들깨박은 들깨유 제조 공정에서 발생한 유박을 충청북도 증평군 시장에서 구입하였으며, 들깨박을 분쇄기(HR3752, Philips, Netherlands)로 분쇄시켜, 40 mesh (Chung Gye Industrial Mfg, Co., Seoul, Korea)의 체를 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 들깨박 추출을 위한 효소는 (주) Novozymes (Bagsvaerd, Denmark)의 단백질 분해효소(protease)인 alcalase 2.4L FG(2.4 AU/g), cellulose 분해효소(cellulase)인 celluclast(700 EGU/g) 및 pectin 물질 분해효소(pectinase)인 pectinex XXL (10,000 PECTU/mL)를 사용하였다. 항산화 활성 분석 및 성분 정량을 위해 사용된 Folin-Ciocalteu's

phenol reagent, L-ascorbic acid, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), quercetin 및 tannic acid는 모두 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입한 분석용 등급의 시약을 사용하였다.

2. 효소처리 들깨박 추출물의 제조 및 처리 조건

효소처리 들깨박 추출물을 제조하기 위해 마쇄한 들깨박 20 g에 정제수 90 mL를 가한 후, 각 처리군의 예비실험 결과에 따라 protease, cellulase, pectinase를 각각 3 mL씩 첨가하고, 복합효소군의 경우 protease와 cellulase, protease와 pectinase로 하여 각각 1.5 mL씩 혼합하여 첨가하였다. 대조군은 효소 대신 증류수를 3 mL 첨가하였다. 들깨박과 효소가 혼합된 각각의 처리군은 55±2℃로 유지되는 항온 수조(water bath)에서 80 rpm의 조건으로 2시간 동안 교반하면서 효소처리를 하였다. 반응 종료 후 효소의 불활성화를 위하여 90℃에서 10분 동안 처리하여 실험시키고, 원심분리기(Labogene 1736R, Gyrozen, Korea)를 이용하여 4℃, 3,041×g 조건에서 30분간 원심분리하였다. 상등액은 정성 여과지(No. 2, ADVANTEC, Tokyo, Japan)로 여과하여 최종 분석 시료로 사용하였다.

3. 효소처리 들깨박 추출물의 이화학적 분석

1) pH, 가용성 고형분 및 환원당 함량 측정

들깨박에 효소를 처리한 후 추출물에 대한 pH를 확인하기 위하여 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, USA)를 이용하여 측정하였다. 들깨박 효소 추출물의 가용성 고형분 함량은 당도계(Pal-1, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다. 들깨박 효소 추출물에 대한 효소분해 정도 등을 확인하기 위하여 환원당 함량을 측정하였으며 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법(Chae 등 2000)으로 550 nm에서 흡광도를 측정 후 glucose 표준 곡선으로부터 산출하였다.

2) 색도 측정

들깨박 효소 추출물의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b값을 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 측정에 사용된 표준 백색판의 L*, a*, b* 값은 각 90.83, -0.30, 4.95이었다.

3) 항산화 성분 함량

효소처리 들깨박 추출물 내 항산화 성분인 ascorbic acid,

flavonoid 화합물 및 polyphenol 화합물의 함량 측정을 위하여 다음과 같이 측정하였다.

Ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 각 효소처리 시료 0.2 mL에 10% trichloroacetic acid(TCA) 0.8 mL를 가하고 원심분리기에서 3,041×g로 5분간 원심분리시킨 후 여과하고 여액 0.5 mL에 2% metaphosphoric acid 1.5 mL와 10% phenol reagent 0.2 mL를 혼합하여 상온에서 10분간 방치 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Flavonoid 화합물의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법에 따라 각 효소처리 시료 0.5 mL에 80% ethanol 0.5 mL를 가하여 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 각각 가하고 상온에서 40분간 방치 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였으며 표준물질로는 quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 사용하였다. Polyphenol 화합물은 각 효소처리 시료 1 mL에 phenol reagent 0.5 mL와 10% Na₂CO₃ 1 mL, 증류수 7.5 mL를 차례대로 혼합하여 30분간 방치 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하였다(AOAC 1995).

4) 항산화 활성

효소처리 들깨박 추출물의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능을 측정하였다.

DPPH radical 소거능은 효소처리 추출물을 동일하게 50배 희석한 시료 2 mL에 0.2 mM DPPH 2 mL 첨가 및 혼합 후 상온에서 30분간 반응하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 계산식으로 계산하였다(Blois MS 1958).

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample O.D}}{\text{Blanktest O.D}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능은 ABTS 시약(2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 제조한 후 하루 동안 암소에 방치한 시약의 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 증류수로 희석한 후 희석된 ABTS 시약 1 mL에 효소처리 추출물을 동일하게 10배 희석한 각각의 시료 0.05 mL를 첨가하고 상온에서 90분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 계산식으로 계산하였다(Re 등 1999).

$$\text{ABTS radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample O.D}}{\text{Blanktest O.D}}\right) \times 100$$

4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 3반복으로 얻어진 값으로 SPSS 26.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 활용하여 각 실험군 간의 유의성($p < 0.05$)을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다. 또한, 효소처리 들깨박 추출물의 항산화 성분들과 항산화 활성들 간의 상관관계를 확인하기 위하여 Pearson의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 가용성 고형분, 환원당 함량 및 pH

들깨박에 효소를 처리한 후 추출물에 대한 가용성 고형분, 환원당 함량 및 pH를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

pH는 효소처리를 하지 않은 대조군은 5.52였으나 효소처리군은 5.14-5.40으로 대조군에 비해서는 다소 낮은 pH를 보였고 pectinase 처리군 및 protease-pectinase 복합효소처리군에서 각각 5.14 및 5.19로 가장 낮은 pH를 나타내었다. 이는

Table 1. Changes in pH, soluble solid and reducing sugar content of enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
pH ¹⁾	5.52±0.02 ^a	5.38±0.00 ^b	5.40±0.02 ^b	5.14±0.02 ^c	5.31±0.01 ^c	5.19±0.02 ^d
Brix (°Brix)	2.70±0.00 ^f	7.60±0.10 ^b	6.40±0.00 ^d	5.23±0.06 ^e	6.90±0.00 ^e	7.80±0.00 ^a
Reducing sugar (mg%)	0.08±0.00 ^f	0.25±0.01 ^e	0.77±0.01 ^c	1.11±0.00 ^a	0.68±0.01 ^d	1.05±0.03 ^b

¹⁾ a-f Values with different superscripts within a row were significantly different ($p < 0.05$).

pectinase 처리에 의해 galacturonic acid 및 유기산들이 유리되어 다른 처리군에 비하여 다소 낮은 pH를 보이는 것으로 사료되었다.

가용성 고형분의 경우, 대조군은 2.70 °Brix 였으나 효소처리군은 5.23~7.80 °Brix로 대조군에 비하여 모두 높은 가용성 고형분을 나타내었으며 이는 사용한 효소들에 의해 조직의 연화 등으로 인하여 가용성 고형분 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

환원당 함량의 경우에는 대조군은 0.08 mg% 이었으나 효소처리군은 모두 그 함량이 증가하였으며 특히 탄수화물 분해효소인 pectinase가 함유된 처리군들에서 높은 값을 보이는 것으로 나타났다.

Lee 등(2023b)은 미선나무 잎에 효소처리 시 가용성 고형분 및 환원당의 함량이 증가하였다고 하여 들깨박을 대상으로 한 본 연구 결과와 일치하는 경향이였다. pH의 경우도 효소처리에 의하여 조직이 연화되어 유기산 용출 등으로 인해 pH가 저하한다고 하여 본 결과와 일치하였다.

2. 색도 변화

들깨박에 효소를 처리한 후 추출물에 대한 색도변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

명도의 경우, 대조군은 54.39였으나 효소처리군은 pectinase 처리군을 제외하고는 낮은 명도를 나타내었다. 단백질 분해 효소인 protease 처리군은 41.89로 가장 낮은 명도를 나타내었으며 시료가 현저히 어두워졌음을 확인하였다. 복합효소 처리시에도 대조군보다 명도가 낮게 유지되었다.

적색도의 경우에는 protease-cellulase 복합처리군에서 11.79로 가장 높은 수치를 보였으며, 대조군(1.00)과 비교했을 때 모든 효소 처리군에서 적색도가 유의적으로 증가하였다.

황색도 또한 효소 처리에 의해 전반적으로 값이 상승하였

다. 특히 protease-pectinase 복합처리군에서 35.53으로 가장 높게 나타났으며, 이는 대조군(27.08)에 비해 증가하였다. 이와 같이 대조군과 비교할 때 효소처리에 의한 색도의 변화를 보이는 것은 가수분해 효소들의 작용에 의한 시료내 각 성분들의 용출과 마이야르 반응 등에 기인한 것으로 사료되었다. 특히 protease-cellulase 복합처리군 및 protease-pectinase 처리군에서 적색도와 황색도의 값이 단일 효소처리군과 차이를 보이는 것은 단백질과 다당류 구조가 동시에 분해되면서 마이야르 반응이 극대화되었을 것으로 판단되었다.

3. 항산화 성분

효소처리 들깨박의 항산화 성분 함량 측정은 ascorbic acid, polyphenol 및 flavonoid 화합물을 측정하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

Ascorbic acid의 함량은 대조군이 32.68 mg%였으며 효소처리군은 37.60~66.53 mg%로 효소처리에 의하여 그 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 효소처리군 중 protease 처리군이 66.53 mg%로 가장 높은 함량을 기록하였으며 protease-cellulase 복합처리군(61.61 mg%), protease-pectinase 복합처리군(56.64 mg%), cellulase(56.02 mg%) 순으로 나타났으며, pectinase 처리군(37.60 mg%)은 증가폭이 가장 미미하였다.

Polyphenol 화합물의 함량은 모든 효소 처리군들이 대조군(59.67 mg%)에 비해 유의적으로 증가하였다. 특히 protease 단일 처리군에서는 160.20 mg%로 가장 높은 수치를 나타내어 대조군 대비 약 2.7배의 증가율을 보였다. Protease-cellulase 복합처리군(151.42 mg%)과 protease-pectinase 복합처리군(127.29 mg%) 역시 높은 함량을 보였으나, 단일 protease 처리군보다는 낮은 경향을 나타내었다.

