

한 국 식 품 영 양 학 회 지

제 39권 4호 2026년 8월

목 차

〈연구논문〉

- 143 수제 전통차의 이화학적 품질 특성 이연리
- 152 효소처리 들깨박 추출물을 이용한 젤리의 이화학적 특성 및 항산화 활성
..... 연제석 · 김다영 · 이예진 · 홍혜정 · 김주현 · 이경행
- 160 충북 일부 지역 초·중·고등학생의 영상기기 사용시간, 좌식시간 및 영양지수와 비만도의 관련성
- 탐색적 단면조사 - 신유리 · 신혜원 · 이호진
- 171 Effects of Germinated Black Quinoa Powder on the Nutritional Composition, Rheological Properties,
and Microstructure of Wheat Noodles Honey Seol and Ki Hyeon Sim
- 183 *Lactobacillus brevis*로 발효한 산수유(*Cornus officinalis*)의 항산화 활성 및 유지 산화 안정성 김동선 · 강순아
-
- 195 ■ 학회소식
- 197 ■ 저자 체크표
- 198 ■ 저작권 이전 동의서
- 199 ■ 연구윤리서약서
- 200 ■ 한국식품영양학회 회칙
- 206 ■ 한국식품영양학회 연구윤리 규정
- 217 ■ 한국식품영양학회 논문 투고 규정

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 39, No. 4, August 2026

CONTENTS

〈Original Articles〉

- 143 Physicochemical Quality Characteristics of Hand-Made Traditional Tea Youn Ri Lee
- 152 Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Jelly Supplemented with Enzyme-Treated
Defatted Perilla Seed Residue Extracts
..... Je-Swok Yeon, Da-Young Kim, Ye-Jin Lee, Hye-Jung Hong, Ju-Hyun Kim and Kyung-Haeng Lee
- 160 Screen Time, Sedentary Behavior, Nutrition Quotient and Weight Status among Elementary, Middle
and High School Students in Chungbuk, Korea
- An Exploratory Cross-Sectional Study - Yulee Shin, Hyewon Shin and Hojin Lee
- 171 Effects of Germinated Black Quinoa Powder on the Nutritional Composition, Rheological Properties,
and Microstructure of Wheat Noodles Honey Seol and Ki Hyeon Sim
- 183 Antioxidant Activity and Lipid Oxidative Stability of *Cornus officinalis* Fermented with *Lactobacillus brevis*
..... Dong-Seon Kim and Soon Ah Kang
- 195 ■ News of the Korean Society of Food and Nutrition
- 197 ■ Checklist for Original Article
- 198 ■ Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition
- 199 ■ Declaration of Ethical Conduct in Research
- 200 ■ The Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 206 ■ Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 217 ■ Guidelines for Submitting Manuscripts

수제 전통차의 이화학적 품질 특성

[†]이 연 리

대전보건대학교 식품영양과 부교수

Physicochemical Quality Characteristics of Hand-Made Traditional Tea

[†]Youn Ri Lee

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

Abstract

Jerusalem artichoke, bitter gourd, sword bean, beet, greater burdock, and lotus root were dried at 70°C for 12 h and extracted at 70°C for 3 min. The resulting extracts were analyzed to determine their pH, color, total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity, and α -glucosidase inhibitory activity. The pH of the hand-made teas ranged from 5.80 to 6.97, indicating overall weakly acidic properties. Greater burdock and beet teas showed high phenolic compound contents. Bitter gourd tea had the highest levels of TPC (44.93 ± 0.28 mg GAE/100 mL) and TFC (13.61 ± 0.31 mg CE/100 mL), whereas sword bean tea had the lowest levels of TPC (15.57 ± 0.37 mg GAE/100 mL) and TFC (4.19 ± 0.07 mg CE/100 mL). DPPH radical-scavenging activity analysis indicated that bitter gourd and greater burdock teas exhibited the strongest antioxidant activities, whereas beet tea exhibited the lowest scavenging activity. Jerusalem artichoke, lotus root, and sword bean teas also exhibited significant scavenging activities. In contrast, α -glucosidase inhibitory activity was highest in bitter gourd tea, followed by that in Jerusalem artichoke, burdock, lotus root, beet, and sword bean teas. Correlation analysis indicated that higher TPC and TFC were associated with superior antioxidant (DPPH) and antidiabetic (α -glucosidase) properties of the assessed hand-made teas.

Key words: handmade traditional tea, total polyphenol content, total flavonoid content, DPPH, α -glucosidase inhibitory activity

서 론

우리나라는 전통적으로 건강 증진을 목적으로 차를 마시는 독특한 식문화를 이어왔다(Moon & Park 1995). 차 속의 주요 성분인 폴리페놀, 카페인, 비타민 및 필수 아미노산 등은 항당뇨(Fang 등 2015), 항산화(Lee 등 2021), 항비만(Snoussi 등 2014)에 기여하며, 특히 발병 연령이 점차 낮아지는 대사증후군의 예방과 증상완화(Liu 등 2017)에도 유의미한 효과를 보이는 것으로 나타났다.

국화와 해바라기속에 속하는 돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.)는 국내 기후 환경에서도 잘 자라는 다년생 식물이다(Shin 등 2012). 돼지감자에 풍부하게 함유된 이눌린(inulin)은 과당

이 결합된 형태의 난소화성 수용성식이섬유로 알려져 있으며(Jhon & Kim 1988), 혈청 콜레스테롤 감소 및 혈중 지질 수치 개선에 효과가 있는 것으로 확인되었다(Kim 등 2010).

여주(*Momordica charantia* L.)는 박과에 속하는 덩굴성 채소로, 단백질과 비타민 C, β -carotene을 비롯하여 saponin, alkaloid, glucoside, terpenoid 등 다양한 생리활성 성분이 포함되어 있다(Lee 등 2015). 특히 여주 특유의 쓴맛 성분에는 혈당 조절에 기여하는 식물스테롤 배당체와 pectin, citrulline, galacturonic acid 및 다량의 아미노산이 농축되어 있다(Lee 등 2015). 무엇보다 열매와 씨앗에 함유된 ‘식물성 인슐린’인 charantin 성분은 당뇨 개선에 탁월한 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Grover & Yadav 2004; Schmourlo 등 2005).

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

동남아시아 열대 지역이 원산지인 작두콩(*Canavalia gladiata*)은 현재 한국과 중국, 일본을 포함한 동아시아 전역에서 식재료 및 한약재로 폭넓게 활용되고 있다(Shin EH 2019). 작두콩의 효능에 관한 연구로는 항균활성(Cho 등 2000; Ekanayake 등 2007; Chung 등 2014)에 대한 보고가 있으며, 부위별 이화학 성분 및 항산화활성과 관련된 연구(Cho 등 1999; Kim 등 2012, 2013a), 알코올성 위염에 대한 보호효과(Kim 등 2013b), 항암(Jeon 등 2005), 항당뇨(Nimenibo-Uadia R 2003) 등의 효능이 있어 민간요법에서도 화농성 염증을 다스리는 데 사용된 것으로 알려져 있다(Chang 등 2011).

명아주과(*Chenopodiaceae*)에 속하는 레드비트(*Beta vulgaris* L.)는 동부지중해 연안과 중앙아시아 지역이 원산지로, 비타민 A, 비타민 B군, 비타민 C 및 미네랄이 풍부하여 천연항산화물질의 공급원이다(Lee 등 2005). 주요 생리활성으로는 소화계 질환, 면역계 질환, 다양한 대사성 질환, 고혈압과 심혈관 질환의 예방·치료에 효과가 뛰어나며, 다량의 철분과 엽산 함량으로 기형아 발생을 줄이는 데 도움을 주는 것으로 보고되고 있다(Lee 등 2005).

우엉(*Burdock arctium lappa* L.)은 쌍떡잎식물 초롱꽃목 국화과에 속하는 식물로, 재배되는 지역은 대부분 아시아 및 유럽의 따뜻한 지역이고, 우리나라에서는 주로 경상남도를 비롯하여 널리 재배되고 있다. 우엉 과실부위에서 분리된 리그난 성분의 arctigenin과 arctiin의 효능이 보고되었으며(Jeong 등 2011) arctigenin은 동물세포에서 열충격반응의 억제 및 항암 효과가 보고되어 있다(Ishihara 등 2006). 우엉의 생리활성에 중요한 성분으로는 chlorogenic acid, lignin 종류 중 하나인 arctigenin, 그리고 caffeoylquinic acid 등으로 밝혀졌다(Sugiura 등 2009).

연근(*Nelumbo nucifera*)은 수련과에 속하는 여러해살이 초본식물로 원산지는 인도, 중국, 일본, 한국 및 시베리아 지역의 얇은 못이나 늪지에서 자란다. 연근에는 비타민 A, B₂ 및 니아신, 비타민 C, 캄페롤, 퀘르세틴 등(Yang 등 2007)과 아미노산인 트리코넨린, 아르기닌, 티로신이 함유되어 있다(Kim 등 2002).

본 연구에서는 쉽게 구매가 가능하고 가정에서 쉽게 제조 가능한 재료로 돼지감자, 여주, 작두콩, 비트, 우엉 및 연근을 동일한 조건에서 전통차로 제조하여 이화학적 품질 특성, 항산화 활성 및 α -glucosidase 저해활성을 비교·분석하고, 기능성 전통차 소재로서의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

돼지감자, 여주, 작두콩, 비트, 우엉, 연근은 충북 지역 농가에서 생산한 것을 구매하였다. 분석용 시약은 Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), catechin 2-deoxyribose, trolox, sodium carbonate, sodium nitrite, aluminum chloride hexahydrate, sodium hydroxide, potassium persulphate, α -glucosidase, pNPG(p-nitrophenyl- α -glucopyranoside) sodium carbonate 등은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며, 그 외 모든 시약은 특급시약을 사용하였다.

2. 수제 전통차 제조

수제 전통차 제조는 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

1) 원료의 전처리 및 세척

돼지감자, 여주(씨와 태자리 제거), 작두콩, 비트, 우엉, 연근 500 g을 이물질과 흙을 완전히 제거하기 위해 주방용 세척 솔을 이용하여 세척한 후, 자연건조하여 잔존수분을 제거하였다.

2) 세절 및 건조

각각의 재료를 0.3 cm 두께로 일정하게 자르고, 세절된 시료는 가정용 식품건조기(DEQ-D500M, DAEWOO, Seoul, Korea)를 사용하여 80℃의 온도 조건에서 12시간 동안 건조하였다(수분함량 10% 이하).

3) 볶음(roasting) 공정

예열된 팬에 시료를 투입하고 약한 불에서 과도한 탄화가 일어나지 않도록 지속적으로 교반하며 노릇하게 볶았다. 본 볶음 과정은 방냉과 가열을 1주기로 하여 총 5회 반복수행한다.

4) 침출 및 음용 조건

100 mL 생수를 한 번 끓인 다음 70℃로 냉각한 후 시료 2 g을 3분간 침출 과정을 거친 후 차액을 분리하여 분석시료로 사용하였다.

3. 수제 전통차의 품질 특성

수제 전통차의 pH, 색도를 측정하기 위해 음용 조건인 70℃의 증류수에 시료를 넣고 3분간 추출하여 분석하였다. pH는

pH meter(CH/S210, Mettler Toledo GmbH, Greifensee, Switzerland)를 이용하였다. 색도는 색차계(CM-5, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L-value), 적색도(a-value) 및 황색도(b-value)를 측정하였다(Jo 등 2016).

4. 수제 전통차의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

수제 전통차의 페놀성 화합물을 분석하고자 70℃ 증류수에서 3분간 추출한 후 여과하여 최종 분석용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Kim 등(2018)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50 µL에 2% sodium carbonate 용액을 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 735 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 100 g 중의 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수와 5% sodium nitrite 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% aluminum chloride hexahydrate 150 µL를 가하여 6분 방치하고, 1N sodium hydroxide 500 µL를 첨가해 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 catechin을 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 100 g 중의 mg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

5. 수제 전통차의 DPPH 라디칼에 의한 전자공여능 측정

수제 전통차의 DPPH radical 소거활성을 측정하였다(Kim 등 2018). 시료 0.2 mM DPPH 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30분 방치하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. α-Glucosidase 저해활성 측정

수제전통차의 α-glucosidase 저해활성을 측정하였다(Tibbot & Skadsen 1996). 시료 50 µL를 0.35 unit/mL α-glucosidase 효소액 100 µL와 혼합하여 37℃에서 10분간 배양한 후 1.5 mM pNPG 50 µL를 가하여 37℃에서 20분간 반응시켰다. 그 후, 1 M sodium carbonate 1,000 µL로 반응을 정지시키고 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. 통계분석

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS(statistical package for social sciences, Version 12.0, SPSS Inc., Chicago,

IL, USA)를 이용하여 평균±표준오차로 나타내었고, 각 농도의 평균치의 통계적 유의성을 $p<0.05$ 수준에서 One-way ANOVA 실시 후 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였으며 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수제 전통차의 건조원료 외관과 수용성 침출액

수제로 제조한 돼지감자, 여주, 작두콩, 비트, 우엉 및 연근의 건조시료 외관과 수용성 침출액 사진은 Fig. 1, Fig. 2와 같다. 건조 과정에서는 각각의 원료를 0.3 cm 두께로 일정하게 세절하였으며, 세절된 시료는 가정용 식품건조기를 사용하여 80℃에서 12시간 동안 건조하여 수분함량을 10% 이하로 건조하였다. 침출 과정은 끓인 생수를 70℃로 냉각한 후,



Fig. 1. Visual appearance of six types of agricultural products dried at 80℃ for 12 hours (Moisture content 10%).

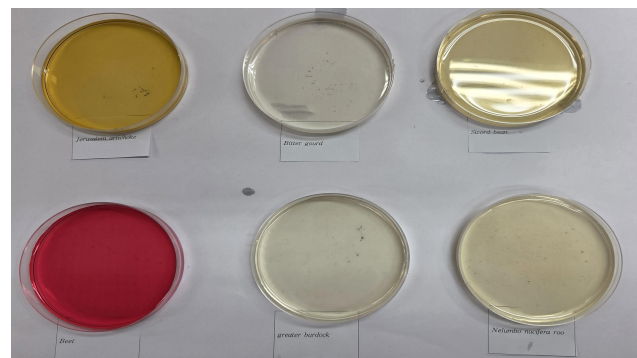


Fig. 2. Visual appearance of aqueous extracts from six types of hand-made teas brewed at 70℃ for 3 minutes.

건조 시료 2 g을 3분간 침출시키고, 고형물을 여과하여 추출 물을 분리하여 실험을 수행하였다.

2. 수제 전통차의 pH와 색도 측정

식물에서 추출한 용액의 pH는 추출물 속 유기산과 무기질의 종류, 양에 따라 달라진다. 금속성 무기질이 많으면 알칼리성을 띠고, 비금속성 무기질이 많으면 산성을 띠게 된다(Hwang 등 2021). 수제로 만든 돼지감자차, 여주차, 작두콩차, 비트차, 우엉차, 연근차의 pH와 색도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수제로 제조된 차들은 pH 5.80~6.97 사이에 분포하여 전체적으로 약산성 성질을 나타낸다. 돼지감자차는 산성이 강하며 비트는 중성에 가까운 성질을 나타낸다. pH가 낮은 액체는 미생물에 대한 정균(bacteriostatic) 및 살균(bactericidal) 작용을 나타낸다(Hwang 등 2021). 따라서 산도가 낮은 차류 추출물을 활용하여 천연보존제를 개발하거나, 이에 당도를 더해 수분활성도까지 낮은 고보존성 제품의 개발소재로서의 가능성을 보여준다.

색도는 소비자가 차를 음용하기 전 시각적 호감도와 기호성을 결정하는 중요한 요소이다(Borchgrevink 등 1999; Hwang 등 2021). 본 연구에서는 수제로 제조된 차들의 색도를 측정하여 품질 특성을 분석하였다. 수제 차류 6종을 70℃에서 3분간 침출하여 색도를 분석한 결과(Table 1), 각 원료의 고유 성분 및 가공 방식에 따라 뚜렷한 색조 차이를 나타냈다. 비트차는 베타인 색소의 강한 용출로 인해 가장 낮은 명도(34.57 ± 0.59)와 높은 적색도(45.36 ± 0.10)를 나타냈다. 반면, 연근차는 가공 중 발생한 갈변 반응의 영향으로 황색도(31.76 ± 0.64)가 가장 높게 측정되어 진한 황갈색 특성을 보였다. 작두콩차는 명도(64.16 ± 0.27)가 가장 높아 시각적으로 가

장 맑고 연한 침출 특성을 보였으며, 여주차는 적색도가 음의 값(-1.84 ± 0.02)을 유지하였다. Hwang 등(2021)의 연구 결과에서도 국내 시판 열매차들의 색도와 pH를 비교한 결과, 본 연구와 유사한 경향을 보였으며, Jung 등(2019)의 연구에서도 우엉차와 연근차에서도 색도와 pH가 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 색도는 침출 조건에 따른 수제 차류의 시각적 품질 표준화 및 소비자 기호도 분석을 위한 기초 데이터로 활용할 수 있다.

3. 수제전통차의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 대표적인 2차 대사산물 중 하나이다. 이들은 분자 내에 존재하는 페놀성 히드록시기(phenolic hydroxyl group)가 효소 단백질과 같은 거대 분자들과 결합하는 독특한 화학적 특성을 지닌다(Kim & Park 2011). 이러한 특성으로 인해 식물체 내 페놀성 화합물의 함량이 증가할수록 항돌연변이, 콜레스테롤 저하, 항암 및 항산화 작용 등 다양한 생리활성 효능이 구명되어 왔다(Lee 등 2008; Kalt 등 2010). 페놀성 화합물의 하위 그룹에 속하는 플라보노이드 화합물(flavonoid compounds)은 주로 황색을 띠는 천연 색소 성분으로 생체 내에서 유해한 유리라디칼(free radicals)을 효율적으로 제거하여 인체의 산화 스트레스를 예방하고, 혈장 지질 농도를 낮추는 핵심적인 역할을 수행한다(Kawaguchi 등 1997). 이와 더불어 염증 유발 유전자의 발현을 조절하는 기능이 탁월하여, 만성 염증성 질환에서 기인하는 동맥경화, 비만 및 당뇨병 등의 유병률을 낮추는 매우 유용한 생리활성 물질로 평가받고 있다(Kim 등 2012; Alam 등 2014). 수제로 만든 돼지감자차, 여주차, 작두콩차, 비트차, 우엉차, 연근차의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을

Table 1. pH and the color values of hand-made traditional teas extracted at 70℃ for 3 minutes

Tea samples	pH	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
Jerusalem artichoke	$5.80 \pm 0.01^{a,1)2)}$	61.47 ± 0.57^d	-2.34 ± 0.03^a	14.30 ± 0.02^c
Bitter gourd	5.92 ± 0.03^c	58.78 ± 0.05^c	-1.84 ± 0.02^b	17.20 ± 0.03^d
Sword bean	6.79 ± 0.02^e	64.16 ± 0.27^e	-2.41 ± 0.02^a	8.77 ± 0.11^a
Beet	6.97 ± 0.02^f	34.57 ± 0.59^a	45.36 ± 0.10^e	22.70 ± 0.16^e
Greater burdock	6.16 ± 0.02^d	59.14 ± 0.10^c	0.04 ± 0.01^c	12.73 ± 0.08^b
<i>Nelumbo nucifera</i> root	5.86 ± 0.02^b	54.77 ± 0.06^b	1.17 ± 0.01^d	31.76 ± 0.64^f

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

2) a-f Means within each column with different letter different significantly ($p < 0.05$).

측정한 결과는 Table 2와 같다. 70℃에서 3분간 침출한 수제 전통차 6종의 총 폴리페놀 함량(TPC)과 총 플라보노이드 함량(TFC)을 분석한 결과, 원료 고유의 성분 조성에 따라 유의미한 차이를 나타냈다. 여주차는 TPC 44.93±0.28 mg GAE/100 mL, TFC 13.61±0.31 mg CE/100 mL로 차류 중 가장 높은 수치를 나타냈으며, 항산화 활성 물질의 용출 능력이 가장 우수한 것으로 확인되었다. 반면에, 작두콩차는 TPC 15.57±0.37 mg GAE/100 mL, TFC 4.19±0.07 mg CE/100 mL로 가장 낮은 유효 성분 함량을 보였다. Hwang 등(2021)의 연구에서 항산화 활성 관련 열매차 추출물의 총 플라보노이드 함량 분석 결과는 29.04±1.49~217.87±1.45 mg QE/g의 범위를 보였으며, 돼감자차는 45.30 mg QE/g, 작두콩차는 40.24 mg QE/g, 여주차는 113.61mg QE/g, 비트차는 107.31mg QE/g로 나타났다. Son & Kim(2011)의 연구에서 장미차, 감국차, 솔잎차, 뽕잎차, 감잎차 및 녹차 추출물의 총 폴리페놀 함량은 표준물질 tannic acid의 당량으로 계산하였을 때, 각각 272.8, 74.6, 153.5, 73.5, 69.5 및 260.8 mg/g extract로, 장미차의 경우 가장 높은 함량을 보였으며, 감잎은 가장 낮았다. 결과적으로 70℃, 3분의 침출 조건에서도 천연 항산화 성분이 용출하는 것으로 기능성 소재로서 가능성을 제시하고 있다.

Table 2. Total polyphenol and flavonoid contents of hand-made traditional teas extracted at 70℃ for 3 minutes

Tea samples	Total polyphenol content (mg GAE/100 mL) ¹⁾	Total flavonoid content (mg CE/100 mL) ²⁾
Jerusalem artichoke	21.15±0.85 ^{b,3)4)}	5.96±0.13 ^b
Bitter gourd	44.93±0.28 ^f	13.61±0.31 ^f
Sword bean	15.57±0.37 ^a	4.19±0.07 ^a
Beet	35.21±0.37 ^d	7.33±0.12 ^c
Greater burdock	40.40±0.14 ^e	9.44±0.28 ^e
<i>Nelumbo nucifera</i> root	25.80±0.18 ^c	8.47±0.23 ^d

¹⁾ Total polyphenol content was expressed as mg/g gallic acid equivalent (GAE).

²⁾ Total flavonoid content was expressed as mg/g catechin equivalent (CE).

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

⁴⁾ a-f Means within each column with different letter different significantly ($p<0.05$).

4. 수제 전통차의 DPPH 라디칼에 의한 전자공여능 측정

DPPH는 화학적으로 유도된 비교적 안정적인 인공 라디칼로, 본래 짙은 자색을 띤다. 그러나 항산화 물질로부터 전자를 공여받으면 환원 반응이 일어나 고유의 자색이 옅어지며 노란색으로 탈색되는 특성이 있다(Blois MS 1958). 이처럼 DPPH의 환원력은 시료의 항산화 효과와 밀접한 상관관계를 보이기 때문에, 다양한 천연소재의 항산화 활성을 스크리닝하고, 비교 분석하는 대표적인 지표로 널리 활용되고 있다(Kalt 등 2010). 수제로 만든 돼지감자차, 여주차, 작두콩차, 비트차, 우영차, 연근차의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 양성대조군으로 사용된 ascorbic acid는 99.94±0.82%의 가장 높은 라디칼 소거능을 나타내었다. 수제차 6종 중에서는 여주차와 우영차가 가장 강력한 항산화 활성을 보였다. 돼지감자차, 연근차, 작두콩 순으로 유의미한 소거 활성을 나타내었으며, 비트차는 시료 중 가장 낮은 소거능으로 나타났다. Hwang 등(2021)의 연구에서 DPPH 소거능을 분석 결과 돼지감자차 83%, 작두콩차 82%, 여주차 92%, 비트차 56%로 나타났다. Jung 등(2019)의 연구에서 DPPH 소거능 결과 우영 90%, 연근 87%로 나타났다. 또한 Son & Kim(2011)의 연구에서 전자공여능의 크기는 장미차, 녹차, 솔잎차, 감국차, 뽕잎차, 감잎차 추출물의 순으로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 분석한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 밀접한 연관성을 보인다. 페놀성 화합물의 함량이 가장 높았던 여주차와 우영차가 DPPH 라디칼 소거능에

Table 3. DPPH radical scavenging activity of hand-made traditional teas extracted at 70℃ for 3 minutes

Tea samples	DPPH radical scavenging activity (%)
Jerusalem artichoke	72.94±0.65 ^{c,1)2)}
Bitter gourd	89.16±0.51 ^e
Sword bean	68.90±1.02 ^b
Beet	56.88±1.00 ^a
Greater burdock	87.42±0.63 ^d
<i>Nelumbo nucifera</i> root	72.45±1.08 ^c
Ascorbic acid	99.94±0.82

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

²⁾ a-e Means within each column with different letter different significantly ($p<0.05$).

서도 탁월한 효능을 나타낸 반면, 페놀성 성분의 구성이나 구조적 특성에 차이가 있는 비트차 등은 상대적으로 낮은 소거 활성을 보인 것으로 판단된다.

5. 수제 전통차의 α -glucosidase 저해 활성 측정

α -Glucosidase 저해 활성은 소장에서 탄수화물이 포도당으로 분해되는 과정을 막아 식후 혈당 상승을 억제하므로 당뇨병 예방 및 치료를 위한 기능성 물질이나 신약 후보 물질을 발굴할 때 필수적으로 평가하는 대표적인 항당뇨 지표이다(Oh 등 2015; Zaharudin 등 2019). 수제로 만든 돼지감자차, 여주차, 작두콩차, 비트차, 우엉차, 연근차의 α -glucosidase 저해활성을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 소장에서 탄수화물 분해를 막아

Table 4. α -Glucosidase inhibition activity of hand-made traditional teas extracted at 70 °C for 3 minutes

Tea samples	α -Glucosidase inhibition activity (%)
Jerusalem artichoke	11.99 $\pm$ 0.25 ^{e,1)2)}
Bitter gourd	14.41 $\pm$ 0.10 ^f
Sword bean	5.89 $\pm$ 0.09 ^a
Beet	6.42 $\pm$ 0.10 ^b
Greater burdock	9.70 $\pm$ 0.23 ^d
<i>Nelumbo nucifera</i> root	8.82 $\pm$ 0.14 ^c
Acarbose	99.28 $\pm$ 0.90

¹⁾ Each value is presented as mean $\pm$ standard deviation (n=3).

²⁾ a-f Means within each column with different letter different significantly ($p<0.05$).

식후 혈당 상승을 억제하는 능력이 높은 순서로는 여주차, 돼지감자차, 우엉차, 연근차, 비트차, 작두콩차 순으로 나타났다. 여주차는 여주 속 유효 성분인 페놀성 화합물 등이 매우 빠르게 용출되며 효소 억제 능력이 높게 나타나 식후 혈당 강하 목적으로 활용가능한 차로 보인다. 돼지감자차, 우엉차, 연근차는 여주차만큼은 아니지만 일상에서 식후 혈당스파이크를 완화하는 보조음료로 충분히 가치가 있을 것으로 판단된다. 반면에 비트차와 작두콩차는 탄수화물 분해를 직접 막아 식후 혈당을 떨어뜨리는 목적보다는, 비트의 혈관 건강, 작두콩의 항염증 기능에 초점을 맞춰 섭취하는 것이 적합하다고 생각된다. Hwang 등(2021)의 연구에서 α -glucosidase 저해활성 분석 결과 돼지감자차 10.79%, 작두콩차 4.6%, 여주차 14.27%, 비트차 7.93%로 나타났다. 실험조건이 70°C에서 3분은 우리가 일상에서 차를 가볍게 우려 마시는 조건으로, 여주차, 돼지감자차, 우엉차는 식사 중 혹은 식사 직후에 따뜻하게 우려 마실 때 가장 α -glucosidase 저해활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

6. 수제 전통차의 상관관계

수제로 만든 돼지감자차, 여주차, 작두콩차, 비트차, 우엉차, 연근차의 pH, L(lightness), a(redness), b(yellowness), total polyphenol(TPC), total flavonoid(TFC), DPPH, α -glucosidase inhibition activity의 상관관계는 Table 5와 같다. TPC와 TFC는 매우 강한 양의 상관관계로(0.886*), 폴리페놀 함량이 높은 시료일수록 플라보노이드 함량도 함께 높게 나타난다. 폴리페놀과 플라보노이드 성분이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능과 α -glucosidase inhibition activity가 양의 상관관계로 향상

Table 5. Correlation coefficients among extraction pH, L (lightness), a (redness), b (yellowness), total polyphenol (TPC), total flavonoid (TFC), DPPH, and α -glucosidase inhibition activity of hand-made traditional teas extracted at 70 °C for 3 minutes

Factors	pH	L	a	b	TPC	TFC	DPPH	α -glu
pH	1.00	-0.522*	0.674**	-0.224	-0.141	-0.460	-0.652**	-0.807**
L	-0.522*	1.00	-0.973**	-0.526*	-0.319	-0.44	0.629**	0.373
a	0.674*	-0.973**	1.00	0.339	0.279	-0.106	-0.709**	-0.476*
b	-0.224	-0.526*	0.339	1.00	0.140	0.254	-0.267	-0.034
TPC	-0.141	-0.319	0.219	0.140	1.00	0.886*	0.523*	0.490*
TFC	-0.460	-0.044	-0.106	0.254	0.886*	1.00	0.692**	0.0719**
DPPH	-0.652**	0.629**	-0.709**	-0.267	0.523*	0.692**	1.00	0.0740**
α -Glu	-0.711**	0.283	-0.397	0.015	0.629**	0.849**	0.764**	1.0

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

화 성분(TPC, TFC)이 풍부하고, 항산화 활성(DPPH)이 우수한 시료일수록 당노 예방 등과 관련이 있는 항당노 활성(α -glucosidase 억제 효과)도 매우 뛰어났다.

