

# 한국식품영양학회지

제 39권 2호 2026년 4월

---

## 목 차

### <연구논문>

- 033 한국 성인의 야간 간식 섭취와 비만과의 관련성  
- 국민건강영양조사 2023년 자료를 이용하여 - ..... 한규상
- 044 포장재 종류에 따른 유자의 저장 중 품질 변화 ..... 이보배 · 최영진 · 김병삼 · 최덕수 · 남승희
- 054 복합 효소를 이용한 유자박 유래 나리루틴 추출 및 프리바이오틱과 항알러지 효능  
..... 장문정 · 박윤하 · 이보배 · 이준엽 · 김지원 · 조정용 · 남승희
- 068 법제처리한 도라지 에탄올 추출물의 고지방식으로 유도된 비만 동물모델에서의 항비만 및 항염증 효과 ..... 김지은 · 강순아
- 
- 083 ■ 학회소식
- 085 ■ 저자 체크표
- 086 ■ 저작권 이전 동의서
- 087 ■ 연구윤리서약서
- 088 ■ 한국식품영양학회 회칙
- 094 ■ 한국식품영양학회 연구윤리 규정
- 105 ■ 한국식품영양학회 논문 투고 규정

# THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 39, No. 2, April 2026

---

## CONTENTS

### <Original Articles>

- 033 Association between Night Snack Consumption and Obesity among Korean Adults  
- Data from Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2023 - ..... Gyusang Han
- 044 Changes in the Quality of Yuzu (*Citrus Junos* Sieb.) during Storage according to the Type of Packaging Material  
..... Bo-Bae Lee, Yeong-Jin Choe, Byeong-Sam Kim, Duck-Soo Choi and Seung-Hee Nam
- 054 Extraction of Narirutin from Yuzu Pomace by Sequential Enzymatic Treatment and Its Prebiotic and Anti-Allergic Effects  
..... Mun Jeong Jang, Yunha Bak, Bo-Bae Lee, Junyeop Lee, Jiwon Kim, Jeong-Yong Cho and Seung-Hee Nam
- 068 Anti-Obesity and Anti-Inflammatory Effect of Beopje Processed *Platycodon grandiflorum* Ethanol Extract in High Fat Diet-Induced Obesity Model ..... Ji Eun Kim and Soon Ah Kang
- 
- 083 ■ News of the Korean Society of Food and Nutrition
- 085 ■ Checklist for Original Article
- 086 ■ Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition
- 087 ■ Declaration of Ethical Conduct in Research
- 088 ■ The Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 094 ■ Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 105 ■ Guidelines for Submitting Manuscripts

## 한국 성인의 야간 간식 섭취와 비만과의 관련성 - 국민건강영양조사 2023년 자료를 이용하여 -

†한 규 상

(이전 소속) 호남대학교 식품영양학과 교수

### Association between Night Snack Consumption and Obesity among Korean Adults - Data from Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2023 -

†Gyusang Han

Formerly at: Professor, Dept. of Food & Nutrition, Honam University, Gwangju 62399, Korea

#### Abstract

This study analyzed the association between night snack intake, nutrient intake, and obesity-related indicators in 5,466 adults based on data from the 9th (2023) National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). Among the subjects, 46.3% consumed night snacks. Night snack intake significantly varied by gender, age, household income, educational background, and drinking habits, with a higher proportion found in young adults. Total daily energy intake was higher among night snack consumers, as were protein, carbohydrate, and sugar intakes. However, fat-related nutrients did not show any significant differences after adjustment. There were no significant differences between night snack consumers and non-consumers in BMI, body fat percentage, or waist circumference after adjustment. Logistic regression (Model 3), which adjusted for age, sex, and total energy intake, also indicated no significant differences in the risk of obesity or abdominal obesity between night snack consumers and non-consumers. Among night snack consumers, analysis of night snack energy intake and its contribution to total energy intake, comparing obesity group and non-obesity group, showed no significant differences. The results of this study suggest that night snack intake is associated with energy, carbohydrate and sugar intake, but no clear association with obesity or abdominal obesity was confirmed.

Key words: adults, night snack consumption, nutrient intake, obesity, KNHANES

#### 서 론

지난 20년간 우리나라 비만 인구는 꾸준히 증가해 오고 있다. 우리나라 19세 이상 성인의 비만 유병율은 체질량 지수 25 kg/m<sup>2</sup> 이상을 기준으로 적용하고 있으며, 2005년 남녀 평균 31.3%에서 2023년 37.2%로 증가하였다. 특히 남성의 경우 34.7%에서 45.6%로 증가한 것으로 보고되고 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency 2026). 세계적으로도 아동과 청소년을 비롯하여 성인의 비만, 과체중 인구는 계속 증가 추세를 보이고 있으며, 이는 심혈관질환, 당뇨병 등과 같은 만성질환 및 대사성 질환 발병의 주요 원인으로 보고되

고 있다(World Health Organization 2025). 이와 같은 비만 및 과체중의 증가는 식생활 패턴의 변화를 주요 원인으로 지적하고 있다. 특히 현대인의 식생활에서 간식 섭취는 영양적으로 중요한 위치를 차지하고 있는 반면, 야간 간식 섭취가 증가하면서 식사 시간과 비만과의 관계에 대한 관심이 증가하고, 그에 따른 많은 연구들이 진행되고 있다. 우리나라 성인의 간식 섭취를 시간대별로 구분하여 간식의 에너지 기여도를 분석한 연구에서는 간식 에너지의 약 45%를 저녁(18:00~20:59), 야간 및 새벽(21:00~05:59) 시간대에 섭취하고 있는 것으로 나타났다(Han G 2026).

야간 및 늦은 시간의 식사는 비만 및 체지방 증가와 대사

† Corresponding author: Gyusang Han, Formerly at: Professor, Dept. of Food and Nutrition, Honam University, Gwangju 62399, Korea. Tel: +82-10-7244-5472, E-mail: promidas@naver.com

이상을 초래하고, 생체리듬에 영향을 미쳐 혈당·지방 대사에 영향을 미칠 수 있으며, 비만과 대사 건강 유지를 위해 식사 시간 조절이 필요하다는 연구 결과들이 보고되었다(Jakubowicz 등 2013; Morris 등 2015; Na 등 2016; McHill 등 2017; Xiao 등 2019). 최근 선행 연구에서도 식사 시간 및 야간 간식이 비만 및 대사성 질환에 영향을 미치고 있음을 보고하고 있다. 국내 연구의 경우, 야간 시간대 간식 섭취가 비만 발생의 위험도를 높이고(Lyu 등 2024), 야간 식사가 2형 당뇨병에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다(Kwak 등 2023). Ha & Song(2019)은 야간 식사 및 빈도가 비만과 대사증후군과 연관성이 있음을 제시하고 있다. 해외 연구 결과에서도 늦은 저녁 에너지 섭취의 증가는 비만 및 당뇨병 등 대사성 질환 발생 위험을 증가시킬 수 있음을 보고하고 있다(Crispim 등 2024; Longo-Silva 등 2024; Wang 등 2024).

야간 간식으로 섭취되는 음식의 경우 대부분 음식점 또는 배달·포장 음식이 많으며, 이러한 음식은 에너지 밀도가 높고, 지방, 나트륨, 당의 섭취율을 상대적으로 증가시키는 결과를 보여주고 있다(Yoon 등 2025). 특히 과자류, 탄산음료, 빵류, 패스트푸드, 편의식품과 같은 초가공식품을 통한 간식의 섭취는 총 에너지, 단순당, 포화지방 등의 섭취를 증가시키는 주요 원인으로 제기되고 있다(Shim JS 2021; Shim 등 2022; Kim 등 2023; Shim 등 2023; Jung 등 2024). 따라서 식사 시간과 건강 지표와의 관계를 심층적으로 규명할 필요가 있을 것으로 생각된다.

한편, 기존 선행 연구의 경우, 특정 집단에 제한되거나 식사 시간, 야간 식사에 따른 비만 및 대사증후군과의 연관성에 대한 결과 등을 제시하고 있으나, 우리나라 일반 성인을 대상으로 야간 간식 섭취와 비만 지표와의 직접적인 연관성을 분석한 연구는 제한적이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 한국 성인의 간식 섭취 여부에 따른 영양 기여도와 BMI(body mass index), 체지방률, 허리둘레 등과 같은 비만 지표와의 관련성을 분석하고자 하였다. 분석 데이터는 2023년 국민건강영양조사 자료를 활용하였으며, 이를 통해 야간 간식의 영양 섭취 패턴을 파악하고, 비만 관련 건강 지표에 미치는 영향을 평가하여 우리나라 성인의 비만 예방을 위한 영양 정책 수립에 근거를 제공하고자 하였다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 분석자료 및 대상

본 연구는 질병관리청 연구윤리심의위원회의 승인(IRB

approval number, 2022-11-16-R-A)을 받은 제9기 2023년도 국민건강영양조사(Korea National Health and Nutrition Examination Survey, KNHANES) 원시자료를 근거로 수행되었다. 연구대상자는 영양조사와 건강설문조사에 모두 참여한 만 19세 이상 성인 5,781명을 추출하였고, 이 중 하루 총 에너지 섭취량에 이상치를 보이는 500 kcal 미만 또는 5,000 kcal를 초과한(Willett W 2013) 84명을 제외하였다. 소득수준, 교육수준, 음주·흡연 자료가 결측되어 자료로 활용할 수 없는 205명도 제외하였다. 또한 일반 성인의 야간 간식 섭취 형태에 따른 비만 지표와의 관련성을 분석하고자 한 본 연구의 목적에 따라 생리적·영양적 요구도가 다른 임신부·수유부 26명을 제외하고, 최종적으로 5,466명을 본 연구의 분석 대상으로 선정하였다.

야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자의 구분은 개인별 24시간 회상조사 자료의 끼니 구분 변수(N\_Meal)에서 '간식' 섭취자를 분류한 후, 저녁 식사 이후 18:00~23:59에 간식을 섭취한 사람을 '야간 간식 섭취자(night snack consumer)'로 분류하고, 그 외 대상은 '야간 간식 비섭취자(non-consumer)'로 분류하였다. 야간 간식 섭취 시간 기준(18:00~23:59)은 우리나라 성인의 간식 섭취를 통한 에너지 기여율을 분석한 연구(Han G 2026)에서 전체 간식이 차지하는 에너지 비율 중 약 45%가 18시 이후 저녁과 야간 및 새벽 시간에 섭취되는 결과를 반영하였다. 저녁 식사가 18시 이후에 이루어진 경우에도 끼니 구분 변수 중 '간식'만을 분석 대상으로 하였기 때문에 저녁으로 기록된 섭취는 야간 간식에 포함되지 않았다.

## 2. 분석 내용 및 방법

### 1) 일반사항

본 연구에서는 야간 간식 섭취 및 과체중, 비만에 영향을 미칠 수 있는 성별, 연령, 가구소득, 교육수준, 흡연 및 음주 여부를 주요 인구사회학적 요소와 생활 습관 변수로 활용하여 기초적인 타당성을 확보하고자 하였다. 연령은 19~29세, 30~49세, 50~64세, 65~74세, 75세 이상(Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society, 2025)으로 구분하였고, 가구소득수준은 하, 중하, 중상, 상의 사분위수 기준으로 구분하였다. 교육수준은 고등학교 졸업 이하, 대학 졸업 이상으로 분류하였고, 흡연 여부는 '현재 일반 담배 흡연 여부' 변수(BS3-1)를 이용하였고, 음주 여부는 '최근 1년간 음주빈도' 변수(BD1\_11)를 참고하여 구분하였다.

## 2) 영양소 섭취량 분석

야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자의 에너지 및 영양소 섭취량 비교 분석을 위해 24시간 회상법 자료를 이용하였으며, 총 에너지 섭취량과 영양소 섭취량을 산출하여 평균값으로 제시하였다. 영양소는 에너지 섭취, 비만 및 대사질환과 밀접한 관련이 있고, 식품의 주요 영양성분 표시에서 제시되고 있는 단백질(protein), 지방(fat), 포화지방(saturated fat), 콜레스테롤(cholesterol), 탄수화물(carbohydrate), 식이섬유(fiber), 당류(sugar), 나트륨(Na)을 분석 대상으로 하였다.

## 3) 비만 지표와의 관련성

야간 간식 섭취 여부에 따른 비만 지표와 관련성을 분석하기 위해 검진조사의 신체계측 자료를 이용하여 체질량지수(BMI), 체지방률(body fat percentage), 허리둘레(waist circumference)를 분석하였고, 또한 복부비만 유병률(abdominal obesity)을 산출하여 비교 분석하였다.

야간 간식 섭취 여부와 비만과 복부비만과의 관련성을 파악하기 위해 야간 간식 섭취자를 예측 변수로, 야간 간식 비섭취자를 기준 범주로 설정하여 로지스틱 회귀분석을 통해 비만 및 복부비만의 오즈비(odds ratio)를 산출하였다. 비만은 체질량지수(BMI) 25 kg/m<sup>2</sup> 이상을 기준(Korea Disease Control and Prevention Agency 2023)으로 하였고, 복부비만은 허리둘레 기준 남자 90 cm 이상, 여자 85 cm 이상을 기준(Kim 등 2021)으로 하였다.

## 4) 야간 간식 섭취자의 비만 여부에 따른 특성

연구대상자 중 야간 간식 섭취자만을 추출(n=2,410명)하여 비만 여부에 따른 특성을 살펴보고자 하였다. 비만 유병 여부 기준은 2023년 국민건강영양조사의 경우 저체중(<18.5 kg/m<sup>2</sup>), 정상(18.5~<23 kg/m<sup>2</sup>), 비만 전 단계(23~<25 kg/m<sup>2</sup>), 1단계 비만(25~<30 kg/m<sup>2</sup>), 2단계 비만(30~<35 kg/m<sup>2</sup>), 3단계 비만(≥35 kg/m<sup>2</sup>), 총 6단계로 구분하고 있다. 본 연구에서는 분석의 효율성을 위해 체질량 지수 25 kg/m<sup>2</sup>을 기준으로 '비만군'(obesity group)과 '비비만군'(non-obesity)으로 구분하였다. 비만 여부에 따라 일일 야간 간식으로 섭취하는 에너지(kcal)를 제시하였고, 일일 총 에너지 섭취량 기준 야간 간식으로 섭취한 에너지가 차지하는 비율(%)도 산출하였다.

## 3. 통계분석

데이터 분석을 위한 통계프로그램은 R(R version 4.5.2, R

Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 사용하였으며, RStudio 환경(version 2025.09.2+418 Posit Software, USA)에서 모든 분석을 수행하였다. 국민건강영양조사 원시자료 중 필요한 변수를 선정하고, 건강설문조사, 검진조사, 식품섭취조사자료를 통합하는 등 데이터 정리 작업은 Microsoft Excel 2016 프로그램을 이용하였다. 통계분석 결과가 우리나라 성인을 대표할 수 있도록 복합표본설계 요소인 층화변수(KSTRATA), 집락변수(PSU)와 가중치(wt\_tot)를 반영하여 분석하였다.

야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자의 일반사항은 교차분석( $\chi^2$ -test)을 통해 백분율(weighted %)을 구하고 유의성을 검정하였다. 야간 간식 섭취 여부에 따른 영양소 기여도, 비만 지표와의 관련성과 비만도에 따른 야간 간식 섭취 현황은 *t*-test 분석, 일원분산분석(one-way ANOVA), 공분산분석(ANCOVA), 로지스틱회귀분석(logistic regression analysis)을 이용하여 분석하였다.

야간 간식 섭취 여부에 따른 영양소 섭취량 분석시 총 에너지 섭취량은 교란변수로 영향을 미칠 수 있는 성별, 연령, 가구소득수준, 교육수준, 음주 및 흡연 여부를 보정변수로 사용하였다. 그 외 영양소는 총 에너지 섭취량을 포함하여 보정변수로 설정하였다. 야간 간식 섭취자와 비만 지표와의 관련성 평가에서는 보정변수 사용 여부에 따라 Model 1(보정변수: 사용하지 않음), Model 2(보정변수: 연령, 성별), Model 3(보정변수: 연령, 성별, 가구소득수준, 교육수준, 음주 및 흡연 여부, 총 에너지 섭취량)을 제시하였다. 로지스틱 회귀분석(logistic regression analysis) 결과는 오즈비(odds ratios, ORs)와 95% 신뢰구간(95% confidence intervals, CIs)으로 제시하였다. 모든 통계적 유의성 검정은  $p < 0.05$  수준에서 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 야간 간식 섭취 여부에 따른 일반적 특성

분석 대상자 중 야간 간식 섭취자는 46.3%, 야간 간식 비섭취자는 53.7%였고, 성별 분포는 남성이 50.3%, 여성은 49.7%였다(Table 1). 야간 간식 섭취자 중 남성은 51.7%, 야간 간식 비섭취자 중 남성은 49.0%였다. 여성은 야간 간식 섭취자 48.3%, 야간 간식 비섭취자 51.0%로 성별에 따라 간식 섭취 여부에 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

연령군은 전체 대상자에서 30~49세, 50~64세의 분포가 각각 34.2%, 28.4%로 가장 높았다. 연령군에 따른 야간 간식 섭

**Table 1. General characteristics of study participants by night snack consumption<sup>1)</sup>**

Characteristics	Total (n=5,466) <sup>2)</sup>	Night snack consumers (n=2,410)	Non- consumers (n=3,056)	p-value <sup>3)</sup>
<b>Sex</b>				
Male	50.3(0.6) <sup>4)</sup>	51.7(1.0)	49.0(0.8)	<0.05
Female	49.7(0.6)	48.3(1.0)	51.0(0.8)	
<b>Age</b>				
19~29	15.9(0.8)	18.2(1.1)	13.8(1.0)	<0.0001
30~49	34.2(1.2)	36.7(1.5)	32.0(1.3)	
50~64	28.4(0.8)	29.0(1.1)	27.8(1.0)	
65~74	14.1(0.6)	11.6(0.7)	16.3(0.7)	
≥75	7.7(0.5)	4.5(0.4)	10.1(0.7)	
<b>Household income</b>				
Low	14.6(0.9)	12.1(0.9)	16.8(1.1)	<0.0001
Middle low	22.5(1.0)	20.6(1.2)	24.1(1.2)	
Middle high	30.3(1.1)	31.0(1.4)	29.6(1.3)	
High	32.6(1.5)	36.3(1.8)	29.5(1.5)	
<b>Education</b>				
≤High school	54.1(1.4)	49.1(1.6)	58.4(1.6)	<0.0001
≥College	45.9(1.4)	50.9(1.6)	41.6(1.6)	
<b>Smoking</b>				
Non-smoker	81.6(0.7)	80.6(1.0)	82.4(0.9)	0.154
Smoker	18.4(0.7)	19.4(1.0)	17.6(0.9)	
<b>Alcohol</b>				
Non-drinker	25.0(0.8)	22.8(1.0)	26.8(0.9)	<0.01
Drinker	75.0(0.8)	77.2(1.0)	73.2(0.9)	

<sup>1)</sup> All data were analyzed using the complex samples module.

<sup>2)</sup> Unweighted sample number. Weighted percentages; night snack consumers: 46.3%, non-consumers: 53.7%.

<sup>3)</sup> Chi-square test.

<sup>4)</sup> Weighted % (S.E.).

취 여부에서도 유의적인 차이를 보였는데( $p<0.0001$ ), 야간 간식 섭취자의 경우 19~29세(18.2%), 30~49세(36.7%)에서 야간 간식 비섭취자에 비해 상대적으로 높은 비율을 보였으며, 65~74세, 75세 이상의 경우 야간 간식 비섭취자에서 높은 비율을 보였다.

성인에서 간식이 차지하는 영양 기여도를 분석한 연구(Han G 2026) 결과에서도 본 연구와 유사한 결과를 보여주고

있다. 일일 총 에너지 섭취량 중 간식의 기여율은 여성이 남성보다 높은 결과를 보였으나, 간식 섭취 시간대별로 분석한 경우, 21:00 이후에는 남성이 27.5%, 여성이 17.3%의 간식 에너지 기여율을 보이며 남성에서 야간 간식 섭취가 많은 것을 확인할 수 있었다. 연령별 분석에서도 19~49세에서 21시 이후 65.4%의 간식 에너지 기여율을 보였다.

가구소득 수준에서는 전체 대상자 중 ‘상’ 32.6%, ‘중상’ 30.3%로 높은 비율을 보였다. 야간 간식 섭취자 중 ‘상’ 그룹이 36.3%, ‘중상’ 그룹이 31.0%로 야간 간식 비섭취자에 비해 높은 비율을 보였으며, ‘중하’, ‘하’ 그룹의 경우 야간 간식 비섭취자에서 더 높은 비율을 보였다( $p<0.0001$ ).

교육수준은 전체 분석 대상자 중 고등학교 졸업 이하가 54.1%, 대학 졸업 이상이 45.9%였다. 야간 간식 섭취자의 경우 대학 졸업 이상에서 50.9%로 야간 간식 비섭취자의 41.6%보다 높은 비율을 보이며, 교육 수준에 따라 야간 간식 섭취 여부에 통계적 차이를 보였다( $p<0.0001$ ). 흡연 여부에서는 전체 대상자의 81.6%가 비흡연자였으며, 18.4%가 흡연자였다. 야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자에서 흡연자의 비율은 각각 19.4%, 17.6%를 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다.

우리나라 성인이 섭취하고 있는 다소비 간식으로는 커피류, 과일류, 비알코올음료, 과자류, 유제품류, 빵류, 견과류, 편의식품, 감자·고구마·옥수수 등 다양한 식품과 음료인 것으로 보고되고 있다(Han G 2026). 이러한 식품군 중 과자류, 빵류, 편의식품, 탄산음료와 같은 식품은 초가공식품으로 분류되고 있다. 초가공식품(ultra-processed foods)은 산업적으로 제조된 가공식품의 형태로 인스턴트 커피, 탄산음료, 빵류, 소스류, 즉석면, 편의식품, 시리얼과 같이 바로 섭취 가능한 형태의 식품으로 정의되고 있다(Monteiro 등 2018; Sung 등 2021). 이러한 초가공식품을 중심으로 사회경제적 수준에 따른 섭취 현황을 살펴본 연구(Kim 등 2023)의 경우, 초등학교 졸업자보다 고등학교 졸업, 대학교 졸업 이상에서 초가공식품의 에너지 기여율이 높은 것으로 나타나 학력이 높고, 젊을수록 초가공식품의 섭취율이 높은 결과를 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

음주 여부의 경우, 전체 대상자 중 음주자는 75.0%, 비음주자는 25.0%였다. 야간 간식 섭취자의 음주자는 77.2%, 야간 간식 비섭취자에서 음주자는 73.2%를 보였으며, 야간 간식 섭취 여부에 따라 음주율에 유의적인 차이가 있음을 보여 주고 있다( $p<0.01$ ). 이는 음주자가 식생활에 있어서 차이가

있음을 보여준다. 특히 한국 성인의 음주량이 증가하고 있으며(Kim & Kim 2021), 음주 빈도와 음주량의 증가는 과일 섭취 감소 및 단음식·음료류부터의 에너지 증가(Choi & Bae 2025)로 식사의 질 저하가 우려되고 있다. 또한 알코올음료의 섭취는 음식 섭취를 자극하고 에너지의 수동적 과잉섭취에 기여할 수 있음을 지적하고 있다(Kwok 등 2023). 특히 음주는 야간 시간대에 많이 이루어지고, 그로 인해 야간 시간대에 고열량의 식품 섭취로 이어질 수 있는 가능성이 있다. 이는 음주가 야간 간식 섭취를 증가시키고 그로 인해 총 에너지 섭취량을 증가시킬 수 있다는 본 연구와 일맥상통한 결과로 해석된다.

## 2. 야간 간식 섭취 여부에 따른 영양소 섭취 비교

야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자의 일일 영양소 섭취량을 비교하여 Table 2에 제시하였다. 일일 총 에너지 섭취량은 전체 대상자 평균 1,848.9 kcal이었다. 야간 간식 섭취자의 일일 총 에너지 섭취량은 1,969.3 kcal, 야간 간식 비섭취자의 일일 총 에너지 섭취량은 1,744.9 kcal로 유의적인 차이( $p<0.001$ )를 보였으며, 연령, 성별, 가구소득수준, 교육수준, 흡연 및 음주여부를 보정한 후에도 통계적으로 유의한

(adjusted  $p<0.001$ ) 차이를 보였다.

단백질 섭취량은 전체 평균 70.3 g/일이었으며, 야간 간식 섭취자의 경우 74.2 g/일로 야간 간식 비섭취자의 경우(67.0 g/일)보다 야간 간식 섭취자의 단백질 섭취량이 많았으며( $p<0.001$ ), 총 에너지 섭취량을 포함한 인구학적 특성 변수를 보정한 후에도 유의적인 차이를 보였다(adjusted  $p<0.05$ ).

지방과 포화지방 섭취량의 경우 야간 간식 섭취자(55.2 g/일, 17.9 g/일)가 야간 간식 비섭취자(47.4 g/일, 14.6 g/일)보다 높았다( $p<0.001$ ), 그러나 연령, 성별, 가구소득수준, 교육수준, 음주 및 흡연여부, 총 에너지 섭취량을 보정한 후에는 지방 섭취량과 포화지방 섭취량 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 콜레스테롤 또한 야간 간식 섭취자가 280.2 mg/일로 야간 간식 비섭취자 251.7 mg/일보다 섭취량이 많았으나( $p<0.001$ ), 보정 후에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

탄수화물 섭취량에서는 야간 간식 섭취자가 273.7 g/일, 야간 간식 비섭취자 244.6 g/일로 섭취량에 차이를 보였으며( $p<0.001$ ), 보정 후에도 유의한 차이를 보였다(adjusted  $p<0.001$ ). 당류에서도 야간 간식 섭취자가 65.8 g/일로 야간 간식 비섭취자 49.5 g/일보다 높았으며( $p<0.001$ ), 보정 후에도 역시 유의한 차이를 보였다(adjusted  $p<0.001$ ). 나트륨의 경우

Table 2. Contribution of nutrient intake by night snack consumption<sup>1)</sup>

Nutrient	Total (n=5,466) <sup>2)</sup>	Night snack consumers (n=2,410)	Non-consumers (n=3,056)	p-value	Adjusted p-value <sup>3)</sup>
Energy (kcal)	1,848.9±12.6	1,969.3±19.1	1,744.9±15.4	<0.001	<0.001
Protein (g)	70.3±0.6	74.2±0.9	67.0±0.8	<0.001	<0.05
Fat (g)	51.0±0.6	55.2±0.8	47.4±0.8	<0.001	0.093
Saturated fat (g)	16.1±0.2	17.9±0.3	14.6±0.3	<0.001	0.332
Cholesterol (mg)	264.9±3.8	280.2±5.8	251.7±4.9	<0.001	0.145
Carbohydrate (g)	258.1±1.8	273.7±2.8	244.6±2.1	<0.001	<0.001
Sugar (g)	57.1±0.7	65.8±1.1	49.5±0.8	<0.001	<0.001
Na (mg)	3,243.1±30.3	3,107.4±38.3	3,400.2±44.5	0.057	0.697
Energy contribution					
Carbohydrate (%)	57.6±0.3	57.3±0.4	58.0±0.3	0.168	0.095
Protein (%)	15.3±0.1	15.1±0.1	15.4±0.1	<0.05	<0.01
Fat (%)	24.0±0.2	24.6±0.3	23.5±0.3	<0.001	0.593

<sup>1)</sup> All data were analyzed using the complex samples module. Mean±S.E..

<sup>2)</sup> Unweighted sample number.

<sup>3)</sup> Total energy intake was adjusted for age, sex, household income, education, smoking, and alcohol consumption.

Other nutrients were adjusted for age, sex, household income, education, smoking, alcohol, and total energy intake.

야간 간식 섭취자(3,107.4 mg/일)가 비섭취(3,400.2 mg/일)보다 낮은 섭취량을 보였으나, 보정 후에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

한국인의 당류 섭취 현황을 분석한 연구(Yeon 등 2026)에 따르면 전체적으로 당류 섭취는 감소하는 추세를 보이고 있으나, 당 섭취의 주요 급원 식품으로 당을 추가한 음료, 아이스크림, 스낵 등을 예시로 들고 있다. 특히 앞서 언급한 바와 같이 우리나라 성인의 경우 주요 간식으로 커피류, 과일류, 음료류, 과자류를 많이 섭취(Han G 2026)하고 있는 것으로 나타나 탄수화물 및 당류 섭취에 주의가 필요할 것으로 사료된다. 또한 이러한 식품은 대부분 초가공식품인 경우가 많으며, 초가공식품 섭취시 당류뿐만 아니라 일일 총에너지 및 포화지방 섭취량 증가, 비만, 허리둘레 증가, 단백질 및 미량영양소 섭취 감소와 관련이 있는 것으로 보고되어 전반적인 식생활의 질에 영향을 미칠 수 있다(Shim JS 2021; Shim 등 2022; Kim 등 2023; Shim 등 2023). 한편, 청소년의 간식 섭취와 비만 지표와의 관련성을 조사한 연구(Yeon JY 2017)에서도 간식 종류의 선택과 섭취 빈도가 과체중 및 비만 위험률

과 관련성이 있음을 보고하고 있다.