Flavonoid 화합물의 경우, 대조군(0.01 mg%)에서는 매우 미량 검출되었으나, 효소 처리에 의해 유의적으로 상승하였

Table 2. Changes in color value of enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
L ¹⁾	54.39±0.01 ^b	41.89±0.03 ^f	47.85±0.01 ^d	55.19±0.02 ^a	44.12±0.03 ^c	50.16±0.01 ^c
a	1.00±0.02 ^f	10.09±0.06 ^b	7.04±0.03 ^c	1.59±0.01 ^c	11.79±0.03 ^a	6.86±0.02 ^d
b	27.08±0.01 ^f	28.40±0.06 ^c	32.51±0.03 ^b	29.75±0.01 ^d	32.40±0.03 ^c	35.53±0.01 ^a

¹⁾ a-f Values with different superscripts within a row were significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Ascorbic acid, polyphenols and flavonoids contents of enzyme-treated defatted perilla seed residue (unit: mg%)

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
Ascorbic acid ¹⁾	32.68±0.35 ^d	66.53±0.90 ^a	56.02±1.67 ^c	37.60±0.26 ^d	61.61±1.22 ^b	56.64±2.31 ^c
Polyphenols	59.67±1.94 ^f	160.20±2.07 ^a	109.83±4.02 ^d	74.91±2.16 ^e	151.42±3.72 ^b	127.29±4.68 ^c
Flavonoids	0.01±0.00 ^d	0.05±0.00 ^b	0.03±0.01 ^c	0.03±0.00 ^{bc}	0.07±0.00 ^a	0.07±0.01 ^a

¹⁾ a-f Values with different superscripts within a row were significantly different ($p<0.05$).

다. Protease-cellulase 복합처리군 및 protease-pectinase 복합처리군에서 각각 0.07 mg%로 가장 높은 수치를 기록하여, 플라보노이드 화합물의 함량면에서도 복합효소 처리가 더 효과적임을 알 수 있었다.

Lee 등(2023b)은 미선나무 잎에 효소처리하였을 때 ascorbic acid, flavonoid 및 polyphenol 화합물의 함량이 미선나무 잎의 조직연화로 추출률이 증가하게 되었고 이에 항산화 성분의 함량도 증가한다고 하여 본 결과와 일치하는 경향을 보였다. 특히 항산화 성분들의 함량을 증가시키기 위해서는 복합효소 처리가 효과적일 것으로 판단되었다.

4. 항산화 활성

효소 처리 조건에 따른 들깨박 추출물의 라디칼 소거 활성을 측정한 결과는 Table 4와 같다.

DPPH 라디칼 소거능의 경우, 모든 효소 처리군에서 대조군(28.29%) 대비 유의적으로 증가한 활성을 나타내었다. 특히 protease-cellulase 복합처리군에서 53.35%로 가장 높은 소거 활성을 보였으며, 단일 처리군 중에서는 protease 처리군이 49.83%로 가장 우수한 활성을 나타내었다. 반면 pectinase 처리군(33.90%)은 대조군보다는 높았으나 다른 효소 처리군들에 비해 낮은 활성을 보였다.

ABTS 라디칼 소거능 또한 DPPH 라디칼 소거능과 유사하

게 효소 처리 시 대조군보다 증가하였다. Protease-cellulase 복합처리군과 protease 단일처리군이 통계적으로 유의차 없는 가장 높은 활성을 나타낸 반면 pectinase 처리군은 대조군과 유사한 수준의 활성을 나타내었다. 들깨박에 함유된 항산화 성분들과 항산화 활성 결과로 보아 들깨박에 protease를 기본으로 첨가하고 다른 효소를 함께 처리하였을 때 항산화 성분 및 활성이 높아지는 것으로 판단되었다.

효소 처리에 의한 탈지 들깨박 추출물의 항산화 활성 증대는 앞서 확인한 폴리페놀 및 플라보노이드 함량의 증가와 밀접한 상관관계가 있는 것으로 판단되어 상관관계를 분석하였고 그 결과는 Table 5와 같다.

Ascorbic acid와 polyphenol 화합물의 함량 간의 상관계수는 0.9684로 매우 밀접한 관계를 보였으며, flavonoid 화합물 또한 polyphenol 화합물 및 ascorbic acid와도 유의적인 상관성을 나타내었다. 또한 두 활성 측정법(DPPH vs ABTS) 간의 상관계수 역시 0.9346으로 나타나, 두 지표가 효소처리 들깨박의 항산화능을 평가하는 데 있어 매우 일관된 경향을 보이는 것으로 나타났다.

In 등(2023)은 초당옥수수에 효소를 처리하고 항산화 활성을 측정한 결과 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 효소 처리에 의해 증가하는 결과를 보였다고 하여 본 연구 결과와 일치하는 경향을 나타내었다.

Table 4. Antioxidant activities of enzyme-treated defatted perilla seed residue

(unit: %)

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
DPPH ¹⁾	28.29±2.66 ^f	49.83±0.32 ^b	40.15±0.84 ^d	33.90±0.32 ^e	53.35±0.47 ^a	42.94±1.01 ^c
ABTS	54.04±0.84 ^c	75.29±0.95 ^a	70.42±1.18 ^b	55.38±0.85 ^c	76.11±0.65 ^a	70.05±0.31 ^b

¹⁾ a-f Values with different superscripts within a row were significantly different ($p<0.05$).

Table 5. Correlation coefficients among antioxidant compounds and antioxidant activities in enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Ascorbic acid	Polyphenols	Flavonoids	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging
Ascorbic acid	1.0000				
Polyphenols	0.9684	1.0000			
Flavonoids	0.7310	0.7816	1.0000		
DPPH radical scavenging	0.9300	0.9649	0.8165	1.0000	
ABTS radical scavenging	0.9769	0.9619	0.7538	0.9346	1.0000

이상의 결과를 종합하여 보면 protease 기반의 복합효소 처리는 들깨박의 영양학적·기능적 가치를 극대화할 수 있는 최적의 고부가가치화 공정 조건이며, 향후 친환경 기능성 식품 소재 개발을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

본 연구는 들기름을 추출하고 남는 부산물인 들깨박(defatted perilla seed residue)의 산업적 활용 가치를 제고하고자, 들깨박의 세포벽 구조를 분해하여 유효 성분의 용출을 극대화하기 위해 protease, cellulase, pectinase를 단일 또는 복합적으로 처리하여 추출물을 제조하고 이들의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 측정하였다. 모든 효소처리군에서 대조군 대비 가용성 고형분과 환원당 함량이 유의적으로 증가하였으며, 특히 pectinase 처리군에서 당 함량이 가장 높게 나타났다. pH는 모든 효소처리군이 대조군보다 낮은 pH를 나타내었다. 항산화 성분 분석에서는 protease를 포함한 처리군이 탁월한 효율을 보였다. 즉 ascorbic acid와 폴리페놀 화합물의 함량은 protease 단일 처리군에서, flavonoid 화합물의 함량은 복합효소 처리군에서 가장 효과적으로 용출되었다. 이러한 성분의 증가는 라디칼 소거능 향상으로 직결되었으며, protease-cellulase 혼합처리군이 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 각 지표 간 상관관계 분석 결과, 항산화 성분과 활성 지표 사이에는 매우 밀접한 상관성이 확인되었으며, 특히 polyphenol 화합물의 함량과 ascorbic acid 간의 상관계수는 0.9684로 매우 높았다. 결론적으로 protease 기반의 복합효소 처리는 들깨박의 영양학적·기능적 가치를 극대화할 수 있는 최적의 고부가가치화 공정

조건이며, 향후 친환경 기능성 식품 소재 개발을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 충청북도의 재원으로 충북RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 글로벌대학30의 결과입니다(2025-RISE-11-004). 또한 2021년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(No. RS-2021-NR060137).

References

- Ahn NH, Lee SM, Hwang HY, Park SG, Lee CR. 2021. Effects of fermented organic fertilizer using by-products on soil characteristics and yield of organic lettuce. *J Korea Org Resour Recycl Assoc* 29:41-48
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist International
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chae SK, Kang KS, Ma SJ, Bang GW, Oh MH, Oh SH. 2000. Standard Food Analysis. pp.299-301, 403-404. Jigu Manhwa
- Costa JR, Tonon RV, Cabral L, Gottschalk L, Pastrana L, Pintado ME. 2020. Valorization of agricultural lignocellulosic plant byproducts through enzymatic and enzyme-assisted extraction of high-value-added compounds: A review. *ACS Sustain Chem Eng* 8:13112-13125
- Hong EY, Kang HJ, Seo MJ, Nam YJ, Kwon JS, Kim JS. 1997.

- Fractionation of quinone reductase inducing agents from roasted perilla meal. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:193-197
- Hwang YJ, Kim JM, Yoon KY. 2021. Antioxidant activity of water-soluble polysaccharide extracts produced from perilla seed cake by enzymatic hydrolysis. *Korean J Food Preserv* 28:190-198
- In BH, Jang DB, Lee JJ, Lee WJ, Yoon AR, Kim SK, Lee KH. 2023. Changes in physicochemical and antioxidant properties of by enzyme-treated super sweet corn extracts. *Korean J Food Nutr* 36:526-534
- Jeong GH, Jeong YH, Nam JH, Kim TH. 2020. Characterization of antioxidant constituents from perilla cake. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49:900-906
- Kang H, Lee SK, Song GJ, Jeong MS. 2018. Antioxidant and anti-aging effects of perilla seed meal extracts. *J Naturopathy* 7:70-74
- Lee HM, Park KT, Heo HJ, Lee JS, Kim KY, Cho JS. 2023a. Evaluation of the utility of by-products through comparison of biological activities of *Paeonia lactiflora* seed oil and meal extracts. *J Korean Soc Int Agric* 36:446-454
- Lee KH, Jang DB, Lee JJ, Han KJ, Bae KA, Lee WJ, Kwon SY, Lee HJ. 2023b. Changes in physicochemical quality of the extracts by solvents in the enzyme-treated *Abeliophyllum distichum* leaves. *Korean J Food Nutr* 36:42-49
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- National Institute of Crop and Food Science (NICS). 2023. Press release: You can utilize oilseed meal, which used to be discarded after oil extraction, in this way! Available from https://www.rda.go.kr/board/board.do?mode=view&prgId=day_farmprmninfoEntry&dataNo=100000786237 [cited 30 March 2023]
- Park BY, Yoon KY. 2018. Conditions for hydrolysis of perilla seed meal protein for producing hydrolysates and ultrafiltered peptides and their antioxidant activity. *Food Sci Preserv* 25:605-612
- Park Y, Kim SH, Choi SH, Han J, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics, and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17:251-256
- Puri M, Sharma D, Barrow CJ. 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends Biotechnol* 30:37-44
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Sunpil L, Jinsoo H. 2024. A study on the structural relationship between perceived value, well-being perception, attachment, and customer citizenship behavior in the context of food upcycling. *J MICE Tourism Res* 24:165-189

Received 26 May, 2026
 Revised 08 June, 2026
 Accepted 18 June, 2026

대체단백질 소재로서 *Aspergillus oryzae*와 *Rhizopus oryzae* 동결건조 균사체의 이화학적 및 기능적 특성 비교

김주민 · 조현욱 · 남채민 · 전서현 · †용해인* **

충남대학교 축산학과 대학원생, *충남대학교 동물자원생명과학과 교수, **충남대학교 축산학과 교수

Comparative Analysis of Physicochemical and Functional Properties of Lyophilized Mycelial from *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae* as Potential Alternative Protein Sources

Jumin Kim, Hyun Uk Cho, Chemin Nam, Seohyeon Jeon and †Hae In Yong* **

Master's Student, Dept. of Animal Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Professor, Dept. of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

**Professor, Dept. of Animal Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract

This study aimed to comparatively evaluate the physicochemical and functional properties of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae* as potential alternative protein sources. Crude protein content, microstructure, pH, color, antioxidant activity, and emulsifying properties were analyzed. The crude protein content of *A. oryzae* was significantly higher than that of *R. oryzae* after freeze-drying ($p < 0.05$), and like that of commercially available freeze-dried *Fusarium venenatum*. Optical microscopy revealed intertwined thin fibrous networks in both strains, regardless of freeze-drying, suggesting a meat-like structure. The pH of *A. oryzae* was higher than that of *R. oryzae* both before and after freeze-drying, and both mycelia showed significantly lower pH values after freeze-drying ($p < 0.05$). For color, only the L* (lightness) value increased significantly after freeze-drying in both strains ($p < 0.05$). In antioxidant assays, *R. oryzae* showed significantly higher DPPH radical-scavenging activity and reducing power than *A. oryzae* ($p < 0.05$). For emulsifying properties, *A. oryzae* showed a higher emulsifying activity index (EAI), whereas *R. oryzae* showed a higher emulsifying stability index (ESI). These results suggest that *A. oryzae* and *R. oryzae* have potential as alternative protein sources and provide fundamental information for future mycoprotein applications.