요약 및 결론

돼지감자, 여주, 작두콩, 비트, 우엉, 연근을 70℃에서 12시간 동안 건조한 후, 70℃로 3분간 침출액의 pH, 색도, 총폴리페놀과 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능과 α -glucosidase 저해활성을 측정하였다. 수제로 제조된 차들은 pH 5.80~6.97 사이에 분포하여 전체적으로 약산성 성질을 나타낸다. 돼지감자차가 가장 산성이 강하며, 비트는 중성에 가까운 성질을 나타냈다. 색도는 비트차가 가장 낮은 명도와 높은 적색도를 나타냈고, 연근차는 황색도, 작두콩차는 명도가 가장 높게 나타났다. 총 폴리페놀 함량(TPC)과 플라보노이드 함량(TFC)을 분석한 결과, 여주차가 TPC 44.93±0.28 mg GAE/100 mL, TFC 13.61±0.31 mg CE/100 mL로 두 지표 모두 높은 수치를 나타냈고, 우엉차와 비트차 역시 높은 페놀성 화합물 함량을 나타냈다. 반면, 작두콩차는 TPC 15.57±0.37 mg GAE/100 mL, TFC 4.19±0.07 mg CE/100 mL로 가장 높은 함량을 보였다. DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 여주차와 우엉차가 가장 강력한 항산화 활성을 보였다. 돼지감자차, 연근차, 작두콩순으로 유의미한 소거 활성을 나타내었으며, 비트차는 시료 중 가장 낮은 소거능을 나타냈다. α -Glucosidase 저해활성은 여주차, 돼지감자차, 우엉차, 연근차, 비트차, 작두콩차 순으로 나타났다. 상관관계 결과를 분석해보면 폴리페놀(TPC)과 플라보노이드(TFC) 함량이 높으며, 결과적으로 우수한 항산화(DPPH) 및 항당노(α -glu) 활성을 나타냈다.

References

- Alam MA, Subhan N, Rahman MM, Uddin SJ, Reza HM, Sarker SD. 2014. Effect of citrus flavonoids, naringin and naringenin, on metabolic syndrome and their mechanisms of action. *Adv Nutr* 5:404-417
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Borchgrevink CP, Susskind AM, Tarras JM. 1999. Consumer preferred hot beverage temperatures. *Food Qual Prefer* 10:117-121
- Chang MI, Kim JY, Kim SJ, Baek SH. 2011. Effect of sword bean *Canavalia gladiata* addition on quality of Kochujang. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1292-1299
- Cho YS, Bae YI, Shim KH. 1999. Chemical components in different parts of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*). *Korean J Postharvest Sci Technol* 6:475-480
- Cho YS, Seo KI, Shim KH. 2000. Antimicrobial activities of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*) extracts. *Korean J Food Preserv* 7:113-116
- Chung J, Lee J, Ha D. 2014. Antimicrobial activities of sword bean (*Canavalia gladiata*) extracts against food poisoning bacteria. *J Food Hyg Saf* 29:376-382
- Ekanayake S, Skog K, Asp NG. 2007. Canavanine content in sword beans (*Canavalia gladiata*): Analysis and effect of processing. *Food Chem Toxicol* 45:797-803
- Fang CY, Wang XJ, Huang YW, Hao SM, Sheng J. 2015. Caffeine is responsible for the bloodglucose-lowering effects of green tea and Puer tea extracts in BALB/c mice. *Chin J Nat Med* 13:595-601
- Grover JK, Yadav SP. 2004. Pharmacological actions and potential uses of *Momordica charantia*: A review. *J Ethnopharmacol* 93:123-132
- Hwang AR, Han MR, Kim AJ. 2021. Characteristics evaluation of commercial fruit tea extracts in Korea. *Asian J Beauty Cosmetol* 19:693-703
- Ishihara K, Yamagishi N, Saito Y, Takasaki M, Konoshima T, Hatayama T. 2006. Arctigenin from *Fructus Aarctii* is a novel suppressor of heat shock response in mammalian cells. *Cell Stress Chaperones* 11:154-161
- Jeon KS, Na HJ, Kim YM, Kwon HJ. 2005. Antiangiogenic activity of 4-O-methylgallic acid from *Canavalia gladiata*, a dietary legume. *Biochem Biophys Res Commun* 330:1268-1274
- Jeong JB, Hong SC, Jeong HJ, Koo JS. 2011. Arctigenin induces cell cycle arrest by blocking the phosphorylation of Rb via the modulation of cell cycle regulatory proteins in human gastric cancer cells. *Int Immunopharmacol* 11:1573-1577
- Jhon DY, Kim MH. 1988. Studies inulase from Jerusalem artichoke. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 17:205-210
- Jo SJ, Lee JE, Rho JO. 2016. Quality characteristics of lotus root

- tea added with *Gardenia jasminoides* powder and *Rubus coreanus* miquel powder. *J Korean Soc Food Cult* 31: 597-604
- Jung YH, Han JS, Kim AJ. 2019. Quality evaluation and antioxidant activity of inner beauty tea prepared from roasted lotus root and burdock. *Asian J Beauty Cosmetol* 17:235-245
- Kalt W, Hanneken A, Milbury P, Tremblay F. 2010. Recent research on polyphenolics in vision and eye health. *J Agric Food Chem* 58:4001-4007
- Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and *Pseudomonas*. *Biosci Biotechnol Biochem* 61:102-104
- Kim AR, Lee JJ, Lee YM, Jung HO, Lee MY. 2010. Cholesterol-lowering and anti-obesity effects of *Polymnia sonchifolia* poepp. & Endl. powder in rats fed a high fat-high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:210-218
- Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Jeon YH, Lee BK, Woo KS. 2018. Quality and physicochemical characteristics of the Korean cowpea cultivars grown in different seeding periods. *Korean J Food Nutr* 31:502-510
- Kim JM, Shin YK, Kim BO, Kim JK, Lee SH, Kim YS. 2012. Effect of *Artemisia capillaris* extracts on antioxidant activity and allergic dermatitis. *J Life Sci* 22:958-963
- Kim JP, Lee HH, Moon JH, Ha DR, Kim ES, Kim JH, Seo KW. 2013a. Isolation and identification of antioxidants from methanol extract of sword bean (*Canavalia gladiata*). *Korean J Food Sci Technol* 45:777-784
- Kim MJ, Park E. 2011. Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1053-1062
- Kim OK, Nam DE, You Y, Jun W, Lee J. 2013b. Protective effect of *Canavalia gladiata* on gastric inflammation induced by alcohol treatment in rats. *Korean Soc Food Sci Nutr* 42:690-696
- Kim YS, Jeon SS, Jung ST. 2002. Effect of lotus root powder on the baking quality of white bread. *Korean J Food Cook Sci* 18:413-425
- Lee HY, Park KS, Joo OS, Hwang CE, Ahn MJ, Jeong YS, Hong SY, Kwon OK, Kang SS, Yuk HJ, Kim HR, Park DS, Cho KM. 2015. Changes in quality characteristics and antioxidant activity of bitter melon (*Momordica charantia* L.) pickle during ageing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:401-411
- Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung Island. *Korean J Food Sci Technol* 37:233-240
- Lee SY, Kim MJ, Kim AJ. 2021. Mulberry and peppermint leaves mixing ratio optimization for skin beauty. *Asian J Beauty Cosmetol* 19:379-393
- Lee SY, Shin YJ, Park JH, Kim SM, Park CS. 2008. An analysis of the Gyungokgo's ingredients and a comparison study on anti-oxidation effects according to the kinds of extract. *Korean J Herbol* 23:123-136
- Liu L, Nagai I, Gao Y, Matsushima Y, Kawai Y, Sayama K. 2017. Effects of catechins and caffeine on the development of atherosclerosis in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 81:1948-1955
- Moon JH, Park KH. 1995. Functional components and physiological activity of tea. *J Korean Tea Soc* 1:175-191
- Nimenibo-Uadia R. 2003. Effect of aqueous extract of *Canavalia ensiformis* seeds on hyperlipidaemia and hyperketonaemia in alloxan-induced diabetic rats. *Biokemistri* 15:7-15
- Oh J, Jo SH, Kim JS, Ha KS, Lee JY, Choi HY, Yu SY, Kwon YI, Kim YC. 2015. Selected tea and tea pomace extracts inhibit intestinal α -glucosidase activity *in vitro* and postprandial hyperglycemia *in vivo*. *Int J Mol Sci* 16: 8811-8825
- Schmourlo G, Mendonça-Filho RR, Alviano CS, Costa SS. 2005. Screening of antifungal agents using ethanol precipitation and bioautography of medicinal and food plants. *J Ethnopharmacol* 96:563-568
- Shin EH. 2019. Chemical properties and antioxidants ability of sword bean (*Canavalia gladiata*) pod extract. *Culin Sci Hosp Res* 25:127-134
- Shin SH, Kwon SJ, Jo HJ, Go DH, Han JJ. 2012. Extraction and analysis of inulin from Jerusalem artichoke. *Food Sci Ind*

45:50-58

- Snoussi C, Ducroc R, Hamdaoui MH, Dhaouadi K, Abaidi H, Cluzeaud F, Nazaret C, Le Gall M, Bado A. 2014. Green tea decoction improves glucose tolerance and reduces weight gain of rats fed normal and high-fat diet. *J Nutr Biochem* 25:557-564
- Son JY, Kim TO. 2011. Antioxidative and physiological activities of traditional Korean teas. *Korean J Food Cook Sci* 27:567-575
- Sugiura Y, Torii T, Matsuda K, Yamada Y. 2009. Anti-allergic effects of extracts from commercial products of cooked burdock. *Food Sci Technol Res* 15:423-426
- Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30:229-241
- Yang HC, Heo NC, Choi KC, Ahn YJ. 2007. Nutritional composition of white-flowered and pink-flowered lotus in different parts. *Korean J Food Sci Technol* 39:14-19
- Zaharudin N, Staerk D, Dragsted LO. 2019. Inhibition of α -glucosidase activity by selected edible seaweeds and fucoxanthin. *Food Chem* 270:481-486

Received 29 June, 2026

Revised 28 July, 2026

Accepted 07 August, 2026

효소처리 들깨박 추출물을 이용한 젤리의 이화학적 특성 및 항산화 활성

연제석 · 김다영* · 이예진* · 홍혜정* · 김주현* · †이경행**

국립한국교통대학교 식품영양학과 대학원생, *국립한국교통대학교 식품영양학전공 학부생,

**국립한국교통대학교 식품영양학전공 교수

Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Jelly Supplemented with Enzyme-Treated Defatted Perilla Seed Residue Extracts

Je-Swok Yeon, Da-Young Kim*, Ye-Jin Lee*, Hye-Jung Hong*, Ju-Hyun Kim* and †Kyung-Haeng Lee**

Graduate School Student, Dept. of 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

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

Abstract

This study evaluated the potential of defatted perilla seed residue (DPSR), a byproduct of perilla oil production, as a food upcycling and high-value food ingredient. Extracts were prepared through single or complex enzyme treatments using protease, cellulase and pectinase. These extracts were subsequently incorporated into jellies to analyze their physicochemical quality characteristics, antioxidant composition and activity, and texture profiles. The addition of enzyme-treated DPSR extracts decreased the lightness of the jellies while increasing their redness and yellowness. Among the formulation groups, the protease-based complex enzyme treatment yielded the highest polyphenols and ascorbic acid contents compared to the control, whereas flavonoids contents showed no significant differences among the experimental groups. DPPH and ABTS radical scavenging activities were significantly enhanced compared to the control, confirming that the enzymatic treatment enhanced antioxidant activity and this activity was effectively retained after jelly processing. Texture profile analysis revealed that the soluble components released by the enzymatic treatment reinforced the gelatin gel network, resulting in increased hardness and shear force. In conclusion, protease-based complex enzyme treatment improves the extraction efficiency of bioactive compounds from DPSR and preserves functionality in the final product. These findings serve as foundational data for academic and industrial applications related to food upcycling of agricultural by-products and sustainable food development.

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

서 론

들깨(*Perilla frutescens* L.)는 우리나라에서 오랜 기간 재배되어 온 대표적인 유지작물로, 들기름 생산과정에서 다량의 들깨박이 부산물로 발생한다. 현재 대부분의 들깨박은 축산 사료 또는 저가형 유기질 비료로 제한적으로 활용되거나 폐기되고 있는 실정이다(NICS 2023). 선행 연구에 따르면 들깨박에는 단백질, 식이섬유뿐만 아니라 polyphenol 및 flavonoid

화합물과 같은 생리활성 성분이 풍부하게 함유되어 있다(Jeong 등 2020). 이러한 자원의 저부가가치 활용은 경제적 손실을 초래할 뿐만 아니라 식품 산업의 지속가능성 측면에서도 개선이 필요한 문제로 지적되고 있다(Ahn 등 2021). 이에 따라 최근에는 농산 부산물을 고부가가치 기능성 식품 소재로 전환하는 ‘푸드 업사이클링(food upcycling)’이 새로운 패러다임으로 주목받으며 관련 연구가 활발히 진행되고 있다(Lee & Hwang 2024).

† 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

활성산소종(ROS)의 과도한 생성은 산화적 스트레스를 유발하여 세포 손상 및 노화를 촉진하는 주요 원인으로 알려져 있으며, 이에 따라 이를 효과적으로 억제할 수 있는 천연 항산화 소재 개발의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다. 들깨박은 기능성 소재로서 잠재력이 높지만, 생리활성 성분의 상당 부분이 식물 조직 내 견고한 세포벽 및 단백질 복합 구조에 결합되어 있어 일반적인 용매 추출만으로는 충분한 회수가 어려운 한계가 있다(Kang 등 2018; Costa 등 2020). 이러한 구조적 제약을 극복하기 위해 다당류 및 단백질 매트릭스를 효소적으로 분해하여 유용 성분의 추출 효율을 향상시키는 효소 가수분해 공정이 효과적인 대안으로 제시되고 있다(Puri 등 2012). 특히 protease, cellulase, pectinase를 조합한 복합 효소 처리는 세포벽 분해를 통해 유용 성분의 방출을 촉진하고 항산화 활성을 향상시키는 것으로 보고되고 있다(Park & Yoon 2018; Hwang 등 2021).

최근 기능성 식품 연구는 단순한 추출물의 생리활성 평가에서 나아가 소비자의 섭취 편의성과 기호성을 고려한 최종 제품 제형화 연구로 확장되고 있다. 그중 젤리 제품은 특유의 식감과 높은 기호성으로 인해 전 연령층에서 선호되며, 기능성 성분을 효율적으로 전달할 수 있는 식품 제형으로 주목받고 있다(Lee & Ji 2015; Nam 등 2021). 젤라틴 기반 겔 구조는 젤리의 물성과 조직감을 결정하는 중요한 요소이며, 천연 추출물의 첨가는 겔 네트워크 구조에 물리화학적 변화를 유도하여 최종 제품의 품질 특성에 영향을 미친다(Choi & Lee 2014; Kim 등 2020).

기존 연구들은 주로 들깨박 추출물의 생리활성 평가 또는 쿠키와 같은 고형 식품 적용에 집중되어 있으며(Oh 등 2022), 효소 처리된 들깨박 추출물을 젤리 제형에 적용한 연구는 아직 제한적인 실정이다. 또한 식품 가공 과정에서 발생하는 열 처리는 항산화 성분의 안정성과 생체이용률에 영향을 미칠 수 있으므로(Verghese 등 2021) 최종 제품 내 기능성 유지 여부를 검증하는 것은 고부가가치 소재 개발에서 중요한 과제이다.

따라서 본 연구에서는 protease, cellulase, pectinase를 이용한 단일 및 복합 효소 처리 공정을 통해 생리활성이 향상된 들깨박 추출물을 제조하고, 이를 젤라틴 및 알룰로스 기반 젤리 제형에 적용하고 제조된 젤리의 이화학적 특성, 항산화 성분의 함량, 항산화 활성 및 조직감을 분석함으로써 들깨박의 고부가가치 기능성 식품 소재로서의 활용 가능성을 제시하고, 업사이클링 기반 식품 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 들깨박은 2025년 충청북도 증평군 소재 대명방앗간에서 들기름 제조 공정 중 발생한 부산물을 제공받아 실험 재료로 사용하였다. 들깨박은 분쇄기(HR3752, Philips, Netherlands)로 마쇄한 뒤 40 mesh(Chung Gye Industrial Mfg., Co., Seoul, Korea) 체를 통과시켜 시료로 사용하였다. 효소처리 들깨박 추출물 제조를 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. 젤리 제조를 위한 부재료는 gelatin(Fujian Fenfan, China)과 allulose(Ever Healthcare, Korea)를 구입하여 사용하였다.

2. 효소처리 들깨박 추출물 및 젤리 제조

1) 효소처리 들깨박 추출물 제조

효소처리 들깨박 추출물을 제조하기 위해 Lee 등(2026)의 방법에 따라 제조하였다. 즉, 마쇄한 들깨박 20 g에 정제수 90 mL를 가한 후, protease, cellulase, pectinase를 각각 3 mL씩 첨가하고, 복합효소군의 경우 protease와 cellulase, protease와 pectinase로 하여 각각 1.5 mL씩 혼합하여 첨가하였다. 들깨박과 효소가 혼합된 각각의 처리군은 55±2℃로 유지되는 항온 수조에서 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 젤리 제조에 사용하였다. 대조군은 들깨박에 효소 대신 물을 첨가하여 동일한 조건으로 제조하였다.

2) 효소처리 들깨박 추출물 활용 젤리 제조

효소처리한 각각의 들깨박 추출물 110 g에 gelatin 8.8 g과 allulose 13.2 g을 첨가하여 균일하게 혼합하였다. 혼합액은 항온수조(60±2℃)에서 중탕하여 gelatin이 완전히 용해되도록 하였다. 완전히 용해된 혼합액은 실리콘 몰드에 주입하였으며, 4±2℃의 냉장 조건에서 2시간 20분 동안 냉각하여 제조하였다. 대조군은 추출물 대신 물을 첨가하여 동일한 조건

으로 제조하였다.

3) 분석 시료 조제

제조한 젤리의 이화학적 및 항산화 특성을 분석하기 위하여 젤리와 증류수를 1:2(w/v)의 비율로 혼합한 후 homogenizer(T 50 Ultra-turrax, Ika Co., Germany)를 이용하여 8,000 rpm으로 1분 동안 균질화시킨 후 여과하여 분석용 시료로 사용하였다.

3. 효소처리 들깨박 추출물 젤리의 이화학적 특성 분석

1) pH, 당도 및 환원당 함량 측정

제조된 젤리의 pH를 측정하기 위하여 분석용 시료 용액을 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 젤리의 가용성 고형분 함량은 분석시료 용액을 디지털 당도계(Pal-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix 단위로 나타내었다. 또한 분석 시료의 가수분해 정도를 확인하기 위하여 환원당 함량을 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법으로 분석하였다(Chae 등 2000).

2) 색도 측정

제조된 젤리의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L*, a*, b* 값을 반복 측정하고 그 평균값으로 나타내었다. 이때 측정에 사용된 표준 백색판(calibration plate)의 설정값은 Y=82.5, x=0.3189, y=0.3258이었다.

3) 조직감 측정

제조된 젤리의 조직감은 Texture Analyzer(TA-XT plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 시료의 절단 강도(shear force)는 Knife blade를 장착한 절단 시험을 통해 측정하였으며, 측정 조건은 test speed 2.0 mm/sec, distance 25 mm로 설정하였다. 조직감 분석(TPA)은 25 mm stainless steel cylinder probe를 사용하였으며 test speed 1.0 mm/sec, distance 10 mm로 설정하여 측정하였다.

4. 항산화 성분 함량 분석

1) 아스코르브산(Ascorbic acid) 함량

Ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 분석

시료 0.2 mL에 10% trichloroacetic acid 0.8 mL를 가하고 원심 분리기에서 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.

2) Polyphenol 화합물 함량

Polyphenol 화합물의 함량은 Folin-Denis법을 이용하여 측정하였다. 분석시료 1 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL와 10% Na₂CO₃ 1 mL, 증류수 7.5 mL를 차례대로 혼합하여 30분간 방치한 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며(AOAC 1995), 표준물질로는 tannic acid를 사용하였다.

3) Flavonoid 화합물 함량

Flavonoid 화합물의 함량은 10% aluminium nitrate 발색법(Moreno 등 2000)에 따라 측정하였다. 분석 시료 0.9 mL에 80% ethanol 0.5 mL를 가하여 혼합한 후, 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 방치한 뒤 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 quercetin을 사용하였다.

5. 항산화 활성 검증

1) DPPH Radical 소거능

DPPH radical 소거능은 Blois MS(1958)의 방법을 참고하여 측정하였다. 30배 희석한 젤리 추출액 2 mL에 0.2 mM DPPH 용액 2 mL를 첨가 및 혼합한 후, 상온 암소에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) ABTS Radical 소거능

ABTS radical 소거능은 Re 등(1999)의 방법을 참고하여 측정하였다. ABTS 시약(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 제조한 후 실온 암소에서 24시간 반응시켜 ABTS^{•+} radical을 생성하였다. 반응 용액은 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 증류수로 희석하여 사용하였으며, 희석된 ABTS 시약 1 mL에 15배 희석한 젤리 추출액 0.05 mL를 첨가하고 상온 암소에서 90분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 수행하였으며, 결과는 평균±표준편차(Mean±SD)로 나타내었다. SPSS 26.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 활용하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하고 각 실험군 간의 유의성($p<0.05$)을 검증한 후, Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 들깨박 효소 처리 추출물 활용 젤리의 색도 변화

효소 처리 들깨박 추출물을 첨가하여 제조한 젤리의 색도 측정 결과는 Table 1과 같다.

증류수로 제조한 대조군에 비해 들깨박 추출물이 첨가된 모든 실험군에서 명도는 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 특히 protease를 처리한 실험군(protease 단일, protease-pectinase 및 protease-cellulase 복합효소처리군)의 명도값은 15.86~19.48 범위로 가장 낮게 나타나, 상대적으로 어두운 색상을 나타내었다. 이는 protease 처리 추출물에서 낮은 명도가 관찰되었다는 선행 연구(Lee 등 2026)와 유사한 경향으로, 해당 특성이 젤리 매트릭스에도 반영된 것으로 판단된다. 이

러한 명도 감소는 효소 가수분해 과정에서 단백질 및 아미노산 등의 수용성 성분 용출이 증가한 것과 관련이 있으며, 이후 젤리 제조 과정 중 가열에 의해 환원당과 아미노산 간 Maillard 반응이 촉진되면서 갈변 현상이 강화된 결과로 판단된다. 적색도 또한 효소 처리 추출물 첨가 시 적색도가 크게 상승하였으며 특히 protease-pectinase 복합효소처리군에서 가장 높은 적색도를 나타내었다. 황색도는 대조군이 가장 낮은 값을 나타내었고 protease가 단독 혹은 혼합 처리된 군들은 황색도 값이 미미하게 증가하였지만 cellulase 또는 pectinase 처리군의 황색도는 크게 증가하는 경향이었다. Lepaus 등 (2026)은 오렌지 주스 가공 부산물에 효소 처리로 유용 성분을 추출한 뒤, 이를 펙틴 기반의 젤리 캔디에 첨가하였을 때 명도는 유의하게 감소하였고, 적색도와 황색도는 큰 폭으로 증가하였다고 하여 본 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

2. pH, 가용성 고형분 및 환원당 함량

효소 처리 들깨박 추출물을 첨가하여 제조한 젤리의 pH, 가용성 고형분 및 환원당 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

pH는 대조군에서는 5.67로 나타났으며, 효소 처리군들은 처리 조건에 따라 5.31~5.86 범위로 protease-pectinase 복합효소처리군을 제외하고는 대조군에 비하여 다소 낮은 pH를 보

Table 1. Color characteristics of jelly supplemented with enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
L ¹⁾	50.07±0.48 ^a	17.94±0.57 ^c	24.19±0.96 ^c	26.95±0.48 ^b	19.48±0.48 ^d	15.86±0.13 ^f
a	0.28±0.02 ^c	7.78±0.03 ^c	11.81±0.07 ^b	13.48±0.02 ^a	5.62±0.08 ^d	13.61±0.31 ^a
b	3.16±0.06 ^f	4.40±0.10 ^c	13.09±0.09 ^c	17.85±0.10 ^b	3.72±0.09 ^{ef}	9.47±0.10 ^d

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

Table 2. pH, soluble solid content and reducing sugar content of jelly supplemented with enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
pH ¹⁾	5.67±0.02 ^b	5.61±0.02 ^c	5.31±0.02 ^f	5.58±0.01 ^d	5.42±0.02 ^e	5.86±0.02 ^a
Soluble solid (°Brix)	4.73±0.06 ^c	6.23±0.06 ^b	5.93±0.06 ^c	5.47±0.06 ^d	6.03±0.12 ^c	6.57±0.06 ^a
Reducing sugar (mg%)	8.27±0.07 ^c	8.84±0.05 ^c	9.29±0.24 ^b	8.51±0.10 ^d	9.31±0.08 ^b	10.07±0.12 ^a

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

였으며, cellulase 처리군이 가장 낮은 pH를 보였다. 이는 효소처리에 의한 성분의 가수분해 등으로 유기산 등의 화합물이 유리되었기 때문인 것으로 판단되며, Lee 등(2026)의 연구결과와 일치하였다.

가용성 고형분 함량은 대조군은 4.73 °Brix였으나 효소처리 추출물 첨가하여 제조한 실험군들은 대조군에 비해 유의적으로 크게 증가하였다. 특히 protease-pectinase 복합효소처리군(6.57 °Brix)이 유의적으로 가장 높게 나타났다. 이는 들깨박 내부의 불용성 고분자 성분들이 가용성 고형분 등으로 효과적으로 분해되어 추출 효율이 극대화된 것으로 판단되었다.

환원당 함량 역시 가용성 고형분의 결과와 유사하게 효소처리에 의해 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 대조군의 환원당 함량은 8.27 mg%였으나, 효소처리 추출물 첨가군들은 8.51~10.07 mg%의 범위를 나타내었다. 단독 처리군 중에서는 cellulase 처리구가 9.29 mg%로 가장 높은 값을 보였는데, 이는 cellulase가 들깨박 유래 섬유질을 당당류 또는 올리고당류로 직접 가수분해하였기 때문으로 판단된다. 모든 실험군 중 가장 높은 환원당 함량을 나타낸 것은 protease-pectinase 복합효소처리군(10.07 mg%)였으며, 이는 대조군 대비 약 21.7% 증가한 수치이다. 결론적으로 protease-pectinase 복합효소 처리 시 들깨박 단백질 및 가용성 펙틴질의 구조가 가수분해되어 조직이 연화되고 내부의 환원성 당류가 가장 용이하게 용출 및 생성되는 것으로 판단되었다. 들깨박에 효소처리를 하고 이를 활용하여 제조한 젤리에서의 결과가 Lee 등(2026)의 들깨박에 효소처리했을 때의 추출물의 결과와 일치하였다.

3. 항산화 성분 함량

효소 처리 들깨박 추출물을 첨가하여 제조한 젤리의 항산화 성분 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다.

Ascorbic acid 함량은 대조군(201.36 mg%)과 비교하여 protease 처리군(326.36 mg%)과 protease-cellulase군(314.04 mg%)에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 반면 pectinase 처리군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않아, ascorbic acid의 함량 증가에는 큰 영향을 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

Polyphenol 화합물의 함량은 대조군(18.24 mg%)에 비해 protease 기반 복합 효소 처리군인 protease-cellulase군(70.72 mg%)과 protease-pectinase군(68.26 mg%)에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 protease 처리에 의해 들깨박 내부의 단백질-결합형 생리활성 성분이 보다 효과적으로 용출되었기 때문으로 판단되며, protease 기반 효소 처리가 기능성 성분의 추출 및 최종 제품 내 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석된다.