야간 간식 섭취 여부에 따른 탄수화물, 단백질, 지방의 에너지 기여율에서는 전체적으로 탄수화물 57.6%, 단백질 15.3%, 지방 24.0%의 결과를 보였다. 단백질의 경우에는 야간 간식 섭취자가 15.1%, 야간 간식 비섭취자가 15.4%로 보정 전, 보정 후 모두 유의한 차이를 보이며, 야간 간식 비섭취자에서 단백질의 에너지 기여율이 다소 높은 경향을 보였다.

### 3. 야간 간식 섭취 여부와 비만 지표의 관련성

야간 간식 섭취 여부와 비만 지표(BMI, 체지방률, 허리둘레, 복부비만율)와의 관련성을 분석하였다(Table 3). BMI의 경우 야간 간식 섭취자 23.9 kg/m<sup>2</sup>, 야간 간식 비섭취자 24.1 kg/m<sup>2</sup>로 보정 전(Model 1) 유의적인 차이가 없었다. 연령과 성별을 보정한 후(Model 2)에도 야간 간식 섭취자(24.0 kg/m<sup>2</sup>)와 야간 간식 비섭취자(24.2 kg/m<sup>2</sup>) 간에 유의한 차이가 없었고, 성별, 연령, 가구소득수준, 교육수준, 음주 및 흡연 여부와 총 에너지 섭취량을 보정한 후(Model 3)에서도 야간 간식 섭취자 24.0 kg/m<sup>2</sup>, 야간 간식 비섭취자 24.2 kg/m<sup>2</sup>로 두 그룹

**Table 3. Obesity-related indicator according to night snack consumption<sup>1)</sup>**

Variables	Total (n=5,466) <sup>2)</sup>	Night snack consumers (n=2,410)	Non-consumers (n=3,056)	p-value
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)<sup>3)</sup></b>				
Model 1	24.0(0.1) <sup>4)</sup>	23.9(0.1)	24.1(0.1)	0.118
Model 2	24.0(0.1)	24.0(0.1)	24.2(0.1)	0.084
Model 3	24.0(0.1)	24.0(0.1)	24.2(0.1)	0.073
<b>Body fat percentage (%)</b>				
Model 1	29.5(0.1)	29.1(0.2)	29.8(0.1)	<0.0001
Model 2	29.5(0.1)	28.8(0.1)	29.1(0.1)	0.151
Model 3	29.5(0.1)	28.8(0.2)	28.9(0.2)	0.675
<b>Waist circumference (cm)</b>				
Model 1	83.9(0.1)	83.5(0.2)	84.1(0.2)	<0.05
Model 2	83.9(0.1)	84.2(0.2)	84.5(0.2)	0.278
Model 3	83.9(0.1)	84.0(0.2)	84.3(0.2)	0.232
<b>Abdominal obesity (%)</b>	36.5(0.7)	34.2(0.9)	38.4(0.9)	<0.01

<sup>1)</sup> All data were analyzed using the complex samples module. Missing values for each variables were excluded.

<sup>2)</sup> Unweighted sample number.

<sup>3)</sup> BMI: body mass index.

<sup>4)</sup> Weighted % (S.E.).

Model 1: crude (unadjusted), Model 2: adjusted for age and sex, Model 3: fully adjusted for age, sex, household income, education, smoking status, alcohol consumption and total energy intake.

간에 유의한 차이를 관찰할 수 없었다.

체지방률에서는 야간 간식 섭취자(29.1%)가 야간 간식 비섭취자(29.8%)보다 유의하게 낮은 결과(Model 1)를 보였으나, 성별, 연령을 보정한 Model 2, 인구사회적 변수와 생활습관 변수 및 총 에너지 섭취량까지 보정한 Model 3에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 허리둘레 또한 Model 1에서는 야간 간식 섭취자(83.5 cm)가 야간 간식 비섭취자(84.1 cm)보다 유의하게 낮게 나타났으나, 보정을 한 Model 2, Model 3의 경우 두 그룹간에 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 한편 복부비만 유병률은 야간 간식 섭취자가 34.2%, 야간 간식 비섭취자가 38.4%로 야간 간식 섭취자가 유의하게 낮은 비율을 보였다( $p<0.01$ ). 복부비만 유병률의 경우 범주형 변수로 BMI, 체지방률, 허리둘레와 같은 연속변수와 같이 성별, 연령, 총 에너지 섭취량을 보정하지 않은 단순 비교 결과에 기인한 것으로 사료된다. 따라서 로지스틱 회귀분석의 필요성이 제기되는 부분이기도 하다.

로지스틱 회귀분석을 통해 야간 간식 섭취 여부와 비만, 복부비만의 연관성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 비만의 경우, 보정하지 않은 Model 1에서 유의한 차이의 결과(OR=0.90, 95% CI; 0.80~1.04)를 보이지 않았고, 보정을 한 Model 2(OR=0.90, 95% CI; 0.79~1.04), Model 3(OR=0.88, 95% CI; 0.77~1.02)에서도 두 그룹간에 유의한 차이가 없었다. 복부비만의 경우에도 유사한 결과를 보였는데, Model 1(OR=0.86, 95% CI; 0.75~0.98)의 경우 야간 간식 섭취자가 복부비만의 위험이 낮은 경향을 보였으나, 보정을 한 Model 2(OR=0.91, 95% CI; 0.80~1.05), Model 3(OR=0.90, 95% CI; 0.79~1.04)에서는 두 그룹간에 유의한 차이를 확인할 수 없었다.

결론적으로 종합해 보면, 야간 간식 섭취자에서 복부비만이 낮은 경향을 보이긴 하였으나, 신뢰구간의 경계선이 0.98로 낮은 통계적 유의성을 보여주고 있다. 또한 BMI, 체지방률, 허리둘레의 경우 보정 후 유의성이 사라진 결과를 통해 비만, 복부비만의 경우에도 야간 간식 섭취가 독립적으로 영향을 미친다기보다는 인구사회학적 요인들에 의해 영향을 받았을 것으로 판단된다. 또한 비만인 사람들의 경우 체중 증가나 비만 위험을 우려하여 식이 조절을 위해 야간 간식 섭취를 제한 했거나 생활 습관 차이에 따른 결과로도 생각해 볼 수 있을 것이다. 이는 건강 수혜자 편향(healthy user bias)과 자가 선택 편향(self-selection bias)으로 이어질 수 있다. 또한 본 연구에서는 간식을 분류할 때 성인들이 섭취하고 있는 모든 음식과 음료를 포함하여 분석하였다. 따라서 앞서 언급하였듯이 다소비 간식 섭취 식품으로 과일, 견과류, 유제품류, 고구마·감자·옥수수과 같은 식품이 있으며, 이를 통해 건강한 간식을 섭취할 수도 있을 것이다. 따라서 야간 간식 섭취 자체가 비만과 복부비만 위험에 노출되어 있다고 해석하기는 어려울 것이다. 개인의 건강의식과 생활습관 등 다양한 요인들이 영향을 미쳤을 것을 충분히 고려해야 할 것으로 사료된다. 그리고 본 연구가 24시간 회상법을 통해 조사된 자료를 이용하여 분석한 만큼 분석 대상자의 장기적인 식생활 패턴을 반영할 수 있는 장기적 추적 조사와 섭취 패턴, 건강 의식 조사 등을 함께 고려한 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 늦은 시간 식사 및 열량 섭취에 따른 비만 등과의 연관성을 연구한 연구들이 일부 보고되고 있다. 우리나라 성인을 대상으로 조사한 코호트 연구 결과(Lyu 등 2024)에서는 늦은 시간 간식 섭취와 에너지 섭취량 증가가 비만 위험을

**Table 4. Association between night snack consumption and obesity-related outcomes<sup>1)</sup>**

Variables	Predictor	Model 1 OR (95% CI) <sup>2)</sup>	Model 2 OR (95% CI)	Model 3 OR (95% CI)
Obesity <sup>3)</sup>	Night snack consumers (Ref: non-consumers)	0.91 (0.80 - 1.04)	0.90(0.79 - 1.04)	0.88 (0.77 - 1.02)
Abdominal obesity <sup>4)</sup>	Night snack consumers (Ref: non-consumers)	0.86 (0.75 - 0.98)*	0.91 (0.80 - 1.05)	0.90 (0.79 - 1.04)

<sup>1)</sup> All data were analyzed using the complex samples module.

<sup>2)</sup> Model 1: crude, Model 2: adjusted for age and sex, Model 3: additionally adjusted for household income, education, smoking status, alcohol consumption and total energy intake.

ORs and 95% CIs were obtained from logistic regression analyses. \* $p<0.05$ .

<sup>3)</sup> Obesity was defined as BMI  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>.

<sup>4)</sup> Abdominal obesity was defined based on waist circumference ( $\geq 90$  cm for men and  $\geq 85$  cm for women).

증가시킨다고 하였다. 국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석한 연구에서는 21시 이후 늦은 식사와 에너지 섭취 비율 증가는 당뇨병과 같은 대사성 질환의 위험을 증가시킨다고 하였으며(Kwak 등 2023), 늦은 시간에 많은 열량의 섭취는 BMI, 복부비만, 대사 위험이 증가하는 경향을 보고하고 있다(Longo-Silva 등 2024). 따라서 식품의 종류, 식품 섭취자의 인구학적 특성뿐만 아니라 식품의 섭취 시간이 비만 및 대사성 질환 등에 주요 영향 요인으로 작용할 가능성이 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 야간 간식 섭취자의 비만 여부에 따른 특성

야간 간식 섭취자 2,410명만을 대상으로 ‘비비만군’과 ‘비만’으로 구분한 후 야간 간식 에너지 섭취량 및 기여율 분석한 결과는 Table 5와 같다.

야간 간식 섭취자 중 비비만군은 64.7%, 비만군은 35.3%로 비비만군의 비율이 높았다. 전체적인 야간 간식을 통한 섭취 에너지는 255.7 kcal였으며, 야간 간식 섭취를 통한 에너지 기여율은 12.7%였다. 야간 간식을 통한 에너지 섭취량의 경우 비비만군은 248.3 kcal, 비만군은 269.8 kcal로 비만군이 높은 경향을 보였으나 성별, 연령, 총에너지 보정 후 유의적인 차이를 보이지 않았다. 간식 에너지의 기여율의 경우에도 비비만군이 12.8%, 비만군이 12.5%를 보이며 보정 전, 후 두 그룹간에 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 야간 간식 섭취자만을 대상으로 분석한 결과를 통해 야간 간식 섭취에 따른 비만 여부와의 연관성을 명확히 규명하기는 어렵다고 판단된다. 총 에너지 섭취량을 보정하여 에너지 섭취량이 동일하다면 야간 간식 여부의 영향력은 감소할 것이다. 야간 간

식의 종류로 간편식, 가공식품이 아닌 저열량의 건강 간식을 섭취하는 경우도 생각해야 할 것이며, 또한 신체활동 및 아침, 점심, 저녁 전체의 식사 패턴도 함께 확인해야 하는 복합적인 부분이라고 생각한다.

### 요약 및 결론

본 연구는 국민건강영양조사 자료 제 9기 2023년 자료를 활용하여 우리나라 19세 이상 성인 5,466명을 대상으로 야간 간식 섭취 여부에 따른 영양소 섭취 및 BMI, 허리둘레, 복부비만 등 비만 관련 지표와의 연관성을 분석하고자 수행되었다.

우리나라 성인 중 46.3%가 야간 간식을 섭취하고 있는 것으로 나타났으며, 남성의 경우 51.7%, 여성은 48.3%가 야간 간식을 섭취하고 있었다. 연령별로는 19~29세에서 18.2%, 30~49세에서 36.7%로 젊은 연령층대에서 높은 야간 간식 섭취율을 보이고 있었다. 사회경제적 수준을 반영할 수 있는 가구소득수준의 경우 ‘상’ 그룹에서 36.3%, ‘중상’ 그룹 31.0%, 교육수준에서는 대학 졸업 이상의 그룹이 50.9%의 야간 간식 섭취율을 보이며, 소득수준과 교육수준이 높을수록 야간 간식의 섭취자의 비율이 높게 나타났다. 흡연 여부에서는 야간 간식 섭취 여부에 따른 유의적인 차이를 관찰할 수 없었으며, 음주 여부에서는 음주자 77.2%가 비음주자 73.2%를 보이며 음주자가 상대적으로 높은 야간 간식 섭취율을 보였다.

총 에너지 섭취량은 야간 간식 섭취자가 1,969.3 kcal, 야간 간식 비섭취자는 1,744.9 kcal로 야간 간식 섭취자의 총 에너지 섭취량이 높았으며, 단백질, 탄수화물, 당류에서도 유의적인 차이를 보이며 야간 간식 섭취자가 야간 간식 비섭취자에 비

Table 5. Characteristics of night snack consumers by obesity<sup>1)</sup>

Variable	Total (n=2,410) <sup>2)</sup>	Non-obesity (n=1,585)	Obesity <sup>3)</sup> (n=825)	p-value	Adjusted p-value <sup>4)</sup>
Night snack consumers (%) <sup>5)</sup>	100.0	64.7(1.1)	35.3(1.1)	<0.001	<0.001
Night snack energy (kcal) <sup>6)</sup>	255.7±7.3	248.3±8.9	269.8±13.4	0.187	0.779
% of daily energy from night snacks	12.7(0.3)	12.8(0.4)	12.5(0.5)	0.620	0.662

<sup>1)</sup> All data were analyzed using the complex samples module. Night snack energy(kcal) and % of daily energy from night snacks were analyzed only among night snack consumers.

<sup>2)</sup> Unweighted sample number.

<sup>3)</sup> Obesity was defined as BMI ≥ 25 kg/m<sup>2</sup>.

<sup>4)</sup> Adjusted age, sex, and total energy intake.

<sup>5)</sup> Weighted % (S.E.).

<sup>6)</sup> Mean±S.E.

해 높은 섭취량을 보였다. 그 외 영양소인 지방, 포화지방, 콜레스테롤, 나트륨의 경우에는 조사 대상자의 일반적 특성과 사회경제적 수준 및 총 일일 에너지 섭취량을 보정한 후에는 야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자간에 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 총 섭취 에너지 중 단백질 에너지의 기여율에서 야간 간식 비섭취자(15.4%)가 야간 간식 섭취자(15.1%)보다 유의한 차이를 보이며 다소 높은 경향을 보였다.

야간 간식 섭취와 BMI, 체지방률, 허리둘레, 비만 유병률과의 연관성을 분석한 결과에서 BMI, 체지방률과 허리둘레의 경우 분석 대상자의 일반적 특성, 사회경제적 수준, 총 에너지 섭취량을 보정한 후에는 두 그룹간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 야간 간식 비섭취자를 기준 범주로 하여 야간 간식 섭취가 비만과 복부 비만에 미치는 영향을 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과에서도 야간 간식 섭취자와 야간 간식 비섭취자 간에 유의한 차이를 관찰할 수 없었다. 야간 간식 섭취자만을 대상으로 ‘비만군’과 ‘비비만군’으로 구분하여 야간 간식의 에너지 섭취량, 총 에너지 섭취량 중 야간 간식의 에너지 기여율을 분석한 결과 비만군과 비비만군에서 유의한 차이를 발견할 수 없었다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 국민건강영양조사 식이 섭취 조사 자료 특성상 조사 대상자의 하루 식사만 반영되어 장기적인 식사 패턴을 파악하는데 한계가 있을 것으로 사료된다. 따라서 연구 집단을 선정할 후 장기 간 추적 조사를 통한 코호트 연구 설계를 적용할 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한 연구대상, 식사 시간, 섭취 식품의 종류에 따라 연구 결과에 차이를 보일 수 있을 것이며, 보다 체계적으로 분석하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 아울러 신체활동이나 수면 시간 등과 같은 변수들도 과체중 및 비만과 밀접한 관련이 있을 수 있고, 이러한 변수들이 결과에 영향을 미칠 수 있을 것으로도 판단된다. 향후 연구에서는 이러한 생활 습관 요인들을 추가적으로 고려한 분석이 필요할 것이다. 또한 본 연구는 2023년 단일 연도의 데이터를 이용하였으나 더 많은 데이터를 이용하여 야간 간식 섭취와 비만 지표와의 관련성을 좀 더 면밀하게 분석할 필요가 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구가 우리나라 성인을 대표할 수 있는 대규모 국가 단위의 자료를 이용하여 분석하였고, 일반적 특성, 사회경제적 수준 및 총 에너지 섭취량을 보정하여 신뢰도 있는 기초적 결과를 제시하고자 했다는 점에 의의가 있을 것으로 생각된다.

## References

- Choi MK, Bae YJ. 2025. Diet quality assessment using the Korean Healthy Eating Index in relation to alcohol consumption patterns in Korean adults. *J Med Food* 29: 33-42
- Crispim CA, Rinaldi AEM, Azeredo CM, Skene DJ, Moreno CRC. 2024. Is time of eating associated with BMI and obesity? A population-based study. *Eur J Nutr* 63:527-537
- Ha K, Song YJ. 2019. Associations of meal timing and frequency with obesity and metabolic syndrome among Korean adults. *Nutrients* 11:2437
- Han G. 2026. Evaluation of the nutritional contribution of snacks in Korean adults: Data from Korea national health and nutrition examination survey 2023. *Korean J Food Nutr* 39:19-31
- Jakubowicz D, Barnea M, Wainstein J, Froy O. 2013. High caloric intake at breakfast vs. dinner differentially influences weight loss of overweight and obese women. *Obesity* 21:2504-2512
- Jung S, Kim JY, Park S. 2024. Eating patterns in Korean adults, 1998-2018: Increased energy contribution of ultra-processed foods in main meals and snacks. *Eur J Nutr* 63:279-289
- Kim BY, Kang SM, Kang JH, Kang SY, Kim KK, Kim KB, Kim B, Kim SJ, Kim YH, Kim JH, Kim JH, Kim EM, Nam GE, Park JY, Son JW, Shin YA, Shin HJ, Oh TJ, Lee H, Jeon EJ, Chung S, Hong YH, Kim CH, Hong S, Hong YS, Kim JH. 2021. 2020 Korean society for the study of obesity guidelines for the management of obesity in Korea. *J Obes Metab Syndr* 30:81-92
- Kim C, Choi S, Hwang S, Na W, Sohn C. 2023. Correlation between sociodemographic factors and health behavior factors affecting consumption of ultra-processed foods and the quality of diet: Based on the sixth to seventh (2013-2018) National Health and Nutrition Survey. *J Nutr Health* 56:547-556
- Kim SY, Kim HJ. 2021. Trends in alcohol consumption for Korean adults from 1998 to 2018: Korea national health and nutritional examination survey. *Nutrients* 13:609
- Korea Disease Control and Prevention Agency. 2023. The Korea

- National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). Korea Disease Control and Prevention Agency Korea Disease Control and Prevention Agency. 2026. The prevalence of chronic conditions. Available from <https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/mntpcstat/chrnDissStat.do> [cited 10 March 2026]
- Kwak J, Jang KA, Kim HR, Kang MS, Lee KW, Shin D. 2023. Identifying the associations of nightly fasting duration and meal timing with type 2 diabetes mellitus using data from the 2016–2020 Korea National Health and Nutrition Survey. *Nutrients* 15:1385
- Kwok A, Dordevic AL, Truby H. 2023. Exploring the short-term impact of swapping consumption from standard protein snacks to higher protein snacks on energy intake in social drinkers: Is protein worth a nudge? *Food Sci Nutr* 12:2037-2049
- Longo-Silva G, de Oliveira Lima M, Pereira Pedrosa AK, Serenini R, de Menezes Marinho P, Egito de Menezes RC. 2024. Association of largest meal timing and eating frequency with body mass index and obesity. *Clin Nutr ESPEN* 60:179-186
- Lyu J, Lee K, Jung S, Park YJ. 2024. Associations of meal timing and sleep duration with incidence of obesity: A prospective cohort study. *J Nutr Health Aging* 28:100220
- McHill AW, Phillips AJK, Czeisler CA, Keating L, Yee K, Barger LK, Garaulet M, Scheer FAJL, Klerman EB. 2017. Later circadian timing of food intake is associated with increased body fat. *Am J Clin Nutr* 106:1213-1219
- Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. 2025. Dietary Reference Intakes for Koreans 2025
- Monteiro CA, Cannon G, Moubarac JC, Levy RB, Louzada MLC, Jaime PC. 2018. The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr* 21:5-17
- Morris CJ, Yang JN, Garcia JI, Myers S, Bozzi I, Wang W, Buxton OM, Shea SA, Scheer FAJL. 2015. Endogenous circadian system and circadian misalignment impact glucose tolerance via separate mechanisms in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 112:E2225-E2234
- Na SK, Cheon SH, Choi YJ, Lee HJ, Roh YK, Choi MK. 2016. Relationship between abdominal obesity and proportion of supper and late-night meals. *Korean J Obes* 25:92-98
- Shim JS, Ha KH, Kim DJ, Kim HC. 2023. Ultra-processed food consumption and obesity in Korean adults. *Diabetes Metab J* 47:547-558
- Shim JS, Shim SY, Cha HJ, Kim J, Kim HC. 2022. Association between ultra-processed food consumption and dietary intake and diet quality in Korean adults. *J Acad Nutr Diet* 122:583-594
- Shim JS. 2021. Ultra-processed foods and total sugars intake in Korea: Evidence from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2016–2018. *Nutr Res Pract* 16:476-488
- Sung H, Park JM, Oh SU, Ha K, Joung H. 2021. Consumption of ultra-processed foods increases the likelihood of having obesity in Korean women. *Nutrients* 13:698
- Wang P, Tan Q, Zhao Y, Zhao J, Zhang Y, Shi D. 2024. Night eating in timing, frequency, and food quality and risks of all-cause, cancer, and diabetes mortality: Findings from National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutr Diabetes* 14:5
- Willett W. 2013. Nutritional epidemiology. 3<sup>rd</sup> ed. p.552. Oxford University Press
- World Health Organization (WHO). 2025. Obesity and overweight. Available from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> [cited 10 March 2026]
- Xiao Q, Garaulet M, Scheer FAJL, Stephen AM. 2019. Meal timing and obesity: Interactions with macronutrient intake and chronotype. *Int J Obes* 43:1701-1711
- Yeon JY. 2017. Association between consumption frequency of each kind of snack and risk of overweight and obesity in adolescents: From the Korean National Health and Nutrition Examination Surveys, 2007–2009. *Korean J Food Nutr* 30:74-82
- Yeon S, Lee J, Yun S, Oh K. 2026. Intake of dietary sugar in the Republic of Korea: Data from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Jugan Geongang Gwa Jilbyeong* 19:253-267
- Yoon SH, Lee JH, Oh KW. 2025. Dietary status of Korean

adults. KDCA Issue Report No. 01. Available from  
<https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/archive/wsiNationHelthStatsPlus.do> [cited 10 March 2026]

---

Received 18 March, 2026  
Revised 08 April, 2026  
Accepted 20 April, 2026

## 포장재 종류에 따른 유자의 저장 중 품질 변화

이보배 · 최영진\* · 김병삼\*\* · 최덕수\*\* · †남승희\*\*\*

전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구사, \*(주)리젠피엔엠 대표,  
\*\*전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구관, \*\*\*전남대학교 농업생명과학대학 연구교수

### Changes in the Quality of Yuzu (*Citrus Junos* Sieb.) during Storage according to the Type of Packaging Material

Bo-Bae Lee, Yeong-Jin Choe\*, Byeong-Sam Kim\*\*, Duck-Soo Choi\*\* and †Seung-Hee Nam\*\*\*

Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Jeonnam 59021, Korea

\*CEO, Risen P&M Inc., Busan 46241, Korea

\*\*Senior Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Jeonnam 59021, Korea

\*\*\*Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

#### Abstract

In this study, 'Tadanishiki', a yuzu variety, was stored at 25°C for 7 weeks using various packaging materials (unpacked, plastic containers, functional films). Appearance, quality characteristics (hardness, weight loss rate, etc.), antioxidant activity, total number of bacteria, and mold generation were compared under each condition. In the case of unpackaged yuzu, the weight loss rate increased from 24% at week 1 of storage to 70% at week 7. The weight loss rate of yuzu in plastic packaging increased from 18% (1 week) to 68% (7 weeks). However, functional films were found to be effective in maintaining marketability because they had fewer changes in the weight loss rate compared to unpackaged and plastic packaging. As a result of the total bacterial count survey, bacteria began to be observed from the 3rd week in the case of yuzu stored in unpackaged and plastic containers, whereas yuzu stored in functional films developed bacteria by the 7th week. Fungi did not occur in any treatments on day 0, and mold measuring 47.7 mm<sup>2</sup> size occurred in unpackaged yuzu at week 1. It was confirmed that mold measuring 483.5 mm<sup>2</sup> occurred at week 3 for plastic containers and 189.2 mm<sup>2</sup> for functional films at week 5.

Key words: yuzu, functional films, bacteria, storage

## 서 론

유자(*Citrus junos*)는 감귤류의 일종으로 일본과 중국 등에서 재배되며 우리나라에서는 제주도, 고흥, 완도, 거제 등에서 주로 재배되어 왔다(Shin 등 2008). 최근에는 전남이 전국 유자 재배면적 1,476 ha 중 79.2%인 1,169 ha를 차지하며 지역 특화 작목으로 자리매김하였다. 그 중 고흥군 824 ha(70.5%), 완도군 235 ha(20.1%)로 주요 재배지역이 집중되어 있다.

유자는 비타민 C, limonoid가 풍부하며, tannic acid, caffeic acid 등의 페놀성 화합물과 naringin, hesperidin 등과 같은 플라

보노이드 화합물이 다량 함유되어 있다(Shin Y 2012). 그러나 유자는 껍질이 두껍고 종자가 많으며, 강한 산미와 고유한 향을 가져 직접 생식보다는 대부분이 수확 직후 가공공정을 통하여 1차 가공품인 유자청으로 대부분 이용되고 있다(Yang 등 2011). 하지만 유자 품종 '다전금'의 경우 씨가 거의 없고 껍질이 얇아 생과용으로 이용할 수 있는 장점을 가졌다.

유자는 생체이기 때문에 수확 후 저장 중에도 생명유지를 위해서 호흡 등 대사 작용을 계속함에 따라 수확 전에 축적한 양분을 분해하거나 소모하면서 열, 수분 및 CO<sub>2</sub> 가스를 발생하게 되고 이에 따라 저장된 유자의 품질이 나빠지게 된

† Corresponding author: Seung-Hee Nam, Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea. Tel: +82-62-530-0207, Fax: +82-62-530-0279, E-mail: namsh1000@jnu.ac.kr

다. 또한 저장된 유자의 표면으로부터 증산작용에 의해서 수분이 공기 중으로 증발하게 되어 중량이 감소하고 외관이 불량해지며 게다가 미생물에 대한 저항성이 낮아져 미생물의 번식에 의한 부패가 발생하기 쉽다(Lee 등 2021). 국내에서 유자 과실의 저장 연구로는 오존수 세척 처리에 의한 유자의 품질 특성 변화(Lee 등 2023), 갈변방지제 처리가 슬라이스 유자의 저장성에 미치는 영향(Lee 등 2021) 등 일부 연구가 보고되고 있으나, 포장재를 이용한 유자의 저장에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 유자 ‘다전금’의 저장 중 선도 및 품질을 유지하기 위하여 포장재(무포장, 플라스틱 용기, 기능성 필름) 처리에 따른 저장 중에 유자의 품질 변화를 검토하였다. 본 실험에서 사용한 플라스틱 용기는 일반적으로 레몬 등 감귤류에서 사용하는 포장 용기이기 때문에 처리구로 선정을 하였고, 기능성 필름은 최근 열무김치의 유통기한을 추정하는 연구(Yun 등 2024)에서 품질에 영향을 미치지 않고 유통기한 단축을 효과적으로 방지하는 등 우수한 연구결과를 보여 유자 저장실험에 기능성 필름을 적용하여 효과를 검증하고자 사용하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 사용된 유자(*Citrus junos* Sieb.)는 전라남도농업기술원 과수연구소 완도시험장(Wando, Korea)에서 2024년 11월에 수확한 ‘다전금’ 품종을 사용하였다. 대조군인 무포장은 유자 원물만을 저장하였고 처리군인 포장재는 플라스틱 용기(태방특수포장, Daegu, Korea) W185×D190×H95 mm를 사용하였다. 또한 기능성 필름(OPP 기반 비관통 통기구조 필름, (주)리젠피엔엠, Busan, Korea)은 유자 1개 크기에 맞게 15×15 cm 규격으로 자른 후 실링하였고 필름 두께는 0.12 mm이었다. 기능성 필름은 포장재 내부 기체 환경을 조절해주는 구조이고 기본적으로 고분자 필름은 얇을수록 기체가 더 잘 통과하는 특성이 있는데, 여기에 표면 미세가공을 적용해서 국부적으로 기체가 이동할 수 있는 경로를 만들어준 포장재이다. 결과적으로 유자의 호흡을 너무 빠르지도, 너무 억제되지도 않게 완만하게 유지해주면서 저장 중 품질 저하나 미생물 발생을 늦추는 포장재 종류 중 하나이다. 포장재(무포장, 플라스틱 용기, 기능성 필름)를 달리한 유자는 인큐베이터(DS-132SH, Daewon Science Co., Bucheon, Korea) 25℃

에서 7주간 저장하면서 저장 중 유자의 품질 특성 및 성분 변화, 곰팡이 발생률 등을 조사하였다.