Key words: *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oryzae*, fungal protein, mycoprotein, meat alternative, meat substitute

서 론

우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 경제성장과 소득 증가에 따라 식육 소비가 지속적으로 증가해 왔으며, 이에 따라 식육 자원 수요도 확대되고 있다. 특히 우리나라의 1인당 식육 소비량은 2022년 59.8 kg을 기록하며 쌀 소비량인 56.7 kg을 추월하였고, 2024년에는 60.6 kg으로 증가하는 추세를 보였다(Jang 등 2025; Shim 등 2025). 하지만 기후변화로 인한 이상기후와 가뭄 발생 증가는 식량 생산의 불안정성과 소비

자 물가 상승을 초래하고 있으며, 이러한 환경적 제약 속에서 전통적인 축산 시스템에만 의존한 단백질 공급 방식은 점차 한계에 직면하고 있다(Cho 등 2024; Yoon & Soon 2025; Kwon & Lee 2026). 이에 따라 기존 축산 기반 단백질 시장을 보완하거나 대체할 수 있는 지속가능한 단백질 자원에 대한 관심이 증가하고 있으며, 대표적인 대체 단백질 자원으로는 식용곤충, 배양육, 그리고 미생물 기반 단백질 등이 주목받고 있다(Kim 등 2024; Lee & Lee 2025).

최근 *Fusarium venenatum* 및 *Neurospora crassa*와 같은 사

† Corresponding author: Hae In Yong, Professor, Dept. of Animal Science & Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea. Tel: +82-42-821-5775, E-mail: yonghaein@cnu.ac.kr

상균은 배양 시 다양한 기질과 최소한의 자원을 활용하는 대체 단백질원으로 주목받고 있다(Hong 등 2026). 사상균은 기질 중 농업에서 온 동식물 사체 및 산업 폐기물과 같은 농업 및 식품 산업 가공 부산물을 이용하여 풍부한 영양소를 만들어내는 고부가가치 원료이다(Karimi 등 2021). 사상균을 발효하여 얻은 균사체에는 필수아미노산 조성이 우수하고 단백질 함량과 식이섬유가 풍부한 반면, 지방 함량이 낮아 영양학적 측면에서 차세대 대체 단백질원으로 주목받고 있다. 또한, 사상균 특유의 긴 섬유상 구조로 식육의 근섬유 조직과 유사한 형태적 특징을 나타내어 햄버거 패티, 소시지와 같은 분쇄육에 이용 시 식물성 단백질 소재에 비해 식육의 조직감을 모방하는데 유리하다(Zhang 등 2023a). 대표적인 사상균 유래 단백질에는 마이코프로틴(mycoprotein)이 있으며, 현재 영국 Quorn™사에서 *F. venenatum* 균사체를 이용해 생산된 마이코프로틴을 중심으로 상용화 중에 있다(Yu 등 2026). Quorn™사의 마이코프로틴은 액체 배지를 이용한 침지 발효(submerged fermentation)를 통해 단시간 내에 효율적으로 다량의 균사체를 생산한다. 수확된 균사체는 식품 소재로서 저장성 및 취급 용이성을 확보하기 위해 동결건조(lyophilization) 공정을 활용하여 수분을 제거한 뒤, 최종적으로 고형화 과정을 거친다(Yu 등 2026). 이러한 동결건조 공정은 다른 공정에 비해 영양분 보존 및 농축을 기대할 수 있으나, 동시에 균사체에 존재하는 얼음결정이 수분의 승화로 인해 다공성 구조를 형성해 미세구조의 변화를 초래하므로 이에 대한 정밀한 분석이 요구된다(Coşkun 등 2024; Martín- Miguélez 등 2025).

기존 상용 균주 외에도 최근에는 안전성이 검증된 사상균 *Aspergillus oryzae*와 *Rhizopus oryzae*에 대한 관심이 증가하는 추세이다. *A. oryzae*와 *R. oryzae*는 미국식품의약국(FDA)으로부터 GRAS(generally recognized as safe) 인증을 받은 균주로서, 제한된 배양 조건하에서 유해 독성물질을 생성하지 않으며 고품질 단백질을 합성하는 균주로 알려져 있다(Abd Razak 등 2017). 이러한 안전성을 바탕으로 *A. oryzae*와 *R. oryzae*는 주로 동아시아의 누룩이나 인도네시아의 템페(tempeh)와 같은 전통 발효 식품의 핵심 균주로 오랫동안 활용되어 왔으며, 조단백질 함량이 대두박 속 조단백질 함량보다 높다는 연구 또한 존재한다(Karimi 등 2021; Okechie 등 2026). 특히 두 균주는 균사 성장 양상과 미세구조적 특성이 상이하여 건조 후 기능적 특성 및 가공 적합성에서도 차이를 나타낼 가능성이 있다. 또한 균사체의 형태학적 특성은 건조

안정성, 조직감 형성 및 기능성 발현에 영향을 미칠 수 있어, 산업적 활용을 위한 균주 선별 과정에서 중요한 요소로 고려된다(Mousavi 등 2006). 한편, Yu 등(2026)은 현재 상업적 마이코프로틴 생산에 적합한 균주가 매우 한정적임을 지적하며, 기존의 *Fusarium spp.*를 대체하거나 보완할 수 있는 새로운 후보 균주가 필요함을 보고하였다. 따라서 기존 *Fusarium spp.* 중심의 상용화 균주를 보완할 수 있는 신규 식품 유래 사상균의 탐색과 기능성 비교 연구가 필요하다.

그러나 *A. oryzae*와 *R. oryzae*가 지닌 고유의 특성 차이를 직접적으로 비교 분석한 데이터가 부족한 실정으로, 두 균주의 물리화학적 및 기능적 특성 차이를 규명하여 산업적 활용을 뒷받침할 기초 자료가 제공되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 침지배양으로 생산한 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 균사체를 동결건조한 후, 단백질 특성, 미세구조 및 기능적 특성을 비교 분석함으로써 대체 단백질 소재로서의 산업적 활용 가능성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 곰팡이 배양 및 균사체 제조

A. oryzae(KACC 44847)와 *R. oryzae*(KACC 45713)는 각각 Malt extract agar(MEA; MBcell, Seoul, Korea)에 25°C에서 7일간 배양하였다. 배양된 각 균주는 멸균된 0.05%(v/v) Tween 20 용액 10 mL를 취하여 멸균된 스프레더로 표면을 긁어 포자 현탁액을 제조하였다. 각 포자 현탁액을 각각 Malt extract broth 1 L에 접종하였으며, 웨이킹 인큐베이터(RTS-1C, BioSan, Riga, Latvia)에서 30°C 조건으로 7일간 배양하였다. 배양 후 배양액-균사체 혼합물은 항온수조(HB-205SW, Hanbeak Scientific Technology, Bucheon, Korea)에서 70°C로 30분 처리하여 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 내 RNA를 저장하였다(Finnigan 등 2025). 이후 생성된 균사체를 여과지를 이용하여 회수하고 증류수로 2회 세척하였다. 회수된 균사체는 수분을 함유한 섬유상 형태를 나타냈으며, 일부는 비동결건조 균사체(non-lyophilized mycelium)로 사용하고 나머지는 동결건조 균사체(lyophilized mycelium) 제조에 사용하였다(Fig. 1). 동결건조를 위해 각각의 균사체를 50 mL 팔콘 튜브에 담아 냉동한 후, 5 mTorr 및 응축기 온도 -100°C 조건(Bondiro, Ilshin, Seoul, Korea)에서 48시간 동안 동결건조하였다. 이후 동결건조된 균사체를 분쇄기(FPM250; Kenwood, Havant, UK)를 이용하여 분말화하였다. 이후 비동결건조 균사체와 동결건조

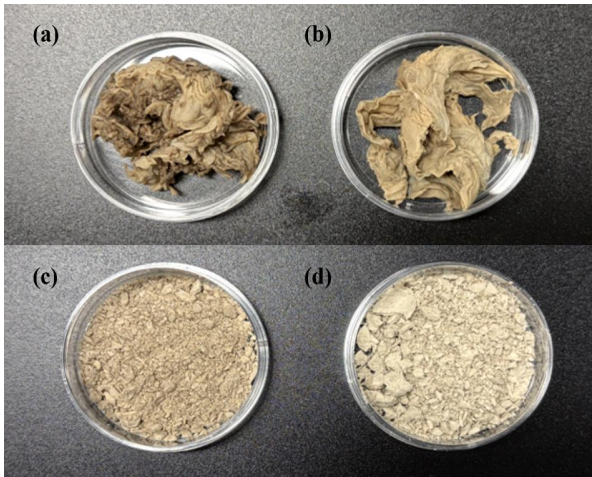


Fig. 1. Visual appearance of non-lyophilized and lyophilized mycelium derived from different fungal species. (a) Non-lyophilized *A. oryzae* mycelium, (b) Non-lyophilized *R. oryzae* mycelium, (c) Lyophilized *A. oryzae* mycelium and (d) Lyophilized *R. oryzae* mycelium.

균사체의 조단백질 함량, 섬유상 구조, pH를 측정하였으며, 동결건조 균사체의 항산화능과 유화특성을 분석하였다.

2. 조단백질 함량 측정

균사체의 조단백질 함량은 Kjeldahl법(AOAC 928.08)에 따라 시료의 총 질소 함량(%)을 측정한 후, 질소-단백질 환산계수(6.25)를 곱하여 조단백질 함량(%)을 산출하였다.