반면, flavonoid 화합물의 함량은 실험군 간 뚜렷한 증가 경향을 나타내지 않는 것으로 나타나 들깨박 효소처리 추출물 내에 flavonoid 화합물의 함량이 적기 때문에 제조한 젤리에서도 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

4. 항산화 활성

효소 처리 들깨박 추출물을 첨가하여 제조한 젤리의 라디칼 소거 활성을 측정한 결과는 Table 4와 같다.

대조군 젤리에서의 DPPH 라디칼 소거능은 37.67%, ABTS 라디칼 소거능은 27.29%로 가장 낮았으나, 모든 효소 처리군에서 항산화 활성이 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 특히 DPPH 라디칼 소거능은 protease-pectinase 처리군에서 67.07%로 가장 높게 나타났으며, ABTS 라디칼 소거능은 protease 단일 처리군에서 64.64%로 가장 높은 활성을 나타내었다. 두 활성 모두 대조군에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였다. 이는 전보(Lee 등 2026)의 들깨박에 효소처리로 항산화 성분

Table 3. Contents of ascorbic acid, polyphenols and flavonoids in jelly supplemented with enzyme-treated defatted perilla seed residue (unit: mg%)

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
Ascorbic acid ¹⁾	201.36±6.19 ^c	326.36±4.04 ^a	237.61±4.86 ^d	200.46±3.75 ^c	314.04±6.52 ^b	272.96±2.42 ^c
Polyphenol	18.24±4.22 ^c	66.59±3.00 ^a	42.21±3.70 ^b	12.02±1.37 ^d	70.72±2.43 ^a	68.26±2.28 ^a
Flavonoid	0.03±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^c	0.02±0.00 ^b

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

Table 4. Antioxidant activities of jelly supplemented with enzyme-treated defatted perilla seed residue (unit: %)

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
DPPH ¹⁾	37.67±3.46 ^d	61.55±0.77 ^b	46.00±2.17 ^c	45.27±1.04 ^c	58.39±3.10 ^b	67.07±0.74 ^a
ABTS	27.29±0.50 ^e	64.64±0.42 ^a	46.89±1.32 ^c	44.81±0.67 ^d	62.69±1.02 ^b	62.13±0.07 ^b

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

및 활성이 높아진 추출물을 이용하여 젤리를 제조하였기 때문에 젤리로 항산화 성분의 함량과 활성이 이행된 것으로 판단되었다.

5. 조직감 분석

효소 처리 들깨박 추출물을 첨가하여 제조한 젤리의 조직감을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

전단력과 경도는 protease-pectinase 복합효소처리군과 protease-cellulase 복합효소처리군에서 대조군 대비 약 2배 높은 수치를 나타내어 유의적으로 증가하였다. 이는 복합효소 처리에 의해 젤라틴 겔 네트워크가 더욱 치밀하게 형성된 것으로 판단된다. 반면, 탄성과 응집성은 처리군 간 크게 차이가 없었으나, 경도의 영향을 크게 받는 검성과 씹힘성은 protease-pectinase 복합효소처리군에서 가장 높은 값을 나타내었다.

이러한 물성변화는 효소처리 과정에서 들깨박의 단백질 결합 구조와 세포벽 다당류가 분해되면서, 내부의 수용성 다당류 및 단백질 유래 성분의 용출이 촉진된 것으로 판단된다. Baskaya-Sezer D(2023)는 포도 가공 부산물에 cellulase 등의 효소를 처리한 추출물로 젤리를 제조하였을 때 효소 처리를 하지 않은 대조군 식이섬유 젤리에 비해 겔 강도가 무려

2배 가까이 증가하였다고 하여 본 결과와 일치하는 경향이 었다. 용출된 고분자 성분들은 젤리 제조 과정에서 젤라틴의 겔 네트워크와 상호작용하여 보다 치밀한 매트릭스를 형성한 것으로 해석된다. 이러한 구조적 변화는 전단력과 경도의 증가뿐만 아니라 검성과 씹힘성 향상에도 기여한 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하면, protease 기반 복합 효소 처리는 들깨박 유래 기능성 성분의 용출을 촉진함과 동시에 젤라틴 겔 구조를 강화하여 최종 제품의 물리적 강도를 강화하는데 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 효소 처리 들깨박 추출물은 기능성과 물성을 동시에 확보할 수 있는 고부가가치 식품 소재로서 푸드 업사이클링 분야에서 활용 가능성이 높은 것으로 판단된다.

요약 및 결론

들기름 생산 부산물인 들깨박(defatted perilla seed residue)의 푸드 업사이클링 및 고부가가치 식품 소재로서의 활용 가능성을 평가하기 위하여 protease, cellulase, pectinase를 단일 또는 복합 효소 처리하여 추출물을 제조하고, 추출물을 첨가하여 젤리를 제조하였으며 이화학적 품질 특성, 항산화 성분

Table 5. Texture analysis of jelly supplemented with enzyme-treated defatted perilla seed residue

Value	Treatment					
	Control	Protease	Cellulase	Pectinase	Protease-cellulase	Protease-pectinase
Shear force (g) ¹⁾	202.69±18.99 ^{cd}	180.81±23.21 ^d	230.60±30.00 ^{bc}	192.35±16.66 ^{bc}	239.97±9.90 ^b	284.74±11.80 ^a
Hardness (g)	1,221.84±50.50 ^b	969.84±3.72 ^c	1,009.25±120.60 ^c	994.08±105.74 ^c	2,227.42±94.13 ^a	2,257.95±163.11 ^a
Springiness	0.98±0.00 ^a	0.94±0.03 ^{abc}	0.93±0.02 ^{bc}	0.91±0.02 ^c	0.96±0.02 ^{ab}	0.95±0.02 ^{ab}
Cohesiveness	0.45±0.02 ^a	0.53±0.06 ^a	0.52±0.09 ^a	0.48±0.07 ^a	0.42±0.10 ^a	0.54±0.21 ^a
Gumminess	554.94±45.52 ^c	510.97±53.73 ^c	528.44±116.95 ^c	476.03±85.02 ^c	1,054.50±30.57 ^b	1,434.37±41.33 ^a
Chewiness	533.83±43.26 ^c	481.76±53.24 ^c	488.07±96.98 ^c	433.65±68.92 ^c	996.72±45.39 ^b	1328.09±69.54 ^a

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

과 활성 그리고 조직감을 분석하였다. 효소 처리 들깨박 추출물의 첨가는 젤리의 색상에서 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하는 경향이었다. 항산화 성분들의 함량은 protease 기반 복합효소처리군에서 polyphenol 화합물 및 ascorbic acid의 함량이 대조군에 대비하여 가장 높게 나타났으며 flavonoid 화합물의 함량은 실험군 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 한편, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에서는 대조군 대비하여 우수한 활성을 보여 효소 처리에 의해 향상된 항산화 활성이 젤리 제조 후에도 효과적으로 유지됨을 확인하였다. 조직감 분석에서는 효소 처리에 의해 용출된 성분들이 젤라틴 겔 네트워크를 강화함으로써 경도와 전단력이 증가하는 경향이었다. 결론적으로 protease 기반 복합 효소 처리는 들깨박 유래 유효 성분의 추출 효율을 향상시키고 최종 제품 내 기능성을 유지하는 데 효과적이며 농산 부산물의 푸드 업사이클링과 지속가능한 식품 개발을 위한 학술적·산업적 활용을 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 충청북도의 재원으로 충북RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 글로벌대학30의 결과입니다(2025-RISE11-004). 또한 2021년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(No. 2021R1A6A1A03046418).

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
- Baskaya-Sezer D. 2023. The effects of high-pressure, enzymatic, and high-pressure-assisted enzymatic treatment on the properties of soluble dietary fibers and their use in jelly prepared with grape waste extract. *J Food Sci* 88:4962-4973
- 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. Jigumun-hwas
- Choi JE, Lee JH. 2014. Quality and antioxidant property of gelatin jelly incorporated with jujube concentrate. *Food Eng Prog* 18:65-69
- 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
- Hwang YJ, Kim JM, Yoon KY. 2021. Antioxidant activity of water-soluble polysaccharide extracts produced from perilla seed cake by enzymatic hydrolysis. *Food Sci Preserv* 28:190-198
- 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
- Kim YM, Kim JM, Youn KS. 2020. Quality and textural properties of jelly prepared with different gelling agents. *Food Sci Preserv* 27:566-573
- Lee JH, Ji YJ. 2015. Quality and antioxidant properties of gelatin jelly incorporated with cranberry concentrate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1100-1103
- Lee KH, Hong HJ, Lee YJ, Kim DY. 2026. Physicochemical properties and antioxidant activities of enzyme-treated defatted perilla seed residue. *Korean J Food Nutr* 39: 125-131
- Lee SP, Hwang JS. 2024. A study on perceived value, well-being perception, attachment, and customer citizenship behavior in food upcycling. *Proceedings of the International Conference of TOSOK Seoul*
- Lepaus BM, Costa NA, e Chiocchetti GM, Barbosa PPM, Queiroz MB, Alvim ID, Macedo JA, Macedo GA. 2026. Upcycling orange by-product: Phenolic bioaccessibility and technological features of jelly candies enriched with hydroalcoholic and enzymatic extracts. *J Sci Food Agric*

106:3773-3785

- 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
- Nam SH, Kim MH, Han YS. 2021. Optimization of the processing conditions for maqui berry jelly by response surface methodology. *J East Asian Soc Dietary Life* 31:373-382
- National Institute of Crop Science (NICS). 2023. Status of production and industrial utilization of perilla seed meal. *NICS Agricultural Research Report*
- Oh HL, Kim MH, Han YS. 2022. Antioxidant activities and quality characteristics of perilla seed meal and plant-based rice added cookies prepared with the addition of perilla seed meal powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:950-959
- 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
- Verghese M, Willis S, Boateng J, Gomaa A, Kaur R. 2021. Effect of food processing on antioxidant potential, availability, and bioavailability. *Annu Rev Food Sci Technol* 12:307-329

Received 27 July, 2026
Revised 12 August, 2026
Accepted 14 August, 2026

충북 일부 지역 초·중·고등학생의 영상기기 사용시간, 좌식시간 및 영양지수와 비만도의 관련성 - 탐색적 단면조사 -

신유리 · 신혜원* · †이호진**

원광대학교 외식조리과 조교수, *가천대학교 식품영양학과 연구교수, **한국교통대학교 식품영양학전공 부교수

Screen Time, Sedentary Behavior, Nutrition Quotient and Weight Status among Elementary, Middle and High School Students in Chungbuk, Korea - An Exploratory Cross-Sectional Study -

Yulee Shin, Hyewon Shin* and †Hojin Lee**

Assistant Professor, Dept. of Food Service Culinary, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

**Research Professor, Dept. of Food and Nutrition, Gachon University, Seongnam 13120, Korea*

***Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea*

Abstract

This exploratory cross-sectional study examined screen time, sedentary behavior, Nutrition Quotient (NQ) and weight status among 221 elementary, middle and high school students in Chungbuk, Korea. Weight status was recalculated from self-reported height and weight using the sex- and assumed-age-in-months-specific body mass index LMS values of the 2017 Korean National Growth Charts. Groups were compared using Kruskal-Wallis and Fisher's exact tests, and associations with weight status were estimated by binary and ordinal logistic regression adjusted for sex and school level, with Bonferroni correction for multiple testing. Total screen time increased across school levels (elementary 220.8, middle 390.4, high 418.7 min/day; $p<0.001$), whereas sedentary time did not differ. Overweight and obesity combined affected 29.0% of the students and increased with school level ($p=0.007$). Total screen time differed by weight status ($p=0.002$) and showed an increasing trend across categories ($p<0.001$), but this association was attenuated after adjustment and no longer significant; school level was the dominant correlate (high vs elementary, $p=0.005$). NQ was not associated with weight status. The apparent association between screen time and weight status appears to be largely explained by school level and should be regarded as hypothesis-generating.

Key words: screen time, sedentary behavior, Nutrition Quotient, obesity, adolescents

서론

세계보건기구(WHO)에 따르면 비만 아동·청소년의 인구는 전 세계적으로 증가하고 있으며, 21세기 가장 심각한 공중보건 과제로 규정하고 있다(World Health Organization 2025). 국내 아동·청소년 비만 유병률 또한 증가 추세로,

2012년 9.7%에서 2021년 19.3%로 10년간 2배 이상 증가하였고, 같은 기간 남자 청소년은 10.4%에서 25.9%로, 여자 청소년은 8.8%에서 12.3%로 남자 청소년의 증가 폭이 더 큰 것으로 나타났다(Jeong 등 2024). 청소년 건강행태조사에 따르면 중학교의 비만율은 10.4%, 고등학교는 13.7%로 보고되었으며, 학생 건강검사 표본통계에서는 초등·중·고등학생의

† Corresponding author: Hojin Lee, Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5338, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: hojin@ut.ac.kr

전체 비만군(과체중, 비만)이 29.6%로 조사되어, 읍·면 지역(34.4%)과 도시 지역(28.7%) 간 격차도 확인되었다(Ministry of Education & Korea Disease Control and Prevention Agency 2024). 청소년기 비만은 성인기 비만으로 이어질 가능성이 높고, 고혈압·당뇨병·심혈관 질환 등 조기 발병 및 낮은 자아존중감, 부정적 신체상 형성과 대인관계 문제 등 신체적·심리사회적 문제로 이어질 수 있다(Park SY 2019; Park & Ji 2023).

아동·청소년기의 부적절한 식습관과 부족한 신체활동은 비만의 주요 위험요인으로 알려져 있다. 청소년 건강행태조사에 따르면 주 5일 이상 아침 결식은 남학생 39.7%, 여학생 42.6%였고, 주 3회 이상 패스트푸드 섭취율은 남학생 29.2%, 여학생 24.4%로 나타났다(Ministry of Education & Korea Disease Control and Prevention Agency 2024). Chong 등(2023)은 야식 빈도가 높을수록 청소년 영양지수(NQ-A)로 평가한 식사의 질이 낮은 경향을 보고하였다. 신체활동 관련 항목에서는 하루 60분, 주 5일 이상 신체활동 실천율이 남학생 24.6%, 여학생 9.2%에 그쳤고, 학습 목적 이외 좌식시간은 주중 206분, 주말 322분에 달해 신체활동 시간이 전반적으로 부족한 것으로 나타났다(Ministry of Education & Korea Disease Control and Prevention Agency 2024). 이는 스마트폰·컴퓨터·TV 등 스크린 사용시간의 증가와 좌식 생활의 일상화가 신체활동량 감소와 에너지 소모 부족으로 이어져, 청소년 비만 문제를 심화시키는 생활환경 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다.

그동안 청소년 비만 관련 연구는 식습관(아침 결식, 패스트푸드·가당 음료, 야식 빈도 등)이나 신체활동 등 개별 요인 중심으로 진행된 경우가 많았다(Kim 등 2021; Hong SH 2023). 또한 충북지역 고등학생을 대상으로 한 연구에서는 식사 속도와 청소년 영양지수(NQ-A)를 비교하면서 TV·스마트폰 등 전자기기 사용시간을 포함한 환경 요인도 함께 평가하였다(Choi 등 2021). 그러나 기존 연구는 단일 학교급 자료에 한정되거나 측정 지표가 서로 달라 학교급 전환에 따른 변화와 식사 질·좌식 및 스크린 환경·비만도를 하나의 틀에서 비교하기 어려웠다. 세계보건기구(WHO)는 좌식 행동과 스크린 사용의 감소·단절을 권고하고 있으나(World Health Organization 2020), 국내 지역 기반 자료에서 이를 영양지수(NQ)와 함께 통합적으로 살핀 근거는 여전히 제한적이다.

이에 본 연구는 충청북도 일부 지역의 초·중·고등학교 학생을 대상으로 영상기기 사용시간, 좌식시간, 영양지수

(NQ)의 현황을 학교급별로 파악하고, 질병관리청 '2017 소아 청소년 성장도표'를 적용하여 재산출한 비만도와 이들 변수의 관련성을 탐색적으로 살펴보고자 하였다. 구체적으로 본 연구의 목적은 학교급에 따른 영상기기 사용시간, 좌식시간, 영양지수 및 비만도 분포의 차이를 파악하고, 비만도 수준에 따른 생활습관 변수의 차이를 검토한 뒤, 성별과 학교급을 보정한 회귀모형을 통해 비만도와 생활습관 변수의 관련성을 추정함으로써, 향후 지역 단위 청소년 비만 관련 후속 연구 설계를 위한 탐색적 기초자료를 제공하는 데 있다.

연구대상 및 방법

1. 조사대상 및 기간

본 연구는 설문조사 도구를 개발한 후, 2023년 11월부터 2024년 1월까지 충청북도교육청 관내 초·중·고등학교에 재학 중인 학생을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 사전 협조가 이루어진 학교를 대상으로 학부모 동의서와 함께 배포하였으며, 법정대리인(학부모)의 동의를 받은 학생만 조사에 참여하도록 하였다. 또한 학생 본인에게 조사 목적과 자발적 참여 원칙을 설명한 후 설문조사를 실시하였다.

총 221부의 설문지가 회수되어 최종 분석에 사용되었으며, 참여자는 초등학생 92명, 중학생 28명, 고등학생 101명이었다. 조사대상자는 사전 협조가 가능한 학교와 학급을 중심으로 모집되었기 때문에 편의표집(convenience sampling)의 특성상 학교급 및 학년별 참여 인원이 균등하지 않았다. 특히 초등학생의 경우 전체 92명 중 3학년이 72명(78.3%)으로 높은 비율을 차지하여 학년 간 분포에 상당한 편중이 나타났다(Table 1). 이러한 편중은 실제 초등학생의 학년별 인구 구성을 반영한 것이라기보다 특정 학년의 학급이 조사에 참여한 편의표집 결과이므로, 본 연구의 초등학생 대상 결과를 전체 초등학생 및 모든 학년으로 일반화하여 해석하는 데에는 주의가 필요할 것으로 보인다. 본 연구는 한국교통대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 수행하였다(IRB 승인번호: KNUT-2023-HR-31).

2. 조사내용 및 방법

본 연구에서 사용된 설문지는 질병관리청의 '2022년 청소년 건강행태조사' 문항을 참고하여 구성하였으며(Ministry of Education & Korea Disease Control and Prevention Agency 2024), 크게 일반적 사항, 식습관(영양지수), 영상기기 사용

Table 1. General characteristics of the subjects (N=221)

Variable		School types			Total N (%)	Fisher's exact $p^{(2)}$	Cramér's V
		Elementary ¹⁾	Middle	High			
Gender	Male	40 (43.5)	15 (53.6)	49 (48.5)	104 (47.1)	0.5972	0.068
	Female	52 (56.5)	13 (46.4)	52 (51.5)	117 (52.9)		
Attempted weight control (exercise)	Yes	38 (41.3)	19 (67.9)	79 (78.2)	136 (61.5)	<0.001	0.358
	No	54 (58.7)	9 (32.1)	22 (21.8)	85 (38.5)		
Attempted weight control (dieting)	Yes	10 (10.9)	13 (46.4)	65 (64.4)	88 (39.8)	<0.001	0.513
	No	82 (89.1)	15 (53.6)	36 (35.6)	133 (60.2)		
School year	1st	3 (3.3)	8 (28.6)	44 (43.6)	55 (24.9)	Not tested ³⁾	
	2nd	5 (5.4)	16 (57.1)	46 (45.5)	67 (30.3)		
	3rd	72 (78.3)	4 (14.3)	11 (10.9)	87 (39.4)		
	4th	7 (7.6)	-	-	7 (3.2)		
	5th	2 (2.2)	-	-	2 (0.9)		
	6th	3 (3.3)	-	-	3 (1.4)		

¹⁾ N (%).

²⁾ By Fisher's exact test.

³⁾ Grade categories are not comparable across school types; therefore not tested.

및 좌식생활 관련 항목으로 구성되었다. ‘청소년건강행태조사’는 질병관리청이 매년 표본조사를 통해 신뢰도 및 타당도를 점검하며 운영하고 있는 국가승인통계 조사도구이다(Korea Centers for Disease Control and Prevention 2013). 일반적인 사항에는 연령(만 나이), 성별 및 학생이 설문지에 직접 기입한 신장과 체중이 포함되었으며, 자가기입 신장과 체중으로 체질량지수(BMI) 및 비만도를 산출하였다.

식습관 평가를 위한 영양지수 항목은 연령대에 따라 구분하여 적용하였다. 초등학교(만6~11세)에게는 식품의약품안전처와 한국영양학회 영양지수 연구팀에서 개발한 어린이 영양지수(NQ-C) 문항을, 중·고등학교(만12~18세)에게는 동일 연구팀에서 개발 및 개정한 청소년 영양지수(NQ-A) 문항을 사용하여 영양지수를 산출하였다(Kim 등 2017; Kim 등 2023). 영상기기 사용시간(학습 목적 제외) 및 하루 평균 좌식시간은 ‘2022년 청소년 건강행태조사’의 관련 문항을 그대로 활용하여 측정하였으며, 영상기기 사용은 평일 및 주말로 구분하여, 좌식시간은 학습 목적과 학습 외 목적으로 구분하여 하루 평균 기준으로 조사되었다.

영양지수 점수는 식품의약품안전처가 배포한 어린이·청소년 영양지수 산출 프로그램의 문항별 환산식과 영역 가중치를 그대로 적용하여 산출하였다(NQ-C: 균형 0.15, 절제

0.20, 실천 0.65; NQ-A: 균형 0.15, 절제 0.30, 실천 0.55). 등급은 산출된 영양지수 총점에 공식 판정 기준을 적용하여 상·중·하로 구분하였다.

한편 ‘청소년건강행태조사’는 만12~18세 중·고등학생을 대상으로 신뢰도와 타당도가 검증된 조사도구이며, 초등학교 연령대(만8~12세)에 대한 타당도는 별도로 확보되어 있지 않다. 본 연구에서는 학교급 간 비교 가능성을 확보하기 위하여 동일 문항을 초등학교에게도 적용하였으나, 이는 도구의 검증 범위를 벗어난 적용에 해당한다. 실제 응답에서도 초등학교의 자료 품질 저하가 확인되었으므로, 초등학교의 시간 사용 자료는 탐색적 참고자료로 해석하였다.

또한 비만도는 설문지에 자가기입된 신장과 체중으로부터 산출한 체질량지수(BMI, kg/m²)를 질병관리청 ‘2017 소아청소년 성장도표’의 성별·월령별 LMS 계수에 적용하여 백분위수를 산출한 후, ‘2017 소아청소년 성장도표 이용지침서’의 선별 기준에 따라 저체중(연령별 BMI 5백분위수 미만), 정상(5~85백분위수 미만), 과체중(85~95백분위수 미만), 비만(95백분위수 이상)의 4개 범주로 분류하였다(Korea Centers for Disease Control and Prevention 2017; Kim 등 2018). 표준점수 z 는 아래와 같은 공식으로 산출하고 정규분포 누적확률을 이용하여 백분위수로 변환하였다.

$$z = \frac{\left(\frac{x}{M}\right)^L - 1}{L \times S}, (L \neq 0)$$

원자료에는 생년월일이 포함되어 있지 않아, 측정일을 기준으로 한 정확한 월령을 산출할 수 없었다. 이에 본 연구에서는 분석을 위한 조작적 가정으로 만 나이(세)×12개월을 월령으로 적용하여 성별·월령별 LMS 계수를 산출하였다. 이러한 월령 가정에 따른 비만도 분류의 불확실성을 평가하기 위하여 해당 만 나이에서 가능한 월령 범위의 양 끝값을 적용한 민감도 분석을 하였다.

3. 통계분석

수집된 자료는 Python 3.11(Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA)을 이용하여 분석하였다. 조사대상자의 일반적 특성과 영상기기 사용시간, 좌식시간 및 영양지수에 대해 기술통계 분석을 실시하였다. 하루 평균 시간은 주중과 주말의 차이를 고려하여 [(주중 하루 평균 시간×5)+(주말 하루 평균 시간×2)]÷7로 산출하였다.

연속형 변수의 분포는 왜도, 첨도 및 Shapiro-Wilk 검정을 이용하여 확인하였다. 주요 시간 변수가 정규분포를 따르지 않고 집단별 표본 수가 불균형한 점을 고려하여, 학교급 및 비만도에 따른 집단 간 차이는 Kruskal-Wallis 검정으로 분석하였다. 유의한 차이가 있는 경우 Dunn 검정에 Bonferroni 보정을 적용하여 사후분석을 실시하였으며, 효과 크기는 ϵ^2 로 제시하였다. 분석 결과의 강건성을 확인하기 위해 Welch 분산분석, Brown-Forsythe 검정 및 순열검정을 추가로 실시하였다. 또한 비만도 수준에 따른 생활습관 변수의 경향은 Jonckheere-Terpstra 검정을 이용하여 분석하였다. 범주형 변수는 기대빈도가 낮은 셀이 다수 존재하여 Fisher-Freeman-Halton 정확검정을 적용하였으며, 연관성의 크기는 Cramér's V로 제시하였다. 생활습관 변수 간의 관련성은 성별과 학교급을 통제한 Spearman 순위 편상관분석을 이용하여 평가하였다. 비만도와 생활습관 변수의 관련성은 로지스틱 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 저체중군을 제외한 대상자(N=213)를 대상으로 과체중·비만 여부에 대한 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시하였으며, 전체 대상자(N=221)를 대상으로 비만도 4개 범주를 이용한 순서형 로지스틱 회귀분석을 추가로 실시하였다. 두 모형 모두 성별과 학교급을 보정하였으며, 소표본에 따른 추정 편향을 확인하기 위해 Firth 별점우도 추정

을 추가로 적용하였다. 순서형 로지스틱 회귀모형의 비례오즈 가정도 함께 확인하였다. 다중검정에 따른 제1종 오류를 통제하기 위해 분석 유형별로 Bonferroni 보정을 적용하였다. 해당 결과표에는 보정 전과 보정 후의 p 값을 함께 제시하였으며, 통계적 유의수준은 보정 후 $p<0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자 일반사항

조사대상자의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다. 전체 조사대상자는 총 221명으로, 학교급은 초등학교 92명(41.6%), 중학생 28명(12.7%), 고등학생 101명(45.7%)으로 구성되었다. 성별은 남학생 104명(47.1%), 여학생 117명(52.9%)이었다. 학년별로는 중학생과 고등학생은 각 학년(1~3학년)에 비교적 고르게 분포한 반면, 초등학교는 3학년 학급의 참여가 두드러져(72명, 78.3%) 학년 간 분포가 균등하지 않았다. 다만 초등학교는 1~6학년, 중·고등학교는 1~3학년으로 학년 범주가 구조적으로 다르므로 4~6학년 간의 0빈도는 정의상의 결과이며, 이에 학년 분포에 대한 카이제곱 검정은 실시하지 않고 기술통계로만 제시하였다. 이는 앞서 밝힌 바와 같이 참여 학교의 협조 학급이 특정 학년에 편중된 편의 표집의 결과로 판단되며, 본 연구 결과를 초등학교 전체 학년으로 일반화하는 데 제한이 있음을 시사한다. 체중조절을 위한 운동 시도 경험은 초등학교의 41.3%, 중학생의 67.9%, 고등학생의 78.2%가 있다고 응답하였으며, 식이요법 시도 경험은 초등학교 10.9%, 중학생 46.4%, 고등학생 64.4%로 나타났다. 학교급이 높을수록 체중조절 행동 경험 비율이 증가하였다(운동 시도 정확검정 $p<0.001$, Cramér's $V=0.358$; 식이 조절 시도 정확검정 $p<0.001$, Cramér's $V=0.513$).

2. 주요 변수 기초통계 분석 결과

초·중·고등학생의 영상기기 사용시간과 좌식시간에 대한 기초통계량과 학교급 간 비교 결과는 Table 2에 제시하였다. 주요 시간변수의 분포가 우편향되어 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였으며, 다중검정에 대해서는 Bonferroni 보정을 적용하였다.