### 2. 품질 특성

유자의 pH, 산도 측정은 유자 착즙액 5 g을 25 mL의 증류수를 넣고 마쇄한 후, filter paper(Whatman No.4)로 여과한 용액을 pH meter(PHM 210, Radiometer Analytical SAS, Lyon, France)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 산도는 시료에 0.1% phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적색이 될 때까지 적정하여 NaOH 용액의 소비된 용량(mL)을 구한 다음 구연산으로 환산하였다. 당도는 디지털 당도계(PR-201, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 유자 착즙액을 3회 반복 측정하였다. 경도는 Texture analyzer(XforceP, Zwick/Roell, Ulm, Germany)를 사용하여 유자 원물을 측정하였으며, probe는 6 mm 직경 실린더 모양을 사용하였다. Start position speed 100 mm/min, pre-load speed 2.0 mm/s 측정 조건으로 구하였다. 감모율은 수확 시 유자의 중량을 정밀 저울(PX523KR/E, OHAUS Co., Parsippany NJ, USA)로 측정하고 시간이 경과함에 따라 유자의 중량 변화를 측정하여 백분율로 나타냈다. 색도는 유자 과피를 색차계(CR-400m Konica, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였고 명도(light)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b값은 각각 95.74, 0.04 및 2.80이었다.

### 3. 항산화 활성 측정

슬라이스된 유자를 열풍건조기(JSOF-100, JSR, Gongju, Korea)로 50℃, 24시간 건조 후 유자를 분쇄기(DA282-2, Daesung Artlon, Paju, Korea)로 분쇄하였다. 유자 분말 1 g을 20 mL 80% 에탄올(5% 시료농도)로 3시간 환류 추출하여 0.2 μm syringe filter(Hyundai micro, Seoul, Korea)로 여과 후 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Park ID(2021)의 방법을 변형하여 측정하였으며, 1 mM DPPH를 에탄올 100 mL에 용해시키고, 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도가 약 1.5가 되도록 희석하여 사용하였다. 표준물질로는 ascorbic acid를 사용하여 검량 곡선을 작성하였으며, 96 well plate에 여과된 유자추출물 50 μL, DPPH 용액 250 μL를 첨가하여 37℃에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader(UV-1601, BioTek)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 3회 반복 측정하여 평균과 표준

편차를 구하였으며, 다음의 식을 이용해 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다.

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

Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정 방법은 Kim & Yook(2024)의 방법을 응용하여 측정하였다. FRAP 용액은 300 mM sodium acetate 완충용액 40 mM HCl에 용해시킨 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-trizaine)과 20 mM FeCl<sub>3</sub>을 혼합하여 제조하였다. FRAP 용액에 시료 100µL를 넣고 37°C인 암실에서 15분간 반응하였다. 그 후 micro plate spectrophotometer(Biotek Epoch, Winooski, VT, USA)를 이용해 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선으로는 FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O를 이용하였다.

#### 4. 총 페놀 및 플라보노이드 측정

총 페놀 함량은 Im 등(2021)의 방법으로 구하였다. 슬라이스된 유자를 열풍건조기(JSOF-100, JSR, Gongju, Korea)로 50°C, 24시간 건조 후 유자를 분쇄기(DA282-2, Daesung Artlon, Paju, Korea)로 분쇄하였다. 유자 분말 1 g을 20 mL 80% 에탄올로 3시간 환류 추출하여 0.2 µm syringe filter(Hyundai micro, Seoul, Korea)로 여과 후 사용하였다. 유자추출물 30 µL에 증류수 32.5 µL를 첨가한 후 Folin-Denis reagent 12.5 µL를 첨가하여 6분간 암소에서 방치하고, 7%(w/v) sodium carbonate 12.5 µL와 증류수 250 µL를 첨가하여 60분간 암소에서 반응 후 분광광도계(Biotek Epoch, Winooski, VT, USA)로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 농도별 검량곡선을 작성한 후 흡광도를 3회 반복 측정한 다음 평균값과 표준편차를 나타내었다. 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물 20 µL에 diethylene glycol 200 µL와 2 N NaOH 20 µL를 첨가한 후 37°C에서 30분 동안 방치하고 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 구하였다. 검량선은 표준물질로 rutin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다(Lee 등 2021).

#### 5. 총 세균수 및 곰팡이 조사

총 세균수 및 곰팡이 조사는 Baek & Kim(2021)의 방법을

변형하여 조사하였다. 총 세균수 조사는 표준평판법으로 측정하였다. 저장된 유자 원물을 균질기(homogenizer, Ultra-Turrax T25, IKA, Staufen, Germany)를 이용하여 ice bath 조건에서 균질화하였다. 균질화된 시료는 1,000배 단계 희석액을 사용하였으며 100 µL씩 취하여 LB 고체배지에 도말하였다. 이후 37°C에서 48시간 배양한 후 단위부피당 미생물 수를 3회 반복 측정하여 평균하여 나타내었다.

$$\text{CFU/mL} = \frac{\text{모든 집락수의 합}}{(1 \times \text{계산된 평균수}) \times \text{희석배수}} \times \frac{1}{0.1\text{mL}}$$

곰팡이 조사는 시료를 2 g씩 취한 후 멸균생리식염수 18 mL를 가하여 균질화하여 사용하였다. 저장 시료의 경우 1,000배 단계 희석액을 각각 100 µL씩 취하여 PDA 고체 배지에 도말하였다. 본 배지는 25°C에서 2-4일간 배양하였고, 배양 후 곰팡이의 면적은 Image J software(NIH ImageJ; NIH, Bethesda, MD, USA)를 이용하여 구하였다. 곰팡이가 발생한 면적은 90 mm 페트리 디쉬의 전체 면적에서 곰팡이가 차지하는 면적인 % Area 값을 곱해주어 계산하였다.

$$\text{Area (mm}^2\text{)} = \frac{\% \text{Area}}{100} \times \text{Total area (mm}^2\text{)}$$

이후 이를 이용해 각 샘플의 disease incidence(%)를 구하였다.

$$\text{Disease incidence (\%)} = \frac{\text{각 샘플 area (mm}^2\text{)}}{\text{무처리군 area (mm}^2\text{)}} \times 100$$

#### 6. 통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 23.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하였다. 시료간의 유의성 검정은 one-way analysis of variance(ANOVA)를 한 후,  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 유자의 외관 및 품질 특성 변화

포장재 종류에 따라 25°C에 저장한 유자의 외관 변화를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 왼쪽 사진은 유자 외관을

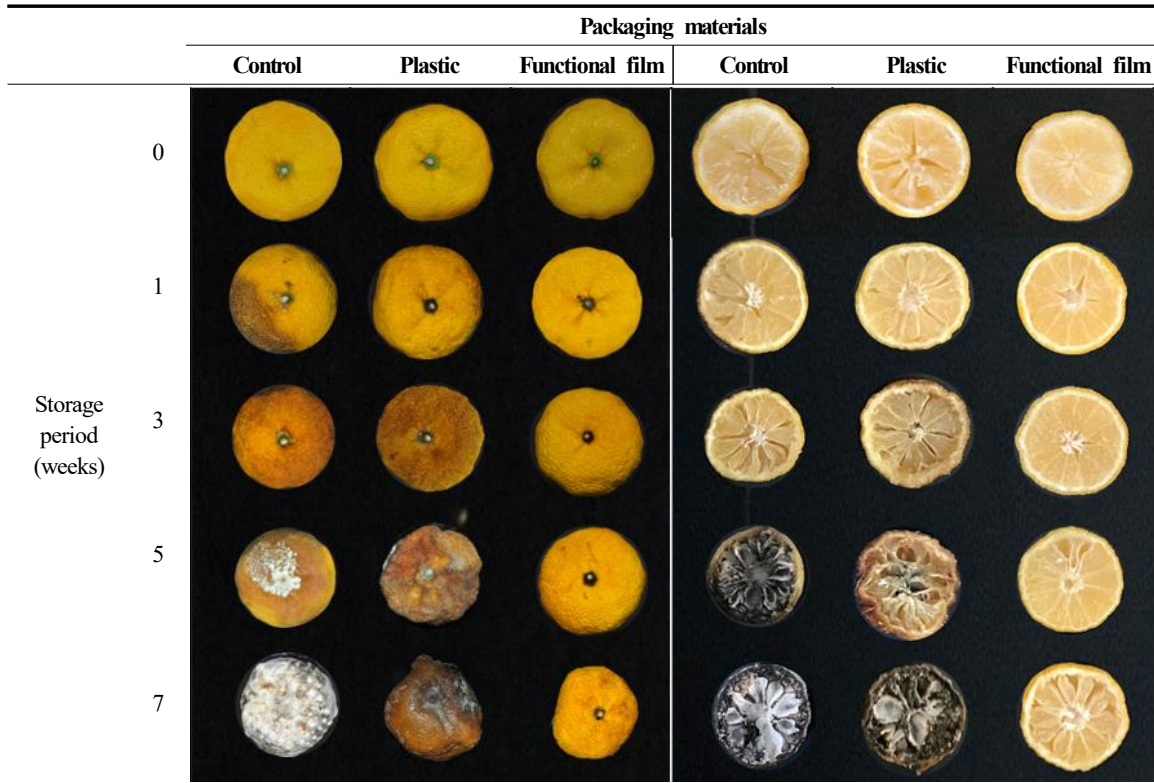


Fig. 1. Changes in the appearance of stored yuzu depending on the type of packaging material.

나타낸 것이며 오른쪽 사진은 유자의 절단면을 나타낸 사진이다. 유자의 외관 변화는 무포장, 플라스틱 포장재 경우 5주차부터 곰팡이가 발생한 반면, 기능성 필름의 경우 무처리, 플라스틱 처리보다 육안으로도 상태가 양호한 것을 알 수 있었다. 포장재별(무포장, 플라스틱, 기능성 필름) 유자의 pH, 당도, 산도, 경도, 감모율, 색도 품질 변화를 Table 1, Table 2에 나타내었다. pH, 당도, 산도의 경우 저장기간 내 내 시료들간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장기간과 포장재 종류에 따른 유자의 경도는 저장기간 1주차까지는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 3주차부터는 통계적으로 유의적 차이를 나타내었다. 저장기간이 경과할수록 유자의 경도는 증가하는 경향을 보였으며, 초기 8.37~8.57 N에서 저장 7주차에는 11.7~20.5 N으로 나타났다. 경도가 증가한 이유는 유자의 수분증발에 따라 과피가 단단해져 나온 결과라 사료된다. 이러한 결과는 포장재 처리에 따른 한라봉 감귤의 저장 중 품질 변화 연구(Lee 등 2008)에서 저온저장보다는 상온저장에서 수분증발이 많아 경도가 높

았다는 결과가 나왔고 이는 본 연구결과와 일치하였다. 또한, 포장재 종류에 따른 경도는 기능성 필름이 저장 0일째와 7주차의 결과값 차이가 가장 작아 상대적으로 경도가 잘 유지된 것으로 보인다. Park 등(2011)은 파프리카 저장 중 상온 조건에서 OPP 필름이 PLA(poly lactic acid) 필름에 비해 비교적 높은 경도 수치를 나타내어 포장재 종류에 따라 경도 변화에서 차이를 보이는 것을 보고하였다. 본 연구에서는 포장재를 통한 외부환경으로의 노출 차단, 수분 증발 방지 효과 등 복합적인 작용이 유자의 경도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

포장재별 유자의 품질 변화를 감모율 변화로 확인하였다. 감모율은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 무포장의 경우 저장 1주차 때 24%에서 7주차에 70%로 증가하였고 플라스틱 포장재는 18%(1주)에서 68%(7주)로 감모율이 증가하였다. 반면, 기능성 필름은 무포장, 플라스틱 포장재보다 감모율 변화가 가장 적은 것을 확인하였다. 기능성 필름은 내부의 가스교환을 조절하여 호흡을 감소시키고, 수

**Table 1. Changes in the quality characteristics of stored yuzu depending on the type of packaging material**

Quality characteristics	Packaging materials	Storage period (weeks)				
		0	1	3	5	7
pH	Control	3.25±0.13 <sup>ns1)</sup>	3.08±0.11 <sup>ns</sup>	2.75±0.05 <sup>ns</sup>	2.81±0.05 <sup>ns</sup>	2.78±0.02 <sup>ns</sup>
	Plastic	3.19±0.20	2.90±0.20	2.76±0.01	2.82±0.08	2.76±0.01
	Functional film	3.32±0.10	2.94±0.15	2.80±0.11	2.87±0.40	2.80±0.11
Soluble solids (°Bx)	Control	8.47±0.35 <sup>ns</sup>	9.07±0.40 <sup>ns</sup>	9.50±1.41 <sup>ns</sup>	10.90±0.71 <sup>ns</sup>	11.55±1.06 <sup>ns</sup>
	Plastic	8.33±0.49	9.05±0.35	9.40±0.57	11.30±0.99	13.15±0.64
	Functional film	8.37±0.55	8.70±0.71	8.90±0.14	10.60±0.42	11.05±3.61
Acidity (%)	Control	4.34±0.18 <sup>ns</sup>	4.53±0.49 <sup>ns</sup>	4.77±0.30 <sup>ns</sup>	5.15±0.64 <sup>ns</sup>	5.13±0.57 <sup>ns</sup>
	Plastic	4.51±0.34	4.85±0.18	4.40±0.70	5.20±0.14	5.37±0.31
	Functional film	4.44±0.27	5.28±1.14	4.60±0.50	5.17±0.61	5.22±0.45
Hardness (N)	Control	8.57±0.31 <sup>ns</sup>	9.27±0.75 <sup>ns</sup>	15.2±0.64 <sup>a</sup>	18.5±0.80 <sup>a</sup>	20.5±1.47 <sup>a</sup>
	Plastic	8.37±0.42	8.70±1.64	15.2±2.38 <sup>a</sup>	17.6±2.19 <sup>a</sup>	17.4±2.10 <sup>a</sup>
	Functional film	8.50±0.50	8.85±0.64	7.95±1.48 <sup>b</sup>	8.77±3.11 <sup>b</sup>	11.7±2.42 <sup>b</sup>
Weight loss rate (%)	Control	-	24.9±2.18 <sup>a</sup>	45.3±0.65 <sup>a</sup>	64.8±2.29 <sup>a</sup>	70.8±9.31 <sup>a</sup>
	Plastic	-	18.8±1.36 <sup>b</sup>	42.3±2.74 <sup>a</sup>	76.1±20.7 <sup>a</sup>	68.7±2.37 <sup>a</sup>
	Functional film	-	9.65±0.42 <sup>c</sup>	19.8±1.72 <sup>b</sup>	30.1±4.82 <sup>b</sup>	35.0±3.05 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple-range test ( $p<0.05$ ).

**Table 2. Color change of stored yuzu depending on the type of packaging material**

Color value	Packaging materials	Storage period (weeks)				
		0	1	3	5	7
L*	Control	73.1±1.55 <sup>ns1)</sup>	75.4±6.29 <sup>ns</sup>	73.0±0.65 <sup>ns</sup>	63.65±1.11 <sup>b</sup>	63.11±2.96 <sup>ns</sup>
	Plastic	72.3±2.31	76.8±6.56	73.8±1.20	67.31±0.04 <sup>b</sup>	64.28±0.45
	Functional film	72.4±0.53	77.5±5.40	73.5±1.58	74.97±3.97 <sup>a</sup>	69.20±2.00
a*	Control	3.62±2.07 <sup>ns</sup>	4.19±1.03 <sup>ns</sup>	4.17±1.71 <sup>ns</sup>	15.4±0.22 <sup>ns</sup>	11.40±0.92 <sup>b</sup>
	Plastic	3.50±1.32	3.65±0.22	3.87±0.87	13.6±4.50	18.65±0.11 <sup>a</sup>
	Functional film	4.76±0.68	4.06±1.11	3.00±2.25	5.53±3.32	2.35±0.70 <sup>c</sup>
b*	Control	73.3±2.98 <sup>ns</sup>	84.3±82.8 <sup>ns</sup>	81.7±1.42 <sup>a</sup>	70.4±1.80 <sup>ns</sup>	76.9±0.11 <sup>ns</sup>
	Plastic	71.4±9.37	83.7±2.45	75.7±4.20 <sup>ab</sup>	75.1±3.41	70.1±4.19
	Functional film	74.6±4.75	82.9±2.06	71.8±2.44 <sup>b</sup>	74.9±3.44	69.8±1.07

<sup>1)</sup> Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple-range test ( $p<0.05$ ).

분 변화 또한 낮춰 생체 중량 감소를 억제한 것으로 판단된다. Kim 등(2025)은 원예작물에서 저장 온도와 포장재가 생체 중량 변화에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고하였다. Jung 등(2014)은 기체 투과도가 낮은 포장재로 포장한 딸기의 경우 저장 중 외부로부터 공기의 유입을 막기 때문에, 포

장재 내부의 산소 농도가 감소하고 호흡률이 낮아짐으로써 중량 감소가 적게 일어난다고 보고하였다. 따라서 유자의 감모율은 포장재의 소재에 따른 공기 유입 정도와 외부 환경과의 직접적인 접촉 여부가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

## 2. 항산화 활성 측정

항산화능을 확인하는 방법 중의 하나인 환원력은 철 이온을  $Fe^{3+}$ 에서  $Fe^{2+}$ 로 환원시키는 강도가 클수록 환원력 즉 항산화능이 강하다고 판단하며 발색의 정도로 측정할 수 있다 (Lee 등 2025). 포장재 종류에 따라 저장한 유자의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 2(a)와 같다. 무포장의 경우 저장기간이 길어질수록 0일째 69.4%에서 7주차에 30.6%로 감소하였으며 플라스틱 용기의 경우 7주차에 37.8%를 유지하였다. 반면 기능성 필름의 경우 다른 포장재에 비해 높은 약 66%의 DPPH 소거능을 나타냈다. 무포장과 플라스틱 용기는 저장기간이 길어질수록 DPPH 소거능의 감소폭이 굉장히 컸지만 기능성 필름은 0일~7주차까지의 DPPH 소거능이 8.33~8.06%로 감소폭이 적은 것을 확인할 수 있었다. Kim 등 (2025)의 연구 결과에 따르면 파프리카를 포장재 종류별로 저장하였을 때 산소 제한 필름이 다른 포장재에 비해 높은

DPPH 소거능을 나타냈다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 또한, Jin 등(2014)의 연구 결과에 따르면 저장기간에 따른 사과와 DPPH 전자공여능의 변화 결과, 0일차에 92.32%에서 15일차에 85.74%로 감소하는 것을 확인하였다. Choi 등(2013)의 연구에서도 딸기를 10일 동안 저장했을 때 완숙 과실의 항산화 활성은 현저하게 감소하였고 4°C에 저장된 과실보다 15°C에 저장된 과실의 항산화 활성이 현저하게 감소하는 결과를 보여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 이처럼 항산화 성분의 감소 이유는 저장기간 동안 온도, 빛 등의 환경적 요인에 따라 항산화 성분의 안정성에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

FRAP(ferric reducing antioxidant power)법은 전자공여능력을 통해 시료의 항산화 활성을 검증하기 위해 많이 사용되는 방법 중 하나로써, 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine( $Fe^{3+}$ -TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine( $Fe^{2+}$ -TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것이다(Lee 등 2025). 항산화능으로 FRAP를 확인한 결과는 Fig. 2(b)와 같다. 25°C에서 저장 기간이 길어짐에 따라 환원력이 감소하였다. 특히 무포장은 0일부터 7주차까지 환원력이 약 1.22 mM  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 씩 감소하였다. 하지만 상대적으로 기능성 필름은 0.42 mM  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 가 감소하여 기능성 필름 포장 유자의 항산화 활성 유지가 뛰어남을 확인하였다.

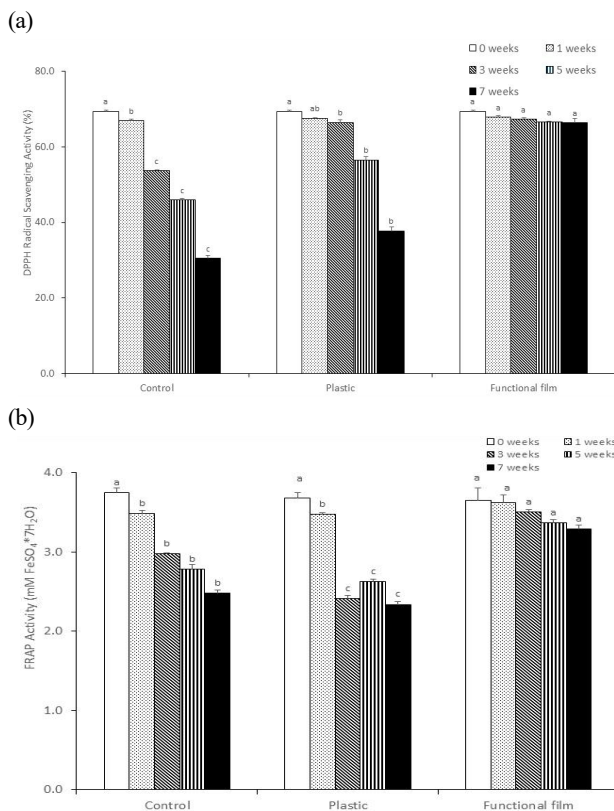


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity (a) and FRAP (b) of yuzu stored according to the type of packaging material.

## 3. 총 페놀 및 플라보노이드 측정

포장재 종류에 따라 25°C에 저장한 유자의 총 플라보노이드 및 총페놀 함량을 Fig. 3에 나타내었다. 총 플라보노이드는 저장기간이 증가할수록 포장재 종류 모두 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3(a)). 저장기간 7주차에 무포장의 경우 총 플라보노이드 함량 45.8 mg, 플라스틱 용기 49.7 mg, 기능성 필름 58.6 mg 순으로 나타났다. 시료 g 당 총 페놀 함량도 총 플라보노이드와 유사한 경향으로 나타났으며 저장기간이 길어짐에 따라 꾸준히 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3(b)). 무포장은 0일 4.31 mg, 7주차 3.30 mg으로 약 1.01 mg 감소하였으며 플라스틱 용기의 경우 0.89 mg 감소하였고 기능성 필름은 약 0.43 mg 감소로 다른 처리구에 비해 감소폭이 가장 적은 것을 확인할 수 있었다. 저장기간에 따른 사과와 품질 특성과 항산화 활성변화 연구결과(Jin 등 2014)에 따르면 총 페놀 함량은 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 저장 3일차에 180.55  $\mu\text{g/g}$ 에서 저장 4일차에 155.77  $\mu\text{g/g}$ 으로 큰 폭으로 감소하였다. 또한, 총 플라보노이드의 변

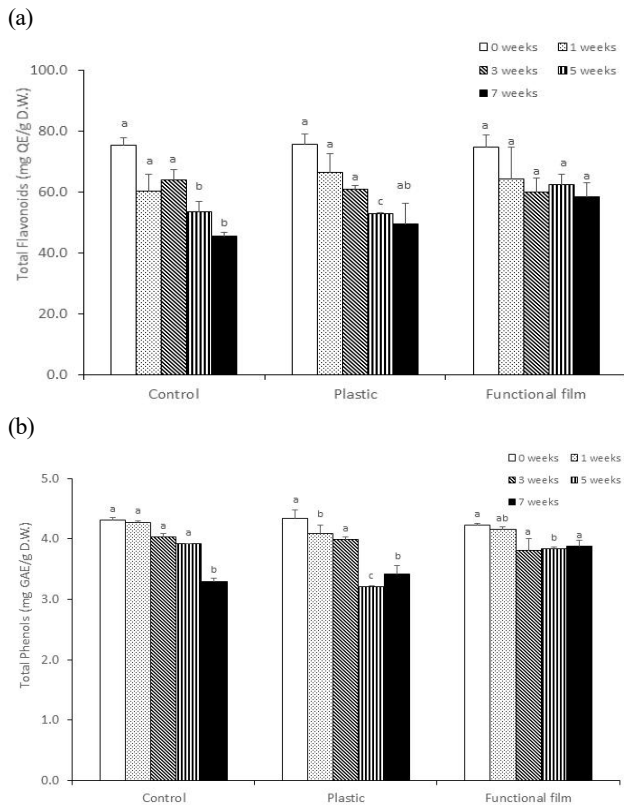


Fig. 3. Total flavonoids (a) and Total phenol (b) of yuzu stored according to the type of packaging material.

화 결과 0일차 98.07  $\mu\text{g/g}$ 에서 1일차 72.97  $\mu\text{g/g}$ 으로 비교적 크게 감소하였고, 실험 7일차 55.39  $\mu\text{g/g}$ 에서 8일차 40.75  $\mu\text{g/g}$ 의 함량으로 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보여 본 연구결과와 일치하였다. 최근에는 비타민과 카로티노이드, 식물로부터 유래한 페놀 및 플라보노이드 등이 항산화 작용의 주요 역할을 하는 성분임이 밝혀졌으며, 시트러스 과실 계열의 주요 페놀 성분인 플라보노이드는 유익한 건강증진 효과를 나타낸다고 알려져 있다(Carrasco-Pancorbo 등 2005; Yoo & Moon 2016).

#### 4. 총 세균 수 및 곰팡이 조사

포장재 종류에 따라 저장한 유자의 미생물학적 위해에 어떠한 영향을 끼치는지를 더욱 정확하게 구명하고자 하였다. 25°C에 무포장, 플라스틱 용기, 기능성 필름에 유자를 저장하면서 곰팡이 크기, 세균 수 또는 발생율을 조사한 결과는 Fig. 4 (좌: 곰팡이 발생, 우: 세균 발생)와 Table 3에 나타내었다. 곰

팡이의 경우 0일째에 모든 처리구에서 발생하지 않았으며 1주차에 무포장에서 47.7  $\text{mm}^2$  크기의 곰팡이가 발생하였다. 플라스틱 용기의 경우 3주차에 483.5  $\text{mm}^2$ , 기능성 필름은 5주차에 189.2  $\text{mm}^2$  크기의 곰팡이가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 세균은 무포장과 플라스틱 용기의 경우 3주차부터 관찰되기 시작하였으며 기능성 필름은 7주차에 발생하였다. 7주차에는 무포장, 플라스틱, 기능성 필름 순으로 각각 g 당  $7.44 \pm 3.72$ ,  $5.48 \pm 2.74$ ,  $4.24 \pm 2.13 \times 10^3$  CFU로 나타났으며 0일부터 7주차까지 저장기간이 증가할수록 세균수도 증가하는 경향을 나타냈다. 7주차 플라스틱 포장군과 기능성 필름 포장군은 무처리군에 비해 각각 27.3%, 43% 가량 낮은 세균 발생률을 보였다. 이러한 차이는 본 연구에서 사용한 기능성 필름과 유사한 메커니즘을 가지는 MAP(modified atmosphere packaging) 저장 연구(Kim 등 2017)에서 입증되었다. 딸기 저장시 MAP 포장에 의해 기체조성이 변화하면서 곰팡이의 성장을 방해하는 것으로 나타났으며 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. Lee 등(2024)의 연구에서도 치즈의 병원성 대장균의 유도기가 연장되어 병원성 대장균에게 MAP 포장이 성장을 저지하는 데 더 효과가 있는 것으로 확인되었다.