3. 광학현미경 관찰

균사체의 섬유상 구조를 관찰하기 위해 광학현미경(Olympus Optical Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하였다. 동결건조되지 않은 균사체 그룹은 시료에 증류수(distilled water)를 사용하여 2%(w/v) 희석하여 사용하였으며, 동결건조한 균사체 그룹은 분말 시료를 증류수에 0.5%(w/v) 농도로 교반 후 관찰에 이용하였다. 준비된 시료는 슬라이드 글라스(slide glass)에 올려 관찰되었으며, 모든 시료는 20배율에서 촬영되었다. 시료마다 세 번의 촬영을 진행 후 그중 섬유상 구조의 식별이 가장 용이한 사진 한 장을 선정하였다.

4. pH 측정

균사체의 pH 측정은 Park & Kim(2024)의 방법을 변형하였다. 균사체(1 g)를 증류수(9 mL)와 혼합한 후, 10,000 rpm에서

1분간 균질기(T10 basic ULTRA-TURRAX: IKA GmbH & Co., KG, Staufen, Germany)를 이용하여 균질화하였다. 그 후, 원심분리기(1580R; Gyrozen Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 4°C, 3,100×g 조건으로 10분간 원심분리를 한 시료의 상등액을 사용하였다. pH 값은 pH meter(PM-3; CAS Co., Yangju, Ltd., Korea)를 사용하여 측정하였으며, 측정 전 표준 완충용액(pH 7.0, 4.01, 10.0)으로 값을 보정하였다.

5. 색도 측정

색도는 국제조명위원회(CIE) 시스템을 기반으로 색도계(CM-5; Konica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였으며, Jeon 등(2024)의 연구 방법을 일부 변형하였다. 균사체는 직경이 8 mm인 페트리디쉬에서 명도(L*, lightness), 적색도(a*, redness), 황색도(b*, yellowness)값을 측정하였으며, 측정 전에 표준 흑색판과 증류수로 값을 보정하였다.

6. DPPH 라디칼 소거능 측정

동결건조한 균사체의 DPPH 라디칼 소거능 측정은 이전 연구 방법을 변형하여 분석하였다(Yong 등 2023). 농도별로 단계적 희석하여 1 mL의 0.2 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)와 혼합하였다(1:1, v/v). 그 후, 20분간 암실에 보관하고, 이를 통해 얻은 상등액을 분광광도계(Varioskan Lux; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용해 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 라디칼 소거능은 아래의 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left\{ 1 - \left(\frac{A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}}}{A_{\text{control}}} \right) \right\} \times 100$$

A는 흡광도 측정값으로, DPPH 용액을 control로 설정하였다. 항산화 활성능력은 DPPH 라디칼 소거능의 50%를 소거하는 데 요구되는 시료의 농도인 IC₅₀ 값으로 나타내었으며, 선형 회귀 분석(linear regression analysis)을 사용하여 계산하였다.

7. Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정

FRAP 측정은 Yong 등(2023)의 연구 방법을 인용하여 측정하였다. 동결건조한 균사체는 농도별로 단계적 희석하였다. 각각의 희석액(200 µL)에 0.05 M phosphate buffer(pH 6.6)와

1% potassium ferricyanide($K_3Fe(CN)_6$)를 각각 500 μ L씩 혼합하여 50°C에서 20분간 반응 후 10% TCA를 500 μ L 첨가하였다. 그 후 증류수(500 μ L)와 0.1% Ferric chloride($FeCl_3$, 100 μ L)를 섞어 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP는 아래 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{Reducing power (\%)} = \left| \frac{A_{\text{control}} - (A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}})}{A_{\text{control}}} \times 100 \right|$$

A는 흡광도 측정값으로, $K_3Fe(CN)_6$ 및 $FeCl_3$ 를 control로 설정하였다. 환원력은 철이온(Fe^{3+})의 50%를 환원시킬 때 요구되는 시료의 농도인 EC_{50} 값으로 나타내었으며, 선형 회귀 분석을 사용하여 계산하였다.

8. 유화 특성 측정

동결건조한 균사체의 유화 특성 측정은 이전 연구 방법을 변형하여 측정하였다(Lee 등 2023). 증류수를 이용하여 만든 1%(w/w) 균사체 현탁액에 해바라기유를 3:1 비율(O/W)로 첨가하여 10,000 rpm에서 1분간 균질기로 균질화하였다. 유화 직후(0분) 및 10분 경과 후 유화액 하층부에서 50 μ L를 취하여 0.1% SDS 용액(5 mL)과 희석하여 500 nm 흡광도에서 측정하였다. 유화 활성 지수(emulsifying activity index, EAI)와 유화 안정성 지수(emulsion stability index, ESI)는 아래의 공식을 이용하여 산출하였다.

$$EAI(m^2/g) = \frac{2 \times T \times A_0 \times \text{Dilution factor}}{C \times \varnothing \times 1000},$$

$$ESI(\text{min}) = \frac{A_0}{A_0 - A_{10}} \times \Delta t$$

이때, T는 지수 변환 상수(2.303), A_0 은 0분 후의 겔보기 흡광도, dilution factor는 희석배수(100배), C는 단위 부피당 중량(g/mL), \varnothing 은 전체 부피 중 오일이 차지하는 비율, A_{10} 은 10분 후의 겔보기 흡광도, 그리고 Δt 는 시간 변화량(10분)을 각각 나타내었다.

9. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 측정하여 SPSS 프로그램(version 29; IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계분석하였다. 처리군 간 유의성 검정은 일원배치 분산분석(ANOVA)으로

실시 후, $p < 0.05$ 의 유의수준에서 Tukey test로 사후분석을 진행하였다.

결과 및 고찰

1. 조단백질 함량 분석

동결건조 전 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 균사체의 조단백질 함량은 모두 약 10% 수준으로 나타났으며, 두 균주 간 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$, Fig. 2). 동결건조 후 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 균사체의 조단백질 함량은 각각 43.3%와 35.3%로 동결건조 전보다 유의적으로 높은 비율 값을 보였다($p < 0.05$). 또한 동결건조 후에는 *A. oryzae*가 *R. oryzae*보다 유의적으로 높은 조단백질 함량을 나타냈다($p < 0.05$).

동결건조 전 두 균주 균사체의 조단백질 함량은 약 10%로, 상용화를 목적으로 배양된 *F. venenatum*의 조단백질 함량(11.5%)과 유사한 수치를 기록함과 동시에, 두부(8.1%) 및 우유(3.4%)의 조단백질 함량보다도 높은 값을 보였다(Denny 등 2008). Fan 등(2022)은 또한 *Aspergillus niger*의 조단백질 함량이 배양 기간에 따라 최대 11%까지 증가됨을 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와 유사한 범위이다. 이러한 결과는 본 연구에 사용된 균사체 역시 기존 균사체 자원과 비교하여 유사한 단백질 함량을 지니고 있음을 시사한다.

동결건조는 수분을 승화에 의해 제거하여 시료를 건조시키고 고형분 함량을 증가시키는 동시에, 열에 민감한 성분의

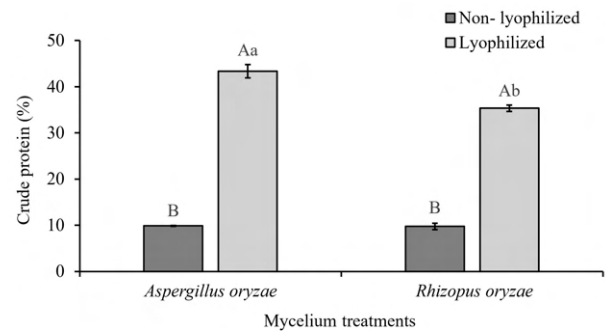


Fig. 2. Crude protein content of non-lyophilized and lyophilized mycelium derived from different fungal species. ^{A,B}Values with different letters within the same strain differ significantly ($p < 0.05$); ^{a,b}Values with different letters between strains within the same drying method differ significantly ($p < 0.05$).

손상을 최소화할 수 있어 식품 가공 공정에서 유용하게 활용된다(Bhatta 등 2020). Zhang 등(2023b)의 연구에 따르면 *F. venenatum*의 동결건조 균사체 조단백질 함량은 약 39.62%였으며, 상업적 마이코프로틴 제품인 Quorn의 *F. venenatum*은 건조 중량 기준 조단백질 함량이 약 44%로 보고된다. 즉, 다른 균주의 조단백질 함량과 비교 시 본 실험에 사용된 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 균사체 또한 향후 산업적 공정에서 단백질 공급원으로서의 잠재성을 시사한다.

한편, 동결건조 후 두 균주 간 조단백질 함량 차이는 수분 제거로 인해 고형분 조성 차이가 보다 뚜렷하게 나타난 데 기인할 수 있다. 실제로 Karimi 등(2021)은 *A. oryzae*와 *R. oryzae*의 균사체에서 고형분의 세부 조성이 균주별로 상이함을 보고하였다. 즉, *R. oryzae*는 단백질 이외의 고형분 비율이 상대적으로 높아 동결건조 후 조단백질 비율이 낮게 나타났을 가능성이 있다. 다만, 본 연구에서는 이에 대한 직접적인 조성 분석을 수행하지 않았으므로, 추가적인 검증이 필요하다.

2. 광학현미경을 이용한 미세구조 관찰

Fig. 3은 광학현미경을 이용하여 촬영한 동결건조 전후 *A. oryzae* 및 *R. oryzae*의 미세구조를 나타냈다. 동결건조 전 *A. oryzae*에서는 비교적 길고 연속적인 균사가 관찰되었으며, 개별 균사 가닥 형태가 명확히 유지되었다. 동결건조 전 *R. oryzae*에서도 가는 실 모양의 균사가 확인되었으나, *A. oryzae*에 비해 비교적 얽힌 형태를 보였다. 반면 동결건조 후 *A.*

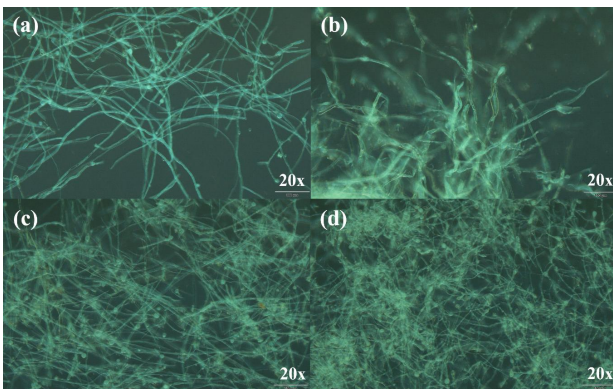


Fig. 3. Optical microscopy images of non-lyophilized and lyophilized mycelium derived from different fungal species. (a) Non-lyophilized *A. oryzae* mycelium, (b) Non-lyophilized *R. oryzae* mycelium, (c) Lyophilized *A. oryzae* mycelium and (d) Lyophilized *R. oryzae* mycelium

*oryzae*와 *R. oryzae*에서는 동결건조 전 균사 구조에 비해 짧아진 균사들이 서로 얽히고 응집된 양상이 관찰되었다. 특히 *R. oryzae*는 전반적으로 복잡하게 얽힌 섬유상 네트워크를 형성했다.