검색·채팅·SNS, 동영상·TV 시청, 게임 및 전체 영상기기 사용시간은 학교급에 따라 유의한 차이가 있었다(모두 보정 $p\leq 0.001$). 검색·채팅·SNS 사용시간과 전체 영상기기 사용시간의 학교급 간 차이는 비교적 크게 나타났으며($\epsilon^2=0.442, 0.318$), 두 변수 모두 초등학교가 중학생과 고등학생보다 짧았

Table 2. Screen time and sedentary time by school level (N=221)

Variable	School types			Total (N=221)	H (p) ²⁾	Bonf. p ³⁾	ε ²⁴⁾	Post hoc ⁵⁾
	Elementary (N=92) ¹⁾	Middle (N=28)	High (N=101)					
Search/chat/social media (min/day)	37.0±73.0 9.3 (0.0–44.6)	117.5±93.7 96.4 (60.0–155.4)	166.8±109.6 150.0 (72.9–220.0)	106.5±111.5 70.0 (15.7–167.1)	98.26 (<0.001)	<0.001	0.442	E vs M, E vs H
Watching videos or TV (min/day)	104.8±102.3 77.1 (39.6–130.7)	142.3±97.0 115.4 (71.8–187.5)	159.3±128.3 128.6 (77.1–207.1)	134.5±116.7 102.9 (60.0–171.4)	17.31 (<0.001)	0.001	0.070	E vs M, E vs H
Games, PC/console (min/day)	79.0±166.7 38.6 (17.1–77.1)	130.6±89.5 115.7 (60.0–187.9)	92.7±95.5 62.9 (8.6–137.1)	91.8±129.9 60.0 (17.1–120.0)	17.52 (<0.001)	<0.001	0.071	E vs M, E vs H, M vs H
Total screen time, non-academic (min/day)	220.8±265.1 154.3 (83.4–233.6)	390.4±173.9 348.6 (244.4–507.1)	418.7±232.9 360.0 (242.9–517.3)	332.8±257.9 257.1 (164.3–431.4)	71.32 (<0.001)	<0.001	0.318	E vs M, E vs H
Sedentary time, academic (min/day)	196.0±217.1 140.7 (42.9–282.9)	202.1±144.9 184.3 (70.0–331.1)	186.3±176.7 128.6 (60.0–300.0)	192.3±190.5 142.0 (60.0–300.0)	1.24 (0.539)	1.000	0.000	
Sedentary time, non-academic (min/day)	163.2±158.2 120.0 (67.1–190.4)	144.9±106.7 122.1 (78.6–206.1)	162.2±110.0 150.0 (82.9–214.3)	160.5±131.5 137.1 (77.1–207.1)	2.08 (0.353)	1.000	0.000	

¹⁾ Values are presented as mean±SD and median (interquartile range).

²⁾ By Kruskal-Wallis test.

³⁾ Bonferroni-corrected across the six screen-time and sedentary-time variables.

⁴⁾ Epsilon-squared effect size.

⁵⁾ Pairwise comparisons by Dunn's test with Bonferroni correction for the three school-level comparisons within each variable. Only statistically significant pairs are shown. E, elementary school; M, middle school; H, high school.

다. 그러나 중학생과 고등학생 간 차이는 유의하지 않았다. 게임 이용 시간은 중학생이 가장 길었으며, 모든 학교급 간 차이가 유의하였다.

반면 학습 목적 및 학습 외 목적 좌식시간은 학교급에 따른 유의한 차이가 없었다(각각 보정 $p=1.000$). 따라서 학교급에 따라 비학습 목적 영상기기 사용시간에는 차이가 있었지만, 자기보고 좌식시간에서는 학교급 간 차이가 확인되지 않았다.

3. 비만도 분포 현황

자료 정합성 점검 결과 기존 파생 비만도 변수와 원자료의 신장·체중 간 불일치가 확인되어, 전체 대상자의 신장과 체중으로부터 질병관리청 '2017 소아청소년 성장도표'의 성별·연령별 LMS 계수를 적용하여 비만도를 다시 산출하였다. 재산출한 비만도 분포는 Table 3에 제시하였다. 전체 221명 중 저체중은 8명(3.6%), 정상은 149명(67.4%), 과체중은 29명(13.1%), 비만은 35명(15.8%)이었으며, 과체중과 비만을

합한 비율은 29.0%였다. 초등학생에서도 저체중 5명(5.4%), 과체중 9명(9.8%), 비만 6명(6.5%)이 확인되었다. 이는 2023년 학생건강검사 표본통계에서 보고된 초·중·고등학생 전체 비만군 29.6%와 근접한 수준이다(Ministry of Education & Korea Disease Control and Prevention Agency 2024). 학교급별로는 초등학생의 과체중 9.8%·비만 6.5%, 중학생의 과체중 17.9%·비만 14.3%, 고등학생의 과체중 14.9%·비만 24.8%로, 학교급이 높아질수록 비만 비율이 증가하였다(Fisher-Freeman-Halton 정확검정 $p=0.007$, Cramér's $V=0.191$). 성별로는 남학생의 과체중·비만 비율이 35.6%로 여학생 23.1%보다 높았다(정확검정 $p=0.030$).

4. 비만도에 따른 영상기기 사용시간, 좌식시간 차이 분석 결과

비만도 범주에 따른 영상기기 사용시간과 좌식시간의 비교 결과는 Table 4에 제시하였다. 시간변수의 분포가 우편향

Table 3. Distribution of weight status by school level, reclassified using the 2017 Korean National Growth Charts (N=221)

Weight-status ¹⁾	School types			Total	Fisher's exact $p^3)$	Cramér's V
	Elementary N (%) ²⁾	Middle N (%)	High N (%)			
Underweight	5 (5.4)	1 (3.6)	2 (2.0)	8 (3.6)	0.007	0.191
Normal	72 (78.3)	18 (64.3)	59 (58.4)	149 (67.4)		
Overweight	9 (9.8)	5 (17.9)	15 (14.9)	29 (13.1)		
Obese	6 (6.5)	4 (14.3)	25 (24.8)	35 (15.8)		

¹⁾ Based on BMI-for-age percentiles: underweight, <5th; normal, 5th-<85th; overweight, 85th-<95th; obese, ≥95th.

²⁾ N (%).

³⁾ By Fisher's exact test.

Table 4. Screen time and sedentary time by weight status (N=221)

Variable	Obesity category				H ($p^2)$	Bonferroni $p^3)$	$\epsilon^4)$	JT z (p for trend) ⁵⁾	Bonferroni $p^6)$
	Underweight (n=8) ¹⁾	Normal (n=149)	Overweight (n=29)	Obese (n=35)					
Search/chat/social media (min/day)	43.1±61.6 5.4 (0.0–77.1)	97.1±113.1 60.0 (10.0–137.1)	129.2±104.9 94.3 (55.7–197.1)	142.3±108.9 137.1 (49.3–234.6)	11.75 (0.008)	0.050	0.040	3.38 (<0.001)	0.004
Watching videos or TV (min/day)	127.3±60.0 132.9 (87.9–165.0)	117.7±101.2 85.7 (60.0–147.1)	186.8±143.7 171.4 (77.1–231.4)	164.2±146.1 120.0 (68.9–206.2)	11.93 (0.008)	0.046	0.041	2.60 (0.009)	0.056
Games, PC/console (min/day)	100.2±56.4 102.9 (72.9–132.9)	84.0±139.8 51.4 (17.1–94.3)	142.5±140.8 137.1 (30.0–210.0)	80.9±67.2 77.1 (19.3–122.1)	8.75 (0.033)	0.197	0.027	1.30 (0.192)	1.000
Total screen time, non-academic (min/day)	270.6±154.2 265.7 (125.2–379.3)	298.8±256.5 222.9 (154.3–351.4)	458.5±303.3 411.4 (257.1–660.0)	387.4±201.7 367.1 (239.3–513.6)	18.63 (<0.001)	0.002	0.072	3.84 (<0.001)	<0.001
Sedentary time, academic (min/day)	238.6±129.9 282.9 (115.7–327.9)	177.0±179.2 128.6 (51.4–266.4)	243.4±245.2 171.4 (75.0–351.4)	204.4±195.3 124.3 (55.7–315.5)	4.87 (0.181)	1.000	0.009	0.70 (0.485)	1.000
Sedentary time, non-academic (min/day)	151.2±75.8 167.1 (111.4–182.1)	148.2±112.2 124.3 (77.1–195.7)	231.0±214.2 174.3 (94.3–282.9)	156.3±114.6 145.7 (68.6–227.1)	3.50 (0.321)	1.000	0.002	1.02 (0.306)	1.000

¹⁾ Values are presented as mean±SD and median (interquartile range), min/day.

²⁾ By Kruskal-Wallis test.

³⁾ The six Kruskal-Wallis p values and the six Jonckheere-Terpstra p values were Bonferroni-corrected separately within each test family.

⁴⁾ Epsilon-squared effect size.

⁵⁾ By Jonckheere-Terpstra (JT) test for an ordered trend across the weight-status categories.

⁶⁾ No pairwise post-hoc comparisons were conducted for Table 4; interpretation was limited to the overall Kruskal-Wallis test and the ordered Jonckheere-Terpstra trend test.

되어 중앙값을 중심으로 기술하였으며, 비만도 범주 간 전체 차이는 Kruskal-Wallis 검정으로, 저체중 · 정상 · 과체중 · 비만 순서에 따른 경향은 Jonckheere-Terpstra 검정으로 분석하였다. 다중검정에 대해서는 두 검정군별로 각각 Bonferroni 보정을 적용하였다.

학습 목적을 제외한 전체 영상기기 사용시간의 중앙값은 저체중군 265.7분, 정상군 222.9분, 과체중군 411.4분, 비만군 367.1분이었다. 비만도 범주 간 전체 차이가 유의하였으며($H(3)=18.63$, 보정 $p=0.002$, $\epsilon^2=0.072$), 비만도 범주가 높아질수록 사용시간의 순위가 증가하는 경향도 확인되었다($z=3.84$, 보정 $p<0.001$). 다만 집단별 중앙값이 단계적으로 증가한 것은 아니므로, 이를 비만도 증가에 따라 사용시간이 일률적으로 증가한 결과로 해석하기보다는 전체 분포에서 나타난 양의 순서경향으로 해석할 필요가 있다.

검색 · 채팅 · SNS 사용시간은 저체중군 5.4분, 정상군 60.0분, 과체중군 94.3분, 비만군 137.1분으로 증가하였다. 비만도 범주 간 전체 차이는 Bonferroni 보정 후 통계적 유의수준에 도달하지 않았으나($H(3)=11.75$, 보정 $p=0.050$, $\epsilon^2=0.040$), 비만도 범주가 높아질수록 사용시간의 순위가 증가하는 경향은 유의하였다($z=3.38$, 보정 $p=0.004$). 동영상 · TV 시청 시간은 비만도 범주 간 전체 차이가 유의하였으나($H(3)=11.93$, 보정 $p=0.046$, $\epsilon^2=0.041$), 순서경향은 다중검정 보정 후 유의하지 않았다($z=2.60$, 보정 $p=0.056$). 따라서 일부 비만도 범주의 분포가 서로 다를 가능성은 확인되었으나, 비만도가 높아

질수록 시청 시간이 일관되게 증가한다고 해석할 수는 없다. 별도의 사후검정을 실시하지 않았으므로 구체적으로 어느 집단 간에 차이가 있는지는 판단하지 않았다. 게임 이용 시간은 보정 전에는 비만도 범주 간 차이가 나타났으나($H(3)=8.75$, $p=0.033$), Bonferroni 보정 후에는 유의하지 않았으며(보정 $p=0.197$), 유의한 순서경향도 확인되지 않았다($z=1.30$, 보정 $p=1.000$). 학습 목적 좌식시간과 학습 외 목적 좌식시간은 모두 비만도 범주 간 전체 차이와 순서경향이 유의하지 않았다(모두 보정 $p\geq 1.000$). 즉, 본 자료에서는 비만도에 따른 좌식시간의 뚜렷한 차이가 확인되지 않았다.

이상의 결과는 성별과 학교급을 보정하지 않은 단변량 분석 결과이다. 특히 학교급은 영상기기 사용시간(Table 2)과 비만도 분포(Table 3) 모두와 관련되어 있어 교란요인으로 작용할 가능성이 있다. 또한 저체중군의 표본 수가 8명으로 적어 해당 집단의 결과는 신중하게 해석할 필요가 있다. 이에 성별과 학교급을 보정한 회귀분석을 추가로 실시하였으며, 그 결과는 제7절에 제시하였다.

5. 비만도에 따른 영양지수(NQ) 분포

비만도에 따른 영양지수 등급과 점수의 분포는 Table 5에 제시하였다. 전체 221명에서 영양지수 상위 등급의 비율은 저체중군 50.0%, 정상군 50.3%, 과체중군 41.4%, 비만군 54.3%로 비만도 범주 간 유의한 차이가 없었다(Fisher-Freeman-Halton 정확검정 $p=0.118$, Cramér's $V=0.155$). 12개

Table 5. Nutrition quotient grade and score by weight status (N=221)

Weight-status	Nutrition quotient grade			Total	Fisher's exact $p^2)$	Cramér's V
	Low N (%) ¹⁾	Medium N (%)	High N (%)			
Underweight	3 (37.5)	1 (12.5)	4 (50.0)	8	0.118	0.155
Normal	13 (8.7)	61 (40.9)	75 (50.3)	149		
Overweight	3 (10.3)	14 (48.3)	12 (41.4)	29		
Obese	6 (17.1)	10 (28.6)	19 (54.3)	35		
NQ score ³⁾	Underweight	Normal	Overweight	Obese	H	p ⁴⁾
NQ-C, elementary (n=92)	70.23±13.61	67.60±11.69	57.92±11.92	62.57±14.44	6.22	0.101
NQ-A, middle/high (n=129)	53.36±20.83	58.42±9.13	60.23±10.21	57.82±11.66	1.37	0.711

¹⁾ N (%). Grades were derived by applying the official cut-offs to the total Nutrition Quotient score (NQ-C: <53.308, 53.308–70.729, >70.729; NQ-A: <44.007, 44.007–58.593, >58.593).

²⁾ By Fisher's exact test.

³⁾ Mean±SD. NQ-C and NQ-A are separate instruments and their scores are not directly comparable, so they are summarised separately.

⁴⁾ By Kruskal-Wallis test.

칸 중 5개의 기대빈도가 5 미만이어서 정확검정을 적용하였다. 학교급을 나누어 분석하여도 결과는 같았다(초등학생 정확검정 $p=0.199$, 중·고등학생 $p=0.075$).

영양지수 점수 역시 비만도 범주 간 차이를 보이지 않았다. 초등학생의 NQ-C 점수는 정상군 67.60점, 과체중군 57.92점, 비만군 62.57점이었고(Kruskal-Wallis $H=6.22$, $p=0.101$), 중·고등학생의 NQ-A 점수는 정상군 58.42점, 과체중군 60.23점, 비만군 57.82점이었었다($H=1.37$, $p=0.711$). NQ-C와 NQ-A는 서로 다른 도구이므로 점수는 도구별로 분리하여 제시하였다. Kim 등(2023)이 제시한 NQ-A 2021 개정 지표는 균형·다양·절제·실천 영역을 포괄적으로 반영하도록 설계되어 있어 체중 상태와 직접 연동되기보다 전반적 식행동의 질을 평가하는 데 초점이 있다는 점도, 본 연구에서 비만도별 영양지수 차이가 뚜렷하지 않았던 이유 중 하나로 볼 수 있다.

6. 주요 변수 간 상관관계 분석 결과

연속변수 간 관계는 성별과 학교급을 통제한 Spearman 순위 편상관으로 분석하였다(Table 6). NQ-C와 NQ-A는 서로 다른 도구이므로, Table 6의 주 분석은 동일한 NQ-A를 적용한 중·고등학생 129명으로 제한하였다. 중·고등학생에서 총 영상기기 사용시간과 학습 외 목적 좌식시간 사이에 양의 상관관계가 확인되었다($\rho=0.345$, 보정 $p<0.001$). 이는 영상기기 사용과 좌식생활이 개념적으로 중첩될 가능성을 보여주지만, 자기보고 문항간 정합성 문제를 고려할 때 두 지표 간 관련성은 탐색적으로 해석할 필요가 있다. NQ-A점수는 영상

기기 사용시간 및 좌식시간 어느 것과도 유의한 상관을 보이지 않았다(모두 보정 $p=1.000$). 초등학생을 포함한 전체 221명에서는 NQ점수를 제외한 세 시간변수 간 관계를 민감도 분석으로 추가 검토하였으며, 세 비교에 Bonferroni 보정을 적용하였다. 총 영상기기 사용시간과 학습 외 목적 좌식시간($\rho=0.411$, 보정 $p<0.001$), 학습 목적 좌식시간과 학습 외 목적 좌식시간($\rho=0.323$, 보정 $p<0.001$) 사이에는 양의 상관이 확인된 반면, 총 영상기기 사용시간과 학습 목적 좌식시간 간 상관은 유의하지 않았다($\rho=0.110$, 보정 $p=0.321$). 비만도는 순서가 있는 범주변수이므로 편상관분석에 포함하지 않고 회귀모형으로 분석하였다.

7. 비만도 관련 요인에 대한 회귀분석 결과

저체중 학생 8명을 제외한 213명을 대상으로 과체중·비만 여부에 대한 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시하였다(Table 7). 각 노출변수를 개별적으로 투입하고 성별과 학교급을 보정한 분석에서 전체 영상기기 사용시간과 학습 목적 및 학습 외 목적 좌식시간은 과체중·비만과 양의 관련성을 보였다. 그러나 3개 노출변수에 Bonferroni 보정을 적용한 후에는 모두 통계적으로 유의하지 않았다(보정 $p=0.094-0.142$). 3개 노출변수를 동시에 투입한 모형에서도 영상기기 사용시간과 좌식시간은 과체중·비만과 유의한 관련성을 보이지 않았다. 반면 고등학생은 초등학생보다 과체중·비만의 오즈가 높았고(OR=2.961, 95% CI 1.392~6.299, $p=0.005$), 여학생은 남학생보다 낮았다(OR=0.498, 95% CI 0.264~0.941, $p=0.032$).

Table 6. Partial Spearman rank correlations among screen time, sedentary time and NQ-A score among middle and high school students, controlling for sex and school level (N=129)

Variable ¹⁾	1	2	3	4
1. Total screen time	1	-	-	-
2. Sedentary time (academic)	+0.069 (0.442) [1.000]	1	-	-
3. Sedentary time (non-academic)	+0.345 (<0.001) [<0.001]	+0.179 (0.044) [0.261]	1	-
4. NQ score	-0.010 (0.912) [1.000]	-0.065 (0.471) [1.000]	+0.098 (0.275) [1.000]	1

¹⁾ Values are partial Spearman rank correlation coefficients controlling for sex and school type. (), p value; [], Bonferroni-corrected p value.

The primary correlation analysis was restricted to middle and high school students because NQ-C and NQ-A are different instruments. Values are partial Spearman rank correlation coefficients controlling for sex and school level. Parentheses indicate unadjusted p values and brackets indicate Bonferroni-corrected p values.

Table 7. Logistic regression for overweight or obesity versus normal weight (N=213)

Predictor ¹⁾	Model 1 OR (95% CI) ²⁾	<i>p</i>	Bonferroni <i>p</i> ³⁾	Firth OR (95% CI) ⁴⁾	Model 2 OR (95% CI) ⁵⁾	<i>p</i>
Total screen time (per 1 h/day)	1.078 (1.004–1.157)	0.038	0.114	1.076 (1.003–1.155)	1.046 (0.969–1.130)	0.250
Sedentary time, academic (per 1 h/day)	1.099 (1.001–1.206)	0.047	0.142	1.096 (0.999–1.202)	1.066 (0.966–1.177)	0.203
Sedentary time, non-academic (per 1 h/day)	1.156 (1.013–1.319)	0.031	0.094	1.151 (1.010–1.313)	1.099 (0.950–1.273)	0.204
Female (ref. male)	-	-	-	-	0.498 (0.264–0.941)	0.032
Middle school (ref. elementary)	-	-	-	-	2.168 (0.769–6.117)	0.144
High school (ref. elementary)	-	-	-	-	2.961 (1.392–6.299)	0.005

¹⁾ Underweight subjects (n=8) were excluded. OR, odds ratio; CI, confidence interval.

²⁾ Each exposure was entered separately, adjusted for sex and school type.

³⁾ Bonferroni-corrected for the three exposures.

⁴⁾ Firth's penalized-likelihood estimate.

⁵⁾ All three exposures were entered simultaneously, adjusted for sex and school type.

The 95% confidence intervals are unadjusted for multiple testing; statistical significance for the three exposure variables was evaluated using the Bonferroni-corrected *p* values shown separately.

Firth 로지스틱 회귀와 결과변수의 정의를 달리한 민감도 분석에서도 전반적인 결론은 동일하였다. 비만도 4개 범주를 이용한 순서형 로지스틱 회귀분석에서도 영상기기 사용시간과 좌식시간은 비만도와 유의한 관련성을 보이지 않았으며, 비레오즈 가정의 위배도 확인되지 않았다(Table 8).

종합하면, 영상기기 사용시간과 좌식시간은 다중검정과 성별 및 학교급을 고려한 후 과체중·비만과 통계적으로 유의한 독립적 관련성을 보이지 않았다. 학교급은 비만도와 유의한 관련성을 보였으나, 본 연구의 횡단적 설계만으로 인과관계나 각 요인의 상대적 기여도를 판단할 수는 없을 것으로 보인다.

Table 8. Ordinal (proportional-odds) logistic regression for weight status (N=221)

Predictor ¹⁾	Model 1 (each exposure separately) OR (95%CI) ²⁾	<i>p</i>	Model 2 (all exposures) OR (95%CI) ³⁾	<i>p</i>	Proportional-odds check ⁴⁾
Total screen time (per 1 h/day)	1.056 (0.990–1.126)	0.096	1.036 (0.966–1.112)	0.324	$\chi^2=2.95$, <i>df</i> =4, <i>p</i> =0.566
Sedentary time, academic (per 1 h/day)	1.057 (0.972–1.150)	0.193	1.031 (0.944–1.126)	0.494	$\chi^2=4.03$, <i>df</i> =4, <i>p</i> =0.401
Sedentary time, non-academic (per 1 h/day)	1.105 (0.984–1.241)	0.092	1.064 (0.934–1.212)	0.352	$\chi^2=3.08$, <i>df</i> =4, <i>p</i> =0.545
Female (ref. male)	-	-	0.782 (0.440–1.389)	0.402	-
Middle school (ref. elementary)	-	-	2.072 (0.805–5.331)	0.131	-
High school (ref. elementary)	-	-	3.169 (1.598–6.283)	<0.001	-

¹⁾ Weight status was modelled as an ordered outcome (underweight<normal<overweight<obese). OR, odds ratio; CI, confidence interval.

²⁾ Each exposure was entered separately, adjusted for sex and school type.

³⁾ All three exposures were entered simultaneously, adjusted for sex and school type.

⁴⁾ By comparison of exposure coefficients across the cumulative logit models; no violation was detected in the multivariable model ($\chi^2=5.48$, *df*=6, *p*=0.483).

요약 및 결론

본 연구는 충청북도 지역 초·중·고등학생 221명을 대상으로 영상기기 사용시간, 좌식생활, 영양지수(NQ) 및 비만도의 현황을 파악하고, 이들의 관련성을 탐색한 단면조사 연구이다. 비만도는 질병관리청 ‘2017 소아청소년 성장도표’를 적용하여 저체중·정상·과체중·비만의 4개 범주로 산출하였다.

분석 결과, 영상기기 사용시간은 학교급이 높아질수록 뚜렷하게 증가한 반면 좌식시간은 학교급 간 차이가 없었다. 과체중과 비만을 합한 비율은 29.0%였고 학교급이 높아질수록 증가하였다. 비만도 범주 간 총 영상기기 사용시간에는 다중검정 보정 후에도 유의한 차이와 단조 증가 경향이 관찰되었으나, 성별과 학교급을 보정한 로지스틱 및 순서형 회귀 모형에서는 이 관련성이 감쇠하여 보정 후 유의성에 도달하지 못하였다. 영양지수는 등급과 점수 모두 비만도와 관련이 없었다. 총 영상기기 사용시간과 학습 외 목적 좌식시간 사이에는 일관된 양의 상관관계가 확인되었다.

이러한 결과는 본 지역 표본에서 관찰된 영상기기 사용과 비만도의 연관이 상당 부분 학교급(연령)에 의해 설명될 가능성을 시사한다. 다만 단일 시점의 자기보고식 자료와 편의 표집이라는 설계상 제약, 그리고 하위집단의 작은 표본 크기를 고려할 때 본 연구의 결과는 확정적 결론이 아니라 후속 연구를 위한 탐색적 기초자료로 해석되어야 한다. 따라서 본 연구 결과를 근거로 구체적인 비만 예방 개입 전략이나 프로그램의 효과를 제안하기보다는, 지역 단위 기초현황 자료로 활용하고 더 크고 균형 잡힌 표본, 객관적 측정도구 및 종단적 설계를 갖춘 후속 연구를 통해 관련성을 재검증할 것을 제언한다.

본 연구의 학문적 의의는 지역사회 기반 자료를 활용하여 초·중·고등학생의 영상기기 사용, 좌식생활 및 영양지수 현황을 통합적으로 살펴보고, 이를 최신 성장도표 기준으로 재산출한 비만도와 연계하여 검토하였다는 점에 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 충북 일부 지역의 협조로 학교·학급을 대상으로 한 편의표집으로 수행되었고 초등학생 표본이 특정 학년(3학년)에 크게 편중되어 있어, 결과를 전체 청소년 집단으로 일반화하는 데 제한이 있다. 둘째, 저체중군(8명)의 표본이 작아 통계적 검정력이 제한적이며, 회귀모형의 사건 수 대비 변수 수를 고려할 때 추정치의 정밀도가 낮다. 셋째, 원자료에 생년월일이 포함되어 있지

않아 측정일 기준의 정확한 월령을 산출할 수 없었다. 본 연구에서 적용한 만 나이(세)×12개월은 성장도표 이용지침서의 권고가 아니라 분석을 위해 연구자가 설정한 조작적 가정이다. 해당 만 나이에서 가능한 월령 범위의 양 끝값을 적용한 민감도 분석에서 221명 중 16명(7.2%)의 비만도 범주가 달라져, 월령 산정에 따른 분류 불확실성이 존재한다. 넷째, 시간 사용 자료는 자기보고에 의존하였으며 응답 간 정합성 문제가 확인되었다. 총 영상기기 사용시간이 학습 외 목적 좌식시간보다 긴 사례가 81.9%, 총 좌식시간보다 긴 사례가 47.1%였는데, 이는 두 문항군이 서로 다른 회상 방식을 사용하고 활동별 시간이 중복 계상되었을 가능성을 시사한다. 따라서 두 지표는 상호 배타적인 시간 배분이 아니라 각각 독립적인 노출 지표로 해석하였다. 다섯째, 조사 도구로 사용한 ‘청소년건강행태조사’ 문항은 만 12~18세를 대상으로 타당화된 것으로 초등학생에 대한 타당도는 확보되어 있지 않으며, 검색/SNS 이용시간을 0분으로 응답한 비율도 초등학생에서 44.6%(중등 7.1%, 고등 1.0%)로 현저히 높았다. 여섯째, 단일 시점의 횡단 설계이므로 변수 간 시간적 선후관계나 인과관계를 추론할 수 없다. 향후 연구에서는 균형 잡힌 표본과 가속도계 등 객관적 측정 자료, 반복측정 설계를 활용한 종단적·다층적 접근이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 충청북도교육연구정보원 정책연구(번호: 2023-3)의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

References

- Choi MK, Kim IY, Kim OS, Bae YJ. 2021. Association between eating speed and scores of Nutritional Quotient for Korean Adolescent (NQ-A) among high school students in Chungbuk. *Korean J Food Nutr* 34:156-164
- Chong HJ, Yoon SH, Kim E. 2023. A comparative study of night eating consumption patterns and Nutrition Quotient for Korean Adolescents (NQ-A) among high school students in Chungnam region. *Korean J Food Nutr* 36:209-221
- Hong SH. 2023. The association between household economic changes by COVID-19 and dietary habits in adolescents:

- Based on the 17th Korea Youth Risk Behavior Survey. *Korean J Food Nutr* 36:286-295
- Jeong SM, Jung JH, Yang YS, Kim W, Cho IY, Lee YB, Park KY, Nam GE, Han K. 2024. 2023 Obesity fact sheet: Prevalence of obesity and abdominal obesity in adults, adolescents, and children in Korea from 2012 to 2021. *J Obes Metab Syndr* 33:27-35
- Kim HY, Lee JS, Hwang JY, Kwon SH, Chung HR, Kwak TK, Kang MH, Choi YS. 2017. Development of NQ-A, nutrition quotient for Korean adolescents, to assess dietary quality and food behavior. *Korean J Nutr Health* 50:142-157
- Kim JH, Yun S, Hwang SS, Shim JO, Chae HW, Lee YJ, Lee JH, Kim SC, Lim D, Yang SW, Oh K, Moon JS. 2018. The 2017 Korean National Growth Charts for children and adolescents: Development, improvement, and prospects. *Korean J Pediatr* 61:135-149
- Kim KN, Hwang HJ, Lim YS, Hwang JY, Kwon SH, Lee JS, Kim HY. 2023. A study on the revision of the Nutrition Quotient for Adolescents: NQ-A 2021. *Korean J Nutr Health* 56:247-263
- Kim SK, Choi SG, Kim HK. 2021. Multilevel factors associated with adolescent obesity: Analysis of 2017-2019 Korea Youth Risk Behavior Survey data. *Korean J Health Educ Promot* 38:13-24
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2013. A Study on Reliability and Validity of the Korea Youth Risk Behavior Web-Based Survey. Korea Centers for Disease Control and Prevention
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2017. 2017 Korean National Growth Charts for Children and Adolescents: Guidelines for Use. Korea Centers for Disease Control and Prevention
- Ministry of Education; Korea Disease Control and Prevention Agency. 2024. 2023 Student health examination sample statistics and Korea youth risk behavior survey results (press release). Available from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&boardSeq=98498> [cited 16 July 2026]
- Park HS, Ji ES. 2023. Factors influencing obesity in adolescents: Analysis of Korea Youth Risk Behavior Survey data 2018-2021. *J Learn Cent Curric Instr* 23:585-595
- Park SY. 2019. A multilevel analysis of factors related to adolescent obesity. *Health Soc Welf Rev* 39:314-347
- World Health Organization (WHO). 2020. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Available from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128> [cited 16 July 2026]
- World Health Organization. 2025. Noncommunicable diseases: Childhood overweight and obesity (Q&A). Available from <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/noncommunicable-diseases-childhood-overweight-and-obesity> [cited 16 July 2026]

Received 16 July, 2026
Revised 12 August, 2026
Accepted 18 August, 2026

Effects of Germinated Black Quinoa Powder on the Nutritional Composition, Rheological Properties, and Microstructure of Wheat Noodles

Honey Seol and ^{*}Ki Hyeon Sim^{*}

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

^{}Associate Professor, Dept. of K-Food Studies, Graduate School of K-Culture, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea*

Abstract

This study evaluated the effects on nutritional composition, mineral content, starch structure, gelatinization behavior, and microstructure of supplementing noodles with 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% germinated black quinoa (GBQ) powder. Proximate analysis showed that crude protein, fat, and ash contents increased with increasing GBQ levels, whereas carbohydrate content did not differ significantly among samples. Mineral analysis showed that Fe, Zn, and Mg contents increased whereas Na content decreased with increasing GBQ levels. X-ray diffraction analysis showed similar diffraction patterns among all samples, with a major peak within the 2θ range of approximately $19.8\sim 20.5^\circ$. Rapid visco analyzer results indicated a reduction in pasting temperature in the GBQ groups. Peak viscosity tended to increase in the 5~10% GBQ groups but tended to decrease in the 20% GBQ group. Breakdown viscosity tended to increase, whereas setback viscosity was the highest in the 5% GBQ group and tended to decrease with increasing GBQ level. Scanning electron microscopy revealed greater pore formation and structural irregularity on the surface and cross sections of noodles with increasing GBQ supplementation. Overall, supplementation with 5~10% GBQ powder enhanced protein and mineral contents while providing favorable rheological properties with only minor microstructural changes.