#### 요약 및 결론

본 연구에서는 유자 품종인 '다전금'을 이용하여 25°C 조건 하에 다양한 포장재(무포장, 플라스틱 용기, 기능성 필름)를 사용하여 7주간 저장하면서 각 조건에서의 외관, 품질 특성(경도, 감모율 등), 항산화 활성, 총 세균수 및 곰팡이 발생 등을 조사하였다. 유자 감모율은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 무포장의 경우 저장 1주차 때 24%에서 7주차에 70%로 증가하였고 플라스틱 포장은 18% (1주)에서 68%(7주)로 감모율이 증가하였다. 반면, 기능성 필름은 무포장, 플라스틱 포장보다 감모율 변화폭이 적어 상품성 유지에 효과적인 것으로 나타났다. 또한, DPPH 라디칼 소거능은 저장기간이 길어질수록 무포장과 플라스틱 용기는 DPPH 소거능의 감소폭이 굉장히 컸지만 기능성 필름은 0일~7주까지의 DPPH 소거능이 8.33~8.06%로 감소폭이 적은 것을 확인할 수 있었다. 총 세균수 및 곰팡이 조사 결과 무포장과 플라스틱 용기에 저장한 유자의 경우 3주차부터 세균이 관찰되기 시작하였으며 기능성 필름으로 저장한 유자는 7주차에 세균이 발생하였다. 곰팡이는 0일째에 모든 처리구에서 발생하지 않았으며, 1주차에 무포장에서 47.7  $\text{mm}^2$  크기

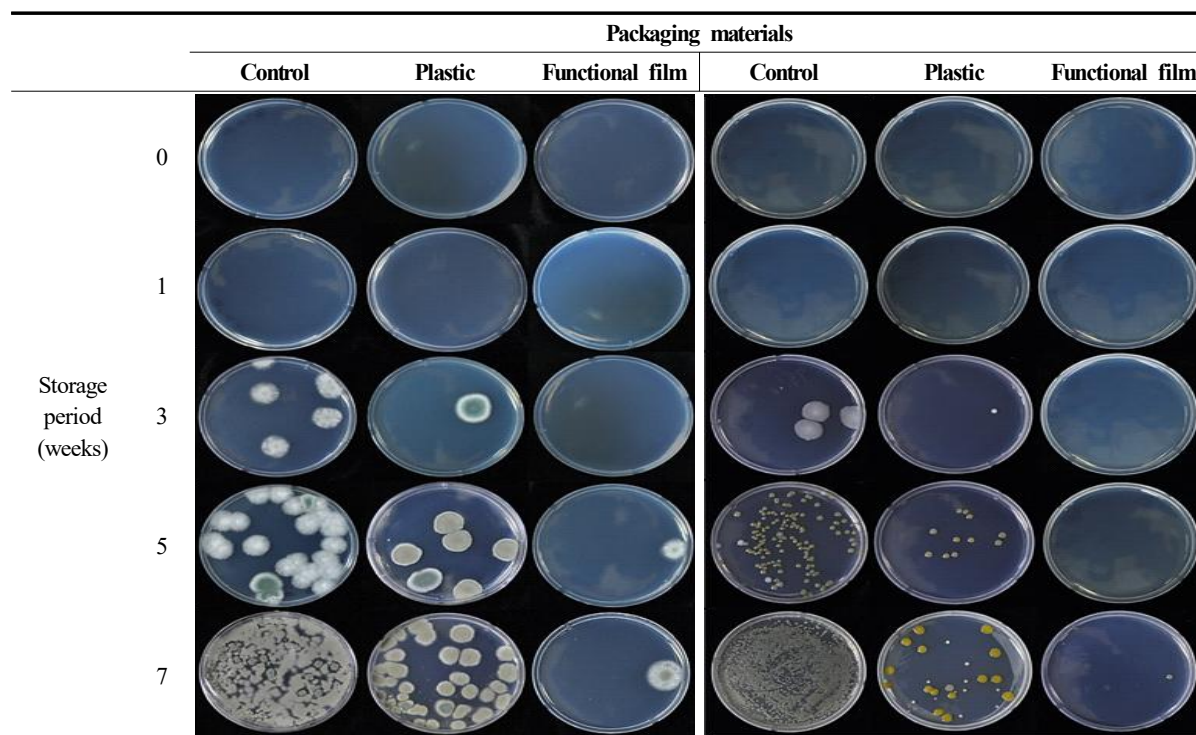


Fig. 4. Mold and bacterial growth in stored yuzu depending on the type of packaging material.

Table 3. Investigation of mold and bacterial growth in yuzu stored according to packaging type

Storage period (weeks)	Packaging materials	Mycelial growth (mm <sup>2</sup> )	Bacterial counts (log CFU/mL)	Disease incidence (%)	
				Mycelial	Bacterial
0	Control	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	Plastic	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	Functional film	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
1	Control	47.7±2.09 <sup>a1)</sup>	0.00±0.00	50.0±2.19 <sup>a</sup>	0.00±0.00
	Plastic	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00
	Functional film	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00
3	Control	1,099.3±27.0 <sup>a</sup>	4.30±2.16 <sup>a</sup>	100.0±2.63 <sup>a</sup>	100.0±7.00 <sup>a</sup>
	Plastic	483.5±2.29 <sup>b</sup>	4.15±2.08 <sup>ab</sup>	44.1±0.21 <sup>b</sup>	96.5±3.50 <sup>a</sup>
	Functional film	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>
5	Control	3,416.6±6.31 <sup>a</sup>	6.18±3.09 <sup>a</sup>	100.0±0.19 <sup>a</sup>	100.0±0.14 <sup>a</sup>
	Plastic	1,848.6±14.9 <sup>b</sup>	4.97±2.49 <sup>b</sup>	54.1±0.44 <sup>b</sup>	80.5±1.12 <sup>b</sup>
	Functional film	189.2±4.06 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	5.54±0.12 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>
7	Control	4,298.2±53.5 <sup>a</sup>	7.44±3.72 <sup>a</sup>	100.0±1.35 <sup>a</sup>	100.0±0.63 <sup>a</sup>
	Plastic	3,250.4±4.10 <sup>b</sup>	5.48±2.74 <sup>b</sup>	76.2±0.09 <sup>b</sup>	73.7±0.10 <sup>b</sup>
	Functional film	462.6±11.1 <sup>c</sup>	4.24±2.13 <sup>b</sup>	10.8±0.24 <sup>c</sup>	57.0±3.21 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's multiple-range test ( $p<0.05$ ).

의 곰팡이가 발생하였다. 플라스틱 용기의 경우 3주차에 483.5 mm<sup>2</sup>, 기능성 필름은 5주차에 189.2 mm<sup>2</sup> 크기의 곰팡이가 발생한 것을 확인할 수 있었다.

결론적으로 기능성 필름 포장에 수분 손실과 대사 활동을 억제하여 유자 품질을 잘 유지하여 오랫동안 상품성을 보존하는 가장 효과적이었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 「수출용 농산물의 생산성 향상 및 수확 후 관리 기술개발(RS-2023-00236699)」 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

## References

- Baek D, Kim HT. 2021. Resistance to SDHI Fungicides of *Botrytis cinerea* causing gray mold in various crops. *J Pestic Sci* 25:237-245
- Carrasco-Pancorbo A, Cerretani L, Bendini A, Segura-Carretero A, Del Carlo M, Gallina-Toschi T, Lercker G, Compagnone D, Fernandez-Gutierrez A. 2005. Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *J Agric Food Chem* 53:8918-8925
- Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY. 2013. Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Korean J Horticult Sci Technol* 31:194-202
- Im AE, Cho HS, Lee BB, Cho YS, Nam SH. 2021. Production of green yuzu peel tablet and its physiochemical or functional characterization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:971-980
- Jin SY, Sim KH, Lee EJ, Gu HJ, Kim MH, Han YS, Park JS, Kim YH. 2014. Changes in quality characteristics and antioxidant activity of apples during storage. *Korean J Food Nutr* 27:999-1005
- Jung SH, Kang JH, Park SJ, Seong KH, Song KB. 2014. Quality changes in 'Elliot' blueberries and 'Sulhyang' strawberries packed with two different packaging materials during refrigerated storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 901-908
- Kim JS, Park JW, Park SH, Choi DS, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Lee JS, Cho BK. 2017. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) and vaporized ethyl pyruvate (EP) treatment for the shelf life of 'Seolhyang' strawberries. *Korean J. Food Preserv* 24:351-360
- Kim MR, Lim JH, Kang CS. 2025. Quality changes in paprika (*Capsicum annuum* L.) affected by storage temperature and packaging materials. *Food Sci. Preserv* 32:106-117
- Kim YH, Yook HS. 2024. Effects of pan-roasting time on the quality characteristics and antioxidant activities of yam (*Dioscorea japonica* Thunb.) Tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53:1048-1056
- Lee BB, Kim MH, Yoon CY, Cho YS, Nam SH. 2023. Changes in the quality characteristics of Yuzu (*Citrus Junos* Sieb.) after ozone water washing treatment, sterilization and storage period. *Korean J Food Nutr* 36:236-243
- Lee BB, Lee JW, Park JO, Cho YS, Nam SH. 2021. Effect of browning inhibitor treatment on sliced citron storage (*Citrus junos* Sieb.). *Korean J Food Nutr* 34:390-397
- Lee BB, Son JH, Nam SH. 2025. Analysis of the quality characteristics and functionality of seasoned food according to the content of yuzu (*Citrus junos* Sieb.) pulp. *Korean J Food Nutr* 38:51-59
- Lee JS, Kim JS, Yoon KS. 2024. Evaluation of the effects of modified atmosphere packaging and bacteriophages on the control of pathogen growth in cheese. *J East Asian Soc Diet Life* 34:319-327
- Lee SH, Kim JH, Jeong HC, Koh JS. 2008. Changes in fruit Quality of hallabong tangor (*Citrus kiyomi* × *ponkan*) by film packaging during storage. *Korean J Food Preserv* 15:185-190
- Lee YS, Kim JY, Seo YH. 2025. Anti-oxidant and anti-inflammatory activities of *Allium wakegi* araki root extract. *Korean J Food Nutr* 38:388-396
- Park HW, Kim SH, Lee SA. 2011. Freshness of paprika packed with PLA films. *Korean J Packag Sci Tech* 17:7-11
- Park ID. 2021. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies prepared from *Taraxacum coreamm* powder. *Korean J Food Nutr* 34:415-422

- Shin JH, Lee SJ, Seo JK, Cheon EW, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from yuja (*Citrus junos* Sieb ex TANAKA) peel. *J Life Sci* 18:1745-1751
- Shin Y. 2012. Correlation between antioxidant concentrations and activities of Yuja (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) and other citrus fruit. *Food Sci Biotechnol* 21:1477-1482
- Yang HS, Hwang SJ, Lee SH, Eun JB. 2011. Fermentation characteristics and sensory characteristics of *makgeolli* with dried citron (*Citrus junos* Sieb ex TANAKA) peel. *J Food Sci Technol* 43:603-610
- Yoo KM, Moon BK. 2016. Comparative carotenoid compositions during maturation and their antioxidative capacities of three citrus varieties. *Food Chem* 196:544-549
- Yun SM, Park SY, Eun JB, Shin BS, Chun HH. 2024. A comprehensive model for estimating the shelf life of young radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi packaged in partially breathable film pouches. *LWT-Food Sci Technol* 203: 116360
- 
- Received 24 March, 2026  
Revised 15 April, 2026  
Accepted 23 April, 2026

## 복합 효소를 이용한 유자박 유래 나리루틴 추출 및 프리바이오틱과 항알러지 효능

장문정 · 박윤하\* · 이보배\*\* · 이준엽 · 김지원 · 조정용\*\*\* · †남승희\*\*\*\*,\*\*\*\*\*  
전남대학교 융합식품바이오공학과 대학원생, \*전남대학교 융합식품바이오공학과 석사전문연구원,  
\*\*전남농업기술원 과수연구소 농업연구사, \*\*\*전남대학교 융합식품바이오공학과 교수,  
\*\*\*\*전남대학교 융합식품바이오공학과 연구교수, \*\*\*\*\*전남대학교 농업과학기술연구소 책임연구원

### Extraction of Narirutin from Yuzu Pomace by Sequential Enzymatic Treatment and Its Prebiotic and Anti-Allergic Effects

Mun Jeong Jang, Yunha Bak\*, Bo-Bae Lee\*\*, Junyeop Lee, Jiwon Kim, Jeong-Yong Cho\*\*\*  
and †Seung-Hee Nam\*\*\*\*,\*\*\*\*\*

Master's Student, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
\*Master's Researcher, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
\*\*Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea  
\*\*\*Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
\*\*\*\*Research Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
\*\*\*\*\*Senior Researcher, Institute of Agricultural Life Science Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

#### Abstract

This study aimed to optimize the enzymatic process for extracting narirutin from yuzu pomace while maximizing yield, and to assess its functional properties related to prebiotic, antimicrobial, and anti-allergic activities. Given the high pectin content in yuzu pomace, which increases extract viscosity and impedes the release of bioactive compounds, a sequential enzyme treatment was implemented. Pectinase (P4) was first used to degrade pectin, followed by cellulase (C1) to facilitate the release of narirutin. The P4 - C1 extract achieved a 2.17-fold increase in narirutin content compared to the crude extract without enzyme treatment. In prebiotic activity, the P4 - C1 extract enhanced the growth of *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium infantis* by 34.62% and 28.03%, respectively, compared to the crude extract. Additionally, the P4 - C1 extract demonstrated improved antimicrobial activity against *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Staphylococcus aureus*, with increases of 22.69%, 27.09%, and 25.04%, respectively. Furthermore, in anti-DNP-IgE-sensitized RBL-2H3 cells, the P4 - C1 extract showed enhanced anti-allergic activity by reducing  $\beta$ -hexosaminidase release by 16.22% compared to the crude extract. These findings indicate that the optimized enzymatic process significantly improves narirutin extraction efficiency and that the extract has considerable potential as a functional ingredient for prebiotic, antimicrobial, and anti-allergic applications.

Key words: narirutin, enzymatic treatment, prebiotic, antimicrobial, anti-allergic

#### 서 론

유자(*Citrus junos*)는 감귤류의 일종으로 국내 남부 지역을

중심으로 재배되는 과수로, 다른 감귤류와는 달리 과육과 과  
피를 모두 섭취 가능하여 과피의 유효 성분까지 모두 섭취할  
수 있다는 장점이 있다(Lim 등 2024). 그러나 유자는 가공 과

† Corresponding author: Seung-Hee Nam, Research Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea. Tel: +82-62-530-0207, Fax: +82-62-530-2079, E-mail: namsh1000@jnu.ac.kr

정에서 과피, 씨앗 등의 부산물이 다량 발생하며, 이들 부산물은 충분히 활용되지 못하고 폐기되고 있어 이를 효과적으로 활용하려는 연구가 이루어지고 있다(Suri 등 2021). 유자를 비롯한 감귤류에는 narirutin, hesperidin, neohesperidin, naringin 등의 flavonoid가 풍부하게 함유되어 있는데(Cheigh 등 2012; Hyeon 등 2023), 그 중에서도 narirutin은 알코올성 및 비알코올성 지방간 발생 억제, 동맥경화증 감소, 비만 예방, 제2형 당뇨병 예방, 고혈압 및 대사증후군 치료 효과가 우수하다고 알려져 있다(Park 등 2013; Mitra 등 2022; Bak 등 2025).

Narirutin은 *Lactobacillus*와 같은 유익균의 비율을 증가시키고 장의 장벽 기능을 개선시켰다는 연구 결과를 통해 프리바이오틱 효과를 나타낼 수 있음이 제시되었다(Xu 등 2024). 이러한 장내 미생물군은 숙주의 면역 체계 조절에 중요한 역할을 하며 알레르겐의 체내 유입을 억제하고 전신 알레르기 반응을 완화하는 데 기여할 수 있다(Qin 등 2025). 반면 장내 미생물군의 불균형은 면역 조절 기능의 이상을 초래하여 아토피 피부염, 여드름 및 건선과 같은 다양한 피부 질환의 발생과 관련이 있는 것으로 보고되었다(Mahmud 등 2022).

이러한 생리활성 화합물을 효과적으로 활용하기 위한 방법으로 용매 추출, 초음파 보조 추출, 초임계 유체 추출, 마이크로파 보조 추출, 효소 보조 추출 등 다양한 기술이 활용되고 있다(Usman 등 2022). 특히 효소 보조 추출은 식물의 세포벽을 약화시키거나 분해하여 세포 내에 결합된 생리활성 화합물의 방출을 촉진하는 방법이다. 이는 유해 화학물질을 사용하지 않고, 다른 방법보다 비교적 낮은 온도에서 이루어져 기능성 성분의 안정성을 유지할 수 있다는 장점이 있다(Stanek-Wandzel 등 2024).

유자박에는 다른 과일에 비해 pectin, cellulose로 구성된 세포벽 다당류가 풍부하게 존재하며, 이는 추출물의 점도와 탁도를 증가시키고 생리활성 화합물의 추출 효율을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다(Sharma 등 2026). 이러한 문제를 해결하기 위해 pectinase 및 cellulase를 이용한 추출법을 통해 펙틴 화합물의 회수율이 향상된 연구가 보고되었으며(Miron 등 2013; Streimikyte 등 2022), 상업용 효소를 활용한 생리활성 화합물 추출 연구 또한 활발히 이루어지고 있다(Jeong 등 2023).

따라서 본 연구에서는 열풍건조된 유자박에 효소를 복합 처리하여 narirutin의 추출 수율 향상 최적화 조건을 확립하고, 이의 프리바이오틱, 항균 및 항알레르기 활성을 평가함으로써 기능성 식품 소재로서의 활용 가능성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 연구에 사용된 유자는 2023년에 전라남도 고흥군 에덴 식품영농조합(Goheung, Korea)으로부터 공급받았다. 유자 착즙 후 얻은 유자박과 과피를 각각 0.5 cm 두께로 슬라이스한 후 이를 열풍건조 및 동결건조하였다. 열풍건조의 경우 오븐(JSOF-100, JSR, Gongju, Korea)을 이용하여 40°C에서 24시간 건조하였고, 동결 건조의 경우 동결건조기(freeze dryer, Mareuda, Gwangju, Korea)를 이용하여 48시간 건조하였다. 건조된 유자는 분쇄기(DA282-2, Daesung Arlon, Paju, Korea)를 이용해 분쇄하고, 60 mesh 체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다. 또한 본 연구에 사용된 모든 분석 시약은 순도 90% 이상의 품질을 갖춘 시약을 사용하였다.

본 연구를 위해 pectinase와 cellulase 효능을 보이는 상업용 효소 12종을 이용하였다. Pectinase는 각각 Plantase PR(P1), Rohapect UF(P3), Plantase CP(P6)는 비전바이오켐(Seoul, Korea)으로부터, Pectinex SP-L(P2)은 Novonosis(Bagsværd, Denmark)로부터, Pectlyve FR(P4)는 Solyve(Normandie, France)로부터, Pectinase SP2(P5)는 SJD(Seoungnam, Korea)로부터 공급받아 사용하였다. 상업용 cellulase는 각각 Rapidase Fiber(C1), Cellulase Pyr flo(C2)는 SJD로부터, Cellulase KN(C3), Cellulosin AL8(C4), Rohament CL(C5), Rohament CEP(C6)는 비전바이오켐으로부터 공급받아 사용하였다(Table 1).

### 2. 시료 선별

유자 분말로부터 narirutin 추출 최적화를 위해 유자의 건조 방법 및 부위에 따라 비교하였다. 각 유자 분말 10 g을 증류수 100 mL에 첨가한 후 35°C에서 3시간 진탕 추출하였다. 이후 6,511×g에서 10분 동안 원심분리(Combi 541R, Hanil Scientific Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 분리한 후 상등액을 0.2 µm syringe filter(Hyundai micro, Seoul, Korea)로 여과하였다. Flavonoid 분석을 위해 HPLC(Agilent 1260 II LC series system, Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였으며, 컬럼은 ZORBAX eclipse plus C18(4.6×250 mm, 5-Micron, Agilent Technologies, CA, USA)을 이용하였다. 이동상은 0.1% formic acid in DW를 A 용매로, acetonitrile을 B 용매로 하였으며, 유속은 1.0 mL/min, 컬럼의 온도는 35°C, 시료는 10 µL를 주입하여 분석하였다. 이동상 용매 구배는 A: 80, B: 20에서 시작하여 15~25분에는 A: 65,

Table 1. Detailed information about commercial enzymes

Enzymes	Names <sup>1)</sup>	Strains	Activities	Temperature	pH	
Pectinase	P1	Plantase PR	<i>Aspergillus niger</i>	Pectinase, pectinmethylesterase	50 - 60°C	4.5 - 5.0
	P2	Pectinex SP-L	<i>Aspergillus aculeatus</i>	Polygalactronase	45 - 55°C	5.0 - 6.0
	P3	Rohapect UF	<i>Aspergillus niger</i>	Pectinase	50 - 55°C	4.5 - 5.0
	P4	Peclyve FR Acid	<i>Aspergillus niger</i>	Polygalacturonase	45 - 55°C	3.0 - 5.0
	P5	Pectinase SP2	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Trichoderma reesei</i>	Pectinase	20 - 60°C	3.0 - 5.0
	P6	Plantase CP	<i>Aspergillus niger</i>	Pectinase	30 - 50°C	3.0 - 4.5
Cellulase	C1	Rapidase Fiber	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Cellulase, pectinase	50 - 55°C	4.5 - 5.0
	C2	Cellulase Pyr Flo	<i>Aspergillus niger</i>	Cellulase, hemicellulase, pectinase, arabanase, β-glucosidase	10 - 60°C	3.5 - 5.0
	C3	Cellulase KN	<i>Aspergillus niger</i>	Cellulase, β-glucosidase, hemicellulose, protease	40 - 50°C	4.0 - 6.0
	C4	Cellulosin AL8	<i>Aspergillus niger</i>	Cellulase, hemicellulase	45 - 50°C	4.0 - 5.0
	C5	Rohament CL	<i>Trichoderma reesei</i>	Cellulase	30 - 65°C	3.0 - 6.0
	C6	Rohament CEP	<i>Trichoderma reesei</i>	Cellulase	30 - 65°C	3.0 - 7.0

<sup>1)</sup> P (pectinase) and C (cellulase) indicate the type of commercial enzymes used.

B: 35, 25.1~30분에는 A: 55, B: 45, 30.1~31분에는 A: 20, B: 80로 조절하여 분석하였으며, diode array detector(DAD, Agilent Technologies, CA, USA)로 280 nm에서 검출하였다 (Bak 등 2024). 표준물질인 narirutin, naringin, hesperidin, neohesperidin(ChromaDex, Irvine, CA, USA)을 농도별로 제조한 후 peak의 면적을 구하여 회귀방정식을 이용한 검량선을 작성하여 정량하였다.

### 3. Pectinase 및 cellulase 선발

1차 효소 처리 과정으로, 유자 분말에 고함유되어 점도와 탁도를 유발하는 pectin을 분해하기 위해 pectinase를 선발하고자 하였다. 유자 분말 3 g을 증류수 30 mL와 혼합한 후 pectinase를 각각 0.1%(v/v) 첨가하여 50°C에서 120 rpm으로 12시간 반응하였다. 이후 98°C에서 15분간 효소를 불활성화하고, 6,511×g로 10분 동안 원심분리하여 상등액을 분리한 후, Whatman No. 4 여과지(Cytiva, UK)로 여과하였다. Pectinase를 선발하기 위해 여과액의 용해율과 pectin으로부터 분해된 galacturonic acid를 정량하였다. 용해율은 pectinase 처리 후 얻은 pellet의 건조된 무게를 측정하여 계산하였다.

$$\text{Solubility}(\%) = \left(1 - \frac{W_1}{W_0}\right) \times 100$$

$W_0$  = pectinase 반응 전 유자 분말의 무게(g)

$W_1$  = pectinase 반응 후 건조된 pellet의 무게(g)

또한 pectin의 분해 여부는 thin layer chromatography(TLC, Silica gel 60 F254, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)로 확인하였다. TLC plate에 pectin 분해 시료를 1 μL씩 점적하였으며, 전개 용매 nitromethane:1-propanol:water=2:5:1.5(v/v/v)로 2회 전개한 후, 황산 발색 용매(0.3% N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride, 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in methanol)로 발색하였다 (Wang 등 2004). 이후 120°C 오븐에서 5분 동안 굽고 spot을 확인하고 Image J(NIH, USA) 프로그램을 이용해 spot density를 측정하였다. Galacturonic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 각각 농도별로 제조하여 spot density를 측정하고 회귀방정식을 통해 검량선을 작성하여 정량하였다.

2차 효소 처리 과정으로, 유자 분말로부터 narirutin 추출 수율 향상을 위한 cellulase를 선발하고자 위와 동일한 방법을 적용하였다. Cellulase 처리 후 얻은 상등액을 0.2 μm syringe filter로 여과하였으며, HPLC로 narirutin을 비롯한 hesperidin,

neohesperidin, naringin 등 flavonoid 함량을 정량하였다.

#### 4. 복합 효소 처리 최적화

유자 분말 추출 수율 및 narirutin 추출 수율 향상을 위한 pectinase인 Pectlyve FR(P4)와 cellulase인 Rapidase Fiber(C1)의 복합 처리 최적화를 진행하였다. P4 단일 처리, C1 단일 처리, 동시 처리(P4+C1), 연속 처리(P4 - C1) 방법을 이용하여 얻은 각 extract의 flavonoid의 함량을, 효소 무처리군인 crude extract와 함께 조사 및 비교하였다. P4+C1의 경우 두 효소를 함께 각각 0.1%(v/v)씩 첨가하고 50°C, 120 rpm에서 12시간 반응한 후, 98°C에서 15분간 효소를 불활성화하였다. P4 - C1의 경우 P4를 먼저 0.1%(v/v)로 첨가하여 불활성화하였고, C1을 0.1%(v/v)로 처리하여 다시 효소 불활성화 과정을 거쳤다.

#### 5. 복합 효소 처리 유자 추출물의 프리바이오틱 효과

효소 처리 유무에 따른 추출물의 프리바이오틱 활성을 평가하기 위해 *Lactobacillus plantarum*(KCTC 13093)은 KCTC (Korea Collection for Type Cultures, Daejeon, Korea)로부터 분양받아 사용하였으며, *Bifidobacterium infantis*(KCCM 11207)는 한국미생물보존센터(Korea Culture Center of Microorganisms, Seoul, Korea)로부터 분양받아 사용하였다. 음성 대조군으로 탄소원을 첨가하지 않은 MRS broth(Difco, USA)를 사용하였으며, 양성 대조군은 MRS broth에 glucose(Junsei Chemical, Tokyo, Japan)를 1%(w/w) 첨가한 배지를 사용하였다. 시료 평가 시 MRS broth에 glucose 대신 효소 무처리군인 crude extract와 복합 효소 처리군인 P4 - C1 extract를 첨가하였다. 이를 첨가한 배지에 접종한 유산균을 37°C에서 배양하여 0~36시간까지 spectrophotometer(NanoQ Plus, K Lab, Daejeon, Korea)를 이용하여 600 nm에서 OD값을 측정하였다. 또한 유산균의 성장 정도는 전체 배양 시간 동안의 누적 성장 정도를 평가할 수 있는 area under the curve(AUC)로 정량화하였다.

#### 6. 복합 효소 처리 유자 추출물의 유해균 성장 억제능 평가

효소 처리 유무에 따른 유자 추출물의 유해균 성장 억제능을 평가하기 위해 식중독균인 *Salmonella typhimurium*(KCCM 6538)은 한국미생물보존센터로부터, 충치균인 *Streptococcus mutans*(ATCC 40105)는 미국세포주은행(American Type Culture Collection, Manassas, VA, USA)으로부터 분양받아 사용하였다. 또한 피부 유해균인 *Staphylococcus epidermidis*(NCCP

14768)를 국가병원체자원은행(National Culture Collection for Pathogens, Cheongju, Korea)로부터 분양받았으며, *Staphylococcus aureus*(ATCC 6538)와 *Candida albicans*(ATCC 10231)는 미국세포주은행로부터 분양받았다. 또한, 위 5종의 유해균을 대상으로 Park 등(2014)의 방법을 변형하여 디스크 확산법(disk diffusion assay)으로 항균력을 측정하였다.

각각의 균주 배양액은 600 nm에서 흡광도 측정 후 균의 농도를  $1 \times 10^8$  CFU/mL로 희석하여 사용하였다. 피부 유해균 및 식중독균은 tryptic soy agar(TSA; Difco, USA)를, 충치균은 brain heart infusion agar(BHI; Difco, USA)를 이용하였다. 각각의 agar plate에 100  $\mu$ L의 세균 현탁액을 접종하고 균일하게 도말하였다. 무처리군은 멸균수를 사용하였으며, crude extract와 P4 - C1 extract는 20 mg/mL의 농도로 제조하여 멸균된 8 mm paper disk(Advantec, Tokyo, Japan)에 50  $\mu$ L씩 분주하였다. 이후 배지 표면에 paper disk를 부착시키고 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. Paper disk 주위의 clear zone의 생성 유무와 직경의 크기를 측정하여 항균력을 평가하였다.