A. oryzae 및 *R. oryzae*와 같은 사상균은 균사 기반의 섬유상 구조를 형성하며, 이는 식물성 단백질에 비해 식육의 근육 속 섬유 조직과 비슷한 구조를 가진다고 보고된다(K. Zhang 등 2023a). 또한 *Neurospora intermedia*를 이용한 연구에서도 균사 기반 구조가 식육 유사 조직 형성에 기여할 수 있음이 보고되었다(Hong 등 2026). 이러한 결과는 본 연구에서 관찰된 균사 구조가 대체 단백질 소재로서 활용 시 식감에 영향을 미칠 가능성을 시사한다.

한편, 동결건조 전 *R. oryzae*의 균사체는 *A. oryzae*에 비해 보다 응집된 섬유상 구조를 나타냈다. 이러한 형태학적 차이는 균종 간 세포벽 구성의 차이에 의해 설명될 수 있다. Gow 등(2017)은 곰팡이 세포벽을 구성하는 β -글루칸과 가교되는 생체고분자의 조성 및 함량이 균종에 따라 상이하며, 이러한 차이가 균사의 구조적 특성에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Harris SD(2025)는 균사의 측면 분지 형성이 환경 조건과 확률적 요인에 의해 조절되며, 이로 인해 균사 네트워크의 응집 또는 분산 양상이 달라질 수 있음을 제시하였다.

동결건조 전후 미세구조를 비교한 결과, 동결건조 후 균사 간 간격이 감소하고 응집이 증가하는 형태학적 변화가 관찰되었다. 이러한 변화는 동결 및 승화 과정에서 발생하는 물리적 구조 재배열에 기인했을 가능성이 있다. Mousavi 등(2006)은 동결건조 산물의 미세구조는 동결 상태의 얼음 결정 배열이 승화로 인해 제거됨에 따라 시료 속 다공성 구조가 나타나며, 본 과정 중 일부 구조 재배열이나 변형이 동반될 수 있다고 보고했다.

3. pH 분석

동결건조 전 *A. oryzae*와 *R. oryzae* 균사체의 pH는 각각 약 6.3과 4.8로 나타났으며, 동결건조 후는 각각 약 5.4와 3.9로 유의적으로 감소했다($p < 0.05$, Fig. 4). 동결건조 처리 전후 모두에서 *A. oryzae* 균사체가 *R. oryzae* 균사체보다 유의적으로 높은 pH를 나타냈다($p < 0.05$).

본 연구 결과, 동결건조 전후 모두에서 *R. oryzae* 균사체의 pH는 *A. oryzae*에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 이러한 차이는 배양 과정 중 *R. oryzae*의 유기산 생성이 기인한 것으로 판단된다. 실제로 *Rhizopus* spp.는 젖산을 포함한 다양한 유

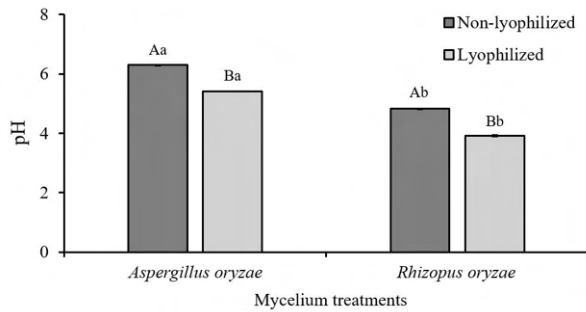


Fig. 4. pH value of non-lyophilized and lyophilized mycelium derived from different fungal species. ^{A-B}Values with different letters within the same strain differ significantly ($p < 0.05$); ^{a,b}Values with different letters between strains within the same drying method differ significantly ($p < 0.05$).

기산을 생성하는 곰팡이로 알려져 있으며(Akter 등 2025), Tanyıldızı 등(2012)은 *R. oryzae*가 최적 조건에서 최대 93.2 g/L 수준의 젖산을 생산할 수 있음을 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서 관찰된 *R. oryzae*의 낮은 pH는 배양 기간 동안 축적된 젖산과 같은 유기산 생성이 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 동결건조 후 *A. oryzae*와 *R. oryzae*의 pH가 처리 전보다 감소한 것은, 동결건조 과정 중 수분이 제거되면서 시료 내 비동결된 용질에서 산성 성분 농축이 유발될 수 있기 때문으로 해석된다(Vetrakova 등 2017). 이는 동결건조 처리한 *Trichoderma* 균사체 바이오매스에서 처리 전보다 pH가 감소한다는 보고와 일치한다(Grzegorzczak 등 2018).

4. 색도 측정

동결건조 전후 모두에서 L*값은 *R. oryzae*가, a*값은 *A. oryzae*가 유의적으로 높은 값을 나타냈다(Table 1, $p < 0.05$). 반면, b*값은 동결건조 전과 후 각각에서 *R. oryzae*와 *A. oryzae*가 상대적으로 높은 값을 보였으나, 두 균주 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 또한 두 균주 모두에서 동결건조 후 L*과 b*값은 증가하고 a*값은 감소하는 경향을 보였다.

즉, 동결건조 전후 모두에서 *A. oryzae*는 *R. oryzae*보다 상대적으로 높은 적색도를 보인 반면, *R. oryzae*에서는 *A. oryzae*보다 밝은 명도를 보였다. 이러한 균주 간 색도 차이는 각 균주가 생성하는 색소의 조성 및 함량 차이에 기인할 가능성이 있다(Kalra 등 2020). 예를 들어, 색소 화합물 중 *Aspergillus* 속 균주가 생성하는 Anthraquinones 계열의 화합

Table 1. Color values of non-lyophilized and lyophilized mycelium derived from different fungal species

Color values	Lyophilization treatments	Mycelium treatments		SEM ²⁾
		<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Rhizopus oryzae</i>	
L*	Non-lyophilized	42.50 ^{Bb}	48.82 ^{Ba}	0.53
	Lyophilized	63.32 ^{Ab}	67.15 ^{Aa}	0.38
	SEM ¹⁾	0.54	0.37	
a*	Non-lyophilized	5.45 ^a	4.02 ^b	0.22
	Lyophilized	4.54 ^a	3.92 ^b	0.06
	SEM ¹⁾	0.18	0.15	
b*	Non-lyophilized	12.71 ^B	14.78	0.45
	Lyophilized	16.19 ^A	15.65	0.12
	SEM ¹⁾	0.25	0.40	

¹⁾ Standard error of the means for column (n=6).

²⁾ Standard error of the means for row (n=6).

^{A,B}Values with different letters within the same column (drying method) differ significantly ($p < 0.05$); ^{a,b}Values with different letters within the same row (strain) differ significantly ($p < 0.05$).

물인 Chrysophanol은 다양한 파장의 전자 스펙트럼을 흡수하여 노란색, 암적색, 그리고 자색까지 다양한 범위의 색을 나타낸다고 보고된다(Meruvu & Dos Santos 2021). 따라서 본 연구에 사용된 두 균주 간 유의미한 색도 차이 역시 균종별 고유의 색소 합성 대사 경로 차이와 다양성에 기인했을 가능성이 있다. 다만, 구체적인 기전 규명 및 관련 대사산물에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

동결건조 처리 후 L*값이 증가하는 경향은 Pascual-Pineda 등(2020)이 보고한 동결건조 버섯 분말의 색도 변화와 유사한 결과를 보인다. Grace 등(2025) 또한 병아리콩단백질-베탈라인 복합체를 동결건조할 경우 L*값이 증가함을 보고하였다. 이러한 동결건조 후의 L*값 증가는 동결건조 과정에서 수분이 제거되면서 형성된 다공성 구조가 빛의 산란 및 반사를 증가시킨 데 기인했을 가능성이 있다. 특히, 동결 및 승화 과정에서 생성된 미세 기공 구조는 시료 표면에서의 광 산란을 증가시켜 명도를 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다(Pascual-Pineda 등 2020).

5. 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능 및 FRAP)

이전부터 곰팡이 균사체는 산화 스트레스를 억제하는 능

력으로 인해 하나의 항산화제 원료로 인식되어 왔으며, 현재 의약품 및 건강기능식품으로 이용되는 기능성 소재로서 인정받고 있다(Smith 등 2015). 본 연구에서는 동결건조 처리된 *A. oryzae* 및 *R. oryzae* 균사체의 항산화 능력을 평가하기 위해 DPPH 라디칼 소거능과 FRAP 분석을 실시하고, 그 효능을 각각 IC_{50} , EC_{50} 으로 산출하였다(Fig. 5A, 5B). DPPH 라디칼 소거능 분석 결과 *A. oryzae*와 *R. oryzae*의 IC_{50} 값은 각각 2.97, 2.09 mg/mL였으며, FRAP 분석에서는 각각 12.43, 8.19 mg/mL로 나타났다. 모든 분석 항목에서 *R. oryzae*가 *A. oryzae*보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 나타냈다($p < 0.05$).

DPPH는 고체 및 용액 상태에서 존재하는 유기물 형태의 자유 라디칼이다. 이를 이용한 DPPH 라디칼 소거능은 항산화 성분이 DPPH에 전자 또는 수소 원자를 공여하여 안정화된 형태로 전환시키는 능력을 측정하는 분석 기법으로, 식품 품목의 항산화 능력을 측정하는데 활용된다(Abeyrathna 등 2025; An 등 2025; Lee 등 2025). 본 연구에서 산출된 두 균사체의 IC_{50} 값(2.97, 2.09 mg/mL)은 대표적인 식용 담자균류인 *Pleurotus pulmonarius*(사철느타리버섯) 균사체의 라디칼 소거능(EC_{50} =4.36 mg/mL) 대비 낮은 유효 농도 범위를 나타내어, 상대적으로 우수한 DPPH 라디칼 소거능을 입증하였다(Contato 등 2019). 반면, *P. pulmonarius*의 자실체 추출물이 나타낸 활성(EC_{50} =0.51 mg/mL)과 비교 시 상대적으로 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다(Contato 등 2019). 이는

균류의 발달 단계에 따른 자실체 내부의 높은 페놀 화합물 함량과 항산화 작용에 복합적으로 관여하는 유기산의 조성 및 종류 차이에 의한 결과로 해석된다(Contato 등 2019).

FRAP 분석은 산성 환경에서 항산화제에 의해 Fe^{3+} 이온이 Fe^{2+} 로 환원되는 정도를 측정하는 분석 기법으로, DPPH 라디칼 소거능과 함께 전자공여 능력을 평가하는 대표적인 항산화 분석법이다(Lee 등 2025). 본 연구에서 관찰된 두 균주의 FRAP값(12.43, 8.19 mg/mL)과 식용버섯 치마버섯(*Schizophyllum commune*) 균사체에서 관찰된 FRAP의 EC_{50} 값(8.33 mg/mL)을 비교 시, *A. oryzae*는 다소 낮은 활성능을 보인 반면 *R. oryzae*는 이에 필적하는 환원력을 보유한다(Boonthatui 등 2021). 따라서 두 항산화 능력 분석 결과, *A. oryzae*와 *R. oryzae*는 두 균사체를 식품의 원료로 사용한 식품 가공 시 저장 기간 중 발생할 수 있는 지질 산화를 지연시켜 제품의 산화적 안정성을 연장시키며, 항산화 능력을 지닌 기능성 식품으로의 가능성을 가진다.