Key words: germinated black quinoa, noodle, nutritional composition, rheological property, electron microscopy

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an ancient crop that originated from the Andes region of South America, particularly in Bolivia and Peru, where it has been cultivated for approximately 3,000~5,000 years (Lee JH 2007; Lee et al. 2018). Quinoa seeds are rich in high-quality protein, minerals, vitamins, and polyphenolic compounds (Navruz-Varli & Sanlier 2016; Jeong & Sim 2020; Barakat et al. 2022). In addition, quinoa seeds are naturally gluten-free and have been reported to exhibit various physiological activities, including antioxidant, anti-inflammatory, and hypoglycemic effects (Graf et al. 2015). Consequently, quinoa has been incorporated into various cereal-based foods, including noodles (Demir et al. 2017; Barakat et al. 2022). Colored quinoa generally contains higher levels of phenolic compounds and exhibits stronger antioxidant

activity than white quinoa. In particular, black quinoa is rich in phenolic acids and flavonoids and exhibits strong antioxidant capacity (Tang et al. 2015; Zhang et al. 2024). In our previous study, black quinoa exhibited the highest phenolic content and antioxidant activity among the colored quinoa cultivars evaluated. Therefore, black quinoa was selected as the raw material for this study.

Noodles are widely consumed because of their convenience and simple preparation and are typically made from wheat flour, water, and salt (Kong & Lee 2010). Gluten is essential for the viscoelastic properties and structural integrity of wheat noodles (Joung et al. 2017). However, gluten may cause adverse reactions in individuals with gluten sensitivity (Nam et al. 2015). Owing to its naturally gluten-free composition, quinoa has emerged as a promising alternative to wheat flour (Föste et al. 2014). However, replacing wheat flour with gluten-free quinoa

[†] Corresponding author: Ki Hyeon Sim, Associate Professor, Dept. of K-Food Studies, Graduate School of K-Culture, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7475, Fax: +82-2-2077-7475, E-mail: santaro@sm.ac.kr

may adversely affect the rheological properties and structural quality of noodles due to dilution of the gluten network (Arendt et al. 2008; Cappelli et al. 2020; Mu et al. 2023).

Germination induces nutritional and physicochemical changes in quinoa by activating endogenous enzymes. In quinoa, germination increases vitamins, amino acids, phenolic compounds, and minerals while reducing antinutritional factors such as phytic acid and enhancing α -amylase activity (Goh HK 2016; Barakat et al. 2022). Xing et al. (2021, 2023) reported that the incorporation of germinated quinoa into wheat flour diluted the gluten matrix and induced structural discontinuities, thereby weakening the rheological and structural properties of wheat-based products. In particular, enzymes activated during germination are likely to alter the structure of starch and protein, which may impair noodle-making properties.

Therefore, it is important to determine an appropriate substitution level that maximizes the nutritional benefits of germinated quinoa while maintaining acceptable noodle quality. Although previous studies have investigated the nutritional and functional properties of germinated quinoa, few studies have evaluated the application of germinated black quinoa in wheat noodles and its effects on nutritional composition, rheological properties, and microstructure. Accordingly, this study aimed to investigate the effects of substituting wheat flour with different levels of germinated black quinoa (GBQ) powder on the nutritional composition, rheological properties, and microstructure of wheat noodles. These findings provide fundamental information for developing nutritionally enhanced wheat noodles supplemented with GBQ powder.

Materials and Methods

1. Materials

The black quinoa (Alter Eco Co., Ltd, La Paz, Bolivia) used in this study was purchased as an organic product from a domestic online retailer and used in the experiments. In addition, the ingredients used for noodle preparation, namely bread flour (CJ Corp., Seoul, Korea) and salt (Secret 5000, CJ Corp., Sinan, Korea), were purchased from a local supermarket in Seoul, Korea.

2. Manufacture of germinated black quinoa powder

The germination conditions for quinoa were standardized through multiple preliminary experiments, with reference to the methods of Alvarez-Jubete et al. (2010) and Hager et al. (2014). Black quinoa seeds, 100 g each, were washed with distilled water and soaked in distilled water at 20°C for 2 h. The soaked seeds were then placed in a sprouting tray (Sprout cultivator, Asia seed Co., Ltd, Seoul, Korea) and germinated in a low-temperature incubator (SH-75BW, Balmann tech., Seoul, Korea) at 20°C under dark conditions. The germination period was 72 h. During germination, distilled water was sprayed onto the seeds at 3 h intervals while maintaining a constant temperature of 20°C, and the water in the drip tray was replaced every 7 h to prevent spoilage. Germination was terminated when the sprouts reached a length of approximately 50 mm. The germinated quinoa was freeze-dried (Bondiro MCFD 8508 Freeze Dryer, Ilsin Co., Ltd, Seoul, Korea), ground using a mill (Ika MF10, Ika-Werke GmbH & Co., Kg., Staufen, Germany), and passed through an 80-mesh standard sieve (Testing sieve, Chunggye Sanggong Co., Ltd, Gunpo, Korea). The resulting powder was stored at -70°C until further analysis (NF-400SF, Nihon Freezer Co., Tokyo, Japan).

3. Preparation of noodles supplemented with germinated black quinoa powder

The formulation of noodles supplemented with GBQ powder was standardized through multiple preliminary experiments based on the methods reported by Kong & Lee (2010), Lee & Lee (2011), and Heo et al. (2014). The formulation ratios are presented in Table 1. Composite flours were prepared by substituting wheat

Table 1. Formula for the preparation of the noodle made with germinated black quinoa powder

Ingredients (g)	Samples (%)				
	0	5	10	15	20
Wheat flour	100	95	90	85	80
GBQ ¹⁾ powder	0	5	10	15	20
Salt	3	3	3	3	3
Water	45	45	45	45	45

¹⁾ GBQ: germinated black quinoa.

flour with GBQ powder at levels of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% (w/w). For noodle production, 45 mL of distilled water (pH 6.40, 21°C) and 3 g of salt were added to 100 g of composite flour. The dough was kneaded using a dough mixer at speed 2 (71 rpm) for 2 min, speed 4 (89 rpm) for 3 min, and speed 7 (135 rpm) for 5 min, for a total of 10 min. The prepared dough was placed in a polyethylene bag and allowed to rest at 20°C for 2 h. The dough was then processed using a fully automated pasta machine (MD-150, Shule, Jiangsu, China) to produce a dough sheet with a roll gap of 7 mm. The sheet was subsequently laminated through sequential rolling stages: once through roller 1, twice through roller 2, twice through roller 3, and twice through roller 5. Finally, fresh noodles with a thickness of 1.5 mm, a width of 7 mm, and a length of 25 cm were produced.

4. Nutritional analysis of noodle dough supplemented with germinated black quinoa powder

1) General components

The general composition of noodle dough supplemented with GBQ powder was analyzed according to AOAC methods (AOAC 2005). Moisture content was determined using an infrared moisture analyzer (MB45 Moisture Analyzer, Ohaus Co., Zurich, Switzerland). Crude protein was quantified by the Micro-Kjeldahl nitrogen determination method using a Kjeltec 2200 analyzer (FOSS, Hillerød, Denmark). Crude fat content was measured using the Soxhlet extraction method with an automatic crude fat extractor (Soxlet Avanti 2050, FOSS, Hillerød, Denmark). Crude ash content was determined by direct combustion at 550–600°C using an electric combustion analyzer (LEF-105S, Daihan LabTech, Namyangju, Korea). Carbohydrate content was calculated by difference, as the percentage of total content minus the sum of moisture, crude protein, crude fat, and crude ash.

2) Mineral content analysis

The mineral content of noodle dough supplemented with GBQ powder was determined by microwave-assisted wet digestion using a microwave digestion system (C900, Ctrl-M Scientific, Cerritos, CA, USA) according to the method of Oles & Graham (1991) with minor modifications. Briefly, 0.1 g of sample was

mixed with 3 mL of 2% nitric acid and distilled water and allowed to stand for 30 min. The mixture was then digested in a microwave at the following conditions: 100°C, 1,300 W for 5 min; 140°C, 1,200 W for 10 min; 160°C at 1,200 W for 10 min; and 200°C, 1,200 W for 20 min. The digested solution was transferred to a 50 mL volumetric flask and diluted to volume with distilled water prior to ICP-OES analysis. Mineral content was measured using an inductively coupled plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES, Optima 8300, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA) under the following conditions: radio frequency power, 1,300 W; plasma gas flow, 12 L/min; auxiliary gas flow, 0.2 L/min; and nebulizer gas flow, 0.65 L/min. The emission wavelengths used for each mineral were: 317.933 nm for calcium (Ca), 766.490 nm for potassium (K), 213.618 nm for phosphorus (P), 238.204 nm for iron (Fe), 285.213 nm for magnesium (Mg), 213.857 nm for zinc (Zn), 259.373 nm for manganese (Mn), and 589.592 nm for sodium (Na).

5. Evaluation of the rheological properties of noodle dough supplemented with germinated black quinoa powder

1) X-ray diffractometer (XRD) measurement

The X-ray diffraction patterns of noodle dough supplemented with GBQ powder were obtained using an X-ray diffractometer (Ultima IV, Rigaku Corporation, Tokyo, Japan) equipped with a Cu-K α radiation source operated at 40 kV and 40 mA. Diffraction patterns were recorded over a 2θ range of 5° to 60° in continuous scanning mode with a step size of 0.02°, a scanning speed of 3.0°/min, a divergence slit of 1/2°, a divergence height-limiting slit of 5.0 mm, a scattering slit of 8.0 mm, and an open receiving slit. The diffraction patterns were qualitatively evaluated by comparing the positions and intensities of the diffraction peaks.

2) Measurement of gelatinization behavior using a rapid visco analyzer (RVA)

The gelatinization behavior of noodle dough supplemented with GBQ powder was analyzed using a rapid visco analyzer (RVA Model 4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia) following the AACC (2000) method. Briefly, 3 g of sample (14% moisture) was placed in the RVA vessel, and 25 mL of distilled

water was added. The temperature was held at 50°C for 1 min, then increased to 95°C and maintained for 2.5 min. The sample was subsequently cooled to 50°C and held at this temperature for 2 min. Viscosity changes were recorded at 960 rpm during heating and 160 rpm during cooling. From the RVA viscograms, pasting temperature, peak viscosity, trough viscosity, final viscosity, breakdown viscosity, and setback viscosity were determined. Viscosity values are expressed in rapid visco units (RVUs). RVA measurements were performed once for each formulation.

3) Microstructure analysis using scanning electron microscopy (SEM)

To observe the microstructure of noodles supplemented with GBQ powder raw dough was cooked for 4 min, drained through a sieve, and cooled under running water for 30 s. The noodles were then allowed to rest at room temperature for 5 min to remove excess water. Subsequently, noodles were cut to a thickness of 1.5 mm and a width of 7 mm, resulting in samples with a total width of 10~15 mm, and were freeze-dried for 48 h. The freeze-dried noodles were examined using a field emission scanning electron microscope (S-4700, Hitachi, Tokyo, Japan) at an accelerating voltage of 10.0 kV and a magnification of $\times 10,000$ to observe the surface and cross-sectional microstructure. Images were captured for analysis.

6. Statistical analysis

All data were analyzed using IBM SPSS Statistics version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Data are presented as mean $\pm$ standard deviation, where applicable. Statistical analyses were performed using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

Results

1. Nutritional composition of noodles supplemented with germinated black quinoa powder

1) General component content

Table 2 presents the results of the general component analysis

for noodles prepared with varying amounts of GBQ powder. Moisture content ranged from 39.11 to 41.31 g/100 g, with the

Table 2. Proximate composition of noodles supplemented with germinated black quinoa powder

Composition	Concentration of GBQ ¹⁾ powder (g/100 g)	Contents (%)	F (p)
Moisture	0	41.31 $\pm$ 0.47 ^{b2)}	5.499 (0.013)*
	5	40.04 $\pm$ 0.99 ^a	
	10	39.82 $\pm$ 0.19 ^a	
	15	39.60 $\pm$ 0.71 ^a	
	20	39.11 $\pm$ 0.32 ^a	
Crude protein	0	6.64 $\pm$ 0.09 ^a	12.214 (<0.001)***
	5	6.84 $\pm$ 0.06 ^b	
	10	6.90 $\pm$ 0.04 ^{bc}	
	15	7.01 $\pm$ 0.10 ^{cd}	
	20	7.06 $\pm$ 0.17 ^d	
Crude lipid	0	1.03 $\pm$ 0.03 ^a	164.444 (<0.001)***
	5	1.18 $\pm$ 0.04 ^b	
	10	1.44 $\pm$ 0.08 ^c	
	15	1.64 $\pm$ 0.05 ^d	
	20	1.84 $\pm$ 0.05 ^e	
Crude ash	0	3.52 $\pm$ 0.04 ^a	6.464 (0.008)**
	5	3.55 $\pm$ 0.06 ^{ab}	
	10	3.65 $\pm$ 0.04 ^{bc}	
	15	3.67 $\pm$ 0.05 ^c	
	20	3.73 $\pm$ 0.09 ^c	
Carbohydrate	0	47.41 $\pm$ 0.25 ³⁾	1.603 (0.248)
	5	48.39 $\pm$ 0.97	
	10	48.21 $\pm$ 0.09	
	15	48.38 $\pm$ 0.54	
	20	48.27 $\pm$ 0.61	

Each value represents the mean $\pm$ standard deviation (n=3).

¹⁾ GBQ: germinated black quinoa.

²⁾ a-e Values in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) based on one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

³⁾ No significant differences were observed in carbohydrate content among the treatments ($p > 0.05$).

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

control group exhibiting the highest value (41.31 g/100 g, $p<0.001$) compared with the 5~20% GBQ groups (39.11~40.04 g/100 g). Crude protein content increased with higher GBQ levels, ranging from 6.64 to 7.06 g/100 g; the 20% GBQ group had the highest protein content (7.06 g/100 g), while the control group had the lowest (6.64 g/100 g, $p<0.001$). Fat content increased significantly from 1.03 g/100 g in the control group to 1.84 g/100 g in the 20% GBQ group, representing an approximately 1.8-fold increase ($p<0.001$). Ash content ranged from 3.52 to 3.73 g/100 g, with the highest value observed in the 20% GBQ group (3.73 g/100 g) and the lowest in the control (3.52 g/100 g), indicating a gradual increase with increasing GBQ supplementation ($p<0.01$). Carbohydrate content varied between 47.41 and 48.39 g/100 g, but no statistically significant differences were observed among the samples.

The present findings are consistent with previous studies showing that quinoa contains higher levels of protein and fat than wheat flour and that these nutritional characteristics are further enhanced by germination (Demir & Bilgiçli 2020; Maldonado-Alvarado et al. 2023). Accordingly, increasing the substitution level of GBQ significantly increased the protein, fat, and ash contents of the noodles, reflecting the high nutritional value of germinated black quinoa. Demir & Bilgiçli (2020) reported that increasing the proportion of quinoa flour in pasta significantly increased crude

ash, protein, and lipid contents and that germinated quinoa contained higher levels of crude protein, crude ash, and minerals than raw quinoa. Maldonado-Alvarado et al. (2023) reported that germination positively influences nutrient composition by increasing dietary fiber, protein, and phytase activity while simultaneously reducing phytic acid content, which can inhibit mineral absorption and protein digestibility. Enhanced α -amylase and protease activities during germination promote starch degradation and protein mobilization, thereby improving protein availability (Narsih & Harijono 2012; Hejazi & Orsat 2016; Vicente-Sánchez et al. 2024). However, in this study, carbohydrate content remained unchanged following GBQ supplementation. Bertazzo et al. (2011) attributed this phenomenon to the biological synthesis of new amino acids and the loss of dry matter, particularly carbohydrates, through respiration during germination.

Based on these findings, the observed increases in protein, fat, and ash content in noodles with varying levels of GBQ supplementation can be attributed to the inherently high nutritional value of quinoa and the compositional changes induced by germination. These results suggest that GBQ can serve as a functional ingredient to improve the nutritional quality of wheat flour-based noodles.

2) Mineral content

Table 3 presents the mineral content of noodles supplemented

Table 3. Mineral contents of noodle supplemented with germinated black quinoa powder

Concentration of GBQ ¹⁾ powder (%)	Minerals (mg/kg)							
	Ca	K	P	Fe	Mn	Na	Zn	Mg
0	360.38±2.08 ^{d2)}	385.50±8.26 ^c	595.75±12.93 ^c	8.87±0.10 ^a	9.82±0.07 ^c	3,568.49±6.00 ^d	9.87±0.11 ^c	279.92±0.96 ^b
5	293.08±2.58 ^a	288.72±7.57 ^b	480.21±20.12 ^a	8.95±0.14 ^a	7.77±0.06 ^a	2,792.50±5.98 ^c	8.23±0.18 ^a	254.67±3.07 ^a
10	309.29±5.44 ^b	267.39±8.63 ^a	493.45±7.65 ^a	10.76±0.14 ^b	7.76±0.06 ^a	2,618.79±14.47 ^b	8.63±0.19 ^b	286.16±5.59 ^b
15	313.93±2.70 ^b	257.01±2.09 ^a	519.97±7.12 ^b	13.54±0.13 ^c	7.69±0.01 ^a	2,545.98±12.05 ^a	10.77±0.15 ^d	327.01±3.63 ^c
20	322.93±3.74 ^c	261.48±4.58 ^a	527.40±4.37 ^b	13.72±0.09 ^c	8.00±0.08 ^b	2,599.66±33.34 ^b	10.86±0.10 ^d	352.24±4.11 ^d
<i>F</i>	152.505	191.684	42.963	1,179.529	636.115	1,768.154	198.462	319.893
(<i>p</i>)	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}	(<0.001) ^{***}

Each value represents the mean±standard deviation (n=3).

¹⁾ GBQ: germinated black quinoa.

²⁾ a–d Values in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$) based on one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

^{***} $p<0.001$.

with GBQ powder. The mineral contents were as follows: Ca, 293.08~322.93 mg/kg; K, 257.01~288.72 mg/kg; P, 480.21~527.40 mg/kg; Fe, 8.95~13.72 mg/kg; Mn, 7.69~8.00 mg/kg; Na, 2,545.98~2,792.50 mg/kg; Zn, 8.23~10.86 mg/kg; and Mg, 254.67~352.24 mg/kg. Significant differences were observed between the control group and the 5%, 10%, 15%, and 20% GBQ groups ($p < 0.001$). A detailed analysis showed that the Fe, Zn, and Mg contents increased significantly with increasing levels of GBQ supplementation. The Fe content in the 20% GBQ group (13.72 mg/kg) was approximately 1.5 times higher than that in the control group (8.87 mg/kg). Similarly, the Zn and Mg contents reached their highest levels in the 20% GBQ group, at 10.86 mg/kg and 352.24 mg/kg, respectively. Na content was highest in the control group (3,568.49 mg/kg) and was significantly lower in all GBQ-supplemented groups, with the lowest value observed in the 15% GBQ group (2,545.98 mg/kg). Although Ca, K, P, and Mn contents were generally lower in the GBQ groups than in the control group, these minerals showed a gradual increase within the GBQ groups as the level of GBQ supplementation increased.

In this study, supplementation with GBQ powder effectively improved the mineral profile of noodles. The significant increases in Fe, Zn, and Mg appear to be attributed to quinoa being a pseudocereal rich in micronutrients compared with regular wheat flour, as well as compositional changes induced during germination. Navruz-Varli & Sanlier (2016) reported that quinoa serves as an excellent fortifier to compensate for the nutritional deficiencies of refined wheat flour, as minerals are concentrated in the seed coat and embryo. Phytic acid present in quinoa acts as an anti-nutrient that can bind minerals and inhibit their absorption in the body. However, during germination, the activation of phytase enzymes catalyzes the breakdown of phytic acid, releasing bound minerals as free ions and thereby enhancing their bioavailability. Indeed, Vicente-Sánchez et al. (2024) reported that quinoa germination increases phytase activity, reducing antinutritional factors such as phytic acid and consequently improving not only mineral content but also bioavailability. The substantial decrease in sodium content is likely attributable to the relatively low sodium content of quinoa powder. These findings suggest that GBQ supplementation may be an effective strategy for developing nutritionally improved wheat noodles with a more favorable mineral composition.

2. Characteristics of the noodle dough supplemented with germinated black quinoa powder

1) X-ray diffractometer

The X-ray diffractometer (XRD) measurement results for noodles containing GBQ powder are shown in Fig. 1. A major diffraction peak was observed within the 2θ range of approximately $19.8\sim 20.5^\circ$ in all samples. In addition, a broad diffraction pattern was detected within the $15\sim 25^\circ$ range, showing a gradual decline at angles greater than 30° . With increasing levels of GBQ powder, the positions of the major peaks showed little change, and the overall shape of the diffraction pattern remained similar. These findings indicate that GBQ supplementation did not markedly alter the overall crystalline characteristics of the noodle matrix.

The crystalline structure of starch is commonly classified into A-, B-, C-, and V-types. Cereal starches typically exhibit an A-type diffraction pattern, characterized by peaks at 2θ values of approximately 15° , $17\sim 18^\circ$, and 23° (Zobel HF 1988; Singh et al. 2003). In contrast, diffraction peaks at a 2θ value of approximately 20° are frequently associated with a V-type crystal structure corresponding to amylose - lipid complexes (Biliaderis CG 1991; Lopez-Rubio et al. 2008). Similar diffraction peaks have also been reported in wheat-based noodle systems. Zhang & Chen (2024) associated diffraction peaks at 2θ values of approximately 13° and 20° with amylose - lipid complexes in

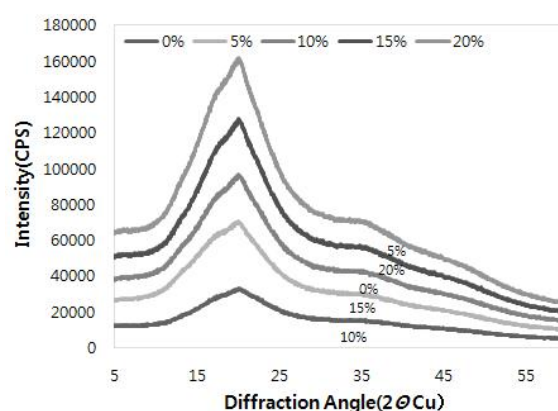


Fig. 1. X-ray diffractograms of noodle supplemented with germinated black quinoa powder.

wheat - Tartary buckwheat noodles, while Han et al. (2026) identified a distinct peak at a 2θ value of approximately 20° in non-fried whole-wheat instant noodles as a characteristic diffraction peak of V-type starch - lipid complexes. In the present study, a prominent peak at a 2θ value of approximately 20° was likewise observed in both the control and GBQ-supplemented noodles. Because this peak was observed in both the control and GBQ-supplemented noodles and its position remained similar among all treatments, its occurrence was not specifically associated with GBQ incorporation. These results indicate that GBQ supplementation did not produce a new crystalline phase or markedly alter the overall crystalline characteristics of the wheat noodle matrix. Xing et al. (2021) reported that germination reduced starch crystallinity and altered starch granule morphology, indicating partial disruption of the crystalline regions of starch. However, no comparable changes were detected in the XRD patterns of the fresh noodle samples in the present study. This difference may reflect the composite nature of the noodle matrix in which wheat flour remained the predominant component despite the addition of GBQ powder. Therefore, the structural changes associated with germinated black quinoa were not sufficient to produce detectable changes in the overall XRD patterns of the noodles.

2) Measurement of gelatinization behavior using a rapid viscosity analyzer (RVA)

The gelatinization characteristics of noodles supplemented with GBQ powder are shown in Table 4 and Fig. 2. The pasting

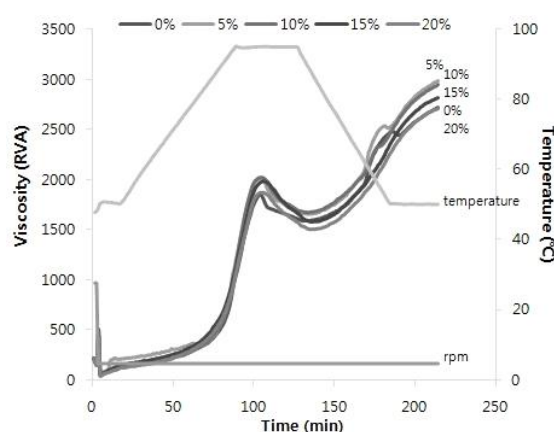


Fig. 2. Pasting characteristics of noodles supplemented with germinated black quinoa powder.

temperature was highest in the control group (88.90°C), while the GBQ groups showed a range of $85.80\text{--}87.60^\circ\text{C}$, indicating an overall decreasing trend with increasing amounts of GBQ powder added. The peak viscosity was highest in the 10% GBQ group (168.33 RVU), followed by the 5% GBQ group (167.25 RVU) and the 15% GBQ group (165.08 RVU). The 20% GBQ group showed a decreasing trend to 155.67 RVU, indicating increased viscosity formation at low levels of supplementation but a tendency toward reduced viscosity formation at high levels. Breakdown viscosity generally increased in the GBQ groups, suggesting reduced starch stability during heating and shear. Setback viscosity was highest in the 5% GBQ group (110.83 RVU) and decreased with increasing GBQ supplementation, suggesting that retrogradation was partially suppressed at higher substitution levels.

Table 4. Rapid visco analyzer (RVA) of noodles supplemented with germinated black quinoa powder

Concentration of GBQ ¹⁾ powder (%)	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU) ²⁾				
		Peak viscosity	Trough	Breakdown	Final viscosity	Setback
0	88.90	154.50	131.92	22.58	226.58	94.67
5	87.00	167.25	137.75	29.50	248.58	110.83
10	87.60	168.33	138.92	29.42	245.75	106.83
15	85.90	165.08	131.08	34.00	234.17	103.08
20	85.80	155.67	125.08	30.58	225.33	100.25

¹⁾ GBQ: germinated black quinoa.