#### 7. 복합 효소 처리 유자 추출물의 항알레르기 효능

##### 1) 세포 배양 및 독성 평가

RBL-2H3 세포는 미국세포주은행에서 구입하여 사용하였다. 세포 배양을 위해 1% Penicillin-Streptomycin(Gibco BRL, Grand Island, NY, USA) 및 10% Fetal Bovine Serum(FBS, Gibco)을 첨가한 최소 필수 배지(minimal essential medium; MEM, Gibco)를 사용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였다.

RBL-2H3 세포에서 시료의 독성을 측정하기 위해 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide(MTT, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 환원 방법을 이용하여 세포의 생존율을 측정하였다(Mosmann T 1983). 먼저, RBL-2H3 세포를 96-well plate에  $1 \times 10^5$  cells/well의 농도로 100  $\mu$ L씩 분주하여 24시간 동안 배양하였고, 시료별 독성을 측정하기 위해 MEM 배지에 0~100  $\mu$ g/mL 농도의 crude extract와 P4 - C1 extract를 2배씩 단계 희석하여 첨가 후 24시간 동안 배양하였다. 이후 1 mg/mL 농도의 MTT 용액을 96-well plate의 각 well에 50  $\mu$ L씩 분주하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 3시간 동안 암반응시켰다. DMSO(Dimethyl sulfoxide, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 100  $\mu$ L씩 분주하고 15분 동안 shaking한 후, microplate spectrophotometer로 570 nm에서 흡광도를 측정하여 대조군에 대한 세포 생존율을 백분율(%)로 나타내었다.

## 2) 항알레르기 효능 평가

효소 처리 유무에 따른 유자 추출물의 항알레르기 효능을 평가하기 위해, 알레르기 반응에 관여하는  $\beta$ -hexosaminidase 분비 억제 효과를 조사하였다. 먼저, RBL-2H3 세포를 24-well plate에  $2 \times 10^5$  cells/well로 분주하고 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 overnight 배양하였다. Phosphate buffered saline (PBS, HyClone Laboratories, Logan, UT, USA)로 세척 후 각 well에 50 ng/mL 농도의 anti-2,4-dinitrophenyl immunoglobulin E(anti-DNP-IgE, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 처리하였다. 이를 24시간 동안 배양한 후 세포를 MEM 배지로 2회 세척하고 다시 160  $\mu$ L 첨가하여 37°C에서 20분간 배양하였다.

이어서 각 농도별 crude extract, P4 - C1 extract와 1  $\mu$ g/mL 농도의 dinitrophenyl-bovine-serum albumin(DNP-BSA, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)을 20  $\mu$ L 첨가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시켜 세포가 과립(granule)을 형성하도록 자극한 후, 상등액을 4°C, 10,174  $\times$ g로 10분간 원심분리하였다. 상등액 25  $\mu$ L를 0.1 mM의 p-nitrophenyl-N-acetyl- $\beta$ -D-glucosaminide를 포함한 0.1 M citrate buffer(pH 4.5)를 50  $\mu$ L 첨가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 그 후 0.1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/NaHCO<sub>3</sub> stop buffer(pH 10.0)를 100  $\mu$ L 첨가하여 반응을 정지시키고, 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이후 세포에 자극을 유도하지 않은 무처리군을 기준으로 각 시료의  $\beta$ -hexosaminidase의 억제 효과를 비교하였다. 이때, 음성대조군은 생리식염수를, 양성대조군으로는 0.5 mM ketotifen fumarate(Samil Pharmaceutical Co., Ltd, Seoul, Korea)를 사용하였다.

## 8. 통계처리

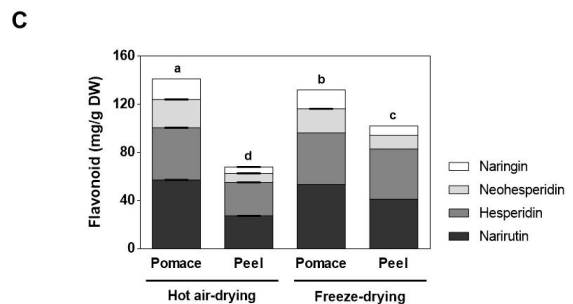
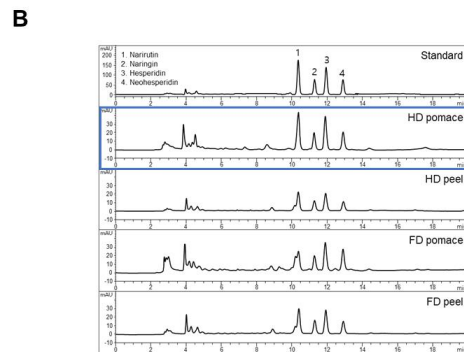
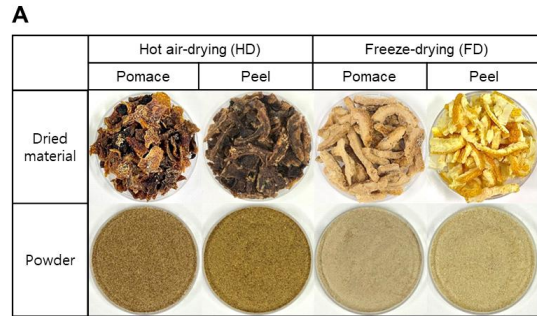
모든 실험은 3회 반복하였으며, 분석 결과는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Sciences, Ver. 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 두 집단 간의 비교는 Student's *t*-test를 실시하였으며, 세 집단 이상의 통계적 유의성은 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시한 후, Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  유의수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Narirutin 고함유 유자 분말 선발

유자박 및 과피 건조 분말로부터 narirutin을 추출하기 위

해 건조방법 및 부위에 따라 구분하였다(Fig. 1A). 열풍건조된 유자박 및 과피 분말과 동결건조된 유자박 및 과피 분말을 준비하였으며, 해당 시료들의 추출물로부터 narirutin, hesperidin, neohesperidin, naringin을 HPLC로 분석하였다(Fig. 1B). Fig. 1C에 나타난 것과 같이 열풍건조 유자박 및 과피 분말, 동결건조



**Fig. 1. Selection of narirutin-rich yuzu samples.** (A) Hot air-dried and freeze-dried yuzu pomace and peel. (B) Analysis of flavonoid in each yuzu samples using HPLC chromatogram. (C) Flavonoid content of each yuzu samples. Data are shown as mean $\pm$ S.D. (n=3). HD: hot air-dried, FD: freeze-dried. Different letters written on the bars indicate significant difference at  $p < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

유자박 및 과피 분말 등 각각의 시료에 함유된 narirutin, hesperidin, neohesperidin, naringin의 총 함량은 141.26 mg/g DW, 132.06 mg/g DW, 102.11 mg/g DW, 그리고 68.09 mg/g DW로 나타났다. 특히 narirutin은 각각 57.30 mg/g DW, 27.51 mg/g DW, 53.46 mg/g DW, 그리고 41.26 mg/g DW로 나타나 열풍건조 유자박 분말에서 가장 높은 narirutin 함량을 확인하였다. 따라서 가장 높은 narirutin 함량을 나타내며, hesperidin, neohesperidin, naringin의 가장 높은 함량을 나타낸 열풍건조 유자박 분말을 최종 선발하였다.

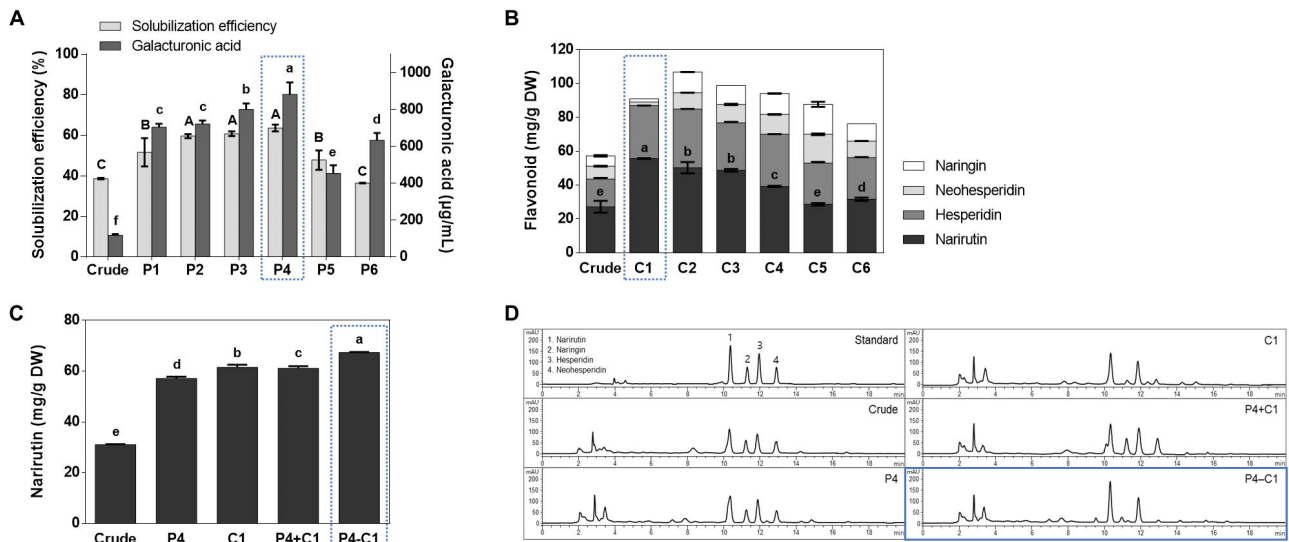
Li 등(2023)은 50°C에서 열풍건조하여 얻은 홍귤 분말의 총 flavonoid 함량은 6.45±0.11 mg/g RE DW로, 분무건조 및 동결건조하여 얻은 홍귤 분말의 총 flavonoid 함량보다 38.71%, 21.47% 높았다고 보고하였다. 본 연구 역시 이와 동일한 경향을 보였는데, 이는 건조 과정에서 수분 함량 감소 및 식물 조직 세포 내 구조 변화에 의해 화합물의 방출 및

추출 효율이 달라질 수 있기 때문으로 판단된다(Özcan 등 2021).

## 2. 추출 수율 향상 pectinase 선발

유자 과육과 과피에 다량 존재하는 pectin은 α-1,4 결합으로 연결된 galacturonic acid를 주성분으로 하는 다당류로, 수용액에서 높은 점도를 형성하여 젤과 같은 형태를 나타내게 하며 세포벽을 형성한다. 이로 인해 narirutin 등 유효 성분의 용출 및 확산을 저해하는 요인으로 작용한다(Kashyap 등 2001). 따라서 본 연구에서는 narirutin 추출을 위한 열풍건조 유자박 분말의 용해율 향상을 위해 pectinase 6종을 처리한 후 추출물의 용해율을 비교하였다(Fig. 2A). P4에서 63.67%로 가장 높은 용해율을 보였으며, P3(60.83%), P2(59.67%), P1(51.67%), P5(47.83%), 그리고 P6(36.50%) 순으로 나타났다.

이어서 효소반응 후 분리한 상등액에서 pectin의 분해물질



**Fig. 2.** (A) Screening of six commercial pectinases to enhance solubility efficiency and galacturonic acid content from yuzu pomace. (B) Screening of six commercial cellulases to improve narirutin extraction from yuzu pomace. (C and D) Comparison of narirutin content and HPLC chromatograms according to various enzymatic treatments: pectinase (P4), cellulase (C1), their simultaneous treatment, and sequential treatment with P4 followed by C1. P (pectinase) and C (cellulase) indicate the type of commercial enzymes used. Control: no enzyme treated, P1: Plantase PR, P2: Pectinex Ultra SP-L, P3: Plantase UF, P4: Peclvyve FR, P5: Pectinase SP2, P6: Plantase CP, C1: Rapidase Fiber, C2: Cellulase Pyr flo, C3: Cellulase KN, C4: Cellulase AL8, C5: Rohament CL, C6: Rohament CEP. Data are shown as mean±S.D. (n=3). Different letters written on the bars indicate significant difference at  $p<0.05$  according to Duncan's multiple range test. Uppercase letters indicate solubilization efficiency and lowercase letters indicate galacturonic acid content.

인 galacturonic acid 용출량을 조사한 결과, P4에서 882.75 µg/mL로 가장 높은 galacturonic acid 함량을 보였으며 P3(800.64 µg/mL), P2(722.31 µg/mL), P1(704.43 µg/mL), P6(634.02 µg/mL), 그리고 P5(454.05 µg/mL) 순으로 나타났다. P1~P4는 용해율과 galacturonic acid의 함량 순서가 일치하게 나타났다. 하지만 P5의 용해율은 P6보다 11.33% 더 높게 나타났으며, galacturonic acid의 함량은 P6가 P5보다 179.97 µg/mL 만큼 더 높게 나타났다.

Alhomaidi 등(2025)에 의하면 오렌지 주스 생산에 pectinase 처리 시, 이를 처리하지 않은 대조군에 비해 주스 수율은 24.62% 증가했으며, 투명도는 53.84% 증가되었다고 보고된 바 있다. 또한 본 실험의 결과는 pectin이 풍부하게 함유된 구아바 주스에 pectinase를 처리하였을 때, 반응 시간에 따라 galacturonic acid 단량체와 DP2~10 사이의 올리고머 함량이 점진적으로 감소함을 보여준 연구 결과와 유사한 경향을 나타낸다(Ninga 등 2021). 이러한 결과는 P4가 pectin 분해를 통해 용해율을 효과적으로 증가시키고, galacturonic acid를 가장 많이 생성시키는 등 pectin 분해 효율이 우수함을 의미하여 P4를 최종 선정하였다.

### 3. Narirutin 추출 수율 향상을 위한 cellulase 선발

본 연구에서 각 시료에 cellulase 6종을 처리하여 narirutin, hesperidin, neohesperidin, naringin의 함량을 HPLC로 분석하여 Fig. 2B에 나타내었다. Narirutin의 경우 C1에서 55.74 mg/g DW의 함량을 가진 것으로 확인되었으며, C2(50.30 mg/g DW), C3(48.78 mg/g DW), C4(39.24 mg/g DW), C5(28.70 mg/g DW), 그리고 C6(31.70 mg/g DW) 순으로 나타났다. 반면, crude의 경우 27.23 mg/g DW의 narirutin이 확인되었으며 C1은 crude 대비 2.04배 더 높은 함량을 나타냈다.

Miron 등(2013)에 따르면 cellulase, endo-β-1,4-xylanase and pectinase를 처리했을 때 추출 수율과 항산화 능력이 더 높게 나타났으며, Choudhari & Ananthanarayan(2007)은 토마토에 cellulase와 pectinase를 처리했을 때 라이코펜 수율이 각각 144%, 188% 증가한 연구 결과를 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 cellulase에 의해 세포벽 다당류가 분해되면서 결합 형태로 존재하던 flavonoid가 효과적으로 방출된 데 기인한 것으로 판단된다(Pinelo 등 2006).

또한 narirutin 외 기타 성분인 neohesperidin과 naringin은 crude에서 각각 7.63 mg/g DW, 6.09 mg/g DW로, C1에서 각각 2.10 mg/g DW, 1.95 mg/g DW로 crude 대비 각각 72.48%,

67.98% 감소하였다. C1은 *Aspergillus niger*와 *Trichoderma longibrachiatum*으로부터 유래한 효소로, pectinase, cellulase, naringinase의 활성을 동시에 가지는 것으로 알려져 있다. 특히 *Aspergillus niger*로부터 유래된 naringinase는 α-L-rhamnosidase와 β-D-glucosidase로 구성된 복합효소로서 naringin과 같은 flavonoid 배당체의 가수분해 반응을 촉매하는 것으로 보고되었으며(Bodakowska-Boczniewicz & Garncarek 2022), 감귤 주스의 naringin을 효율적으로 가수분해하였다는 연구 결과가 보고되었다(Ni 등 2012). 본 연구 결과는 narirutin의 추출 수율을 유지함과 동시에 rutinose보다 neohesperidose에 더 높은 기질 특이성을 보여 naringin과 neohesperidin을 효과적으로 감소시켰다는 Bak 등(2025)의 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 따라서 열풍건조 유자박 분말의 narirutin의 추출 수율을 가장 향상시킬 수 있는 C1을 최종 선정하였다.

### 4. 복합 효소 처리 최적화

앞서 분석 시료의 용해율 증가를 위해 선택된 P4와 narirutin 추출 수율 증가를 위해 선택된 C1을 각각 P4 단일 처리(P4 extract), C1 단일 처리(C1 extract), 동시 처리(P4+C1 extract), 그리고 연속 처리(P4 - C1 extract)하여 얻은 narirutin의 함량을 Fig. 2C에, 이의 HPLC 크로마토그램을 Fig. 2D에 나타내었다. P4 extract, C1 extract, 그리고 P4+C1 extract의 narirutin 함량은 각각 57.13 mg/g DW, 61.52 mg/g DW, 그리고 61.18 mg/g DW로 나타났다. 반면, P4 - C1 extract의 경우 narirutin은 67.36 mg/g DW로, 효소를 처리하지 않은 crude extract보다 2.17배 높은 함량을 보였다. Pectin은 식물 세포벽에서 cellulose와 hemicellulose를 둘러싸는 매트릭스 구조를 형성하여 다당류가 분해 효소에 노출되는 것을 제한할 수 있다(Marcus 등 2008). 따라서 pectin의 제거는 cellulose를 외부로 노출시켜 cellulase의 작용을 촉진하고(Pakarinen 등 2012), 이는 세포벽 구조의 분해로 이어져 narirutin을 비롯한 flavonoid의 용출 증가에 기여할 수 있다(Miron 등 2013). 따라서 P4 - C1 extract를 효능 평가 시료로 최종 선정하였다.

한편 P4+C1 extract의 narirutin의 함량은 61.18 mg/g DW로, C1 extract과 P4 - C1 extract보다 각각 0.34 mg/g DW, 6.18 mg/g DW 낮은 함량을 나타내었다. 이는 일부 효소 조합에서는 시너지 효과가 관찰되지 않았으며, 특정 효소 조합이 각각의 효소를 단일 처리했을 때보다 효율이 저하될 수 있음을 언급한 연구 결과와 유사한 경향을 보인다(Thoresen 등 2021).

### 5. 복합 효소 처리 추출물의 프리바이오틱 효과

프리바이오틱스는 숙주의 장내 미생물 균형을 개선하여 유익하게 작용하는 미생물 식품 보충제로, 소화가 불가능한 다당류와 올리고당류로 정의되며 장내 유익균의 생장을 촉진하는 등 대장 미생물군의 구성을 바꾸는 역할을 한다 (Gibson & Roberfroid 1995). 따라서 본 연구에서는 *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* 등 대표 유익균에 대한 열풍건조 유자박 분말 extract의 성장 촉진 효과를 *in vitro* 수준에서 평가하였다.

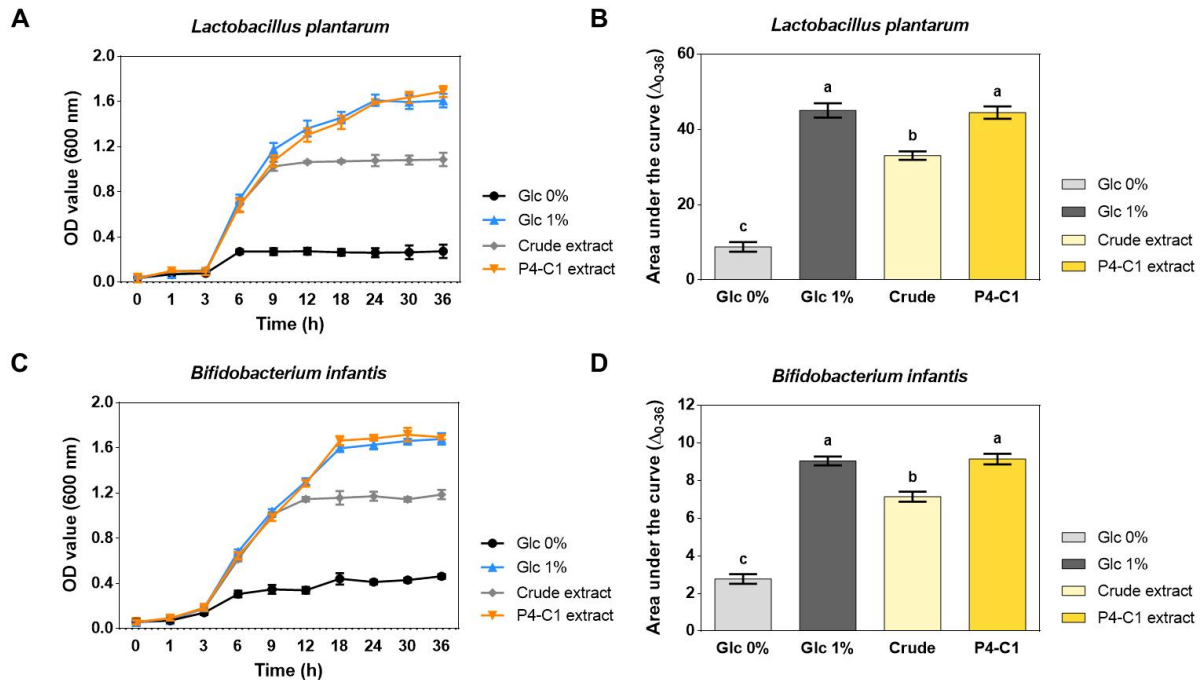
효소 무처리균인 crude extract와 P4 - C1 extract의 프리바이오틱 효과를 평가하기 위해 *L. plantarum*(KCTC 13093) 및 *B. infantis*(KCCM 11207)의 성장곡선과 성장곡선 아래 면적 값을 Fig. 3에 나타내었다. P4 - C1 extract는 *L. plantarum*과 *B. infantis*에서 양성대조군인 glucose 1% 처리군과 유사한 성장 패턴을 보였다(Fig. 3A). *L. plantarum*의 경우 P4 - C1 extract 처리 시, 24시간 이후에는 흡광도 값이 1.590으로 나

타나 crude extract(1.078) 대비 약 47.50% 높은 값을 나타냈다.

*B. infantis*의 경우 P4 - C1 extract 처리 시 배양 12시간 이후부터 생장이 뚜렷하게 증가하며 24시간에서 1.685의 흡광도 값이 나타나 crude extract(1.174)보다 약 43.52% 높은 값을 나타냈다(Fig. 3C). *L. plantarum*과 *B. infantis* 모두 crude extract 첨가 시 12시간 이후 생장이 정체되거나 완만해지는 경향을 보인 반면, P4 - C1 extract 처리 시 배양 후기까지 지속적인 성장 증가를 나타냈다.

성장곡선 아래 면적을 분석한 결과, *L. plantarum*에서 P4 - C1 extract와 glucose 1% 처리군은 각각 44.47, 45.04로, 통계적으로 유사한 면적값을 나타냈으며, P4 - C1 extract는 crude extract보다 34.62% 높게 나타났다(Fig. 3B). *B. infantis* 역시 P4 - C1 extract와 glucose 1% 처리군은 각각 9.14, 9.04로 통계적으로 유사한 면적 값을 나타냈으며, crude extract보다 28.03% 높게 나타냈다(Fig. 3D).

대부분의 폴리페놀은 외래 물질로 흡수되기 때문에 거대



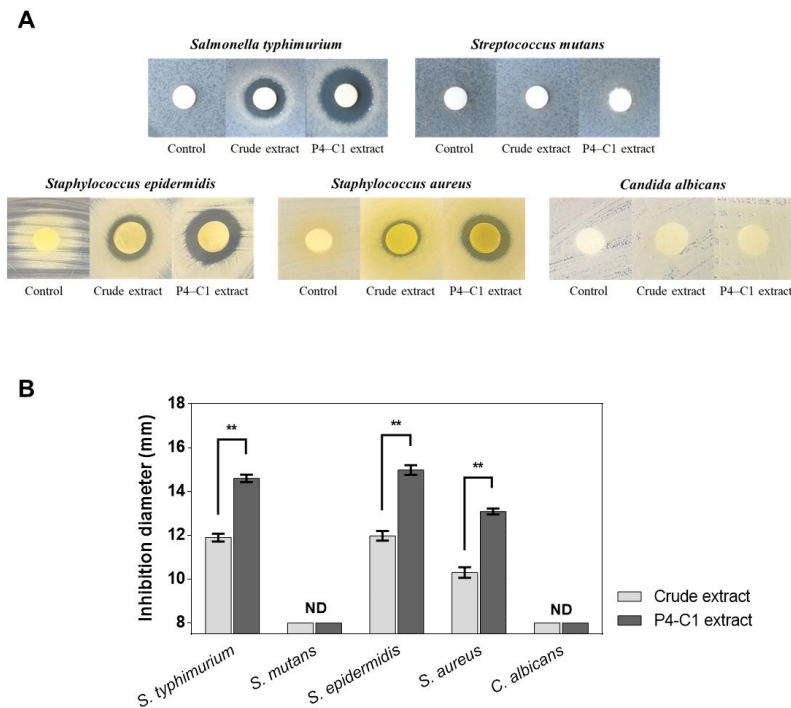
**Fig. 3.** Growth curves and the corresponding area under the curves of *Lactobacillus plantarum* (A and B), *Bifidobacterium infantis* (C and D). Glucose, crude extract, and P4 - C1 extract were each added to the MRS broth at a final concentration of 1% (v/v). Crude extract: yuzu extract with no enzyme, P4 - C1 extract: yuzu extract by sequential treatment with P4 followed by C1. Data are shown as mean±S.D. (n=3). Different letters written on the bars indicate significant difference at  $p < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

영양소 및 미량 영양소에 비해 생체 이용률 및 흡수율이 낮기 때문에 장내 미생물 군집에 유익한 효과를 낼 수 있다 (Kumar Singh 등 2019). Espley 등(2014)은 건강한 쥐가 flavonoid를 섭취했을 때 대장의 총 세균 수와 관련된 *Bifidobacterium* spp.가 증가했다고 보고하였으며, Duda-Chodak 등(2015)은 안토시아닌이 위장관 상부에서 흡수되지 않고 대장에 도달한 후, 장내 미생물에 의해 대사되어 결과적으로 장내 미생물 조성을 변화시킴을 제시하였다. 또한 Estruel-Amades 등(2019)은 hesperidin 등 flavonoid가 *Lactobacillus* spp.와 *Bifidobacterium* spp.의 비율을 증가시켰으며 이로 인해 장내 미생물군에 영향을 미칠 수 있음을 제시하였다. Narirutin이 고함유된 P4 - C1 extract가 glucose 1% 처리군과 유사한 성장곡선 아래 면적을 나타낸 것은 이러한 선행 연구와 일치한다. 또한 열풍건조 유자박에 효소를 처리하지 않은

crude extract와, 이에 복합 효소를 처리한 P4 - C1 extract에 존재하는 pectin과 pectinase에 의해 생성된 pectic oligosaccharide는 대장 내 *Lactobacillus* spp.와 *Bifidobacterium* spp.를 증진시켜 숙주에게 유익한 영향을 미친다고 보고된 바 있다 (Wongkaew 등 2022). 이는 무처리에서도 프리바이오틱 효과가 나타난 결과를 뒷받침해주는 연구 결과로 여겨진다. 본 연구에서는 *L. plantarum*과 *B. infantis* 등 대표적인 두 가지 유익균에 대한 crude extract와 P4 - C1 extract의 성장 촉진 정도를 평가하였지만, 추후 연구에서는 다른 균주에 대한 추가 검증이 필요하다.

## 6. 복합 효소 처리 추출물의 항균활성 평가

Fig. 4와 Table 2는 디스크 확산법(disk diffusion assay)으로 효소를 처리하지 않은 crude extract와 P4 - C1 extract의 항균



**Fig. 4. Antibacterial activity of crude extract and P4 - C1 extract from yuzu pomace.** (A) Images of disk diffusion assay against *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*. (B) Inhibition diameter of the disk diffusion assay. Each paper disk was loaded with 50  $\mu$ L of crude extract or P4 - C1 extract at a concentration of 20 mg/mL. Control: sterile distilled water, Crude extract: yuzu extract with no enzyme treatment, P4 - C1 extract: yuzu extract by sequential treatment with P4 followed by C1, ND: not detected. Data are shown as mean $\pm$ S.D. (n=3). Significance between two groups was analyzed using a Student's *t*-test (\*\* $p$ <0.01).

**Table 2. Inhibitory effects of yuzu extracts on pathogenic microorganisms by disk diffusion assay**

Types of pathogenic microorganisms		Inhibition diameter (mm)	
		Crude extract <sup>1)</sup>	P4 - C1 extract <sup>2)</sup>
Foodborne pathogenic bacteria	<i>Salmonella typhimurium</i> (KCCM 6538)	11.90±0.18	14.6±0.17**
Cariogenic bacteria	<i>Streptococcus mutans</i> (ATCC 40105)	ND	ND
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> (NCCP 14768)	11.98±0.22	14.98±0.21**
Skin pathogenic microorganisms	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)	10.30±0.24	13.09±0.13**
	<i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)	ND	ND

<sup>1)</sup> Crude extract: yuzu extract with no enzyme.