또한, 본 연구에서는 DPPH 라디칼 소거능 분석과 FRAP 분석 모두에서 *R. oryzae*가 *A. oryzae*보다 유의미하게 높은 활성능을 나타냈다($p < 0.05$). 이는 두 균주 간의 구체적인 항산화 활성 차이가 페놀성 화합물이나 β -카로틴과 같은 유효 활성 성분의 함량 및 조성 차이에 기인한 현상으로 해석 가능하다(Smith 등 2015). 따라서 본 연구에서 사용된 두 균주 고유의 유전적 대사 경로 차이에 따라 항산화 활성 물질의 생성 능력이 다르게 작용했을 것으로 해석된다. 하지만, 두 균주의 항산화 능력 비교 및 정밀한 메커니즘을 구체화하기 위

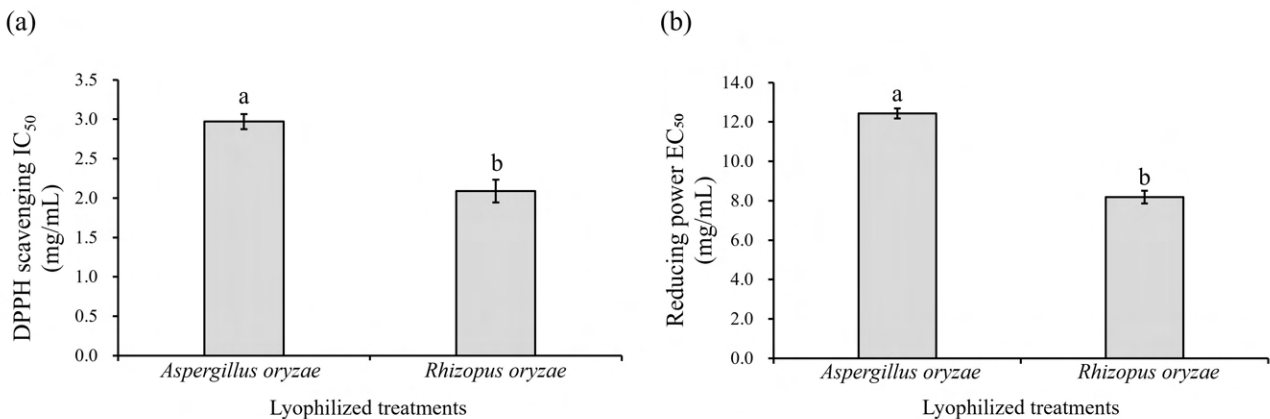


Fig. 5. Antioxidant activity of lyophilized mycelium derived from different fungal species. (a) DPPH radical scavenging activity, (b) Reducing power of lyophilized mycelium derived from different fungal species. ^{a,b}Values with different superscripts differ significantly among mycelium ($p < 0.05$).

해서는 향후 항산화제의 정량적 분석이 추가적으로 실시되어야 할 것으로 판단된다.

6. 유화 특성 측정

유화 활성 지수(EAI, emulsifying activity index)는 단백질이 기름에 흡착되어 계면을 형성하는 총 표면적을 나타내는 지표이며, 유화 안정성 지수(ESI, emulsifying stability index)는 저장 기간 중 단백질이 계면에 남아 유화액을 유지하는 능력을 뜻한다(Kim 등 2023). 본 실험에서 동결건조된 *A. oryzae*와 *R. oryzae*의 EAI는 각각 약 112 m²/g, 107 m²/g으로 *A. oryzae*가 *R. oryzae*보다 높은 유화능을 보였지만 유의적 차이는 존재하지 않았다(Fig. 6, $p>0.05$). ESI는 각각 약 6.4 min과 7.4 min으로 *R. oryzae*가 *A. oryzae*보다 유의적으로 높은 유화 안정성을 나타냈다($p<0.05$).

Xue 등(2026)은 중국 전통 두부 발효에 이용되는 사상균 *Actinomicor elegans*의 균사체로부터 추출된 단백질 분리물의 EAI는 pH 3.0~10.0 범위에서 약 42 m²/g에서 108 m²/g까지 나타남을 보고하였다. 이와 비교 시 본 실험에서 관찰된 두 균주의 EAI는 *A. elegans*보다 유사하거나 다소 높은 우수한 수치이다. 주목해야 할 점은 본 연구에 사용된 *A. oryzae*와 *R. oryzae*는 정제된 추출물이 아닌 현탁액임에도 불구하고 이와 같은 높은 유화 활성 지수를 나타낸 점이다. 이는 균사

체 내에 존재하는 단백질, 균사 조각 및 계면활성 분자들이 유수(oil-in-water) 계면의 계면 장력을 변화시키는데 효과적으로 기여했음을 시사한다(Yu 등 2026). Khan 등(2023)에 따르면 마이코프로틴은 균사체의 파편에 의해 낮은 표면장력(44 mN/m)을 나타내며, 특히 세포막을 구성하는 인지질, 키틴 및 키토산 등의 성분들이 물-기름 경계면에서 복합적인 유화장벽을 형성하여 유화 능력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 결과적으로, 본 연구에서 사용된 두 균주는 우수한 유화능력으로 인해 향후 소시지와 패티류 등 유화 공정이 요구되는 식육가공제품을 대체할 수 있는 고부가가치의 천연 단백질 자원으로 활용될 수 있다(Khan 등 2023; Yu 등 2026).

한편 Chen 등(2024)은 동결건조된 식용 버섯인 *Pleurotus geesteranus*의 단백질 분리물의 유화 안정성 지수(ESI)는 pH 2.0~9.0 범위에서 약 15 min로 보고하였으며, 본 연구 결과인 *A. oryzae*(6.4 min)와 *R. oryzae*(7.4 min)의 ESI보다 높은 수치이다. 이러한 차이는 균종별 단백질 구조 및 계면 특성에 영향을 받았을 가능성이 있다. 특히, *A. oryzae* 대비 *R. oryzae*의 유의적으로 높은 ESI는 두 균주의 미세구조 차이에서 기인한 것으로 판단된다. Fig. 3에서 관찰된 바와 같이, *R. oryzae*는 *A. oryzae*에 비해 조밀한 균사체 네트워크를 형성하였으며, 이는 키틴 및 β-글루칸과 같은 균사체 유래 다당류

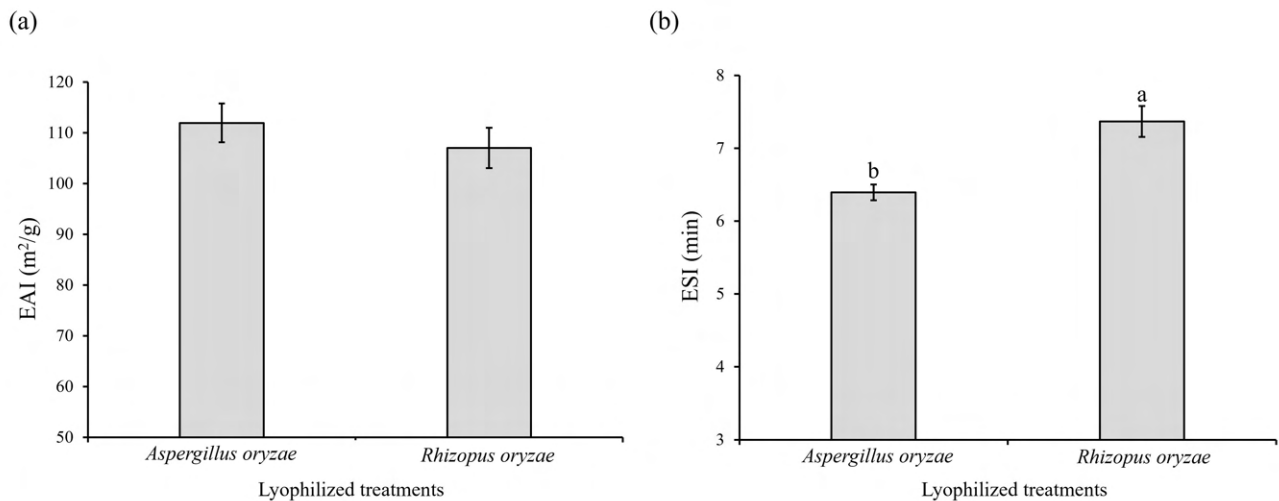


Fig. 6. Emulsifying properties of lyophilized mycelium derived from different fungal species. (a) Emulsifying activity index (EAI) and (b) emulsion stability index (ESI) of lyophilized mycelium derived from different fungal species. ^{a,b}Values with different superscripts differ significantly among mycelium ($p<0.05$).

가 유수 계면에서 더욱 견고한 물리적 방어막을 형성하였음을 시사한다(Oh & Kim 2025). 이와 같은 결과로, 향후 *A. oryzae*와 *R. oryzae*를 사용하여 마이코프로틴 생산 시 유화 안정성을 높이기 위해 최적의 냉동 속도 및 건조 조건을 탐색하며, 당류계 동결보호제를 활용한 기술적 보완이 고려될 필요가 있다(Morais 등 2016).

요약 및 결론

본 연구에서는 *A. oryzae*와 *R. oryzae*의 이화학적 및 기능적 특성을 비교 분석하여 마이코프로틴 소재로서의 활용 가능성을 평가하였다. 그 결과, 두 균주는 기존 상용 마이코프로틴 균주인 *F. venenatum*과 비교시 유사한 조단백질 함량을 나타냈으며, 광학현미경으로 관찰된 미세구조는 식육의 근섬유 구조와 유사한 섬유상 구조를 형성하였다. 또한 두 균주 모두 우수한 항산화 활성과 유화 활성(EAI)을 나타내어 기능성 식품 소재로서의 가능성을 입증하였다. 특히, 두 균주 고유의 성분 조성 차이로 인해, *R. oryzae*가 *A. oryzae*에 비해 유의적으로 우수한 항산화 능력과 유화 안정성 지수(ESI)를 나타내어 균주별 기능성 차이점 또한 확인하였다($p < 0.05$).

한편, 본 논문에서는 조단백질을 제외한 다른 일반 성분과 항산화능 및 유화능에 영향을 미치는 성분들의 정성 및 정량 검사를 수행하지 않았다. 이는 *A. oryzae*와 *R. oryzae*가 향후 식품 공정에 사용될 때, 성분 간의 상호작용에 따른 품질 변화를 정밀하게 예측하는데 한계가 있음을 의미한다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 두 균주 고유의 특성을 비교 분석하여 산업적 활용을 뒷받침할 자료를 제시했다는 점에서 의의를 가진다. 이와 같은 연구들은 두 균주가 미래의 대체 단백질원으로서 자리매김하는 발판이 될 것이며, 지속 가능한 단백질 식품 산업 발전에 기여할 것으로 판단된다.