²⁾ RVU: rapid visco unit.

Starch gelatinization characteristics reflect starch swelling, structural stability, and amylose recrystallization behavior (Singh et al. 2003). In this study, the decrease in pasting temperature with the supplementation of GBQ powder may be attributed to either partial relaxation of the starch structure or changes in the interactions between starch and non-starch components (Hoover R 2001). The peak viscosity increased in the 5~10% GBQ groups but decreased in the 20% GBQ group. The increase in peak viscosity at low GBQ levels suggests that quinoa protein and dietary fiber supported starch swelling, whereas higher supplementation reduced viscosity because of starch dilution and interference with starch network formation (Mu et al. 2023). The increase in breakdown viscosity suggests reduced starch stability during heating, which may be associated with the lower crystallinity and damaged starch granules observed after germination (Singh et al. 2003; Xing et al. 2021). Setback viscosity, an indicator of amylose recrystallization (Biliaderis CG

1991), decreased with increasing GBQ supplementation. This reduction may be attributed to starch dilution, increased non-starch components, and the formation of amylose - lipid complexes by quinoa lipids, all of which are known to limit retrogradation (Eliasson & Krog 1985; Abugoch James LE 2009). Taken together, these results suggest that GBQ supplementation appears to promote viscosity development at low substitution levels, whereas increasing GBQ levels may reduce the stability of the starch structure during heating. At higher supplementation levels, the tendency for recrystallization appeared to be partially suppressed, suggesting that GBQ supplementation may modify the gelatinization and retrogradation behavior of noodle starch.

3) Microstructure measurement using scanning electron microscopy (SEM)

The microstructural characteristics of noodles supplemented with GBQ powder, observed using SEM, are shown in Fig. 3 and Fig. 4.

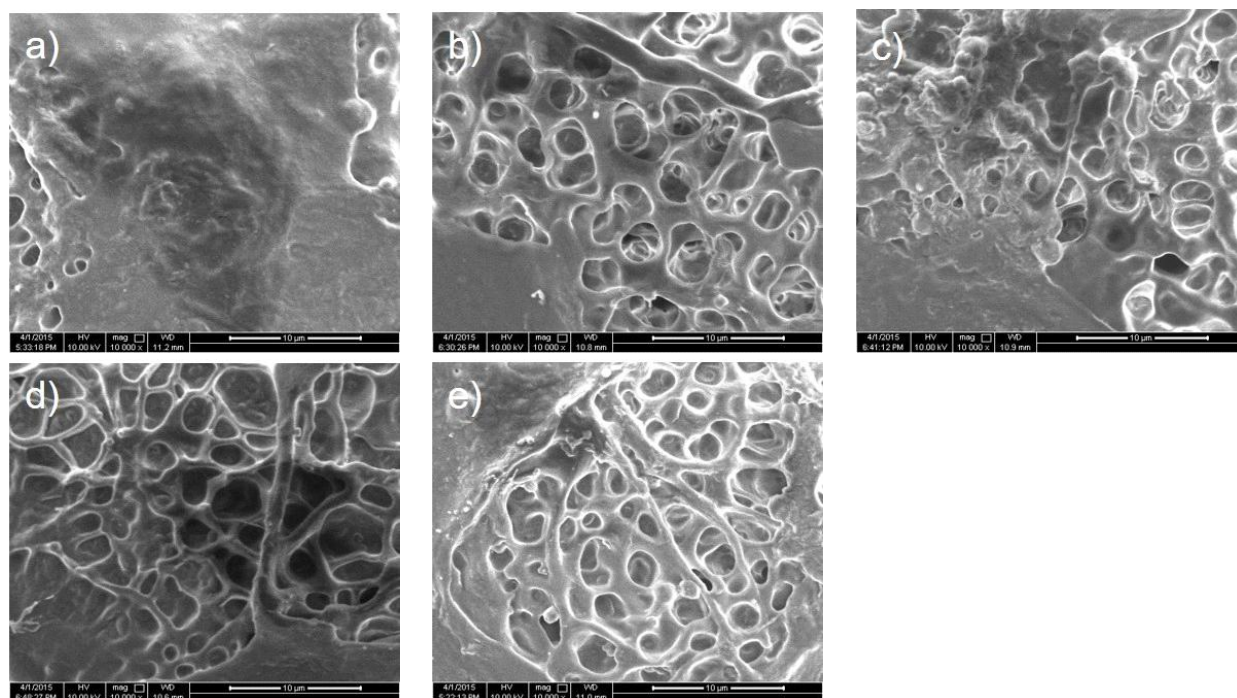


Fig. 3. Microstructure of noodles supplemented with germinated black quinoa powder observed by scanning electron microscopy (SEM) (surface×10,000). a) noodles supplemented with 0% GBQ powder, b) noodles supplemented with 5% GBQ powder, c) noodles supplemented with 10% GBQ powder, d) noodles supplemented with 15% GBQ powder, e) noodles supplemented with 20% GBQ powder. GBQ, germinated black quinoa.

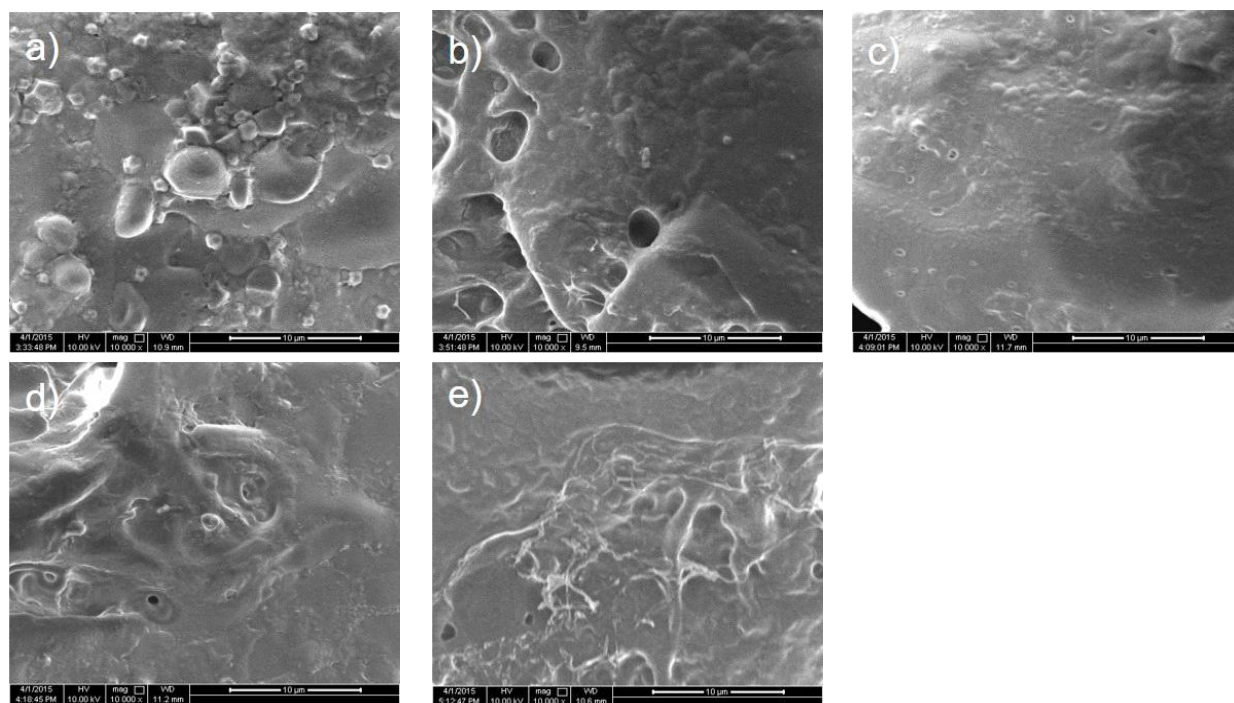


Fig. 4. Microstructure of noodles supplemented with germinated black quinoa powder observed by scanning electron microscopy (SEM) (cross-section $\times 10,000$). a) noodles supplemented with 0% GBQ powder, b) noodles supplemented with 5% GBQ powder, c) noodles supplemented with 10% GBQ powder, d) noodles supplemented with 15% GBQ powder, e) noodles supplemented with 20% GBQ powder. GBQ, germinated black quinoa.

Surface observations revealed that the control group (0%) exhibited a relatively smooth and dense surface, with starch granules partially exposed but generally forming a continuous matrix structure. In the 5% and 10% GBQ groups, small surface pores became more frequent than in the control, and some starch granules were exposed. However, the pore size remained relatively small, and the surrounding matrix remained continuous without extensive structural disruption. In contrast, the 15% and 20% GBQ groups displayed increased surface roughness and larger, more widely distributed pores, with the 20% GBQ group exhibiting the most disrupted and porous matrix structure. Cross-sectional observations indicated that the control group had a dense and uniform internal network, whereas the 5% and 10% GBQ groups showed a slight increase in internal porosity, with the starch-protein matrix remaining relatively continuous. The 15% and 20% GBQ groups exhibited greater internal porosity and a less continuous starch-protein matrix, particularly in the 20% GBQ group. Overall, these observations suggest that both the surface and internal

microstructure of noodles became increasingly porous and heterogeneous with higher levels of GBQ powder supplementation. These microstructural observations may be interpreted in conjunction with the RVA results. The higher peak viscosity observed in the 5% and 10% GBQ groups may reflect enhanced starch swelling during heating. Previous studies have reported that starch swelling and peak viscosity are closely related and that increased starch swelling can reduce the compactness of the gluten network (An et al. 2022). Consistent with these findings, SEM images of the 5% and 10% GBQ groups showed the appearance of small surface pores while the surrounding matrix remained continuous. At higher GBQ substitution levels (15% and 20%), however, the matrix became more porous and discontinuous, suggesting that the weakening effect of excessive GBQ supplementation on the starch - protein network became more dominant than the effect of starch swelling on the noodle microstructure.

These observations are consistent with previous reports that

quinoa powder disrupts the continuous starch-protein matrix, resulting in increased porosity and structural irregularities (Mu et al. 2022). At higher GBQ supplementation levels (15% and 20%), these structural changes may be attributed to the dilution of the gluten network and the consequent weakening of the starch-protein matrix (Gallagher et al. 2004). In addition, Xing et al. (2021) reported that germination altered starch structure, which may also have contributed to the modified microstructure observed in the present study.

Discussion

This study evaluated the effects of supplementing noodles with 0, 5, 10, 15, and 20% GBQ powder on nutritional composition, starch structure, gelatinization behavior, and microstructure. General component analysis showed that crude protein ($p<0.001$), crude fat ($p<0.001$), and crude ash ($p<0.01$) contents increased with higher GBQ supplementation, while moisture content decreased ($p<0.05$). Among the minerals, Fe, Zn, and Mg increased significantly with increasing GBQ levels, whereas Na content decreased. X-ray diffraction analysis showed similar diffraction patterns among the samples, with only subtle structural changes observed following GBQ supplementation. RVA analysis indicated a general decrease in pasting temperature in the GBQ groups. Peak viscosity tended to increase in the 5~10% GBQ groups but tended to decrease in the 20% GBQ group. Breakdown viscosity tended to increase with higher GBQ supplementation, while setback tended to decrease with further increases in GBQ content after reaching the highest value in the 5% GBQ group. SEM observations showed increased surface and internal porosity and greater matrix heterogeneity with increasing GBQ supplementation, particularly in the 15~20% groups. In summary, supplementation with GBQ powder enhanced the protein and mineral content of noodles while inducing concentration-dependent changes in starch gelatinization and microstructure. At low supplementation levels (5~10%), favorable viscosity characteristics were observed with only minor microstructural changes. However, at high supplementation levels (15~20%), greater porosity and reduced structural stability were observed. Based on the nutritional,

rheological, and structural characteristics evaluated in the present study, 5~10% GBQ supplementation appears to be an appropriate supplementation level. The findings of this study provide fundamental information for the development of nutritionally enhanced wheat noodles supplemented with germinated black quinoa powder. However, the present study focused on the nutritional, rheological, and structural characteristics of GBQ-supplemented noodles. Therefore, further studies evaluating antioxidant activity and other functional properties are needed to provide a more comprehensive assessment of GBQ-supplemented noodles.

References

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. Method 76-21
- Abugoch James LE. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Adv Food Nutr Res* 58:1-31
- Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK, Gallagher E. 2010. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chem* 119:770-778
- An D, Li H, Li D, Zhang D, Huang Y, Obadi M, Xu B. 2022. The relation between wheat starch properties and noodle springiness: From the view of microstructure quantitative analysis of gluten-based network. *Food Chem* 393:133396
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Methods 920.39, 923.03, 925.10, and 960.52
- Arendt EK, Morrissey A, Moore MM, Dal Bello F. 2008. Gluten-free breads. In *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. pp.289-319. Elsevier
- Barakat H, Shams A, Denev P, Khalifa I. 2022. Incorporation of quinoa seeds accessions in instant noodles improves their textural and quality characteristics. *J Food Sci Technol* 59:1912-1921
- Bertazzo A, Comai S, Brunato I, Zancato M, Costa CVL. 2011. The content of protein and non-protein (free and protein-

- bound) tryptophan in *Theobroma cacao* beans. *Food Chem* 124:93-96
- Biliaderis CG. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. *Can J Physiol Pharmacol* 69:60-78
- Cappelli A, Oliva N, Cini E. 2020. A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. *Appl Sci* 10: 6559
- Demir B, Bilgiçli N. 2020. Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *J Food Sci Technol* 57:3884-3892
- Demir MK, Kutlu G, Yilmaz MT. 2017. Steady, dynamic and structural deformation (three interval thixotropy test) characteristics of gluten-free Tarhana soup prepared with different concentrations of quinoa flour. *J Texture Stud* 48:95-102
- Eliasson AC, Krog N. 1985. Physical properties of amylose-monomlyceride complexes. *J Cereal Sci* 3:239-248
- Föste M, Nordlohne SD, Elgeti E, Linden MH, Heinz V, Jekle M, Becker T. 2014. Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *Eur Food Res Technol* 239:767-775
- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci Technol* 15:143-152
- Goh HK. 2016. Physicochemical and physiological properties of quinoa by germination and heat treatments. Master's Thesis, Gachon Univ. Seongnam. Korea
- Graf BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I. 2015. Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Compr Rev Food Sci Food Saf* 14:431-445
- Hager AS, Mäkinen OE, Arendt EK. 2014. Amylolytic activities and starch reserve mobilization during the germination of quinoa. *Eur Food Res Technol* 239:621-627
- Han HR, Shang RX, Cui WW, Chen Y, Li LL, Tian XL, Zhang J, Zhao Y. 2026. Effects of mixed culture fermentation on quality of non-fried whole-wheat instant noodles. *Foods* 15:2265
- Hejazi SN, Orsat V. 2016. Malting process optimization for protein digestibility enhancement in finger millet grain. *J Food Sci Technol* 53:1929-1938
- Heo SJ, Jeon SY, Lee SY. 2014. Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β -glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. *LWT-Food Sci Technol* 55:627-631
- Hoover R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydr Polym* 45:253-267
- Jeong KY, Sim KH. 2020. Comparison of the nutritional composition of quinoa seeds cultivated in Korea depending on different cooking methods. *Korean J Food Nutr* 33:117-130
- Joung KY, Song KY, O H, Shin SY, Kim YS. 2017. Effects of gum on quality characteristics of gluten-free noodles prepared with *Eragrostis tef* flour. *Korean J Food Nutr* 30:1025-1034
- Kong SH, Lee JS. 2010. Quality characteristics and changes in GABA content and antioxidant activity of noodles prepared with germinated brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:274-280
- Lee JH. 2007. New beneficial crops, amaranth and quinoa, as food nutritional sources. *Food Ind Nutr* 12:29-36
- Lee JS, Lee MH, Kim JM. 2018. Changes in quality characteristics of *Cheonggukjang* added with quinoa during fermentation period. *Korean J Food Nutr* 31:24-32
- Lee JY, Lee WJ. 2011. Quality characteristics of germinated brown rice flour-added noodles. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:981-985
- Lopez-Rubio A, Flanagan BM, Gilbert EP, Gidley MJ. 2008. A novel approach for calculating starch crystallinity and its correlation with double helix content: A combined XRD and NMR study. *Biopolymers* 89:761-768
- Maldonado-Alvarado P, Pavón-Vargas DJ, Abarca-Robles J, Valencia-Chamorro S, Haros CM. 2023. Effect of germination on the nutritional properties, phytic acid content, and phytase activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Foods* 12:389
- Mu J, Qi Y, Gong K, Chen Z, Brennan MA, Ma Q, Wang J, Brennan CS. 2023. Effects of quinoa flour (*Chenopodium*

- quinoa Willd) substitution on wheat flour characteristics. *Curr Res Food Sci* 7:100556
- Mu J, Qi Y, Gong K, Chen Z, Brennan MA, Ma Q, Wang J, Gen Y, Lv W, Brennan CS. 2022. Influence of substituting wheat flour with Quinoa flour on quality characteristics and *in vitro* starch and protein digestibility of fried-free instant noodles. *LWT-Food Sci Technol* 165:113686
- Nam SW, Kim E, Kim MR. 2015. Physicochemical quality of functional gluten-free noodles added with nondigestible maltodextrin. *J East Asian Soc Diet Life* 25:681-690
- Narsih Y, Harijono H. 2012. The study of germination and soaking time to improve nutritional quality of sorghum seed. *Int Food Res J* 19:1429-1432
- Navruz-Varli S, Sanlier N. 2016. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Cereal Sci* 69:371-376
- Oles PJ, Graham WM. 1991. Microwave acid digestion of various food matrixes for nutrient determination by atomic absorption spectrophotometry. *J Assoc Off Anal Chem* 74:812-814
- Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem* 81:219-231
- Tang Y, Li X, Zhang B, Chen PX, Liu R, Tsao R. 2015. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chem* 166:380-388
- Vicente-Sánchez ML, Castro-Alija MJ, Jiménez JM, María LV, María Jose C, Pastor R, Albertos I. 2024. Influence of salinity, germination, malting and fermentation on quinoa nutritional and bioactive profile. *Crit Rev Food Sci Nutr* 64:7632-7647
- Xing B, Teng C, Sun M, Zhang Q, Zhou B, Cui H, Ren G, Yang X, Qin P. 2021. Effect of germination treatment on the structural and physicochemical properties of quinoa starch. *Food Hydrocoll* 115:106604
- Xing B, Zhang Z, Zhu M, Teng C, Zou L, Liu R, Zhang L, Yang X, Ren G, Qin P. 2023. The gluten structure, starch digestibility and quality properties of pasta supplemented with native or germinated quinoa flour. *Food Chem* 399:133976
- Zhang L, Dang B, Lan Y, Zheng W, Kuang J, Zhang J, Zhang W. 2024. Metabolomics characterization of phenolic compounds in colored quinoa and their relationship with *in vitro* antioxidant and hypoglycemic activities. *Molecules* 29:1509
- Zhang M, Chen Z. 2024. Changes in cooking characteristics, structural properties and bioactive components of wheat flour noodles partially substituted with whole-grain hulled tartary buckwheat flour. *Foods* 13:395
- Zobel HF. 1988. Molecules to granules: A comprehensive starch review. *Starch/Stärke* 40:44-50

Received 30 July, 2026
Revised 12 August, 2026
Accepted 18 August, 2026

*Lactobacillus brevis*로 발효한 산수유(*Cornus officinalis*)의 항산화 활성 및 유지 산화 안정성

김 동 선 · *강 순 아*

호서대학교 벤처대학원 융합공학과 박사과정, *호서대학교 벤처대학원 융합공학과 명예교수

Antioxidant Activity and Lipid Oxidative Stability of *Cornus officinalis* Fermented with *Lactobacillus brevis*

Dong-Seon Kim and *Soon Ah Kang*

Ph.D. Student, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

*Professor Emeritus, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

Abstract

In this study, we evaluated the antioxidant activity and lipid oxidative stability of *Cornus officinalis* powder fermented with *Lactobacillus brevis*. The powder was inoculated with 100 mL (COF1) or 50 mL (COF2) of *L. brevis* culture and incubated statically at 30°C for 48 h; the control (CO) received sterile distilled water. *In vitro*, the DPPH and ABTS radical scavenging activity and total polyphenol content were the highest in COF2 ($p<0.05$); TPC increased by approximately 11% over CO, whereas the total flavonoid content showed no significant difference. For lipid stability, fermented extracts were added to soybean oil (200 and 1,000 ppm) and oxidized at 180°C. Suppression of the primary product (CDA) was greatest in the CO, whereas that of the secondary product (*p*-AV) was most effective in the COF2 (14.4% reduction); however, TBA values increased at 1,000 ppm, likely due to color interference and the pro-oxidant action of polyphenols. The fermented groups in the oil-in-water emulsions oxidized at 60°C suppressed headspace oxygen consumption and conjugated diene formation more than that in the CO. These results indicate that *L. brevis* fermentation enhances the antioxidant properties of *Cornus officinalis*, with inhibitory patterns differing according to the oxidation stage, supporting its potential as a natural antioxidant for oil-processed foods.

Key words: *Cornus officinalis*, *Lactobacillus brevis*, fermentation, antioxidant activity, lipid oxidative stability

서 론

국가데이터처(구 통계청)에 따르면 2025년 우리나라 65세 이상 인구는 전체의 20.7%에 이르러 UN 기준 초고령사회(20% 이상)에 공식 진입하였고, 2027년경 22%대까지 상승할 것으로 전망된다(Statistics Korea 2026). 이러한 급속한 고령화로 의료비 부담이 커지면서 건강한 노화와 만성질환 예방에 대한 관심이 높아지고 있다.

노화 과정에서 과도하게 쌓이는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 단백질 · 지질 · DNA를 무차별 공격

해 손상을 일으키며, 산화적 손상은 당뇨병 · 심혈관계 질환 · 퇴행성 신경질환 · 암 등의 발병 위험을 높인다(Liguori 등 2018; Jomova 등 2023). 이에 식이를 통한 항산화 관리가 중요하며, 한국인 대상 연구에서 식이패턴과 영양소 섭취가 만성질환 위험과 유의하게 연관되고(Jung 등 2011), 산화 스트레스로 유도된 세포 손상을 완화하는 천연 추출물도 보고되었다(Kim 등 2018). 반면, 합성 항산화제 BHT와 BHA는 안전성 논란이 이어져 왔으며(Choe & Yang 1982), 이를 대체할 천연물 소재 연구가 활발하게 연구되고 있다. 국내 오미자 등 약용식물(Kim & Choi 2008)과 녹차 카테킨(Higdon & Frei

* Corresponding author: Soon Ah Kang, Dept. of Convergence Technology, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 06724, Korea. Tel: +82-2-2059-2353, Fax: +82-2-2059-1405, E-mail: sakang@hoseo.edu

2003)을 비롯한 식물성 폴리페놀은 산화 스트레스 관련 만성 질환 예방에 기여하며(Liu RH 2003; Pandey & Rizvi 2009), 아로니아 · 해조류 · 자두 등 다양한 식품 소재에서도 폴리페놀 유래 항산화 활성이 보고되고 있다(Kwak 등 2005; Lee 등 2012; Choi 등 2015).

산수유(*Cornus officinalis* Sieb. et Zucc.)는 층층나무과(Cornaceae) 낙엽소교목으로 붉은 핵과를 맺으며, 그 열매는 동아시아에서 오랫동안 식용 · 약용으로 이용되어 왔다(Dong 등 2018). 산수유 과실에는 당류 · 유기산과 함께 iridoid 배당체(morroniside, loganin), gallic acid 등 페놀산, ursolic acid · oleanolic acid 등 triterpenoid가 함유되어 있으며(Dong 등 2018), 최근 비표적 대사체 분석에서 조직별로 1,200여 종의 대사체가 검출되어 화학적 다양성이 확인되었다(Rai 등 2020).

Lee 등(2011a)은 산수유(*Corni fructus*)의 추출 온도별 비교에서 총 페놀 함량이 90℃에서 가장 높았으나 DPPH라디칼 소거능, ABTS 양이온 라디칼 소거능과 항유전독성은 온도에 무관하게 우수함을 보고하였다. Jeon 등(2008)은 산수유 에탄올 추출물이 500 ppm에서 BHT를 웃도는 전자공여능과 항돌연변이 · 항암 활성을 보였다고 하였다. 항당뇨 활성에서도 Kim 등(2009)은 db/db 마우스의 혈당 · 인슐린 저항성 개선을, Park 등(2019)은 약용식물 11종 중 산수유가 야관문 다음으로 높은 α -glucosidase 저해 활성(50.9%)을 보고하였다. 국내 산채류(Lee 등 2011b) · 약용식물(Shin YJ 2013) · 한약재(Lee 등 2015) 연구에서도 페놀 함량이 높을수록 라디칼 소거능이 커지는 경향이 확인되었다. 한편 항산화 소재의 실제 활용을 평가하려면 지질계 산화 억제 능력도 살펴야 하며, 세이지(Kim 등 2023), 오레가노 종자(Lee 등 2021), 호로파 종자(Bae 등 2022) 등 천연 추출물의 유지산화안정성이 평가되어 왔다.

식물 소재의 기능성을 높이는 방법으로 유산균 발효가 주목받고 있으며, 발효는 활성 성분 조성을 바꿔 총 페놀 · 플라보노이드 함량과 항산화 활성을 높이는 것으로 보고되었다(Wang 등 2022). 특히 *Lactobacillus brevis*는 헤테로발효형 유산균으로, 국내 전통 발효식품에서 분리된 균주가 β -glucosidase 활성과 우수한 내산성 · 내담즙성을 보여 식물성 소재 발효에 적합하다(Son 등 2018). Song 등(2023)은 *L. brevis* B7로 발효한 수경재배 인삼에서, 같은 연구진(Song 등 2021)은 인삼 첨가 요구르트 공동 발효에서 페놀 · 플라보노이드 함량과 항산화 활성 향상을 확인하였다. 국내에서도 유산균으로 발효한 버섯(Yang 등 2014), *Lactobacillus plantarum*으로 발효한 골드키위(Ryu 등 2018)와 오디(Lee & Hong

2016) 추출물에서 총 폴리페놀 함량과 DPPH 소거능 증가가 보고되었다. 이와 함께 유자를 첨가한 요구르트에서도 항산화 활성이 보고되었다(Lee 등 2008). 또한 김치에서 분리한 *L. brevis* KU15152의 항염증 효과도 보고되어(Kim 등 2022) 균주 자체의 기능성이 기대된다.

산수유 발효에 관한 연구는 아직 많지 않다. Zhou 등(2023)은 산수유를 *Bacillus subtilis* · *Bifidobacterium bifidum*으로 발효 시 gallic acid는 크게 증가한 반면, loganin은 거의 변하지 않았다고 보고하였고, 가시오가피(Su 등 2024) · 석곡(Liu 등 2023) 등에서도 발효를 통한 성분 변화가 보고되었으나 산수유를 *L. brevis*로 발효한 연구는 미비하다. 산수유의 뛰어난 항산화 활성과 *L. brevis* 발효의 기능성 향상 효과에 착안하여, 본 연구에서는 산수유 분말에 *L. brevis* 배양액을 접종량을 달리하여 발효한 추출물(COF1, COF2)과 멸균수만 첨가한 미발효 대조군(CO)을 대상으로 발효에 따른 항산화 활성과 유지산화안정성 변화를 종합적으로 평가하고자 하였다. 구체적으로 총 폴리페놀 함량(TPC)과 총 플라보노이드 함량(TFC), DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능, FRAP 환원력을 측정하여 시료군 간 항산화 활성을 비교하고 각 지표 간 상관관계를 분석하였으며, 실제 지질계에서의 산화 억제 효과를 확인하기 위하여 bulk oil 시스템에서는 CDA, *p*-AV, TBA를, O/W 에멀전 시스템에서는 헤드스페이스 산소 소모와 conjugated diene(CD) 생성을 측정하였다. 이를 통해 발효 산수유 추출물의 항산화능 변화와 지질 산화 억제 효과를 함께 규명하여 천연 항산화 소재로서의 활용 가능성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시료 제조

씨를 제거하고 건조한 산수유는 경기도 이천시 백사면 산수유마을에서 구매하여 분쇄한 뒤 시료로 사용하였다. 발효에 사용한 *L. brevis* 배양액은 MRS 배지(55 g/L)를 121℃에서 15분간 멸균한 후 균을 접종하여 30℃에서 배양한 것을 이용하였다. 시료군은 발효 조건에 따라 세 가지로 나누었으며, 미발효 대조군(CO)은 산수유 분말 50 g에 멸균수 100 mL를, 발효군 COF1과 COF2는 각각 산수유 분말 50 g에 *L. brevis* 배양액 100 mL와 50 mL를 가하여 30℃에서 48시간 정치배양하였다. 배양이 끝난 시료는 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 -85℃ 감압 조건에서 5일간 동결건조하여 분말 형태

로 얻었다.