<sup>2)</sup> P4 - C1 extract: yuzu extract by sequential enzyme treatment with P4 followed by C1.

Data are shown as mean±S.D. (n=3).

Significance between two groups was analyzed using a Student's *t*-test (\*\**p*<0.01).

활성을 평가한 자료이다. 각 유해균에 대해 P4 - C1 extract가 *S. typhimurium*(KCCM 6538), *S. epidermidis*(NCCP 14768), *S. aureus*(ATCC 6538)에 대해 각각 14.60 mm, 14.98 mm, 13.09 mm의 inhibition diameter를 나타내어, crude extract 대비 각각 22.69%, 25.04%, 27.09%씩 항균 활성이 증가함을 확인하였다. Flavonoid는 항산화, 항염증, 항알레르기, 항암, 항바이러스, 항진균 특성으로 잘 알려져 있는데(Gómiak 등 2019), 세포막의 지질 이중층과 상호작용하여 막의 구조적 특성을 변화시키고 세포 기능을 저해함으로써 항균 활성을 나타낼 수 있는 것으로 보고되어 있다(Arora 등 2000; Tsuchiya H 2015).

반면 *C. albicans*(ATCC 10231)와 *S. mutans*(ATCC 40105)에서는 항균 활성을 확인할 수 없었다. 진균에 속하는 *C. albicans*는 chitin, β-glucan 등으로 구성된 세포벽으로 인해 세균과는 다른 구조적 특징을 가져 외부 항균 물질의 침투를 제한하는 항진균제의 작용에 영향을 미칠 수 있다(Gow 등 2012). 또한 *S. mutans*는 rhamnose를 포함하는 peptidoglycan으로 이루어진 세포벽으로 인해 세포 구조 유지와 세균 생존에 유리하게 작용되었을 가능성이 있다(Rush 등 2025). 따라서 본 결과를 통해 narirutin을 고함유한 P4 - C1 extract가 식품 매개 병원성 식중독균 *S. typhimurium*, 피부 감염을 유발하는 *S. epidermidis*와 *S. aureus*에 항균 활성을 나타냄을 확인하였다.

## 7. 세포 독성 평가

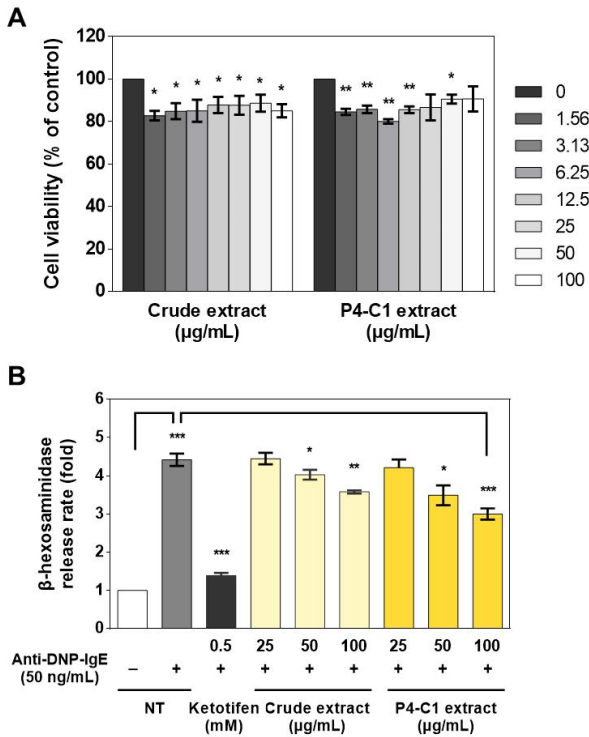
효소 처리 유무에 따른 crude extract와 P4 - C1 extract를 RBL-2H3 세포에 다양한 농도(0~100 μg/mL)로 처리하여 MTT assay를 통해 세포 생존율을 평가하였다(Fig. 5A). Fig. 5A에서 볼 수 있듯이, 100 μg/mL 농도에서 세포 생존율이

85% 이상으로 나타나, 이후 실험에 25, 50, 100 μg/mL의 농도를 적용하였다. Niu 등(2021)의 연구에서는 10~200 μmol/L 농도의 narirutin이 RBL-2H3 세포 생존율에 유의적인 영향을 미치지 않았으며, Chung 등(2013)의 연구에서 naringin, quercetin, phloretin, fisetin, biochanin A는 12.5~50 μM 농도에서 RBL-2H3 세포 생존율에 뚜렷한 영향을 미치지 않았다.

## 8. 복합 효소 처리 추출물의 항알레르기 효과 평가

β-Hexosaminidase는 호염구나 RBL-2H3 세포의 과립 내에 존재하는 효소로, 알레르기 반응에 의해 세포 밖으로 분비된다(Kim SG 2017). 따라서 RBL-2H3 세포에서 탈과립(degranulation)의 지표로 사용되는 β-hexosaminidase 방출량을 측정함으로써 시료의 항알레르기 활성을 평가할 수 있다(Itoh 등 2011). 본 연구에서는 anti-DNP-IgE로 감작된 RBL-2H3 세포에 DNP-BSA를 처리하여 항원 항체 반응에 의한 탈과립을 유도하였다. 항알레르기 효과는 RBL-2H3 세포의 β-hexosaminidase 방출량을 기준으로 평가하였다(Fig. 5B). Anti-DNP-IgE를 처리하지 않은 세포의 β-hexosaminidase 방출량을 1 fold로 설정하였을 때, 이를 처리한 세포에서 4.42 fold의 β-hexosaminidase 방출량을 보여, RBL-2H3 세포의 탈과립이 성공적으로 유도됨을 확인하였다. 양성대조군인 0.5 mM ketotifen fumarate를 처리하였을 때 β-hexosaminidase의 방출량이 1.39 fold로 나타나, 탈과립 억제 효과가 나타남을 확인할 수 있었다. Crude extract와 P4 - C1 extract를 처리했을 때 β-hexosaminidase 방출량은 농도의존적으로 감소하였고, 100 μg/mL 농도로 처리했을 때 각각 3.58 fold, 3.00 fold의 β-hexosaminidase를 방출하였다. 이를 통해 P4 - C1 extract는

## 요약 및 결론



**Fig. 5.** (A) RBL-2H3 cell viability of crude extract and P4 - C1 extract by MTT assay. (B)  $\beta$ -Hexosaminidase release from RBL-2H3 cells treated with different concentrations of crude extract or P4 - C1 extracts. RBL-2H3 cells were sensitized with 50 ng/mL anti-DNP-IgE and stimulated with 1 mg/mL DNP-BSA in the presence of 0.9% sodium chloride, 0.5 mM ketotifen fumarate, 1 mg/mL crude extract or P4 - C1 extract. NT: 0.9% sodium chloride, Crude extract: yuzu extract with no enzyme, P4 - C1 extract: yuzu extract by sequential enzyme treatment with P4 followed by C1. Data are shown as mean $\pm$ S.D. (n=3). Significance between two groups was analyzed using a Student's *t*-test (\* $p$ <0.05, \*\* $p$ <0.01, \*\*\* $p$ <0.001).

crude extract 대비  $\beta$ -hexosaminidase의 방출량을 16.22% 감소시키며 P4 - C1 extract가 더 높은 탈과립 억제 효능 즉, 알레르기 반응을 완화할 가능성을 보여준다. Narirutin은 알레르기 반응을 증폭시키는 IL-4, 면역세포의 활성화와 염증 반응의 확산에 관여하는 TNF- $\alpha$ 의 방출을 억제하여 RBL-2H3 세포의 탈과립을 억제하는 효과가 있다고 보고된 바 있다(Niu 등 2021).

본 연구에서는 유자 착색 부산물인 유자박의 열풍건조 분말을 이용하여 유자에 풍부하게 함유된 narirutin을 고함량으로 추출하는 방법을 적용하고 이의 프리바이오틱 효능, 피부 유해균 억제능 그리고 항알레르기 효능을 조사하였다. 먼저, 유자박과 과피의 건조 방법과 부위에 따른 narirutin, hesperidin, neohesperidin, naringin 함량을 분석한 결과, 열풍건조 유자박 분말이 가장 높은 narirutin 함량과 총 flavonoid 함량을 나타내어 최종 시료로 선정하였다. 유자에 고함유되어 narirutin의 추출을 저해하는 pectin을 분해하기 위해 pectinase 6종을 비교한 결과, 가장 높은 시료 용해율과 galacturonic acid 함량을 나타낸 P4를 전처리 효소로 선정하였다. 또한 narirutin 추출 향상을 위한 cellulase 6종을 비교한 결과, narirutin의 함량이 crude 대비 2.04배 증가하는 C1을 최종 선정하였다. 이를 바탕으로 P4와 C1을 연속 처리하여, 효소를 처리하지 않은 crude extract 대비 2.17배 높은 narirutin을 함유한 P4 - C1 extract를 확보하였다. P4 - C1 extract는 crude extract 대비 *L. plantarum* 및 *B. infantis*의 성장을 각각 34.62%, 28.03% 촉진하는 프리바이오틱 효과를 확인하였다. 또한 항균활성 평가에서 P4 - C1 extract는 *S. typhimurium*, *S. epidermidis*, *S. aureus*에 대해 crude extract 대비 각각 22.69%, 25.04%, 27.09% 높은 항균 효능을 나타냈으며, *C. albicans* 및 *S. mutans*에서는 유의한 활성이 관찰되지 않았다. 항알레르기 평가에서는 RBL-2H3 세포를 이용한  $\beta$ -hexosaminidase 방출 측정 결과, P4 - C1 extract가 crude extract보다 농도 의존적으로 탈과립을 억제하여 항알레르기 효과를 나타냈다. 특히 P4 - C1 extract 100  $\mu$ g/mL 처리 시, crude extract 대비 16.22% 낮은  $\beta$ -hexosaminidase 방출량을 보여 narirutin이 알레르기 반응 완화에 기여할 가능성을 확인하였다. 결론적으로, 본 연구는 열풍건조된 유자박 분말에 P4, C1 효소의 연속 처리를 적용하여 추출물 내 narirutin 함량 증가를 포함한 추출물 조성 변화와 함께 프리바이오틱, 항균 및 항알레르기 효과에 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다.

P4 - C1 extract는 58.63%의 narirutin을 함유하고 있지만 hesperidin, neohesperidin, naringin을 각각 37.93%, 3.24%, 0.04%씩 함유하고 있어, 본 연구에서 확인된 생리활성을 narirutin의 단독 효과로 해석하기에는 한계가 있다. 따라서 향후 연구에서 narirutin을 비롯한 주요 flavonoid 화합물의 개별 기여도를 규명하고, 이를 검증하기 위한 *in vivo* 효능 평가

가 필요하다. 또한 실제 산업적 활용을 위해 효소 보조 추출 공정의 scale-up 적용 가능성, 공정 최적화 및 경제성 평가에 대한 추가 연구가 요구된다. 이는 유자 부산물을 기능성 식품 및 천연 활성 성분 기반 건강 소재 개발의 기초 자료로 활용할 수 있으며, 향후 다양한 천연물로부터 효소 보조 추출법 확립을 통한 상업적 활용 가능성을 제시한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 지원되는 수출용 농산물의 생산성 향상 및 수확 후 관리 기술개발 과제(RS-2023-0023 6699), 지역특화기술개발 연구 사업(RS-2026-25544133), 전남대학교 집단연구활성화 사업(RS-2025-0822-01)에서 지원받아 수행된 연구 결과입니다.

## References

- Alhomaiddi E, Abalkhail T, Mezher MA, Al-Bedak OAM. 2025. Exploitation of citrus peel waste in solid-state fermentation for eco-friendly and cost-effective production of pectinase by *Penicillium crustosum* KSA 98 and its application in fruit juice clarification. *Int J Food Sci Technol* 60:vvaf094
- Arora A, Byrem TM, Nair MG, Strasburg GM. 2000. Modulation of liposomal membrane fluidity by flavonoids and isoflavonoids. *Arch Biochem Biophys* 373:102-109
- Bak YH, Lee BB, Bharti D, Pyeon SM, Yang KY, Cho JY, Nam SH. 2025. Enzymatic extraction and refinement of narirutin from green yuzu (*Citrus junos*): Its positive regulatory effects on non-alcoholic fatty liver disease and gluconeogenesis. *Food Biosci* 74:107896
- Bak YH, Lee BB, Im AE, Cho JY, Nam SH. 2024. Production process and physiochemical characterization of low-sugar yuzu syrup. *Korean J Food Nutr* 37:67-79
- Bodakowska-Boczniewicz J, Garncarek Z. 2022. Naringinase biosynthesis by *Aspergillus niger* on an optimized medium containing red grapefruit albedo. *Molecules* 27:8763
- Cheigh CI, Chung EY, Chung MS. 2012. Enhanced extraction of flavanones hesperidin and narirutin from *Citrus unshiu* peel using subcritical water. *J Food Eng* 110:472-477
- Choudhari SM, Ananthanarayan L. 2007. Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chem* 102:77-81
- Chung MJ, Sohng JK, Choi DJ, Park YI. 2013. Inhibitory effect of phloretin and biochanin a on IgE-mediated allergic responses in rat basophilic leukemia RBL-2H3 cells. *Life Sci* 93:401-408
- Duda-Chodak A, Tarko T, Satora P, Sroka P. 2015. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: A review. *Eur J Nutr* 54:325-341
- Espley RV, Butts CA, Laing WA, Martell S, Smith H, McGhie TK, Zhang J, Paturi G, Hedderley D, Bovy A, Schouten HJ, Putterill J, Allan AC, Hellens RP. 2014. Dietary flavonoids from modified apple reduce inflammation markers and modulate gut microbiota in mice. *J Nutr* 144:146-154
- Estruel-Amades S, Massot-Cladera M, Pérez-Cano FJ, Franch À, Castell M, Camps-Bossacoma M. 2019. Hesperidin effects on gut microbiota and gut-associated lymphoid tissue in healthy rats. *Nutrients* 11:324
- Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 125:1401-1412
- Górnaiak I, Bartoszewski R, Króliczewski J. 2019. Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochem. Rev* 18:241-272
- Gow NA, Van De Veerdonk FL, Brown AJ, Netea MG. 2012. *Candida albicans* morphogenesis and host defence: Discriminating invasion from colonization. *Nat Rev Microbiol* 10:112-122
- Hyeon H, Hyun HB, Kim SC, Go B, Yoon SA, Jung YH, Ham YM. 2023. Simultaneous quantification method of flavonoids in Jeju Native *Citrus* from different harvest times using a high-performance liquid chromatography - diode array detector (HPLC - DAD). *Separations* 10:567
- Itoh T, Ohguchi K, Nakajima C, Oyama M, Iinuma M, Nozawa Y, Akao Y, Ito M. 2011. Inhibitory effects of flavonoid glycosides isolated from the peel of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Fuyu) on antigen-stimulated degranulation in rat basophilic leukaemia RBL-2H3 cells. *Food Chem* 126:289-294

- Jeong H, Nam SH, Jo JA, Cho S, Yang KY, Aung T, Mirzapour-Kouhdasht A, Park SW. 2023. Extraction and purification of narirutin and hesperidin from green yuzu (*Citrus junos*) and evaluating their biological activities. *Process Biochem* 133:132-141
- Kashyap DR, Vohra PK, Chopra S, Tewari R. 2001. Applications of pectinases in the commercial sector: A review. *Bioresour Technol* 77:215-227
- Kim SG. 2017. Inhibitory effects of *Scrophulariae radix* on  $\beta$ -hexosaminidase release and cytokine production in RBL-2H3 cells. *Korean J Herbology* 32:9-15
- Kumar Singh A, Cabral C, Kumar R, Ganguly R, Kumar Rana H, Gupta A, Rosaria Lauro M, Carbone C, Reis F, Pandey AK. 2019. Beneficial effects of dietary polyphenols on gut microbiota and strategies to improve delivery efficiency. *Nutrients* 11:2216
- Li S, Mao X, Guo L, Zhou Z. 2023. Comparative analysis of the impact of three drying methods on the properties of *Citrus reticulata* Blanco cv. Dahongpao powder and solid drinks. *Foods* 12:2514
- Lim GW, Seong HJ, Yoo SJ, Nam SH. 2024. Physicochemical properties of enzyme-treated yuzu (*Citrus junos*) powder and Its lipid accumulation inhibitory on 3T3-L1 preadipocytes. *Korean J Food Sci Technol* 56:84-94
- Mahmud MR, Akter S, Tamanna SK, Mazumder L, Esti IZ, Banerjee S, Akter S, Hasan MR, Acharjee M, Hossain MS, Pirttilä AM. 2022. Impact of gut microbiome on skin health: Gut-skin axis observed through the lenses of therapeutics and skin diseases. *Gut Microbes* 14:2096995
- Marcus SE, Verhertbruggen Y, Hervé C, Ordaz-Ortiz JJ, Farkas V, Pedersen HL, Willats WG, Knox JP. 2008. Pectic homogalacturonan masks abundant sets of xyloglucan epitopes in plant cell walls. *BMC Plant Biol* 8:60
- Miron TL, Herrero M, Ibáñez E. 2013. Enrichment of antioxidant compounds from lemon balm (*Melissa officinalis*) by pressurized liquid extraction and enzyme-assisted extraction. *J Chromatogr A* 1288:1-9
- Mitra S, Lami MS, Uddin TM, Das R, Islam F, Anjum J, Hossain MJ, Emran TB. 2022. Prospective multifunctional roles and pharmacological potential of dietary flavonoid narirutin. *Biomed Pharmacother* 150:112932
- Mosmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods* 65:55-63
- Ni H, Chen F, Cai H, Xiao A, You Q, Lu Y. 2012. Characterization and preparation of *Aspergillus niger* naringinase for debittering citrus juice. *J Food Sci* 77:C1-C7
- Ninga KA, Desobgo ZSC, De S, Nso EJ. 2021. Pectinase hydrolysis of guava pulp: Effect on the physicochemical characteristics of its juice. *Heliyon* 7:e08141
- Niu L, Wei J, Li X, Jin Y, Shi X. 2021. Inhibitory activity of narirutin on RBL-2H3 cells degranulation. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 43:68-76
- Özcan MM, Ghafoor K, Al Juhaimi F, Uslu N, Babiker EE, Mohamed Ahmed IA, Almusallam IA. 2021. Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. *J Food Sci Technol* 58:147-158
- Pakarinen A, Zhang J, Brock T, Majjala P, Viikari L. 2012. Enzymatic accessibility of fiber hemp is enhanced by enzymatic or chemical removal of pectin. *Bioresour Technol* 107:275-281
- Park CH, Kim KH, Yook HS. 2014. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities in *Siraegi* (dried radish greens) according to cooking process. *Korean J Food Nutr* 27: 609-618
- Park HY, Ha SK, Eom H, Choi I. 2013. Narirutin fraction from citrus peels attenuates alcoholic liver disease in mice. *Food Chem Toxicol* 55:637-644
- Pinelo M, Arnous A, Meyer AS. 2006. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends Food Sci Technol* 17:579-590
- Qin H, Sui J, Wang S, Lv X, Zhang Z, Lin X, Liu X, Zhang H. 2025. Gut microbiota-metabolome crosstalk in allergic diseases: Mechanistic insights and translational opportunities. *Front Allergy* 6:1631479
- Rush JS, Zamakhaeva S, Murner NR, Deng P, Morris AJ, Kenner CW, Black I, Heiss C, Azadi P, Korotkov KV, Widmalm G, Korotkova N. 2025. Structure and mechanism

- of biosynthesis of *Streptococcus mutans* cell wall polysaccharide. *Nat Commun* 16:954
- Sharma S, Wani KM, Mujahid SM, Jayan LS, Rajan SS. 2026. Review on pectin: Sources, properties, health benefits and its applications in food industry. *J Future Foods* 6:205-219
- Stanek-Wandzel N, Krzyszowska A, Zarębska M, Gębura K, Wasilewski T, Hordyjewicz-Baran Z, Tomaka M. 2024. Evaluation of cellulase, pectinase, and hemicellulase effectiveness in extraction of phenolic compounds from grape pomace. *Int J Mol Sci* 25:13538
- Streimikyte P, Viskelis P, Viskelis J. 2022. Enzymes-assisted extraction of plants for sustainable and functional applications. *Int J Mol Sci* 23:2359
- Suri S, Singh A, Nema PK. 2021. Recent advances in valorization of citrus fruits processing waste: A way forward towards environmental sustainability. *Food Sci Biotechnol* 30:1601-1626
- Thoresen M, Malgas S, Mafa MS, Pletschke BI. 2021. Revisiting the phenomenon of cellulase action: Not all endo-and exo-cellulase interactions are synergistic. *Catalysts* 11:170
- Tsuchiya H. 2015. Membrane interactions of phytochemicals as their molecular mechanism applicable to the discovery of drug leads from plants. *Molecules* 20:18923-18966
- Usman I, Hussain M, Imran A, Afzaal M, Saeed F, Javed M, Afzal A, Ashfaq I, Al Jbawi E, Saewan SA. 2022. Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. *Int J Food Prop* 25:1215-1233
- Wang Y, Suzuki A, Tanaka T, Kumura H, Shimazaki K. 2004. Partial characterization of dextran-degrading enzyme obtained from blue cheese. *J Dairy Sci* 87:1627-1633
- Wongkaew M, Tangiaidee P, Leksawasdi N, Jantanasakulwong K, Rachtanapun P, Seesuriyachan P, Phimolsiripol Y, Chaiyaso T, Ruksiriwanich W, Jantrawut P, Sommano SR. 2022. Mango pectic oligosaccharides: A novel prebiotic for functional food. *Front Nutr* 9:798543
- Xu D, Liu D, Jiang N, Xie Y, He D, Cheng J, Liu J, Fu S, Hu G. 2024. Narirutin mitigates dextrose sodium sulfate-induced colitis in mice by modulating intestinal flora. *Phytomedicine* 130:155730

---

Received 03 April, 2026

Revised 16 April, 2026

Accepted 23 April, 2026

# 법제처리한 도라지 에탄올 추출물의 고지방식으로 유도된 비만 동물모델에서의 항비만 및 항염증 효과

김 지 은 · \*강 순 아\*

호서대학교 벤처대학원 융합공학과 박사과정, \*호서대학교 벤처대학원 융합공학과 명예교수

## Anti-Obesity and Anti-Inflammatory Effect of Beopje Processed *Platycodon grandiflorum* Ethanol Extract in High Fat Diet-Induced Obesity Model

Ji Eun 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

This animal experiment aimed to examine the anti-obesity effects of dried *Platycodon grandiflorum* extract (PG) and Beopje *Platycodon grandiflorum* extract (PGB) in a high-fat diet-induced obesity model. The study analyzed fat tissue weight, blood lipid levels, and tissue histology. After orally administering PG (250 mg/kg BW) and Beopje PG (250 and 500 mg/kg BW) for 28 days, significant reductions in body weight, which increased due to the high-fat diet (HF), were observed. Additionally, the food efficiency ratio improved, and the weight of regional fat tissues decreased. Blood triglycerides, total cholesterol, and LDL-cholesterol levels were significantly reduced. HDL cholesterol levels in the PG, PGB-L, and PGB-H groups significantly increased compared to the HF group, confirming that Beopje PG extract positively affects blood lipid levels. The elevated levels of blood TNF- $\alpha$ , IL-6, and IL-1 $\beta$  induced by the high-fat diet were significantly reduced in the PG, PGB-L, and PGB-H groups. Histological analysis of the liver confirmed that the administered *Platycodon grandiflorum* extract reduced lipid deposition and decreased adipocyte size. Therefore, Beopje processing enhanced the functionality of *Platycodon grandiflorum* extract, indicating its potential as a functional material for obesity management.

Key words: Beopje processed *Platycodon grandiflorum*, anti-inflammatory effect, anti-obesity effect, high fat diet-induced obesity model

### 서 론

우리가 살아가면서 사회경제적 손실을 증가시키는 비만은 각 개인의 삶의 가치를 떨어뜨리며, 건강 위협을 증대하여 평균 수명을 단축시키게 하는 질병이다(Ra 등 2024). 2022년 세계보건기구(WHO)에 의하면 2020년 전 세계 성인 중 43%가 과체중에 속하며 이 중에서 16%가 비만 상태로 관리 대책이 필요하다(Phelps 등 2024). 2005년부터 20년 동안 우리나라 성인의 비만률은 31~32%이고, 우리나라 노인의 지난

10년 동안 비만률은 34%를 넘어, 성인 비만률보다 높아 관리를 해야 하는 것으로 파악된다(OECD Health Statistics 2024). 비만은 심혈관계 질환, 당뇨병, 비알코올성 지방간염, 암, 치매 그리고 골관절염 등을 유발하는 위험인자로 작용하고(Grundy SM 1998; Kopelman PG 2000), 앞선 연구 결과에 의하면 성별, 연령, 교육수준과 같은 인구 사회학적 요인 및 우울증, 스트레스, 수면시간과 같은 행동 및 심리적 요인이 작용하여 비만을 발생할 수 있음을 제시하고 있다(Lee K 2021; Ogilvie & Patel 2017). 비만 치료요법은 식사요법, 행동적 치

\* Corresponding author: Soon Ah Kang, Professor Emeritus, 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

료, 운동요법 등이 있지만 비만치료제에 의존하는 경향이 높다(Jang 등 2011). 비만치료제로 사용되는 약물의 부작용을 줄이고자 페놀성 화합물 또는 식물성 스테롤 등 천연 약용식물을 활용한 안전한 식품 및 천연물 소재로의 활용에 대한 연구가 진행되고 있다(Sirotkin & Koles'arov'a 2021; Kim & Kang 2024). 섭취 시 부작용을 낮추고 높은 효과를 기대할 수 있는 연구로는 우영 추출물의 성분이 독성이 적고 영양가 높으며 생리활성이 높아 항비만 소재로 대두되고 있다(Sirotkin & Koles'arov'a 2021). 이에 따라 질병에 대한 치료의 개념보다 예방 차원의 치유 개념이 식품의 소비 형태를 다양하게 바꾸고 있다.

7-8월에 종 모양의 꽃을 피우는 도라지(*Platycodon grandiflorum*)를 다른 표현으로 길경(*Platycodi radix*)이라 하며, 뿌리는 무쳐 나물로 해서 즐겨 먹고, 가래 및 기침 등 호흡기 약용으로 이용된다(KoSFoST 2012). 도라지는 섬유질 뿐만 아니라 무기질인 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 아연, 철분이 풍부하게 포함되어 있고, 예로부터 나물, 생채, 전으로 맛있게 먹었으며 약재로 활용한 대표적인 식품이다(Shon 등 2001). 도라지의 대표적인 약리 성분은 triterpenoid계 saponin인 platycodin이며 이와 함께 stigmasterol을 포함한 여러 종류의 sterol 성분이 알려져 있다(Chung 등 1997). 기관지 질환에 탁월한 효과에 이용하는 도라지의 생리활성 연구는 혈당강화작용(Seo 등 2004), 콜레스테롤대사 개선(Seo 등 2000) 및 항비만 작용(Byun BH 2003)이 보고되었다. 도라지 추출물의 면역력 증진효과, 항암효과 및 항균효과 등의 생리활성 논문들(Yoon YH 2012; Kim J 2014; Kim & Jeong 2015)이 또한 보고되었다.

도라지에 *Aspergillus oryzae* 균을 접종하여 발효시킨 결과 항비만 효능이 있다는 연구를 기초로 다양한 생리활성 연구가 진행되어지고 있다(Jeong 등 2013; Jeong & Yu 2013; Kang 등 2015; Choi 등 2016). 그러나 도라지가 가지고 있는 강한 쓴맛 때문에 건강에 좋은 다양한 효능을 가지고 있더라도 섭취 선호도가 낮으므로 쓴맛을 개선하기 위해서 도라지 껍질을 제거한 후 물에 담그거나, 가열조리를 통하여 널리 이용할 수 있게 한다. 도라지의 쓴맛 성분에 대해서는 아직 명확하진 않으나, platycodin 등의 사포닌 종류로 알려졌다(Jeong & Yu 2013). 쓴맛 성분을 제거하거나 저감화하는 방법으로 생도라지를 증숙과정 혹은 발효하여 만든 홍도라지는 사포닌이 가수분해되면서 맛과 냄새 등의 기호도가 증가하였고 생리활성능도 높아졌다는 보고(Park JH 2011)가 있다. 발효 공정 과정을 거친 우리가 먹고 있는 식품은 소화가 잘 되어

영양소 흡수를 극대화하며, 식품 자체가 가지고 있는 독성을 낮추어 안전성을 주고, 풍미를 좋게 하여 선호도를 높이며, 식품이 가지고 있는 영양성분을 향상시켜 고부가가치를 제시한다(Park KY 2012). 도라지를 소금 발효에 의한 미생물 분포의 다양성 및 항비만효과(Shin 등 2018) 연구에서 보는 바와 같이 발효과정은 식품 전반에 널리 활용되고 있으며, 젖산발효에 의한 항산화 증가(Lee 등 2015), 알코올 발효로 유통기한을 연장하며 단백질 및 비타민, 필수아미노산 및 필수 지방산 등 몸에 좋은 생리활성물질을 만들어 낼 수 있게 유도하는 효과가 입증되고 있다(Park 등 2009).