References

- Abd Razak DL, Abd Rashid NY, Jamaluddin A, Sharifudin SA, Abd Kahar A, Long K. 2017. Cosmeceutical potentials and bioactive compounds of rice bran fermented with single and mix culture of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. *J Saudi Soc Agric Sci* 16:127-134
- Abeyrathna MGAS, Yapa YMDM, Wimalarathna W, Aung SH, Rupasinghe RN, Abeyrathne EDNS, Nam KC. 2025. Evaluation of oxidative stability and metabolite compounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) under refrigerated storage. *Food and Life* 2025:43-54
- Akter MM, Jim MA, Gilroyed B. 2025. Lactic acid fermentation using *Rhizopus* spp.: Current insights and future prospects. *Bioresour Bioprocess* 12:142
- An J, Hwang EJ, Kim TH, Park W, Lee KH, Nam SS, Lee HU, Chung MN, Woo KS. 2025. Establishment of a non-destructive analysis method for the polyphenol, flavonoid content and antioxidant activity of sweetpotato using near-infrared reflectance spectroscopy. *Korean J Food Nutr* 38:285-293
- Bhatta S, Stevanovic Janezic T, Ratti C. 2020. Freeze-drying of plant-based foods. *Foods* 9:87
- Boonthatui Y, Chongsuwat R, Kittisakulnam S. 2021. Production of antioxidant bioactive compounds during mycelium growth of *Schizophyllum commune* on different cereal media. *Nat Sci* 20:e2021032
- Chen J, Chen S, Zheng Q, Ye Z, Guo L, Lin J, Zou Y. 2024. Structure and functionality of *Pleurotus geesteranus* protein isolate as a function of pH. *J Food Sci* 89:8969-8982
- Cho HU, Nam C, Jeon S, Kim Y, Lee H, Yong HI. 2024. Development of microbiological prediction models for hamburger patties prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder as meat partial substitute. *Resour Sci Res* 6:91-102
- Contato AG, Inácio FD, de Araújo CAV, Brugnari T, Maciel GM, Haminiuk CWI, Bracht A, Peralta RM, de Souza CGM. 2019. Comparison between the aqueous extracts of mycelium and basidioma of the edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*: Chemical composition and antioxidant analysis. *J Food Meas Charact* 14:830-837
- Coşkun N, Sarıtaş S, Jaouhari Y, Bordiga M, Karav S. 2024. The impact of freeze drying on bioactivity and physical properties of food products. *Appl Sci* 14:9183
- Denny A, Aisbitt B, Lunn J. 2008. Mycoprotein and health. *Nutr Bull* 33:298-310
- Fan W, Huang X, Liu K, Xu Y, Hu B, Chi Z. 2022. Nutrition component adjustment of distilled dried grain with

- solubles via *Aspergillus niger* and its change about dynamic physiological metabolism. *Fermentation* 8:264
- Finnigan TJA, Theobald H, Bajka B. 2025. Mycoprotein: A healthy and sustainable source of alternative protein-based foods. *Annu Rev Food Sci Technol* 16:105-125
- Gow NAR, Latge JP, Munro CA. 2017. The fungal cell wall: Structure, biosynthesis, and function. *Microbiol Spectr* 5:10-1128
- Grace MH, Hoskin RT, Alghamdi M, Lila MA, Chalova VI. 2025. Betalain-chickpea protein particles produced by freeze drying and spray drying: Physicochemical aspects, storage stability, and *in vitro* digestion. *Foods* 14:281
- Grzegorzczak M, Kancelista A, Laba W, Piegza M, Witkowska D. 2018. The effect of lyophilization and storage time on the survival rate and hydrolytic activity of *Trichoderma* strains. *Folia Microbiol* 63:433-441
- Harris SD. 2025. Duplicating the mold: Branching of fungal hyphae. *Fungal Genet Biol* 180:104025
- Hong C, Kang D, Zhou F, Dong L, Yang G, Li M, Wang L, Zhao H, Zhang W, Cui Y, Cao J, Zhao W. 2026. A novel mycoprotein candidate: *Neurospora intermedia* FF171 from Pu-Erh tea with genomics-based safety profiling. *Fermentation* 12:27
- Jang JM, Hong S, Chang JB. 2025. Household meat demand with consumer expenditure survey data. *Korean J Agric Sci* 52:685-694
- Jeon H, Jeong SKC, Lee S, Kim D, Kim HB, Bae IS, Kim Y, Seong PN, Jung S, Jo K. 2024. Correlation of electrical conductivity and color with water loss and shear force of pork loin. *Korean J Agric Sci* 51:307-314
- Kalra R, Conlan XA, Goel M. 2020. Fungi as a potential source of pigments: Harnessing filamentous fungi. *Front Chem* 8:369
- Karimi S, Mahboobi Soofiani N, Mahboubi A, Ferreira JA, Lundh T, Kiessling A, Taherzadeh MJ. 2021. Evaluation of nutritional composition of pure filamentous fungal biomass as a novel ingredient for fish feed. *Fermentation* 7:152
- Khan R, Brishti FH, Arulrajah B, Goh YM, Abd Rahim MH, Karim R, Hajar-Azhari S, Kin Kit S, Anwar F, Saari N. 2023. Mycoprotein as a meat substitute: Production, functional properties, and current challenges-a review. *Int J Food Sci Technol* 59:522-544
- Kim DB, Lee HW, Jang HG, Park JH, Lee HJ, Jin SK, Lee SY. 2024. Study on research trends of alternative protein foods focused on domestic and international. *Food and Life* 2024:73-88
- Kim YJ, Lee MH, Kim SM, Kim BK, Yong HI, Choi YS. 2023. Improvement of structural, physicochemical, and rheological properties of porcine myofibrillar proteins by high-intensity ultrasound treatment for application as Pickering stabilizers. *Ultrason Sonochem* 92:106263
- Kwon HW, Lee KH. 2026. Quality characteristics of plant-based patties formulated with textured vegetable protein (TVP). *Korean J Food Nutr* 39:1-8
- Lee HW, Kim DB, Jang HG, Lee HJ, Park JH, Kim JH, Lee SY. 2025. Antioxidant activities of *Tenebrio molitor* larvae and *Protaetia brevitarsis* larvae water extracts. *Food and Life* 2025:23-30
- Lee JA, Lee CY. 2025. Effect of solvent concentration on antioxidant activities in *Tenebrio molitor* larvae extracts. *Resour Sci Res* 7:134-142
- Lee MH, Yong HI, Kim YJ, Choi YS. 2023. High-pressure induced structural modification of porcine myofibrillar protein and its relation to rheological and emulsifying properties. *Meat Sci* 196:109032
- Martín-Miguélez JM, Bross J, Prado D, Merino E, Perisé Moré R, Otero J, Aduriz AL, Delgado J. 2025. Review: *Rhizopus* sp. beyond tempeh. An occidental approach to mold-based fermentations. *Int J Gastron Food Sci* 39:101090
- Meruvu H, Dos Santos JC. 2021. Colors of life: A review on fungal pigments. *Crit Rev Biotechnol* 41:1153-1177
- Morais AR, Alencar EN, Xavier Junior FH, de Oliveira CM, Marcelino HR, Barratt G, Fessi H, do Egito ES, Elaissari A. 2016. Freeze-drying of emulsified systems: A review. *Int J Pharm* 503:102-114
- Mousavi R, Miri T, Cox PW, Fryer PJ. 2006. A novel technique for ice crystal visualization in frozen solids using X-ray micro-computed tomography. *J Food Sci*

- 70:E437-E442
- Oh YN, Kim HY. 2025. Quality characteristics of low-fat sausage using cultured mushroom mycelium. *Food Sci Anim Resour* 45:910-927
- Okehie ID, Riaz MN, Pillai S, Ovissipour R. 2026. Enhanced nutritional quality, digestibility, and flavor of grasshopper through solid-state fermentation. *Sci Rep* 16:10918
- Park MH, Kim JS. 2024. Physicochemical properties of aronia jam according to sugar substitute combinations. *Korean J Agric Sci* 51:829-838
- Pascual-Pineda LA, Hernández-Marañón A, Castillo-Morales M, Uzárraga-Salazar R, Rascón-Díaz MP, Flores-Andrade E. 2020. Effect of water activity on the stability of freeze-dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder. *Dry Technol* 39:989-1002
- Shim SH, Ji SY, Jeong JY, Kim MJ, Kim JS, Kang HK. 2025. Evaluation of growth performance and nitrogen excretion in manure according to lysine levels in growing pig feed. *Korean J Agric Sci* 52:171-181
- Smith H, Doyle S, Murphy R. 2015. Filamentous fungi as a source of natural antioxidants. *Food Chem* 185:389-397
- Tanyıldızı MŞ, Bulut Ş, Selen V, Özer D. 2012. Optimization of lactic acid production with immobilized *Rhizopus oryzae*. *Afr J Biotechnol* 11:8546-8552
- Vetrakova L, Vykoukal V, Heger D. 2017. Comparing the acidities of aqueous, frozen, and freeze-dried phosphate buffers: Is there a “pH memory” effect? *Int J Pharm* 530:316-325
- Xue N, Shi R, Zhang Z. 2026. Optimization of fungal protein extraction and studies on physicochemical properties and functional characteristics. *Future Foods* 13:100871
- Yong HI, Kim TK, Cha JY, Lee JH, Kang MC, Jung S, Choi YS. 2023. Effects of edible insect extracts on the antioxidant, physicochemical, and microbial properties of *tteokgalbi* during refrigerated storage. *Food Biosci* 52:102377
- Yoon SH, Soon BM. 2025. Analysis of radish supply and demand impact due to climate change policy implementation: Based on the SSP scenario. *Korean J Agric Sci* 52:1-18
- Yu R, Rathnayake PY, Nam C, Yeo SE, Kim TK, Lee HJ, Yong HI. 2026. A comprehensive review on mycoprotein-based meat analog production: Nutritional, functional, physicochemical, and safety aspects. *Food Sci Biotechnol* 35:307-325
- Zhang K, Zang M, Wang S, Zhang Z, Li D, Li X. 2023b. Development of meat analogs: Focus on the current status and challenges of regulatory legislation. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 22:1006-1029
- Zhang X, Zeng Y, Liu J, Men Y, Sun Y. 2023a. Effects of three extraction methods on the structural and functional properties of insoluble dietary fibers from mycoprotein. *Food Chem Adv* 2:100299

Received 08 June, 2026
Revised 15 June, 2026
Accepted 24 June, 2026

한국식품영양학회 소식

• 일반소식

1. 2026년 05월 09일(수) : 5차 이사회의
2. 2026년 05월 15일(금) : 2차 임원회의
3. 2026년 05월 15일(금) : 1차 고문회의
4. 2026년 05월 15일(금) : 1차 정기총회 개최
 - 주요 안건: 인간대상연구 중 설문조사(관능검사 포함)건에 대한 기준 완화 건 통과
5. 2026년 05월 15일(금) : 춘계학술대회 완료
 - 총 142명 등록, 포스터 48편 접수
6. 2026년도 학술지인증 신청 완료(한국연구재단)
7. 2026년 06월 30일(화) : 학술지 제39권 제3호 연구논문 6편 출판

• 학회 가입 및 회비 납부

1. 회원가입

홈페이지에서 회원가입 신청 후, 회비 납부 완료 후 정회원으로 승인됩니다. (홈페이지 <http://ksfn.kr/>)

홍보이사 : 최윤희, E-mail : ksfan88@hanmail.net

전화 : 063-544-7240, 팩스 063-544-7242

주소 : (우) 54538, 전북특별자치도 익산시 익산대로 514, 원광대학교, 보건관 식품영양과 B518호

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 : 이진주, E-mail: dusxks3078@wu.ac.kr

• 논문투고

1. 논문투고 방법

한국식품영양학회지 홈페이지(<http://ksfn.kr/>)에 안내되어 있는 논문투고규정에 따라 논문을 작성한 다음, 로그인(신규 회원인 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

3. 논문접수 담당

편집이사: 이호진, E-mail : foodnutr1@naver.com, Tel : 043-820-5338

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: 2026. . .