항산화 활성 측정에는 동결건조한 시료를 메탄올에 녹여 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도로 조제한 시료 용액을 사용하였으며, 이를 DPPH · ABTS 라디칼 소거 활성, 총 폴리페놀 함량(TPC) · 총 플라보노이드 함량(TFC), FRAP 환원력 측정에 공통으로 적용하였다.

2. 항산화 활성 측정

1) DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성 측정

DPPH 라디칼 소거 활성은 Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. 메탄올에 용해한 0.1 mM DPPH 0.75 mL와 산수유 추출물 시료 용액(0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL) 0.25 mL를 혼합하여 30분간 암실에서 반응시킨 후 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco, Seoul, Korea)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료 대신 동량의 메탄올로 처리하여 동일한 과정으로 진행하였다.

2) ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)] 양이온 라디칼 소거 활성 측정

ABTS 양이온 라디칼 소거 활성은 Re 등(1999), Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate 수용액을 동량으로 혼합하여 상온 암실에서 12시간 정치한 뒤, 734 nm에서 흡광도가 0.800 ± 0.050 이 되도록 에탄올로 희석하여 ABTS 시약으로 사용하였다. ABTS 시약 0.95 mL와 산수유 추출물 시료 용액(0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL) 0.05 mL를 혼합하여 10분간 암실에서 반응시킨 후 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco)로 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

3) TPC(total phenolic contents) 측정

TPC는 Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. 산수유 추출물 시료 용액(0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL) 0.05 mL와 증류수 0.8 mL를 혼합한 후 증류수와 1:1(v/v)로 희석한 Folin-Denis reagent 0.05 mL를 첨가하여 5분간 정치하고, sodium carbonate 포화용액 0.1 mL를 넣어 상온에서 30분간 반응시켰다. 이후 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco, Korea)로 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 tannic acid를 사용하여 검량곡선으로 정량하였다.

4) TFC(total flavonoid contents) 측정

총 플라보노이드 함량(TFC)은 Chang 등(2002)의 알루미늄 클로라이드 비색법을 일부 변형하여 측정하였다. TFC는 산수유 추출물 시료 용액(0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL) 0.1 mL에 에탄올 0.3 mL, 10% aluminum chloride 용액 0.1 mL, 증류수 0.56 mL를 혼합하고 1 M potassium acetate 0.02 mL를 첨가하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco, Korea)로 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin을 사용하여 검량곡선으로 정량하였다.

5) FRAP(ferric reducing antioxidant power) 환원력 측정

FRAP 환원력은 Benzie & Strain(1996), Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. Acetic acid로 pH 3.6으로 조정된 300 mM sodium acetate 용액, 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ 용액, 20 mM FeCl₃ 용액을 10:1:1(v/v/v)로 혼합하여 37°C에서 15분간 정치한 FRAP 시약을 사용하였다. FRAP 시약 0.9 mL와 산수유 추출물 시료 용액(0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL) 0.03 mL를 혼합하여 30분간 암실에서 반응시킨 후 UV-VIS spectrophotometer (Mega-U600, Scinco, Korea)로 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 검량곡선으로 정량하였다.

3. 유지 산화안정성 측정

1) 산수유 추출물 첨가 유지 시료 제작

유지 시료는 산수유 추출물을 소량의 dimethyl sulfoxide에 용해하여 콩기름에 200, 1,000 ppm 농도로 첨가한 후 180°C dry oven에서 30, 60, 90분간 산화시켰으며, 대조군은 DMSO로 추출물을 대체하였다.

2) CDA(conjugated dienoic acid)가

CDA는 AOCS(2017a), Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. 산화된 유지 시료를 isooctane에 4,000 ppm 농도로 용해하여 흡광도가 0.200~0.800 범위가 되도록 희석한 후 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco, Korea)로 233 nm에서 측정하였다.

3) p-AV(p-anisidine value)가

p-AV는 AOCS(2017b), Lee 등(2021)과 Kim 등(2023)의 방법

을 참고하였다. 산화된 유지 시료를 isooctane에 4,000 ppm 농도로 용해하여 350 nm에서 흡광도를 측정한 후, acetic acid에 0.25%로 용해한 *p*-anisidine 용액 0.3 mL와 시료 1.5 mL를 15분간 암실에서 반응시켜 다시 350 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4) TBA(thiobarbituric acid value)가

TBA는 Asnaashari 등(2015)과 Kim 등(2023)의 방법을 참고하였다. 2-Thiobarbituric acid 0.067 g을 증류수 100 mL에 용해한 후 동량의 glacial acetic acid와 혼합하여 TBA reagent를 제조하였다. 산화된 유지 시료 1.5 g을 benzene 5 mL에 용해하고 TBA reagent 5 mL를 넣어 20분간 정치한 후, 상층액을 제거하고 100°C water bath에서 30분간 반응시켰다. 이후 흐르는 물로 냉각하여 UV-VIS spectrophotometer(Mega-U600, Scinco, Korea)로 530 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. O/W 에멀전에서의 유지 산화안정성 측정

1) O/W 에멀전 제조

O/W 에멀전은 Yi 등(2018)의 방법을 일부 변형하여 제조하였다. 0.25% Tween 20, 2.5% corn oil 및 증류수를 혼합하여 rotor-stator homogenizer(Daihan Homogenizer Analog, HG-15A Set-A, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Korea)로 16,200 rpm에서 3분간 1차 균질화한 뒤, 고압 균질기(APV 1000, SPX Flow, NC, USA)를 이용하여 200 bar에서 3회 통과시켜 에멀전을 완성하였다.

2) 산수유 추출물의 첨가 및 저장

산수유 추출물은 증류수에 40,000 ppm 농도로 용해한 뒤 2분간 볼텍싱하여 stock solution을 제조하였다. 제조한 에멀전을 100 g씩 소분한 후 stock solution 1 mL를 후첨가하여 최종 농도가 400 ppm이 되도록 하였으며, 첨가 농도와 방식은 Frankel 등(1996), Skowrya 등(2014), Song & Choe(2017)를 참고하였다. 추출물을 첨가하지 않은 에멀전을 무첨가 대조군(Control)으로 하였다. 이후 모든 시료는 자기교반기로 400 rpm에서 30분간 교반한 다음, 2 mL씩 10 mL air-tight vial에 옮겨 60°C 오븐에서 저장하면서 0, 4, 9일에 산화 정도를 측정하였다.

3) 헤드스페이스 산소 함량 및 conjugated diene 측정 산화 정도는 Yoo 등(2025)의 방법에 따라 헤드스페이스

산소 함량과 conjugated diene(CD)으로 평가하였다. 헤드스페이스 산소 함량은 Molecular Sieve 5A(60/80 mesh, Restek, Bellefonte, PA, USA)가 충전된 stainless-steel column(3.0 m × 2.0 mm i.d.)과 TCD가 장착된 gas chromatograph(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 측정하였으며, 운반기체(헬륨)의 유속은 200 mL/min, oven · injector · detector 온도는 각각 60, 180, 180°C로 설정하였다. CD는 에멀전 0.12 mL에 methanol/1-butanol(2:1, v/v) 2.7 mL를 혼합하여 UV/VIS spectrophotometer(UH 5300, Hitachi, Tokyo, Japan)로 233 nm에서 측정하였으며, 결과는 유지 kg당 g으로 나타내었다.

5. 통계분석

모든 시료의 분석은 3회 반복하여 결과를 얻었으며 SPSS program, ver 24(SPSS Inc.)를 사용하여 평균±표준편차로 나타내었다. 유의성 검정은 one-way ANOVA로 분석하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후 검증하였다. 또한 항산화 지표 간의 상관관계는 각 시료군의 반복 측정치를 이용하여($n=9$) Pearson 상관분석으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 산수유 발효 추출물의 DPPH 및 ABTS 양이온 라디칼 소거 활성 비교

산수유 추출물 시료인 CO, COF1, COF2의 DPPH 라디칼 소거 활성 및 ABTS 양이온 라디칼 소거 활성 결과는 Fig. 1에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거 활성은 세 시료 모두 농도 의존적으로 증가하였으며, 시료 1 mg/mL 농도에서 CO, COF1, COF2가 각각 72.1, 72.3, 80.3%로 COF2가 CO보다 11.4% 높은 소거 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 시료 0.5 mg/mL 농도에서도 COF2(50.4%)가 CO(43.4%)에 비해 16.1% 높은 활성을 보여($p < 0.05$) *L. brevis*로 발효에 의한 항산화 활성 증가가 확인되었다. ABTS 양이온 라디칼 소거 활성도 농도 의존적으로 증가하였는데, 0.5 mg/mL 농도에서 CO, COF1, COF2가 각각 12.6, 15.1, 30.7%를 나타내어 COF2가 CO보다 약 2.4배 유의적으로 높은 소거 활성을 보였다($p < 0.05$).

유산균 발효에 의한 라디칼 소거 활성 증가는 발효 중 β -glucosidase에 의해 결합형 페놀 화합물이 유리형으로 전환되면서 생리활성 성분의 용출이 촉진되는 것과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. Son 등(2018)은 국내 전통 발효식품에서 β -glucosidase 활성과 프로바이오틱 특성을 지닌 유산균을 분

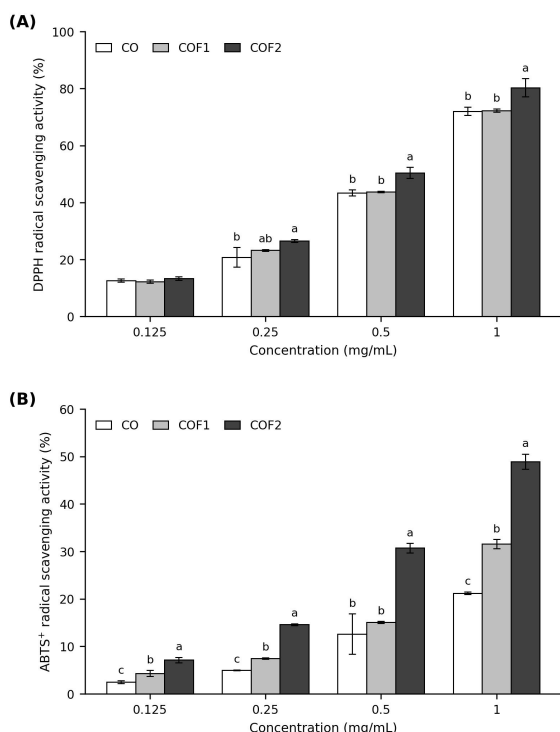


Fig. 1. DPPH and ABTS cation radical scavenging activities of CO, COF1, and COF2. (A) DPPH radical scavenging activity, (B) ABTS cation radical scavenging activity. CO: unfermented *Cornus officinalis*, COF1: *C. officinalis* fermented with 100 mL of *Lactobacillus brevis* culture, COF2: *C. officinalis* fermented with 50 mL of *L. brevis* culture. Each value is mean $\pm$ SD (n=3). Different letters are significant at $p<0.05$.

리·보고하였으며, Kim 등(2020)은 β -glucosidase 활성 균주로 발효 시 배당체 형태의 성분이 아글리콘 형태로 전환됨을 확인하였다. Song 등(2023)도 인삼을 *L. brevis* B7로 발효하였을 때 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능이 발효 전에 비해 유의적으로 향상되었다고 보고하였으며, 유산균으로 발효한 오디(Lee & Hong 2016), 골드키위(Ryu 등 2018) 등에서도 발효 후 DPPH 라디칼 소거 활성이 증가한 것으로 보고되어 본 연구 결과를 뒷받침한다. 한편, *L. brevis* 접종량이 적은 COF2 (50 mL)가 접종량이 많은 COF1(100 mL)보다 높은 항산화 활성을 나타낸 점은 주목할 만하다. 세 시료군은 모두 산수유 분말 50 g을 동일하게 사용하였으나 첨가한 배양액의 양이 달랐으므로, 접종량이 많은 COF1에는 배지 유래 고형분이 상대적으로 더 많이 포함되어 동결건조물 내 산수유 유래 폴리페놀의 상대적 함량이 낮아졌을 가능성이 있다. 즉, 배양액을 적게 넣은 COF2가 단위 질량당 산수유 성분을 상대적으로 더 많이 함유하게 되어 라디칼 소거능이 높게 나타난 것으로 볼 수 있다. 여기에 접종량이 과다할 경우 발효 초기 균체의 급격한 증식과 유기산 생성에 따른 pH 저하로 β -glucosidase에 의한 페놀 유리가가 초기에 제한되는 등 발효 효율 측면의 영향도 배제할 수 없다. 다만 이를 확장하려면 동결건조물의 수율과 배지 유래 성분, 발효 중 pH·균수 변화에 대한 추가 분석이 필요하다.

2. 산수유 발효 추출물의 TPC, TFC 및 FRAP 환원력 비교

시료인 CO, COF1, COF2의 총 페놀함량(TPC), 총 플라보노이드 함량(TFC) 및 FRAP 결과는 Table 1과 같다. TPC 측정 결과 시료 CO, COF1, COF2의 총 페놀함량은 각각 1.841,

Table 1. TPC, TFC, and FRAP of fermented *Cornus officinalis*

Sample	TPC ¹⁾ (μ mol tannic acid eq/g)	TFC ²⁾ (μ mol quercetin eq/g)	FRAP ³⁾ (mmol ascorbic acid eq/g)
CO ⁴⁾	1.841 $\pm$ 0.002 ^c	0.810 $\pm$ 0.003	10.734 $\pm$ 0.053 ^b
COF1	1.950 $\pm$ 0.007 ^b	0.814 $\pm$ 0.001	10.553 $\pm$ 0.030 ^c
COF2	2.046 $\pm$ 0.007 ^a	0.813 $\pm$ 0.005	11.260 $\pm$ 0.086 ^a

¹⁾ Total polyphenol content.

²⁾ Total flavonoid content.

³⁾ Ferric reducing antioxidant power.

⁴⁾ CO: unfermented *Cornus officinalis*, COF1: *C. officinalis* fermented with 100 mL of *Lactobacillus brevis* culture, COF2: *C. officinalis* fermented with 50 mL of *L. brevis* culture.

Each value is mean $\pm$ SD (n=3). Different letters are significant at $p<0.05$.

1.950, 2.046 $\mu\text{mol tannic acid equivalent/g extract}$ 로 COF2가 CO보다 유의적으로 11.1% 높았으며, COF1도 CO 대비 5.9% 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). FRAP 환원력은 CO, COF1, COF2가 각각 10.734, 10.553, 11.260 $\text{mmol ascorbic acid equivalent/g extract}$ 로 COF2에서 가장 높은 환원력을 나타내었다($p<0.05$). 한편, 총 플라보노이드함량(TFC) 시료군 간의 통계적으로 유의적인 차이가 관찰되지 않았다.

높은 폴리페놀 함량과 라디칼 소거능 사이에 밀접한 상관관계가 있다는 것은 다수의 연구에서 확인된 바 있다. Kwak 등(2005)은 국내 식용 해조류에서 총 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화 효과가 커지는 유의한 상관관계를 보고하였으며, Choi 등(2015)도 폴리페놀이 풍부한 아로니아에서 높은 항산화 활성을 보고하였다. 본 연구에서도 TPC가 가장 높은 COF2에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성이 동시에 가장 높게 나타나 총 페놀함량이 증가할수록 산화를 방지하는 효과가 있음을 보여주면서 이를 뒷받침한다. 발효에 의한 TPC 증가는 *L. brevis*가 분비하는 β -glucosidase 등 가수분해효소에 의해 세포벽이 분해되고 결합형 폴리페놀이 유리형으로 전환되면서 용출량이 촉진됨에 따른 것으로 생각된다(Son 등 2018). Song 등(2021) 연구에서도 *L. brevis* B7로 인삼 첨가 요구르트를 공동 발효하였을 때 페놀 함량과 함께 항산화 활성이 개선됨을 보고하여 유사한 경향성을 보였다. 한편 COF1의 FRAP이 CO보다 낮게 나타난 것은 접종량 차이에 따른 발효 대사 산물의 조성 변화가 영향을 미쳤을 가능성이 있으나, 이에 대해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

항산화 지표 간의 관련성을 확인하기 위하여 DPPH · ABTS 라디칼 소거능, FRAP 환원력 및 TPC 간의 Pearson 상관분석을 실시한 결과는 Table 2와 같다. 네 지표는 모두 서로 유의적인 양의 상관관계를 나타내었다. 특히 TPC는 ABTS 라디칼 소거능과 가장 높은 상관관계를 보였으며

($r=0.976$, $p<0.01$), DPPH 라디칼 소거능($r=0.817$, $p<0.05$) 및 FRAP 환원력($r=0.678$, $p<0.05$)과도 유의적인 상관관계를 보였다. 또한 DPPH 라디칼 소거능은 FRAP 환원력과 높은 상관관계를 나타내었다($r=0.925$, $p<0.01$). 이러한 결과는 산수유 발효 추출물의 라디칼 소거능과 환원력이 총 페놀 함량과 밀접하게 연관되어 있음을 뒷받침하며, 폴리페놀이 주요 항산화 성분으로 작용함을 시사한다.

3. 유지 시스템에서의 산수유 추출물의 산화안정성 비교

유지 산화는 과산화물의 1차 단계와 알데히드 · 케톤의 2차 단계로 나뉘므로, CDA(conjugated dienoic acid)와 *p*-AV(*p*-anisidine value)를 함께 측정해야 산화 전 과정을 파악할 수 있다(Abeyrathne 등 2021). Lee 등(2021)도 오레가노 종자 분획물을 첨가한 옥수수기름에서 CDA와 *p*-AV를 측정하여 유지 산화안정성을 평가한 바 있다.

1) Conjugated dienoic acid(CDA)

CO, COF1, COF2 추출물을 200 및 1,000 ppm 농도로 콩기름에 첨가하고 180℃에서 30, 60, 90분간 산화시킨 후 1차 산화물인 CDA 함량을 측정한 결과를 Fig. 2A에 나타내었다. 산화 시간이 길어질수록 모든 군에서 CDA값이 증가하는 경향을 보였다. 1,000 ppm 첨가군의 90분 산화 조건에서 추출물을 첨가하지 않은 대조군의 CDA값은 1.574%였으나, CO, COF1, COF2는 각각 1.374, 1.516, 1.495%로 추출물 첨가군 모두 대조군보다 산화가 지연되었다. 특히 미발효군인 CO는 대조군 대비 12.7% 감소하여 1차 산화 억제 효과가 가장 우수하였으며, 이는 발효군인 COF1(3.7% 감소)과 COF2(5.0% 감소)보다 유의적으로 높은 억제능이었다($p<0.05$).

CDA는 불포화지방산의 이중결합이 산소와 반응하여 형성되는 공액 이중결합으로, 유지 산화의 1차 생성물을 나타내는 지표이다(Abeyrathne 등 2021). 본 연구에서 1차 산화물 억제능은 미발효군인 CO가 가장 우수하였고, 발효군인 COF1과 COF2가 그 뒤를 이었다($p<0.05$). 이는 *in vitro* 결과와 상반된 경향으로, 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 COF2가 bulk oil에서는 오히려 1차 산화 억제 효과가 낮게 나타났다. 이러한 차이는 항산화 성분의 극성으로 설명할 수 있다. 극성이 큰 페놀 성분은 무극성 매질인 bulk oil에 균일하게 분산되지 못하고 상대적으로 산화에 덜 취약한 영역에 머무르기 쉬워, 산화가 개시되는 지점에서 충분히 작용하기 어렵다(Frankel 등 1994; Shahidi & Zhong

Table 2. Pearson's correlation coefficients among DPPH, ABTS, FRAP, and TPC of fermented *Cornus officinalis*

	DPPH	ABTS	FRAP	TPC
DPPH	1	-	-	-
ABTS	0.849*	1	-	-
FRAP	0.925**	0.793*	1	-
TPC	0.817*	0.976**	0.678*	1

Values are Pearson's correlation coefficients. * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

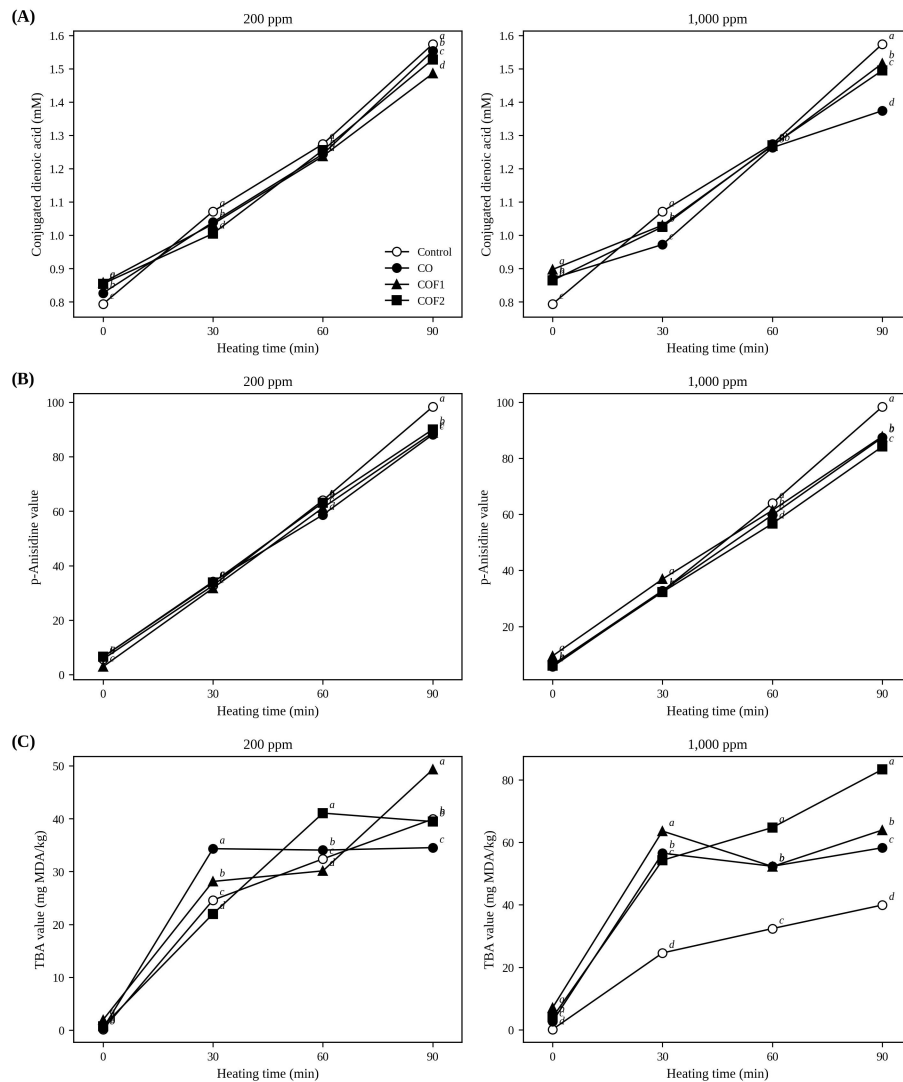


Fig. 2. Conjugated dienoic acid, *p*-anisidine value and TBA value in bulk oil system with CO, COF1, and COF2. (A) Conjugated dienoic acid, (B) *p*-Anisidine value, (C) TBA value. CO: unfermented *Cornus officinalis*, COF1: *C. officinalis* fermented with 100 mL of *Lactobacillus brevis* culture, COF2: *C. officinalis* fermented with 50 mL of *L. brevis* culture. Left: 200 ppm, Right: 1,000 ppm. Each value is mean $\pm$ SD (n=3). Different letters are significant at $p < 0.05$.

2011). 다만 발효로 변화된 성분 조성이 1차 산화 억제에 구체적으로 어떻게 기여하는지는 본 결과만으로 단정하기 어려우며, 성분 수준의 후속 분석이 필요하다.

2) *p*-Anisidine value(*p*-AV)

유지의 2차 산화물 지표인 *p*-AV를 측정한 결과는 Fig. 2B에 나타내었다. 산화 시간이 경과함에 따라 모든 군에서

p-AV가 증가하는 경향을 보였다. 1,000 ppm 첨가군의 90분 산화 조건에서 대조군의 *p*-AV가 98.4인 데 비해 CO, COF1, COF2는 각각 87.4, 87.8, 84.2로 산수유 추출물 첨가군 모두 대조군보다 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다($p < 0.05$). 이 중 산수유를 발효한 시료 COF2가 대조군보다 14.4% 감소하여 가장 우수한 2차 산화물 억제 효과를 나타내었으며, CO와 COF1은 각각 11.2, 10.7% 감소하였으나 두 군 간에는 유의적

인 차이가 관찰되지 않았다. 60분 산화 조건에서도 COF2가 56.7로 대조군(64.0)보다 11.4% 유의적으로 낮아($p<0.05$) CO(59.8)와 COF1(61.4)보다 우수하였다. 한편 200 ppm 첨가군에서는 90분 산화 조건에서 CO, COF1, COF2가 각각 88.2, 88.9, 90.1로 세 군 모두 대조군(98.4)보다 유의적으로 낮았으나($p<0.05$) CO와 COF1 간에는 유의적인 차이가 없어, 2차 산화물 억제 효과는 첨가 농도가 높을수록 시료 간 차이가 뚜렷해지는 것으로 나타났다.

p -AV는 지질 산화 과정에서 hydroperoxide가 분해되어 생성되는 알데히드류의 양을 나타내는 2차 산화물 지표이다 (Abeyrathne 등 2021; Lee & Oh 2022). Kim 등(2023)은 세이지 추출물을 유지에 첨가한 연구에서 1차 산화물 억제 효과는 뚜렷하지 않았던 반면 2차 산화물인 p -AV와 TBA는 대조군보다 낮아져, 천연 추출물이 1차 산화보다 2차 산화 억제에 더 효과적일 수 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 1차 산화물인 CDA는 미발효군 CO가 가장 낮았으나 2차 산화물인 p -AV는 발효군 COF2가 가장 낮게 나타나, 산화 단계에 따라 억제 효과의 우열이 달라지는 유사한 양상이 확인되었다. 또한 *in vitro* 항산화 활성 평가에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 TPC, FRAP 환원력이 모두 가장 높았던 COF2가 유지 시스템에서도 2차 산화물 억제에 가장 우수한 결과를 보여, 라디칼 소거능과 2차 산화물 억제능이 서로 부합하는 것으로 나타났다. 이는 *L. brevis* 발효 과정에서 β -glucosidase에 의해 유리형으로 전환된 페놀 화합물이 hydroperoxide의 분해로 생성되는 알데히드류의 축적을 억제하는 데 기여한 것으로 생각된다.

3) TBA value

지질 과산화의 최종 분해 산물인 malondialdehyde(MDA)를 지표로 하는 TBA value 측정 결과는 Fig. 2C에 나타내었다. 200 ppm 첨가군의 90분 산화 조건에서 대조군의 TBA값이 39.9 mg malonaldehyde/kg sample인 데 비해 CO는 34.5로 대조군보다 13.5% 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으며($p<0.05$), COF2는 39.5로 대조군과 유의적인 차이가 없었고 COF1은 49.3으로 대조군보다 증가하였다. 그러나 1,000 ppm 첨가군에서는 발효 유무와 무관하게 모든 추출물 처리군(CO 58.3, COF1 63.9, COF2 83.3)의 TBA값이 대조군(39.9)보다 각각 45.9, 60.1, 108.7% 유의적으로 높게 나타나($p<0.05$), 200 ppm 조건과 상반된 경향을 보였다.

1,000 ppm 고농도에서 TBA값이 역전된 데에는 두 가지 원

인이 겹쳤을 것으로 본다. 하나는 발색 간섭(interference)이다. 산수유 추출물의 색소나 페놀 산화 분해물이 TBA 시약과 비특이적으로 반응하면 흡광도가 실제보다 높게 나온다. TBA법은 MDA뿐 아니라 당류·색소처럼 시료에 함께 들어 있는 성분과도 반응하는 한계가 있다. 다른 하나는 폴리페놀의 pro-oxidant 작용이다. 고농도 폴리페놀은 전이금속 이온을 환원시켜 오히려 지질 산화를 촉진할 수 있고, 이 항산화·촉진의 양면성은 폴리페놀 농도와 산화 환경에 따라 달라진다(Zhou & Elias 2013). 실제로 200 ppm에서 대조군보다 낮은 TBA값을 나타냈던 CO와 COF2가 1,000 ppm에서는 모두 대조군을 상회하였으며, 폴리페놀 함량이 가장 높은 COF2에서 그 상승 폭이 가장 크게 나타났다. 이처럼 TBA값의 역전 정도가 폴리페놀 함량이 높을수록 커지는 경향은 고농도 폴리페놀의 pro-oxidant 작용 가능성을 뒷받침한다. 산화 억제 효과를 더 분명히 가리려면 첨가 농도를 촘촘히 나누고, 발효 전후의 성분 변화를 LC-MS 기반 대사체 분석으로 확인할 필요가 있다.