식품 소재를 가공방법의 다양성에 의해 성분의 변화, 분자 크기 조절, 조직구조 변경이 이루어지면서 유용한 성분을 최대한 용출할 수 있도록 증진방법 혹은 법제과정을 이용한다. 법제처리방법은 식품 재료를 가공 처리과정을 통하여 독성을 낮추면서 활성을 높이며 법제처리 가공된 재료는 저장이 편리하다(Kim 등 2002; Lee & Kim 2003). 법제 처리방법은 재료를 증기로 찌는 증법과 삶는 자법이 있으며 재료의 독성을 줄이면서 생리 효능을 증가시키는 방법으로 예로부터 널리 이용해온 방법이다. 법제과정에 의하여 유용 성분이 증가하는 연구로는 생강을 법제한 경우 6-gingerol 유효성분 증가하는 연구(Kim 등 2014), 율나무를 법제 후 urushiol 성분을 제거하면서 폐암세포 증식을 억제하는 효과(Choi 등 2006), 법제처리한 우영의 비만개선 효과 및 항염증효과(Kim & Kang 2024), 법제처리한 소리쟁이의 항염증 효과를 볼 수 있었다(Yoo & Kang 2021).

현재 도라지에 관한 기능성 연구로는 도라지추출물에 의한 기관지질환에 대한 항균 효과(Lee 등 2000), 혈당 강하 효과(Seo 등 2004), 이상지질혈증에 대한 도라지추출물의 혈중 지질 및 콜레스테롤 감소 효과(Kim 등 2000; Zhao 등 2008). 암세포 증식 억제 효능(Kim 등 1998; Lee 등 1998)이 보고되었다. 그러나 법제처리한 도라지추출물의 항비만효과를 동물실험으로 진행한 연구는 미비하므로 이를 보완하고자 본 연구에서는 비만동물모델을 고지방식으로 유도하여 도라지 추출물과 법제처리한 도라지추출물의 항비만효과를 실험으로 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 제조

신선한 도라지를 실험물질로 사용하기 위하여 경동시장

에서 경북 영주산 유기농 도라지를 구입하여 흐르는 물로 4-5차례 세척하여 흙을 없애고 5-6 mm 두께로 절단한 후 건조기 기계(JW-1359ED, Jinwoo, Korea)를 이용하여 60°C 적정 온도에서 2일 동안 건조한 것을 확인 후 건식분쇄기 장비(JH-GB, JINHIENG, Korea)를 이용해서 크기를 300mesh로 분쇄하였다. 법제 처리된 도라지 시료는 Ga Wha Wellfood Co.(Jincheon, Chungcheongbukdo, Korea)에 의뢰하여 실험 시료로 사용하였다. 법제 처리방법은 건조된 도라지를 세척한 후 찌는 시간을 5분, 2시간 그늘에서 건조하였다. 건조시킨 도라지는 5분 동안 볶는 과정을 거치면서 수분을 완전 제거한 후 그늘에서 2시간 동안 건조시켰다. 법제과정은 하루에 찌는 과정은 1회, 볶는 과정은 총 3회 반복적인 과정을 처리 후 60°C 건조기 장비(JW-1359ED, Jinwoo, Korea)로 다시 건조하였다. 시료가 건조된 후 건식분쇄기 장비(JH-GB, JINHIENG, Korea)로 크기를 300mesh로 분쇄하여 -20°C 냉동고에 보관하였다(Park 등 2018). 동결 건조과정을 마친 법제처리하지 않은 도라지와 법제 처리한 도라지 실험시료 분말 100 g에 95% 에탄올 20배 비율로 첨가하여 실온에서 24시간 동안 용매추출한 후 2회 여과하였다. 여과 처리된 용액은 농축을 위하여 회전식 진공농축기 기계(EYELA, rotary vacuum evaporator, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 감압농축 처리를 하여 동결건조한 후 -20°C에서 보관하였다. 실험 시료의 에탄올 추출물 최종 수율은 감압농축과정으로 완전 분말상태를 유지한 후 실험 시료량을 측정하는 과정에 의하여 최종 추출 수율을 계산하게 되는데 법제처리하지 않은 도라지의 최종 수율은 32.3%였으며 법제처리한 도라지는 38.7%의 결과를 얻었다.

## 2. 실험동물 사육조건

실험동물은 4주령된 C57BL/6 male mice를 (주)대한바이오텍(Eumseong, Chungbuk, Korea)에서 구입하여 적응기간을 1주간 유지하고, 동물사육 환경조건(상대습도(%): 50.0±15.0, 온도: 22.0±2.0°C, 명암주기 시간: 12시간)을 자동 프로그램으로 설정하여 특정 병원균 없는 조건인 SPF(specific pathogen free) 환경으로 실험사료를 1달 동안 공급하면서 외관 검사 및 체중 측정 등을 실시하였다. 실험 종료는 9주령에 실험조직 및 혈액을 채취하여 시료로 사용하였다. 실험동물의 적응기간 동안 체중증가량에 이상이 없는 동물을 선택하여 균등한 체중을 고려하여 실험군을 배정하였다. 실험기간 동안 스테인레스 동물 케이지(MJ Ltd, Seoul, Korea)에서 한 마리씩

분리하여 사육하였다. 사료는 SAFE Inc.의 동물식이 사료(protein 20%, R3+, SAFE Inc., France)로 주식회사 우정바이오텍에서 구입하여 식이는 자유섭취방법(Ad libitum method)으로 제공하였고 증류수를 공급하였다(Table 1). 실험시료는 실험군별로 투여 용량에 적절한 농도로 투여 당일에 멸균수로 혼합 후 30분간 초음파처리 후 oral zonde(DAZ01, Fuchigami, JPN)로 경구로 투여하였다.

## 3. 고지방식이로 비만동물모델 유도

비만동물은 고지방식이로 유도되었고, 숫컷 C57BL/6 mice(5주령)에게 제공한 식이의 종류는 칼로리의 10%를 지방으로 제공한 정상군(N)과 칼로리의 60%를 지방으로 제공한 고지방식이(HF군)이다. 도라지 에탄올 추출물 처리군은 고지방식이(high fat diet)를 섭취하여 비만유도와 실험(도라지)시료를 동시에 투여하는 방법으로 농도는 250 혹은 500 mg/kg BW로 28일간(1회/일) 투여하였다. 투여 용량은 도라지 기능성 연구논문을 참고로 적정 농도범위를 선정하였고(Kim OK 2016; Yosri 등 2023) PC(positive control)군은 Orlistat 30mg/kg BW 투여군, 도라지 추출물(HF+PG(250 mg/kg BW))군, 도라지를 법제처리한 저농도(HF+PGB-L(250 mg/kg BW))군, 도라지를 법제처리한 고농도(HF+PGB-H(500 mg/kg BW))군으로 전체 6개 실험군으로 구성하였다(Table 1). 동물의 연령은 체지방율과 지방세포 크기가 증가하면서 혈중 렘틴의 발현과 다양한 조직의 UCP 발현에 유의한 차이를 보이는 6~10주 사이를 고려하여 고지방식이로 비만을 유도하는 실험기간을 참고(Kang SA 2002; Park 등 2015)하여 9주로 본 실험을 진행하였다. 이 실험의 승인 절차는 실험동물 관리에 관한 모든 규정을 준수하였고, 동물보호법 원칙(법률 제 16977호 일부개정: 2020년 2월 11일)에 기초하여 우정유전체 소속 연구소 IACUC 동물실험윤리위원회의 승인을 받아(WJIACUC131211-4-05) 진행하였고, 시험 전체 규정은 우정유전체연구실 내부규정에 명시된 실험동물 윤리위원회 규정에 의거하여 진행하였다.

## 4. EchoMRI 분석

고지방 식이로 비만을 유도한 동물의 체성분을 분석하고자 EchoMRI를 통해 신체구성 성분 분석, 체내 수분 및 체지방량을 측정하였다. EchoMRI 기기는 정량적 자기 공명 시스템으로 살아있는 실험동물의 전체 체지방, 자유 수분량, 무지방 함량 및 총 체수분 함량을 1분 이내의 짧은 시간 동안

**Table 1. Experimental group**

Group	Diet	Treatment	Number (n)
N <sup>1)</sup>	Normal	Non-treatment	6
HF	High fat diets	Non-treatment	8
PC	High fat diets / positive control/ orlistat	30 mg/kg BW	8
PG	High fat diets / PG	250 mg/kg BW	8
PGB_L	High fat diets / PGB, low concentration	250 mg/kg BW	8
PGB_H	High fat diets / PGB, high concentration	500 mg/kg BW	8

<sup>1)</sup> N: normal, HF: high-fat diet induced obesity animal model (DIO), PC: positive control (orlistat 30mg/kg BW), PG: DIO oral administration *Platycodon grandiflorum* 250 mg/kg BW, PGB\_L: DIO oral administration *Platycodon grandiflorum* with processed by Beopje 250 mg/kg BW, PGB\_H: DIO oral administration *Platycodon grandiflorum* with processed by Beopje 500 mg/kg BW.

측정할 수 있는 장점이 있지만 고비용이라는 단점이 있다. 기기 EchoMRI QMR 시스템 방법은 체성분 분석을 빠르게 할 수 있고 정확하게 생체 내 측정하는 것으로 도체구성 성분 분석(carass composition analysis, CCA) 방법보다 정밀하게 측정할 수 있는 장점이 있다(Nixon 등 2010).

### 5. 동물 조직 및 혈액 채취

실험기간 동안 실험식이를 공급하면서 각 군의 동물 개체마다 이상적 징후를 관찰하는 일반적 증상을 관찰하였고, 식이 섭취량은 매일 측정하였다. 체중도 1주 간격으로 측정하였고 부검은 실험 종료 시점에 실험 시료를 채취하였다. 혈액채취는 실험 종료에 안와정맥 혈액을 채취 후 원심분리를 통하여 혈청을 분리하였고, 지방조직과 장기를 적출하여 실험시료로 사용하였다. 채취한 조직은 포르말린용액(10%)으로 고정 후 H&E staining method로 조직의 병리학적 변화를 보았다. 동물의 부위별 장기 무게는 채혈을 한 후 분리하여 무게를 측정하였다. 간, 심장, 신장, 지방 조직(subcutaneous, peritoneal, mesentric, epididymal) 무게를 측정하였다. 혈액 채취를 위하여 이소푸란/산소/질소로 흡입 마취 상태에서 복대동맥(abdominal aorta)으로부터 전혈(whole blood)을 채혈하여 원심 분리하여 혈장(plasma)을 얻어서 Biochemical automatic analyzer device(#7020, HITACHI, Japan) 기기로 혈중 지질농도 및 생화학적 지표 농도를 측정하였다.

### 6. 혈중 지질농도 및 생화학적 지표 분석

실험 분석을 위하여 생화학자동분석기 기계(#H7020, HITACHI, JPN)로 중성지방(Triglyceride, WAKO, JPN), 혈중 총 콜레스테롤(total cholesterol, WAKO, JPN), 혈중 저밀도 지

단백 콜레스테롤(LDL Cholesterol, WAKO, JPN), 고밀도 지단백 콜레스테롤(HDL Cholesterol, WAKO, JPN) 농도를 측정하였다. TNF alpha, IL-6(인터루킨-6) 및 IL-1 $\beta$ (인터루킨-1 $\beta$ ) 지표 농도 분석은 Mouse ELISA kit(Invitrogen, CatPGog BMS607-3, Waltham, Messachisetts, USA)를 이용하여 항원항체 면역흡착법(antigen-antibody immunoadsorption method)을 이용하여 항체 반응 후 발색과정으로 ELISA 리더기 기계(SpectraMax M2, Multi-Mode Microplate Reader Molecular Devices, CA, USA)로 분석하였다(Yeom & Jeong 2020).

### 7. H&E 염색

조직학적 변화를 보고자 H&E staining 방법으로 부고환지방을 시료로 사용하였다. 냉장 처리한 saline solution으로 세척 후 10% buffer formalin 용액에 고정 후 미세조직절단기 기계(Finesse ME Microtome, Thermo Fisher Scientific, MA, USA)로 약 2~3  $\mu$ m 두께로 횡단 절단하여 파라핀 고정(STP120 Spin Tissue Processor, Epreia, London, UK)을 실시하였다. 슬라이드에 시료를 부착 후 건조, 탈 파라핀과정, 알코올 흡수 처리 과정, 증류수 세척 과정을 마친 다음 H&E 염색 과정을 거쳐 슬라이드 스캐너 기계(Pannoramic MID Scanner, 3D Histech Ltd., Budapest, Hungary)에 의하여 분석하였다(Cardel 등 2020).

### 8. 통계 분석

실험을 통하여 얻은 결과를 통계 분석하고자 평균값(mean)과 표준편차(SD)를 구하였고, 각 실험군 간의 통계적 차이를 보고자 ANOVA 분석(StatView(ver. 4.51), Abacus Concepts, Berkeley, CA)으로 95% 신뢰도에서 검증하

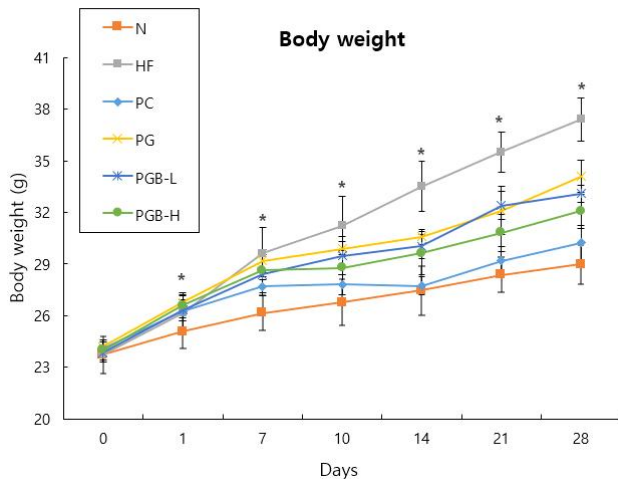
였다. 전체 실험군 간의 유의성 통계 분석은 Duncan's multiple test 방법( $p < 0.05$ )으로 사후검증하여 유의성 수준을 표기하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 실험동물의 체중, 체중증가율 및 식이효율 변화

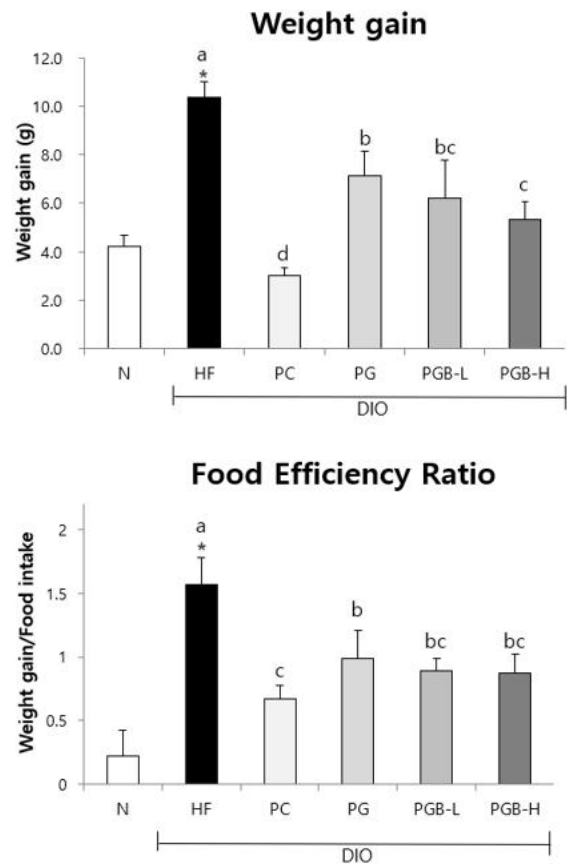
본 실험 결과 실험식이 제공된 기간동안 체중변화 결과는 Fig. 1과 같고, 체중 증가율은 Fig. 2에 보여주었다. 실험기간 28일간의 체중변화는 PC군을 제외하고 모든 실험군에서 체중이 현저하게 증가하였다. 양성대조군은 고지방식이군에 비해 19.3% 감소하였고 법제처리한 도라지 고농도군에서는 14.2%, 법제처리한 도라지 저농도군에서는 11.5%, 법제처리하지않은 도라지군은 8.8%로 유의적으로 감소하였다. 양성대조군인 PC군은 고지방식이(HF)를 공급하였지만 양성대조물(Orlistat)의 효과가 1주 후부터 보이면서 정상군(N)의 체중에 근접하게 감소하였다. 법제처리한 도라지 고농도(PGB-H)군에서는 고지방식이군(HF)에 비교하여 유의하게 감소함을 보이면서 도라지추출물(PG)군과 법제처리한 도라지 저농도(PGB-L)군보다 낮게 나타났다(Fig. 1).

체중증가량은 정상군(N)군의 체중증가는  $4.22 \pm 0.45$  g으로



**Fig. 1. Body weight changes among 6 experimental groups.** Each values are expressed as mean $\pm$ SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p < 0.05$ . Groups are specified in Table 1.

나타났고, HF군은  $10.35 \pm 0.68$  g, PC군은  $3.02 \pm 0.33$  g, PG군은  $7.12 \pm 1.05$  g, PGB-L군은  $6.23 \pm 1.54$  g, PGB-H군은  $5.32 \pm 0.77$  g으로 나타났다(Fig. 2). 결론적으로 체중이 가장 많이 증가한 군은 고지방식이군(HF)군으로 정상군(N)에 비교하여 유의적인( $p < 0.05$ ) 체중 증가현상을 보였다. 양성대조군(PC)은 정상군(N)에 근접하면서 양성약물의 효과를 유의하게 보였다. 실험시료인 도라지추출물 투여 농도에 의존적으로 유의적인 체중 증가 정도가 감소함( $p < 0.05$ )을 보였다. PG군의 경우는 HF군에 비해 유의하게 감소( $p < 0.05$ )하였고, PGB-L군과 PGB-H군의 경우는 HF군에 비하여 60.2% 및 51.4% 감소율을



**Fig. 2. Weight gain and food efficiency ratio (FER) changes among experimental groups.** Each values are expressed as mean $\pm$ SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p < 0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p < 0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

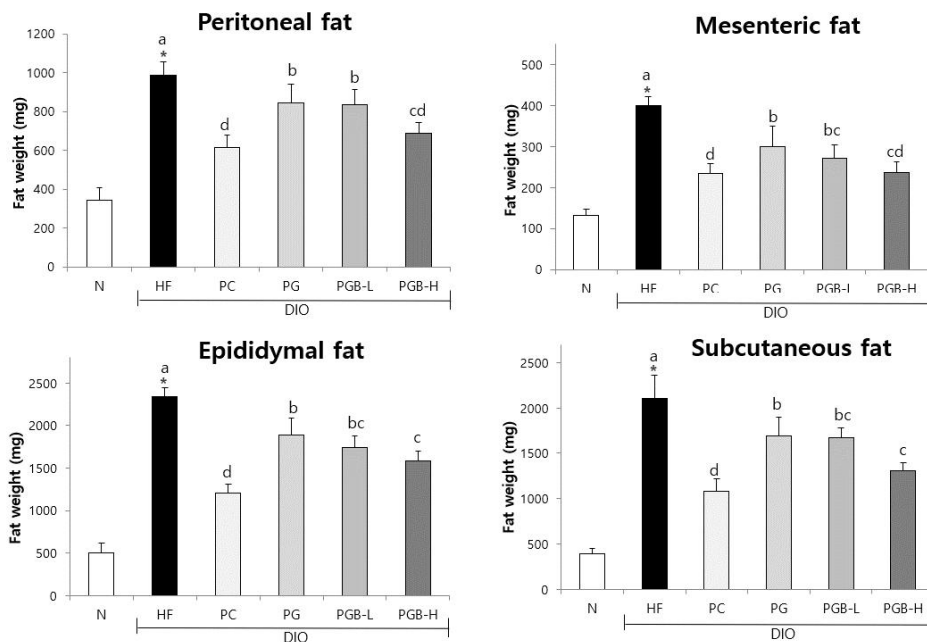
보이면서 통계적으로 유의성있게 감소하였다( $p<0.05$ ). 법제 처리한 도라지추출물의 농도에 따라 변화에서는 고농도에서 감소는 하였으나 저농도군과는 통계적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 도라지추출물과 법제처리한 도라지추출물은 고지방식이군에 비하여 유의하게 감소( $p<0.05$ )함을 확인하였다.

식이효율(FER)의 결과는 식이섭취량이 실험군간에 변화가 없었고 체중증가량에 의존하여 결과가 비슷하게 나타났다. 정상군(N)에 비교하여 고지방식이군(HF)이 고지방식에 의한 체중증가로 유의적인 증가를 보였고( $p<0.05$ ), 도라지추출물 투여군과 법제처리한 도라지 추출물 투여군에서는 고지방식이군에 비교하여 유의적인 감소( $p<0.05$ )함을 보였다. 법제처리한 도라지 저농도(PGB-L)군과 고농도(PGB-H)군 투여군은 통계적 유의한 차이가 없었으나 양성 대조군(PC)과 도라지추출물(PG)군에서 통계적으로 유의성있게 나타났다( $p<0.05$ ). 이러한 결과는 고지방식이 섭취로 체중증가에 의하여 증가되었던 식이효율을 도라지 추출물에 의한 영향에 의하여 낮추었고 법제처리과정에 의하여 체중변화에 효과적인 결과를 보이면서 법제한 도라지추출

물이 식이효율(FER)에 영향을 미침을 확인하였다. Byun BH(2003)의 연구에서는 도라지추출물의 항비만효과 연구에서 시료 투여 후 1주부터 8주까지 고지방식이군에 비하여 감소함을 보였다. Kim JY(2008) 연구에 의하면 도라지에서 분리한 사포닌 성분이 체중 감소 및 식이효율이 감소하면서 비만개선효과를 보였다. Shin 등(2018) 연구에서는 도라지를 소금을 첨가하여 발효시키는 공법에서도 미생물의 변화 및 유산균의 증가에 의하여 체중의 변화를 가져오면서 항비만효과를 가져왔다. Kim & Kang(2024)은 고지방식으로 증가한 체중을 법제처리한 우영추출물이 유의적인 체중감소를 보임으로써 법제처리 가공법이 고지방식으로 증가하는 체중을 감소시켜줌을 보여줌으로써 법제처리한 도라지 처리군에서 체중증가가 고지방식이군에 비하여 유의하게 감소한 본 연구 결과와 유사한 경향성을 보였다.

## 2. 지방조직 무게 변화

본 실험동물의 지방조직(복막: peritoneal, 장간막: mesenteric, 부고환: epididymal, 피하: subcutaneous)의 지방 무게는 Fig. 3에 보여주고 있다. 부위별 지방조직의 함량은 전체적으로 고지



**Fig. 3. Fat tissue weight changes among animal experimental groups.** Each values are expressed as mean±SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p<0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p<0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

방식이군(HF)은 정상군(N)보다 유의적으로 증가함을 보였다( $p < 0.05$ ). 부고환 지방 함량의 변화는 고지방식이군(HF)이 정상군(N)에 비하여 유의적인 증가( $p < 0.05$ )를 보이면서 고지방식이의 효과가 뚜렷하게 반영되었고, PG군, PGB-L군 및 PGB-H군은 고지방식이군에 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 보이면서 실험시료의 효과가 보였다( $p < 0.05$ ). 피하지방(subcutaneous fat)의 함량은 부고환 지방 함량과 비슷하게 고지방식이(HF)에 의하여 지방조직의 함량이 정상군보다 4.64배 유의하게 증가함을 보였고( $p < 0.05$ ), 양성대조군(PC)은 HF군에 비하여 매우 유의하게 48% 감소하면서 양성약물의 효과를 보였다( $p < 0.05$ ). 도라지 추출물에 의하여 고지방식이에 의하여 증가한 지방조직의 함량이 감소하였고, 법제처리한 도라지 추출물 저농도에서는 유의한 차이가 없었으나 고농도(PGB-H)군에서는 통계적으로 유의하게 감소함을 보였다( $p < 0.05$ ).

복막 지방조직 및 장간막 지방의 함량도 부고환지방(epididymal fat)과 피하지방(subcutaneous fat)과 비슷한 경향성을 보이면서 도라지추출물 투여에 의한 지방조직의 함량 감량효과를 볼 수 있었고 법제처리방법에 의하여 지방 조직 함량의 감량 효과를 더 뚜렷하게 유의한 차이를 보이면서 법제처리 가공방법에 의한 생리활성의 변화에 의한 결과를 예측할 수 있었다. 도라지 뿌리에서 분리한 사포닌에 의하여 암세포 성장 억제효과, 인슐린 저항성 효과 및 고지방식이군에 비하여 내장지방 및 지방면적을 감소시키는 결과를 보였다(Kim JY 2008). 내장 지방 축적은 다양한 대사 질환 발병에 가장 중요한 위험 요인으로 보고되는데 도라지 사포닌은 용량 의존적인 방식으로 내장 지방량을 유의하게 감소시켰다. Shin 등(2018) 연구에서는 도라지를 소금을 첨가하여 발효시키는 공법에서도 유산균이 증가하면서 플라보노이드 함량이 증가하고 lipase 저해활성이 증가하면서 지방축적이 억제되면서 비만예방에 도라지의 가공법이 중요하였다. 고지방식이 유도 비만 동물모델에서 홍국발효 대두에 의한 지방조직 부위별(피하, 신장, 부고환, 장간막) 무게가 감소하였다(Kim & Kang 2021).

현재까지 알려진 식욕억제제 역할을 하는 비만치료제인 제니칼(XenicPG, Roche, Swiss), 에너지 소비를 촉진하는 리덕틸(Reductil, Abbott, USA) 등의 항비만 기전은 신경전달물질을 조절하여 식욕을 억제하지만 약에 대한 부작용이 있어서 안전성이 확보된 식품원료 혹은 약용작물로부터 부작용 적은 생리물질을 탐색하고 있다. 이에 따라 발효 우영추출물

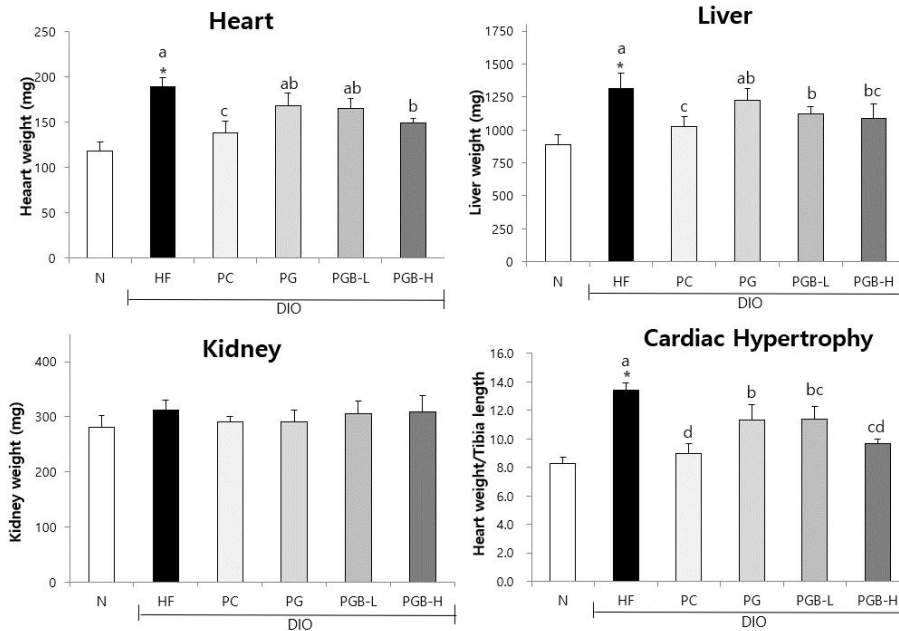
로부터 분리된 악틴(arctiin), 도라지의 사포닌의 항비만 효과 연구(Kim JY 2008), 홍국발효된 대두의 항비만효과(Kim & Kang 2021), 법제처리 우영추출물의 항비만효과(Kim & Kang 2024)가 발표되면서 신소재의 가능성을 보여주고 있다. 이에 본 연구에서 사용한 도라지추출물 혹은 법제처리한 도라지추출물의 지방조직의 함량 변화 효과도 유사한 경향성을 보이면서 항비만 소재 가능성을 보였다.