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 12월 03일 개정

2016년 4월 21일 개정
2023년 11월 10일 개정
2026년 5월 15일 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 기록

된 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, 출간년도 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 적용 시험 및 동물실험 연구를 시행한 논문을 투고 할 때에는 생명윤리심의위원회 및 동물 실험윤리위원회의 승인을 받았음을 논문에 명시해야 한다. 설문조사(관능검사 포함) 연구를 시행한 논문은 필요시 편집 위원회에서는 서면동의서 및 IRB 승인서의 제출을 요구할 수 있다. 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		
설문조사 (survey, 관능평가 포함)	2026년 5월 15일 (권장)	

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 편집이사로서 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.

제 5조(효력발효) 본 윤리규정은 2026년 5월 15일부터 효력을 발생한다.

Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition

Amended on 23/06/2008
Amended on 03/12/2016

Amended on 21/04/2016
Amended on 10/11/2023
Amended on 15/05/2026

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 manuscript based on research involving human subjects or Animal Testing, the manuscript must state that approval has been obtained from the Institutional Review Board (IRB) and the Animal Experimentation Ethics Committee. For manuscripts based on Survey Studies (including sensory tests), the Editorial Board may request the submission of Informed Consent Forms and IRB Approvable Letters if necessary. The types of research requiring approval and the dates 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		
Question investigation (survey and sensory evaluation)	May, 15, 2016 (Recommended)	

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 21st, 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 10th, 2023

Article 5: Date of Enforcement

These regulations shall enter into force on May 15th, 2026

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	2026년	5월	15일	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) 심의를 받을 것을 권고한다.
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 심

사규정에 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. **저자가 1인 일 때는 저자의 성과 이름 약자를 모두 표시하고 저자가 2인 일 때는 두 저자의 성만을 표시**

하고, **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) 특히

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. 학술용어는 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 원칙으

로 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. 저자는 논문 작성 과정에서 인공지능 도구를 사용한 경우, 본 학회 윤리규정에 따라 인공지능 도구의 사용 사실을 명시하여야 하며, 관련 사항은 Acknowledgments에 기재한다.
표기 항목: AI 도구 회사, 연도, AI 도구 이름(버전, 출시일자/활용일자), 자료유형, 활용방법 등
표기 예시: OpenAI. (2026), ChatGPT(5.0, 2025.12.30.), 대형언어모델(LLM)] 그림 및 표는 모두 AI 도구로 생성되었으며, 연구자의 검토를 거쳐 수록함.
- 26. 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%	범 위	
%(weight/volume)	20%(w/v)		1.0~2.0 mg
milligram percent	100 mg%		
pH	pH 7.0	수 식	
			(a+b)/(c+d)

※ 학회지 투고규정이 2026년 05월 15일자로 일부 변경되었습니다.
39권 3호 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	Amended on 15/05/2026

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. It is recommended that papers on Human Subject Research and animal experiments undergo review by the Institutional Review Board (IRB) prior to conducting the research.

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. If an author uses artificial intelligence tools in the process of writing a paper, they must disclose the use of such tools in accordance with the Society's ethical guidelines, and relevant details must be included in the Acknowledgments section.
Items to be included: AI tool company, year, AI tool name (version, release date/date of use), data type, method of use, etc.
Example: OpenAI. (2026), ChatGPT (5.0, Dec. 30, 2025), Large Language Model (LLM)] All figures and tables were generated using AI tools and included after review by the Investigator.
26. 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 **May 15, 2026**. Please refer to the updated guidelines when submitting papers for **Volume 39, Issue 3**, and subsequent issues.

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 39, No. 3 June 2026

pISSN : 1225-4339

eISSN : 2287-4992

Homepage : <http://ksfn.kr>

Full-text : www.eksfan.or.kr

President

Young-Ho Seo(Wonkwang Univ.)

Vice Presidents

Eun Young Choi(Bucheon Univ.)

Jong-Sook Kwon(Shingu Univ.)

Jong Kyung Lee(Hanyang Women's Univ.)

Ok Sun Kim(Jangan 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 Univ.)

Editors

Hojin Lee(Korea National University of Transportation)

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Soo-Youn Kwon(Shingu Univ.)

Manuscript editor

Yu Hyeon Jeon

Secretary General

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Editorial Board

Ki Hyeon Sim(Sookmyung Women's Univ.)

Hoon Kim(Anyang Univ.)

Yulee Shin(Wonkwang 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)

Yoon Sin Oh(Eulji 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 Jin Ju Lee, Gimje Center for Children's and Social Welfare Foodservice Management. 126, Dongseo-ro, Gimje-si, Jeonbuk-do, 54409, Republic of Korea.(Cell: 82-63-544-7240, E-mail: ksfan88@hanmail.net) 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, Wonkwang University, 514, Iksan-daero, Iksan-si, Jeonbuk-do, 54538, Republic of Korea
Tel: +82-63-544-7240, Fax: +82-63-544-7242, 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 University, 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 ©2026 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!



너 식영인? 그럴교리!



한국식품영양관련학과 추천도서 문운당

영양사 시험문제집

개정 제30판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)



문운당 위생사 실기

제12판 | 4도 인쇄 | 값 33,000원(출간 예정)



영양사 요점정리

개정 제26판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(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!

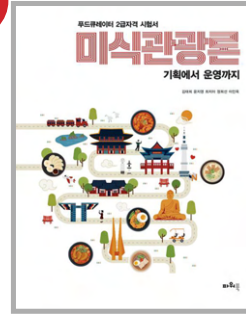
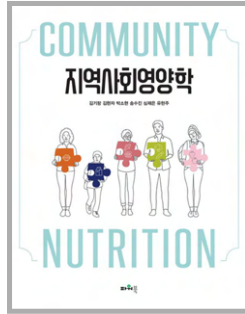
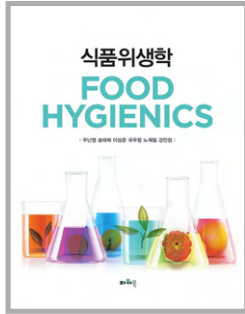
- 근육건강을 위한 단백질 밸런스(동물성:식물성=6:4)
- 장건강, 배변을 위한 프리바이오틱스
- 정상적인 면역기능을 위한 아연
- 활발한 신진대사를 위한 비타민
- 뼈 건강을 위한 칼슘, 비타민D



지금 전화하시면 근육건강에 좋은 일이 생깁니다

02.2049.2238

제4판



생애주기영양학

김정현 · 정혜연 · 박유경 · 박은주
정자용 · 황진아 · 김오연

448쪽 | 값 26,000원
978-89-8160-513-1 (93590)

식품위생학

주난영 · 송태희 · 이상준
국무창 · 노재필 · 강민정

256쪽 | 값 22,000원
978-89-8160-445-5 (93590)

지역사회영양학

김기량 · 김현자 · 박소현
송수진 · 심재은 · 유현주

320쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-507-0 (93590)

제4판 단체급식관리

전희정 · 주나미 · 백재은
배현주 · 정현아

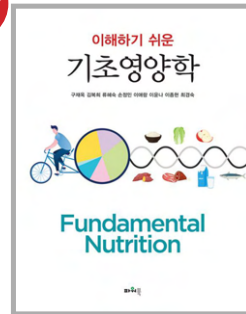
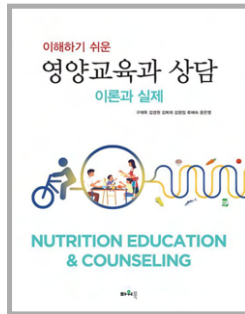
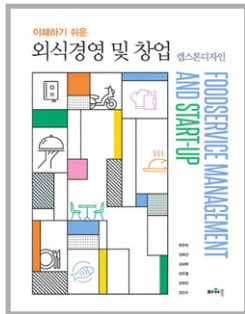
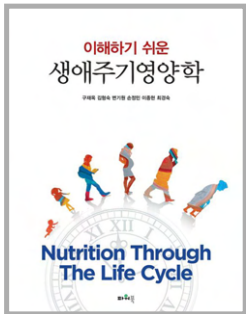
332쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-514-8 (93590)

미식관광론

김태희 · 윤지영 · 최지아
정희선 · 이인옥

256쪽 | 값 22,000원
978-89-8160-519-3 (93590)

개정판



이해하기 쉬운 생애주기영양학

구재욱 · 김형숙 · 변기원
손정민 · 이종현 · 최경숙

396쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-474-5 (93590)

이해하기 쉬운 외식경영 및 창업
-캡스톤디자인-

한은숙 · 김옥선 · 김삼희
장우철 · 강창민 · 김진수

296쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-506-3 (93590)

이해하기 쉬운 영양교육과 상담
-이론과 실제-

구재욱 · 김경원 · 김복희
김창임 · 류혜숙 · 윤은영

424쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-476-9 (93590)

이해하기 쉬운 HACCP 이론과 실제

어금희 · 한영애 · 김영태
송현주 · 민경진 · 김귀란

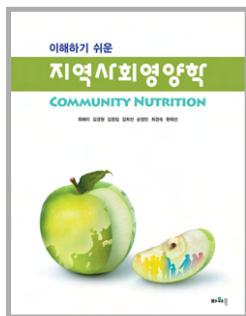
336쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-504-9 (93590)

이해하기 쉬운 기초영양학

구재욱 · 김복희 · 류혜숙 · 손정민
이윤나 · 이애람 · 이종현 · 최경숙

304쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-475-2 (93590)

개정2판



이해하기 쉬운 지역사회영양학

최혜미 · 김경원 · 김창임 · 김희선
손정민 · 최경숙 · 현대선

352쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-485-1 (93590)

조리원리

이영미 · 최지유 · 권수연
김미영 · 김옥선 · 윤지현

272쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-520-9 (93590)

이해하기 쉬운 영양판정 및 실습

이종현 · 이해정 · 신상아
송수진 · 전수경

304쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-522-3 (93590)

개정2판 임상영양학

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