4. O/W 에멀전에서의 산수유 추출물의 산화 안정성

산수유 추출물의 유지 내 산화안정성을 알아보기 위하여 O/W 에멀전에서 60℃ 저장 중 헤드스페이스 산소 함량과 CDA를 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 저장 초기(0일)에는 모든 시료의 헤드스페이스 산소 함량이 약 20.9%로 유사하였으나, 산화가 진행됨에 따라 시료 간 차이가 뚜렷하게 나타났다. 추출물을 첨가하지 않은 무첨가 대조군(Control)은 4일에 16.3%로 감소한 뒤 9일에는 4.5%까지 소진되어 사실상 완전히 산화되었으며, 이 시점 이후에는 측정이 불가능하여 모든 시료를 9일까지 비교하였다. 반면 산수유 추출물 첨가군은 산소 소모가 유의적으로 억제되어, 9일 산화 조건에서 CO, COF1, COF2가 각각 15.6, 19.3, 19.2%로 대조군보다 높은 값을 유지하였다($p<0.05$). 특히 발효군(COF1, COF2)이 미발효군(CO)보다 산소 소모를 더 효과적으로 억제하는 것으로 나타나면서 유지산화안정성을 보이는 것으로 관찰되었다.

O/W 에멀전에서의 CDA 측정 결과도 헤드스페이스 산소 함량 결과와 유사한 경향을 보였다(Fig. 3B). 무첨가 대조군의 CD는 4일에 6.0 g/kg으로 증가한 뒤 9일에 6.5 g/kg으로 가장 높은 값을 보인 반면, 산수유 추출물 첨가군은 CD 생성이 유의적으로 지연되었다($p<0.05$). 9일 산화 조건에서 CD는 대조군, CO, COF1, COF2가 각각 6.5, 5.0, 3.1, 3.1 g/kg으로, 발효군이 미발효군 및 대조군보다 1차 산화물 생성을 더 효

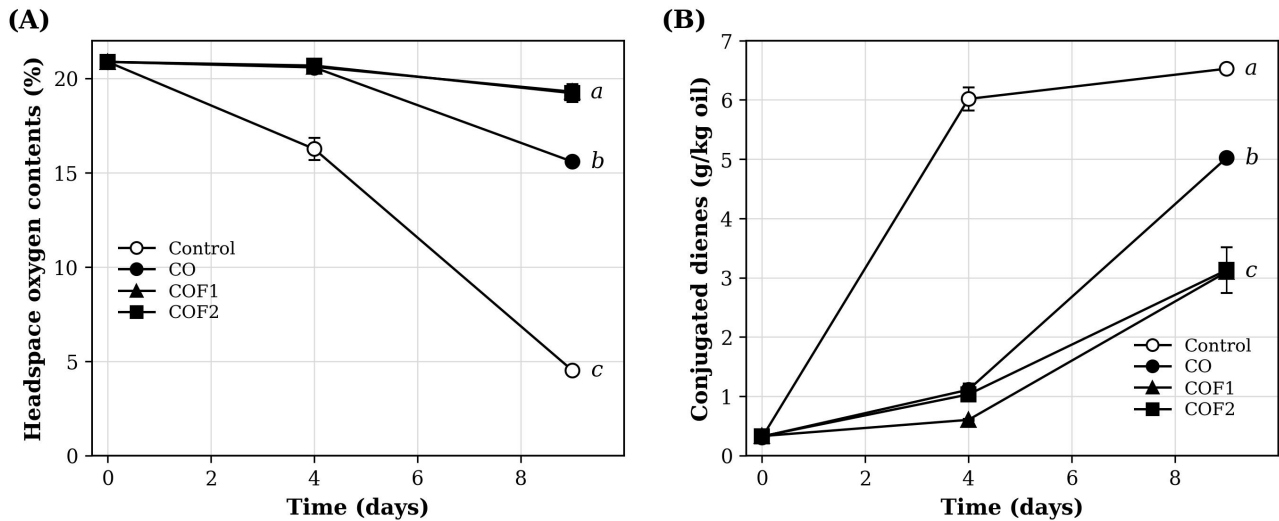


Fig. 3. Changes in headspace oxygen content (A) and conjugated diene (B) of O/W emulsions containing *Cornus officinalis* extracts during oxidation at 60°C. Control: emulsion without extract, CO: unfermented *C. officinalis*, COF1: *C. officinalis* fermented with 100 mL of *Lactobacillus brevis*, COF2: *C. officinalis* fermented with 50 mL of *L. brevis*. Each value is mean±SD (n=3). Different letters indicate significant differences at $p<0.05$.

과적으로 억제하였다($p<0.05$). 본 연구에서 헤드스페이스 산소 함량 감소를 억제하면서 CD 생성은 감소하는 경향성을 보이면서 두 지표 모두 산수유 발효균이 산화를 억제하는데 가장 효과적인 것을 알 수 있었다.

한편 bulk oil에서는 1차 산화물(CDA) 억제에 미발효균(CO)이 가장 효과적이었던 것과 달리, O/W 에멀전에서는 *in vitro* 항산화 활성이 가장 우수하였던 발효균(COF1, COF2)이 산화 억제에도 가장 우수하게 나타났다. 이는 항산화 성분의 극성과 계면 분포 특성에 기인하는 것으로 생각된다. 유화계에서는 산화가 주로 유적(oil droplet)과 물의 계면에서 개시되므로(Frankel 등 1994; Shahidi & Zhong 2011), 발효를 통해 증가한 극성 페놀 성분이 계면에 효과적으로 배향·농축되어 산화를 억제한 것으로 판단된다(Laguette 등 2015). 반면 bulk oil에서는 이러한 극성 성분이 유상 전반에 분산되어 계면에 집중되지 못하므로 그 효과가 상대적으로 제한된다. 이처럼 지질 시스템에 따라 항산화 활성의 우열이 달라지는 현상은 rosemary 추출물을 bulk oil과 emulsion에서 비교한 Frankel 등(1996), Choe E(2020) 및 Kim 등(2023)의 세이지 연구에서도 보고된 바 있다. 따라서 발효에 의한 폴리페놀 증가 효과는 bulk oil보다 O/W 에멀전 시스템에서 더 뚜렷하게 나타나는 것으로 판단된다.

결과를 종합하면, *in vitro* 항산화 활성은 발효균 COF2가 라디칼 소거능과 폴리페놀 함량 모두에서 가장 효과가 높았다. 그러나 실제 지질 시스템에서는 매질과 산화 단계에 따라 최적 시료가 다른 결과를 보였다. Bulk oil에서는 1차 산화물(CDA)을 미발효균 CO가, 2차 산화물(*p*-AV)을 발효균 COF2가 가장 잘 억제한 반면, O/W 에멀전에서는 헤드스페이스 산소 소모와 CD 생성 모두에서 발효균(COF1, COF2)이 앞섰다. *In vitro* 결과가 실제 지질계 결과와 차이가 있는 것은 추출물 성분의 극성·용해도·계면 특성이 매질마다 다르게 작용하기 때문으로, Kim 등(2023)의 세이지 연구에서도 같은 양상이 나타났다. 결국 천연 항산화 소재의 실용성을 평가할 때는 *in vitro* 지표만으로는 부족하며, bulk oil과 O/W 에멀전처럼 성격이 다른 지질계에서 산화 단계별 지표를 함께 살펴야 함을 보여주었다.

요약 및 결론

본 연구는 산수유 분말에 *L. brevis* 배양액 100 mL(COF1) 또는 50 mL(COF2)를 접종하여 30°C에서 48시간 정치배양한 발효 시료와 멸균수만 첨가한 대조군(CO)을 대상으로 항산화 활성을 평가하고, 유지 산화 모델에서의 산화안정성을 비

교하였다. *In vitro* 항산화 활성 평가에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 COF2에서 가장 높게 나타났으며($p<0.05$), 총 폴리페놀 함량(TPC)은 COF2가 CO 대비 약 11% 유의적으로 증가하였다. FRAP 환원력도 COF2에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 총 플라보노이드 함량(TFC)은 시료군 간 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 유지산화안정성을 평가하기 위하여 추출물을 200 및 1,000 ppm 농도로 콩기름에 첨가하여 180℃에서 산화시킨 결과, 1차 산화물(CDA) 억제는 미발효군(CO)이 가장 우수하였으나, 2차 산화물(*p*-AV) 억제는 발효군(COF2)이 대조군 대비 14.4% 감소하여 가장 효과적이었다. 한편 1,000 ppm 고농도 첨가 시 TBA값은 모든 처리군에서 대조군보다 높게 나타나, 추출물 고유 성분에 의한 발색 간섭 및 고농도 폴리페놀의 pro-oxidant 작용 가능성으로 인해 정확한 평가에 한계가 있었다. 또한 O/W 에멀전을 제조하여 60℃에서 헤드스페이스 산소 함량과 conjugated diene(CD)을 측정된 결과, 발효군(COF1, COF2)이 미발효군(CO) 및 무첨가 대조군보다 산소 소모와 CD 생성을 유의적으로 더 억제하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 *L. brevis* 발효는 산수유의 총 폴리페놀 함량과 라디칼 소거능을 유의적으로 향상시키며, 유지 시스템에서는 산화 단계에 따라 발효군과 미발효군의 억제 패턴이 달리 나타남을 확인하였다. 본 연구에서 산수유 발효 추출물은 산화방지 효과와 유지산화 안정성을 모두 나타내었다. 이는 발효공법이 기능성 소재의 생리활성을 높이는 동시에, 가공식품의 산화를 억제하는 식품가공 방법으로 활용될 수 있음을 보여주며, 향후 천연 산화방지제 소재로서의 가치가 있을 것으로 사료된다. 발효 조건의 최적화와 LC-MS 기반 대사체 분석을 통해 유지 산화 억제 기전이 구체적으로 규명된다면, 산수유 발효 추출물은 유지가공식품의 산패를 방지하는 천연 항산화 식품 소재로서 충분한 활용 가치를 가질 것으로 판단된다.

감사의 말

본 연구는 2026년도 한국사회적기업진흥원의 재원으로 (예비)사회적기업 도약 지원사업의 도움을 받아 진행되었습니다(2026-D-0100).

References

- Abeyrathne EDNS, Nam K, Ahn DU. 2021. Analytical methods for lipid oxidation and antioxidant capacity in food systems. *Antioxidants* 10:1587
- AOCS. 2017a. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Method Ti 1a-64. AOCS Press
- AOCS. 2017b. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Method Cd 18-90. AOCS Press
- Asnaashari M, Tajik R, Haddad Khodaparast MH. 2015. Antioxidant activity of raspberry (*Rubus fruticosus*) leaves extract and its effect on oxidative stability of sunflower oil. *J Food Sci Technol* 52:5180-5187
- Bae JY, Kim JE, Kim YE, Kim MJ. 2022. Antioxidant activity and oxidative stability of fenugreek seed fractions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:1281-1288
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal* 10:178-182
- Choe E. 2020. Roles and action mechanisms of herbs added to the emulsion on its lipid oxidation. *Food Sci Biotechnol* 29:1165-1179
- Choe SY, Yang KH. 1982. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA). *Korean J Food Sci Technol* 14:283-288
- Choi KH, Oh HJ, Jeong YJ, Lim EJ, Han JS, Kim JH, Kim OY, Lee HS. 2015. Physico-chemical analysis and antioxidant activities of Korea *Aronia melanocarpa*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1165-1171
- Dong Y, Feng ZL, Chen HB, Wang FS, Lu JH. 2018. *Corni Fructus*: A review of chemical constituents and pharmacological activities. *Chin Med* 13:34
- Frankel EN, Huang SW, Aeschbach R, Prior E. 1996. Antioxidant activity of a rosemary extract and its constituents, carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid, in bulk oil and oil-in-water emulsion. *J Agric Food Chem* 44:131-135
- Frankel EN, Huang SW, Kanner J, German JB. 1994. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: Bulk oils vs

- emulsions. *J Agric Food Chem* 42:1054-1059
- Higdon JV, Frei B. 2003. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr* 43:89-143
- Jeon YH, Kim MH, Kim MR. 2008. Antioxidative, antimutagenic, and cytotoxic activities of ethanol extracts from *Cornus officinalis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1-7
- Jomova K, Raptova R, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, Valko M. 2023. Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: Chronic diseases and aging. *Arch Toxicol* 97:2499-2574
- Jung HJ, Song WO, Paik HY, Joung H. 2011. Dietary characteristics of macronutrient intake and the status of metabolic syndrome among Koreans. *Korean J Nutr* 44:119-130
- Kim CJ, Choi JH, Seong ES, Lim JD, Choi SK, Yu CY, Lee JG. 2020. The isoflavonoid constituents and biological active of *Astragalus radix* by fermentation of β -glucosidase strains. *Korean J Med Crop Sci* 28:371-378
- Kim HJ, Kim KS, Lee TJ, Kim YC. 2009. Antidiabetic effects of *Corni Fructus* extract on blood glucose and insulin resistance in db/db mice. *Toxicol Res* 25:93-99
- Kim JE, Bae JY, Yang YR, Kim MJ. 2023. Comparison of the antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extract and its oxidation stability in bulk oil and oil-in-water emulsion. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 52:1111-1118
- Kim JS, Choi SY. 2008. Physicochemical properties and antioxidative activities of Omija (*Schizandra chinensis* Baillon). *Korean J Food Nutr* 21:35-42
- Kim WJ, Hyun JH, Lee NK, Paik HD. 2022. Protective effects of a novel *Lactobacillus brevis* strain with probiotic characteristics against *Staphylococcus aureus* lipoteichoic acid-induced intestinal inflammatory response. *J Microbiol Biotechnol* 32:205-211
- Kim YS, Hwang JW, Shin WB, Park JS, Park SJ, Park PJ. 2018. Antioxidant activity and protective effect of extracts from *Vitis vinifera* root on t-BHP induced oxidative stress in Chang cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:136-142
- Kwak CS, Kim SA, Lee MS. 2005. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:1143-1150
- Laguette M, Bayrasy C, Panya A, Weiss J, McClements DJ, Lecomte J, Decker EA, Villeneuve P. 2015. What makes good antioxidants in lipid-based systems? The next theories beyond the polar paradox. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55:183-201
- Lee DH, Hong JH. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of fermented mulberry by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:202-208
- Lee HJ, Kim MA, Hong S, Kim MJ. 2021. Evaluation of antioxidant properties and oxidative stability of oregano seed solvent fraction. *Korean J Food Sci Technol* 53:12-18
- Lee JH, Oh WY. 2022. Methods determining the degree of oxidation in edible oils and prediction for the oxidative stability. *Food Sci Ind* 55:432-442
- Lee MH, Kim JM, Park EJ. 2011a. Antioxidant and antigenotoxic effects of sansuyu fruit (*Corni fructus*) extracted with water at different temperatures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:149-155
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J Food Sci Technol* 44:540-544
- Lee SG, Oh SC, Jang JS. 2015. Antioxidant activities of *Citrus unshiu* extracts obtained from different solvents. *Korean J Food Nutr* 28:458-464
- Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza. *Korean J Food Nutr* 21:135-142
- Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS. 2011b. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:29-36
- Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-Morte D, Gargiulo G, Testa G, Cacciatore F, Bonaduce D, Abete P. 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin Interv Aging* 13:757-772
- Liu RH. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals.

- Am J Clin Nutr* 78:517S-520S
- Liu W, Luo X, Qiu S, Huang W, Su Y, Li L. 2023. Determining the changes in metabolites of *Dendrobium officinale* juice fermented with starter cultures containing *Saccharomycopsis fibuligera* FBKL2.8DCJS1 and *Lactobacillus paracasei* FBKL1.3028 through untargeted metabolomics. *BMC Microbiol* 23:67
- Pandey KB, Rizvi SI. 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev* 2:270-278
- Park SI, Hwang HY, Kim JS, Park SW. 2019. Analysis of the functional components and various biological activities of Korean medicinal herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48: 1345-1351
- Rai A, Rai M, Kamochi H, Mori T, Nakabayashi R, Nakamura M, Suzuki H, Saito K, Yamazaki M. 2020. Multiomics-based characterization of specialized metabolites biosynthesis in *Cornus officinalis*. *DNA Res* 27:dsaa009
- 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
- Ryu JY, Park HJ, Moon JY, Kim CS, Kim S. 2018. Lactic fermentation enhances the antioxidant activity of gold kiwifruit. *Korean J Food Preserv* 25:255-262
- Shahidi F, Zhong Y. 2011. Revisiting the polar paradox theory: A critical overview. *J Agric Food Chem* 59:3499-3504
- Shin YJ. 2013. Antioxidant activities of medicinal plant extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:512-519
- Skowrya M, Gallego MG, Segovia F, Almajano MP. 2014. Antioxidant properties of *Artemisia annua* extracts in model food emulsions. *Antioxidants* 3:116-128
- Son SH, Jeon HL, Yang SJ, Sim MH, Kim YJ, Lee NK, Paik HD. 2018. Probiotic lactic acid bacteria isolated from traditional Korean fermented foods based on β -glucosidase activity. *Food Sci Biotechnol* 27:123-129
- Song A, Choe E. 2017. Effect of sannamul and herb extract addition on the photooxidation of soybean oil emulsion. *Korean J Food Cook Sci* 33:275-284
- Song MW, Park JY, Kim WJ, Kim KT, Paik HD. 2023. Fermentative effects by probiotic *Lactobacillus brevis* B7 on antioxidant and anti-inflammatory properties of hydroponic ginseng. *Food Sci Biotechnol* 32:169-180
- Song MW, Park JY, Lee HS, Kim KT, Paik HD. 2021. Co-fermentation by *Lactobacillus brevis* B7 improves the antioxidant and immunomodulatory activities of hydroponic ginseng-fortified yogurt. *Antioxidants* 10:1447
- Statistics Korea. 2026. Population and Housing Census. Statistics Korea Press Release
- Su Y, Fu X, Zhuang P. 2024. Untargeted metabolomics analysis of lactic acid bacteria fermented *Acanthopanax senticosus* with regard to regulated gut microbiota in mice. *Molecules* 29:4074
- Wang Z, Jin X, Zhang X, Xie X, Tu Z, He X. 2022. From function to metabolome: Metabolomic analysis reveals the effect of probiotic fermentation on the chemical compositions and biological activities of *Perilla frutescens* leaves. *Front Nutr* 9:933193
- Yang HS, Choi YJ, Oh HH, Moon JS, Jung HK, Kim KJ, Choi BS, Lee JW, Huh CK. 2014. Antioxidative activity of mushroom water extracts fermented by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:80-85
- Yi B, Kim MJ, Lee J. 2018. Antioxidant properties of astaxanthin in oil-in-water emulsions with differently-charged emulsifiers under chlorophyll photosensitization. *J Food Sci* 83:589-596
- Yoo K, Kim C, Oh WY, Lee J. 2025. Prooxidative properties of aldehydes in oil-in-water emulsion on the aspects of physicochemical properties. *Food Sci Biotechnol* 34:3007-3015
- Zhou L, Elias RJ. 2013. Antioxidant and pro-oxidant activity of (-)-epigallocatechin-3-gallate in food emulsions: Influence of pH and phenolic concentration. *Food Chem* 138:1503-1509
- Zhou X, Zhao Y, Dai L, Xu G. 2023. *Bacillus subtilis* and *Bifidobacteria bifidum* fermentation effects on various active ingredient contents in *Cornus officinalis* fruit. *Molecules* 28:1032

Received 11 August, 2026

Revised 19 August, 2026

Accepted 20 August, 2026

한국식품영양학회 소식

• 일반소식

1. 2026년 07월 13일(화) : 6차 이사회의
2. 2026년 08월 12일(수) : 7차 이사회의
3. 한국식품영양학회지 게재료 인하 및 급행심사 신설(2026년 08월 12일부터)
4. 한국식품영양학회지 투고 및 윤리규정 일부 개정(2026년 05월 15일부터)
 - 인간 대상 연구 중 성인 대상 설문조사(관능검사 포함) 건에 대해 IRB 기재 권장
5. 2026년 08월 : 한국과학기술단체총연합회 학술대회 지원사업 선정
6. 2026년 11월 20일(금) : 추계학술대회 서울교대 에듀웰센터 2층 컨벤션홀
7. 2026년 08월 31일(월) : 학술지 제39권 제4호 연구논문 5편 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, 중복게제 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. “중복게제”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 회망하는 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 평의원회에서 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 동물 실험 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
Ciaccio CF. 1983. A study on mineral contents in

processed foods. Ph.D. Thesis, North Dakota State Univ. Fargo. North Dakota

4) 특허

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

5) 학회에서 구두 발표된 원고

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

6) 인터넷 규정

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

20. 논문 약호는 Chemical Abstracts에 준한다. 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 주저자 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 μ m	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		
milliliter/minute	2 mL/min	약 어	
meter/second	4 m/s	optical density	O.D.
percent	20%	dextrose equivalent	D.E.
%(weight/volume)	20%(w/v)	범 위	1.0~2.0 mg
milligram percent	100 mg%		
pH	pH 7.0	수 식	(a+b)/(c+d)

※ 학회지 투고규정이 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.

Ciacco 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. 4 August 2026

pISSN : 1225-4339

eISSN : 2287-4992

Homepage : <http://ksfn.kr>

Full-text : www.eksfn.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 상승을 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 식영과? 그럴교리!



한국식품영양관련학과 추천 도서 문운당

영양사 시험문제집

개정 제30판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)



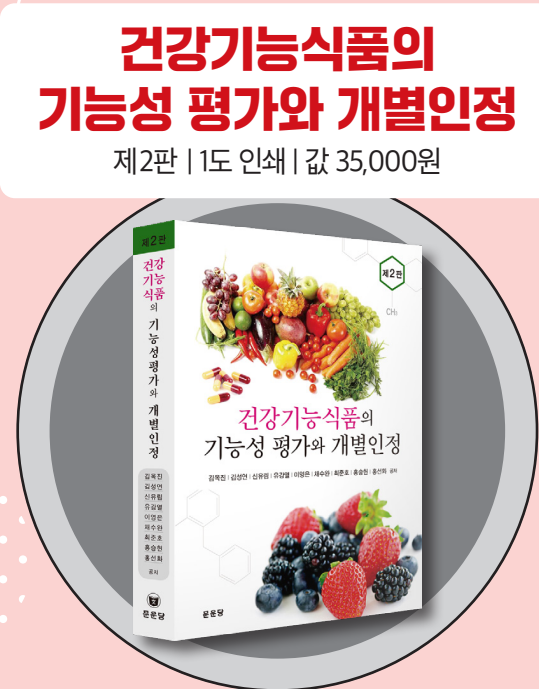
문운당 위생사 실기

제12판 | 4도 인쇄 | 값 33,000원(출간 예정)



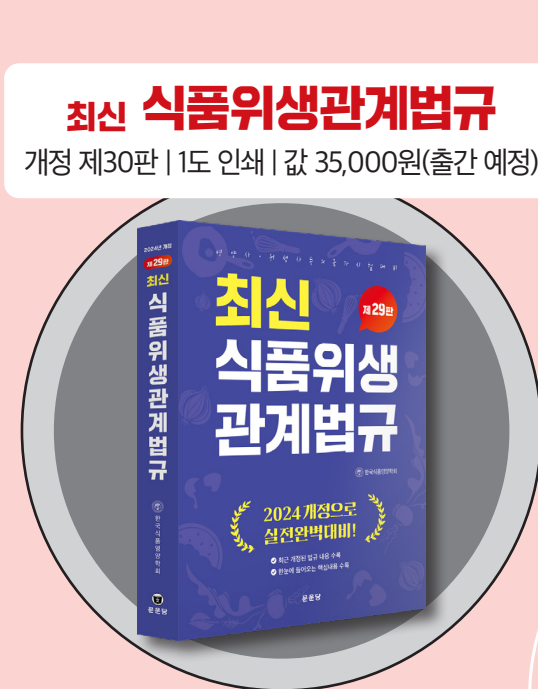
영양사 요점정리

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 **1위!**
(2021~22, 2년 연속 한국표준협회 선정)

산양유 단백질에
정상적인 면역기능
아연까지!



내 몸을 위한 단백질 건강습관 하루 한 컵 하이문!

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



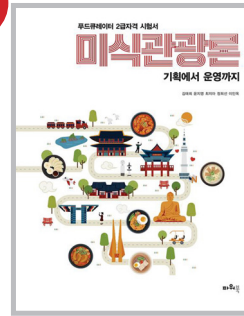
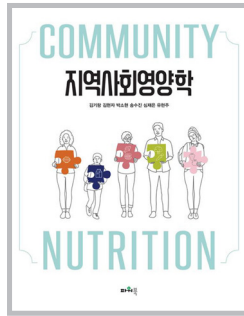
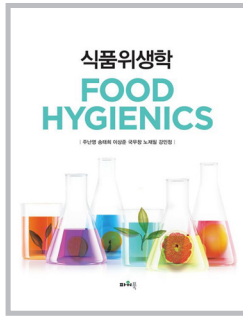
지금 전화하시면 근육건강에 좋은 일이 생깁니다

02.2049.2238

제4판

개정판

개정2판



생애주기영양학

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

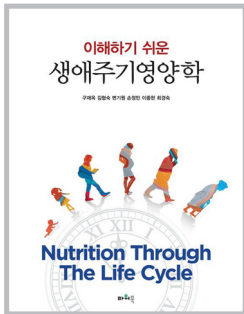
전희정 · 주나미 · 백재은
배현주 · 정현아

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

미식관광론

김태희 · 윤지영 · 최지아
정희선 · 이인옥

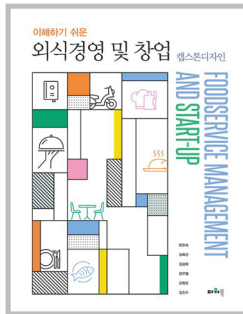
256쪽 | 값 22,000원
978-89-8160-519-3 (93590)



이해하기 쉬운 생애주기영양학

구재옥 · 김형숙 · 변기원
손정민 · 이종현 · 최경숙

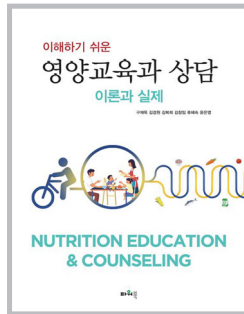
396쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-474-5 (93590)



이해하기 쉬운 외식경영 및 창업 -캡스톤디자인-

한은숙 · 김옥선 · 김삼희
장우철 · 강창민 · 김진수

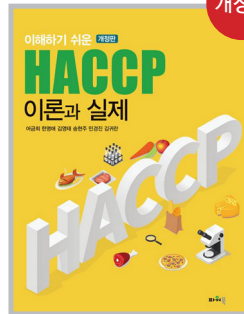
296쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-506-3 (93590)



이해하기 쉬운 영양교육과 상담 -이론과 실제-

구재옥 · 김경원 · 김복희
김창임 · 류혜숙 · 윤은영

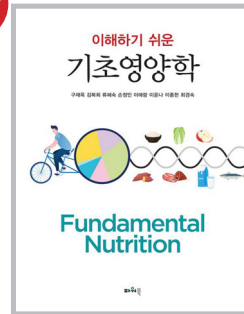
424쪽 | 값 25,000원
978-89-8160-476-9 (93590)



이해하기 쉬운 HACCP 이론과 실제

어금희 · 한영애 · 김영태
송현주 · 민경진 · 김귀란

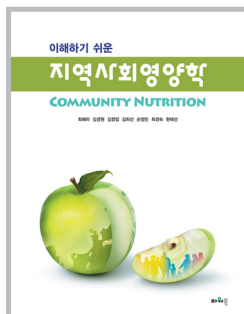
336쪽 | 값 24,000원
978-89-8160-504-9 (93590)



이해하기 쉬운 기초영양학

구재옥 · 김복희 · 류혜숙 · 손정민
이윤나 · 이애랑 · 이종현 · 최경숙

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



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

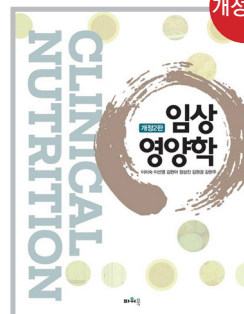
272쪽 | 값 23,000원
978-89-8160-520-9 (93590)



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)