### 3. 장기무게 변화 결과

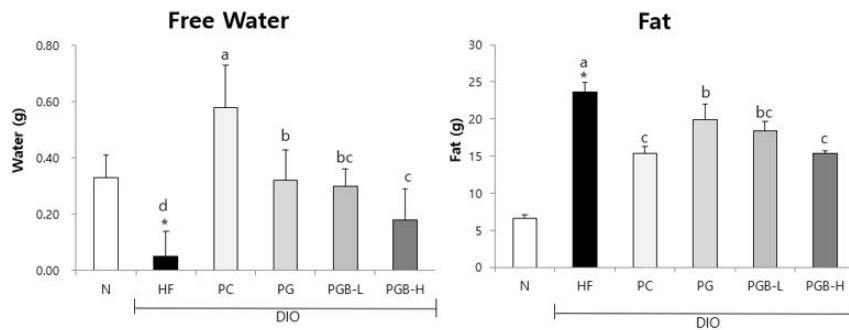
본 실험 동물의 장기무게(간, 심장, 신장, 심장비대) 변화 결과 그림은 Fig. 4에 보여주고 있다. 심장무게는 HF군이 정상군(N)보다 1.6배 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), PGB-L군은 고지방식이군(HF)보다 감소하였으나 유의한 차이는 없었으며, PGB-H군은 통계적으로 유의한 차이를 보이면서 21% 감소하였다( $p < 0.05$ ). 심장비대 현상은 고지방식이군이 정상군보다 1.61배 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), 법제한 도라지 고농도 투여군(PGB-H군)은 고지방식이(HF)군보다 유의하게 28% 감소를 보였으며( $p < 0.05$ ), PGB-L군은 15% 감소하였다. 간의 무게도 고지방식이(HF)군이 정상군보다 유의하게 1.48배 증가를 보였고( $p < 0.05$ ), PG군은 고지방식이군 보다 유의하지않게 감소하였으며 PGB-L군과 PGB-H군은 HF군보다 유의하게 15%와 16% 감소하였다( $p < 0.05$ ). 이상과 같은 실험 결과로, 고지방식이(HF) 섭취에 의한 지방 함량의 증가에 따라 지방 축적 현상이 일어나면서 심장과 간 무게는 유의적인 증가를 보였다. 간과 심장의 경우는 법제한 도라지추출물 고농도 투여(PGB-H)에 의하여 유의하게 지방량을 감소시키면서 간과 심장조직의 중량이 감소함을 보였다. 건강한 영양섭취를 위한 영양 개입은 비만 조절을 위한 연구에서 필수적인데, 생리활성 성분이 풍부한 도라지는 건강기능성에 대해 다양하게 연구되고 있다(Kim JY 2008; Hong 등 2014; Shin 등 2018).

### 4. 체성분(수분과 지방) 변화

도라지 추출물과 법제처리한 도라지추출물의 고지방식에 의한 체성분(수분과 지방)의 영향을 보고서 EchoMRI로 신체구성 성분을 분석한 결과는 Fig. 5에 보여주고 있다. 신체 내 체내수분은 고지방식이(HF)군은 정상군보다 유의한 차이로 함량이 감소하였고( $p < 0.05$ ), PG군과 PGB-L군, PGB-H군은 고지방식이(HF)보다 유의한 증가를 보였다( $p < 0.05$ ). 또한 체지방의 경우도 고지방식이(HF)군은 정상



**Fig. 4. Organs weight changes among animal experimental groups.** Each values are expressed as mean±SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p < 0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p < 0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

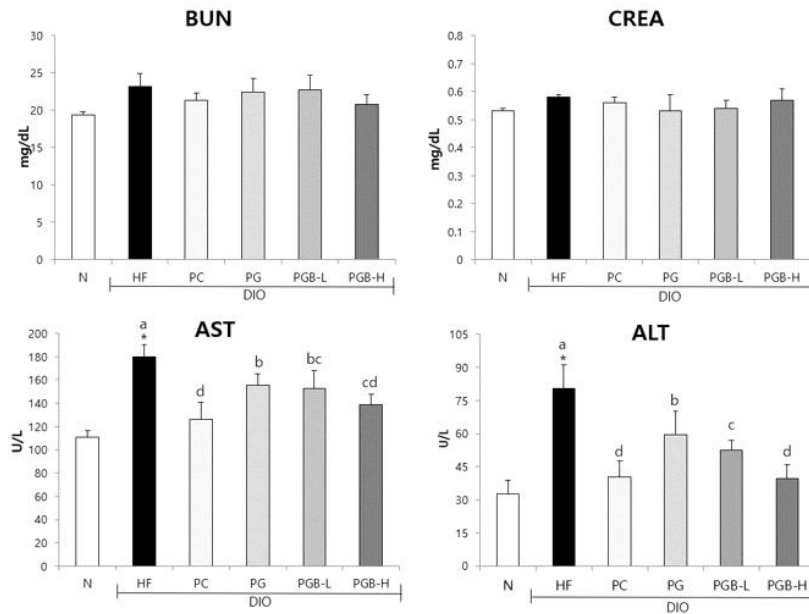


**Fig. 5. Body composition weight changes among animal experimental groups.** Each values are expressed as mean±SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p < 0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p < 0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

군보다 유의한 차이로 함량이 3.6배 증가하였고( $p < 0.05$ ), PG군, PGB-L군과 PGB-H군은 HF군보다 유의한 차이로 16%, 22%, 35% 감소하였다( $p < 0.05$ ). 특히, PGB-H군은 PC군과 차이가 없을 정도로 고지방식이(HF)군에 비교하여 유의한 차이로 감소하였다( $p < 0.05$ ).

### 5. 혈중 생화학지표 농도 변화

고지방식으로 유도된 비만동물모델에서 나타날 수 있는 독성을 간접적으로 파악할 수 있는 생화학지표인 혈중요소 질소함량 및 크레아티닌 함량에 도라지 추출물이 미치는 영향과 간기능 지표인 혈중 AST와 ALT 결과는 Fig. 6에 보여 주고 있다. 혈중 요소질소 함량 및 크레아티닌 농도는 모든



**Fig. 6. Blood AST, ALT, creatinine, and blood urea nitrogen(BUN) changes among experimental groups.** Each values are expressed as mean±SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p<0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p<0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

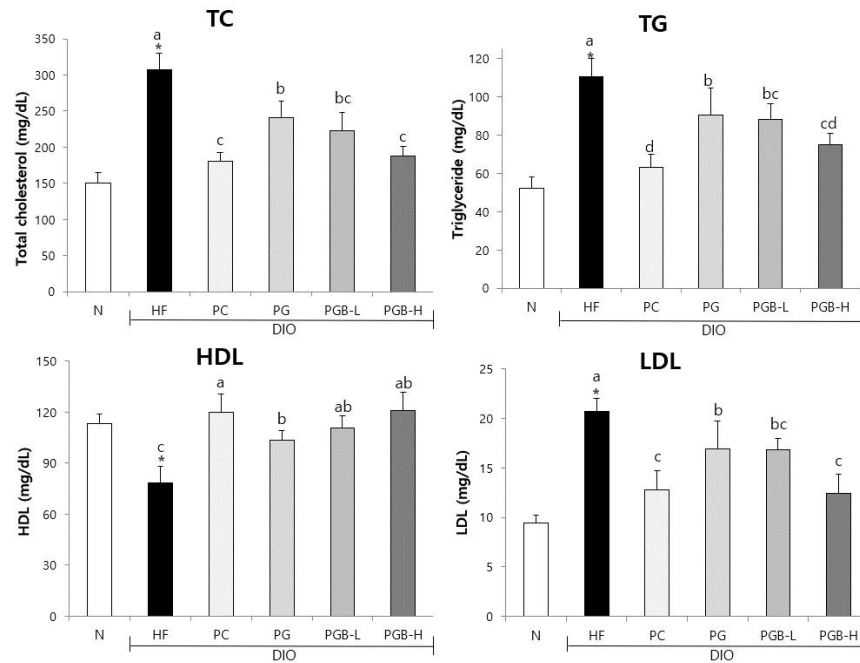
실험군에서 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 주로 간기능 관련지표이며 간세포 손상에서 더 특이적 반응을 보이는 혈중 AST와 ALT 함량은 HF군이 N군에 비교하여 유의적으로 증가하면서( $p<0.05$ ) 간세포 손상을 암시하였고, PG군, PGB-L군과 PGB-H군은 고지방식이(HF)군보다 유의한 차이로 감소하였다( $p<0.05$ ). 특히, PGB-H군은 ALT 함량에서 도라지 추출물 및 저농도 법제처리한 도라지추출물 투여군보다 통계적으로 유의한 차이로 감소하였다( $p<0.05$ ). 탄수화물 혹은 지방을 과잉 섭취하여 비만을 유도된 상태에서 간 대사의 비정상적인 대사에 의하여 간독성 지표로 사용하는 AST와 ALT 혈중 농도가 증가한 결과를 보인 연구(Tomkin GH 2010)와 비슷한 양상을 보였다. 본 연구 결과에서도 고지방식이에 의한 비만 모델에서 혈중 ALT와 AST 농도가 유의한 차이로 증가하였고 도라지 추출물 및 법제한 도라지 추출물 투여에 의하여 간지표 값이 감소하면서 간 독성도 감소함을 보였다. Kim 등(1998)의 연구에서 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐의 혈청 중 AST 및 ALT 효소 활성이 22년근 도라지 사포닌을 공급한 군에서 유의하게 낮은 결과를 보이면서 본 실험의 결과와 유사한 양상을 보였다.

## 6. 혈중 지질 농도의 변화

도라지 추출물에 의한 비만 동물모델에서 혈중지질 성분 농도의 변화는 Fig. 7에 보여주었다. 혈중 중성지질(TG)의 농도는 고지방식이(HF)군이 정상군(N)군보다 유의한 차이로 2.13배 증가하였고( $p<0.05$ ), PG군, PGB-L군과 PGB-H군은 HF군보다 유의한 차이로 18%, 20%, 32% 감소하였는데( $p<0.05$ ), 특히 법제처리 과정을 거친 도라지 고농도(PGB-H)군은 도라지추출물(PG)군보다 유의하게 17% 감소하면서( $p<0.05$ ), 양성대조군(PC)과 유의적인 차이를 보이지 않았다.

혈중 총콜레스테롤(TC)의 농도는 고지방식이(HF)군은 N군에 비교하여 2.04배 유의하게 증가하였고( $p<0.05$ ), 법제하지 않은 도라지추출물(PG), PGB-L군과 PGB-H군은 고지방식이(HF)군에 비해 21%, 27%, 39% 유의하게 감소하였다( $p<0.05$ ). 특히, 법제처리한 도라지 고농도(PGB-H)군은 도라지추출물(PG)군보다 유의적 차이로 22% 감소하면서( $p<0.05$ ) PC 군과는 유의적으로 차이를 보이지 않았고 법제처리방법에 의하여 생리활성이 증가하면서 총콜레스테롤 함량에 영향을 주었으리라 본다.

혈중 저밀도 콜레스테롤(LDL) 농도는 고지방식이(HF)군



**Fig. 7. Blood lipid profiles changes among animal experimental groups.** Each values are expressed as mean±SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p<0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p<0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

이 N군보다 유의하게 2.2배 증가하였고( $p<0.05$ ), PG군, PGB-L군과 PGB-H군은 HF군보다 유의적으로 18%, 19%, 40% 낮아짐을 보였으며( $p<0.05$ ), PGB-H군은 PG군보다 통계적으로 유의하게 27%( $p<0.05$ ) 낮아짐으로써, 법제처리한 도라지 추출물 고농도군은 법제하지 않은 도라지 추출물군보다 유의한 차이로 감소하면서 양성대조군(PC)군과는 유의한 차이가 없었으며 법제처리 방법에 의한 생리활성이 증가하여 혈중 LDL 농도에 영향을 주었으리라 본다. 법제처리 가공방법에 의한 생리활성의 변화에 의한 결과를 예측할 수 있었다. 도라지 뿌리에서 분리한 사포닌에 의하여 고지방식이군에 비하여 간의 중성지방 및 총콜레스테롤 농도를 감소시키는 결과를 보였다(Kim JY 2008). 또한 고지방섭취에 의하여 증가한 hepatic fatty acid synthase 활성을 도라지 사포닌 첨가에 의하여 감소시켜줄을 보이면서 도라지의 당대사 및 지질대사에 영향을 줄을 보였다. 도라지를 발효시키는 공법에서 유산균이 증가하면서 플라보노이드 함량이 증가하고 lipase 저해활성이 증가하면서 혈중지질의 함량의 변화를 보였다(Shin 등 2018). Streptozotocin(STZ)

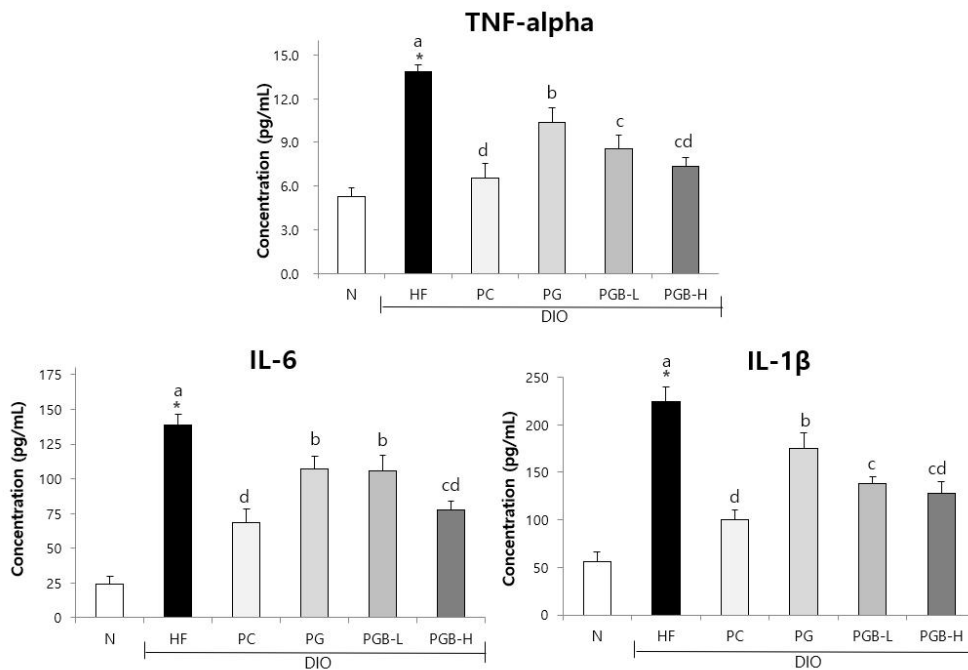
으로 당뇨를 유발한 쥐에게 도라지 뿌리 에탄올 추출물을 투여 후 당대사 관련 효소 활성을 증가시키면서 혈중 triglyceride(TG), total cholesterol 함량이 감소하는 결과를 보임으로써 항당뇨효과 및 항비만효과를 보였다(Kim OK 2016). 고지방식이로 비만을 유도 후 도라지 추출물 투여에 의하여 증가되었던 total cholesterol, total lipid, triglyceride 함량이 현저하게 감소함으로써 항비만효과가 있음을 증명하였다(Byun BH 2003). 고지방식이군에 비하여 도라지 추출물 투여군이 혈중 triglyceride(TG)와 total cholesterol(TC) 함량이 유의하게 감소한 결과는 본 실험 결과와 유사한 경향성을 보였다. 그러나 법제 가공방법에 의한 도라지의 효과에 관한 연구는 미흡하였다.

Han 등(2002)은 도라지뿌리 추출물이 췌장 lipase를 억제하고 장에서의 식이 지방 흡수를 억제한다고 보고하였다. Kim 등(1998)의 연구에서 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐의 혈청 중 LDH 효소 활성은 22년근 도라지 사포닌을 공급한 군에서 유의하게 낮았고 간조직의 총콜레스테롤 및 중성지질 함량이 감소하면서 도라지 사포닌에 의한 지방개선 효과를

보였다. 또한 Byun BH(2003)의 연구에 의하면 0.5%와 1.0% 사포닌 보충이 각각 중성지방(138%와 142%)과 콜레스테롤(199%와 240%)의 대변 배설을 증가시켰음을 보여주었다. 따라서 도라지의 사포닌은 체내에서 식이 지방의 흡수를 억제할 수 있다는 것을 증명하였다. 가공방법에 따른 활성변화 연구는 도라지를 소금으로 발효하여 유산균 증가로 향산화 성분이 증가하면서 장내 지방분해 촉진, 간지방 축적을 억제하면서 비만을 예방하는데 도움을 줄 수 있다고 하였다(Shin 등 2018). *Aspergillus oryzae*로 도라지를 발효시켜 기능성을 향상시키며 3T3-L1 지방세포 분화반응에서도 도라지 발효에 의하여 폴리페놀함량이 증가하면서 비만세포 분화능을 억제하여 비만 개선효과의 소재로서의 가치 및 공정과정이 제품 개발에도 관여할 수 있음을 시사하였다(Kang 등 2015). 법제 처리 우영추출물의 항비만효과(Kim & Kang 2024)가 발표되면서 본 연구에서는 도라지의 법제처리과정에 의한 발효공법에 의하여 항비만 효과를 보임과 유사한 결과를 보였다. 이 결과는 발효공법에 의한 기능성이 향상됨을 보여준 의미 있는 결과이다.

## 7. 혈중 염증인자 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$ 농도

실험 동물의 혈중 염증인자(TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$ )의 실험기 간동안 농도 변화 실험 결과는 Fig. 8에 보여주듯이 TNF- $\alpha$  농도는 고지방식이에 의하여 정상군보다 유의하게 2.61배 증가( $p<0.05$ )한 수치가 법제하지 않은 도라지추출물, 법제한 도라지추출물 저농도와 고농도 투여에 의하여 HF군보다 유의하게 25%, 38% 47% 감소하였고( $p<0.05$ ), PGB-H군은 PG군보다 통계적으로 유의한 29% 감소하는 결과( $p<0.05$ )를 보이면서, 법제한 도라지 추출물 투여 농도가 증가하면서 TNF- $\alpha$ 와 IL-1 $\beta$ 의 발현 저해 능력이 높아지는 것으로 보인다. IL-1 $\beta$  농도 변화는 PG군은 PGB-L군과 유의하게 차이가 있었으나( $p<0.05$ ), PGB-H군은 PGB-L군에 비하여 감소는 하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 다른 소재로 발효한 연구로는 발효하지 않은 대두군에 비교하여 홍국발효대두군이 TNF- $\alpha$ 의 발현이 저해되는 능력이 높게 나와서 발효에 의한 유효 성분 변화에 의하여 농도 변화 결과라고 볼 수 있다(Kim & Kang 2021). 법제한 우영을 처리 시 고지방식이에 의하여 증가한 혈청 전염증성 싸이토카인 인자의 양이 감소함으로써 항비



**Fig. 8. Changes in blood TNF- $\alpha$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  among animal experimental groups.** Each values are expressed as mean $\pm$ SD of triplicate analyses. \*Significantly different from N vs HF at  $p<0.05$ . <sup>a-d</sup>Each letters indicate significant difference among DIO groups ( $p<0.05$ ). Groups are specified in Table 1.

만효과 및 항염증효과를 보였다(Kim & Kang 2024). Kim & Kang(2019) 연구에서는 소리쟁이를 법제처리 후 유용물질의 증가에 의하여 항염증 효과가 높게 나타났다.

### 8. 간 및 지방조직의 병리학적 변화

실험동물의 간과 지방 조직에서 H&E 염색법에 의한 병리학적 변화는 Fig. 9와 같다. H&E 염색법 결과 고지방식이(HF)군 즉 고지방식이 유도 비만군의 간 소엽이 병리학적으로 구조적 배열이 깨지면서 세포질 내로 지방이 축적되는 지방간 현상을 보였다. 정상군의 간의 붉은색의 농도가 지질침착현상에 의한 붉은색이 분홍빛으로 색이 흐려지는 현상을 볼 수 있었다. 양성약물을 처리한 양성대조군은 정상군과 비슷하게 붉은색이 짙게 나타났고 도라지추출물(PG)군, 법제 처리한 도라지 저농도(PGB-L)군, 법제처리한 도라지 고농도(PGB-H)군에서 붉은색이 선명하면서 간 조직의 지질 침착이 억제됨을 보여주었고 농도가 높을수록 그 현상은 더 선명하였다. 지방조직의 병리학적 변화 결과는 고지방식이(HF)군에서는 고지방식이에 의하여 세포 모양이 변형되면서 세포

와 세포 사이 경계가 무너지면서 지방구 크기가 커지는 현상을 보이면서 지방세포 수 감소 현상이 나타났고, PGB-L군 및 PGB-H군에서 지방 세포벽의 파괴 현상이 적어지면서 비대 현상이 감소하였고 지방 축적 현상이 감소함을 보였다. 다양한 소재를 발효시킨 홍국발효대두(Kim & Kang 2021), 홍국 발효 참당귀(Kim 등 2018), 발효 우엉 에탄올추출물(Kim 등 2015), 법제 우엉(Kim & Kang 2024) 등의 연구에서 발효 혹은 다양한 가공방법에 따라 지방조직의 지질 축적억제현상을 보이는 현상과 비슷하게 본 연구에서도 법제처리에 의하여 축적현상의 감소를 볼 수 있었다. Kim 등(1998)의 연구에서 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐의 지방구 크기가 증가하였고 22년근 도라지 사포닌을 급여한 군에서 지방구 크기가 감소하는 것과 본 연구와 비슷한 결과를 보이면서 도라지가 간조직에 유익한 영향을 주는 것으로 사료된다.

### 요약 및 결론

본 동물실험 연구는 고지방식이 유도 비만 동물모델에서

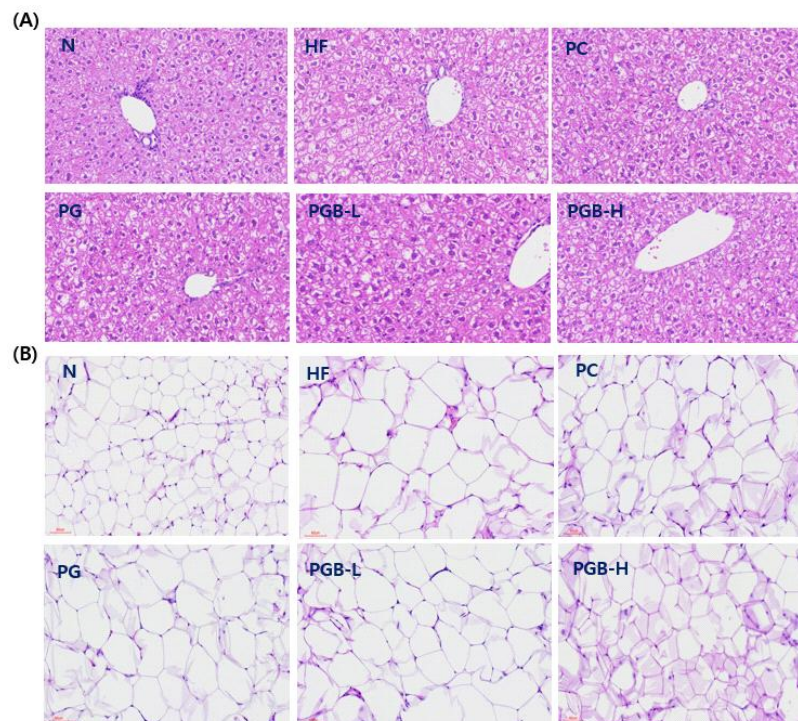


Fig. 9. Histological change of hepatic tissue (A), epididymal fat tissue (B) by H&E staining ( $\times 200$ ). Groups are specified in Table 1.

항비만 소재로 도라지 추출물과 법제한 도라지추출물의 항비만 효과를 지방 조직무게, 혈중 지질농도 및 조직 분석 등으로 확인하고자 하였다. 도라지 추출물(250 mg/kg BW), 법제처리한 도라지추출물(250 mg, 500 mg/kg BW)을 28일간 경구로 투여한 결과 고지방식이(HF)에 의하여 증가한 체중의 감소, 식이효율(FER)의 개선효과, 부위별 지방조직의 무게 감소, 혈중 중성지질(TG), 총콜레스테롤(TC) 및 LDL-콜레스테롤 농도의 유의적인 감소효과를 확인하였다. 혈중 HDL 콜레스테롤 농도는 HF군에서 감소하였으나 법제하지않은 도라지추출물, 법제처리한 도라지 저농도와 고농도 투여군은 HF군에 비교하여 유의적으로 증가하면서 법제처리한 도라지추출물이 혈중지질 농도를 변화를 주고 있음을 확인하였다. 고지방식이(HF)에 의하여 증가한 혈중 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$  농도 변화는 PG, PGB-L, PGB-H 군에서 유의적으로 감소하였다. 간의 조직학적 분석 결과에서 법제처리한 도라지추출물에 의하여 지질침착현상을 감소시킴을 확인하였고 지방세포 크기를 감소함을 보였다. 본 연구 결과를 통해 법제처리과정이 도라지의 기능성을 향상시켜서 혈중 생화학지표 개선, 혈중 지질 개선, 체지방 감소현상을 보이면서 비만개선 기능성 소재로서의 가능성을 보였고, 법제과정이 기능성 제품 개발과정에 활용될 것으로 사료된다.

## References

- Byun BH. 2003. Antiobesity effects of *Platycodon grandiflorum* extract on body weight changes and serum lipid profiles of obese rat induced high fat diet. *Korea J Life Sci* 13:896-902
- Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. 2020. Obesity treatment among adolescents: A review of current evidence and future directions. *JAMA Pediatr* 174:609-617
- Choi W, Song J, Park MH, Yu HJ, Park H. 2016. Effect of fermented *Platycodon grandiflorum* extract on cell proliferation and migration in bovine aortic endothelial cells. *J Life Sci* 26:59-67
- Choi WC, Lee JH, Lee EO, Lee HJ, Yoon SW, Ahn KS, Kim SH. 2006. Study on antiangiogenic and antitumor activities of processed *Rhus verniciflua* Stokes extract. *J Physiol Pathol Korean Med* 20:825-829
- Chung JH, Shin PG, Ryu JC, Jang DS, Cho SH. 1997. Pharmaceutical substances of *Platycodon grandiflorus* (jacquin) A. De Candolle. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 40:152-156
- Grundy SM. 1998. Multifactorial causation of obesity: Implications for prevention. *Am J Clin Nutr* 67:563S-572S
- Han LK, Zheng YN, Xu BJ, Okuda H, Kimura Y. 2002. Saponins from *Platycodi radix* ameliorate high fat diet-induced obesity in mice. *J Nutr* 132:2241-2245
- Hong SH, Park C, Han MH, Kim HJ, Lee MH, Choi YH. 2014. Apoptotic cell death of human lung carcinoma A549 cells by an aqueous extract from the roots of *Platycodon grandiflorum*. *J Life Sci* 24:1244-1251
- Jang YJ, Kwon SO, Yeo KM, Hong MJ, Kim BN, Han DS. 2011. Anti-obesity effect of *Sargassum confusum* ethanol extract in obese rats. *Korean J Food Sci Technol* 43: 189-194
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies containing *Platycodon grandiflorum* powder. *Korean J Food Nutr* 26:759-765
- Jeong SI, Yu HH. 2013. Quality characteristics of Sikhe prepared with the roots powder of Doraji (*Platycodon grandiflorum* A. DE. Candolle). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:759-765
- Kang SA. 2002. Altered expression of uncoupling protein 1 by high-fat diet: Improving the obesity by fructose polymer. *Health and Medical Technology R&D Project Final Report*. No. TRKO200300001952
- Kang YH, Kim KK, Kim TW, Yang CS, Choe M. 2015. Evaluation of the anti-obesity activity of *Platycodon grandiflorum* root and *Curcuma longa* root fermented with *Aspergillus oryzae*. *Korean J Food Sci Technol* 47:111-118
- Kim HS, Kim GJ, Kim HS. 1998. Effect of the feeding *Platycodon grandiflorum* on lipid components of liver and liver function in hypercholesterolemia rats. *Korean J Food Nutr* 11:312-318
- Kim J. 2014. Antibacterial and anti-inflammatory effects of *Platycodon grandiflorum* extracts. *J Dig Conv* 12:359-366
- Kim JS, Kim HJ, Ma JY, Kim JM. 2002. Studies on the processing of herbal medicines (II), HPLC analysis of standard compounds of unprocessed and processed herbal

- medicines. *Korean J Pharmacogn* 33:305-307
- Kim JW, Kang SA. 2024. Anti-obesity effects of beopje processed Burdock (*Arctium lapp* L.) ethanol extract in high fat diet-induced obesity animal model. *Korean J Food Nutr* 37:404-417
- Kim JY. 2008. *Platycodon grandiflorum* saponins reduce the proliferation in human cancer cells and improve the obesity in mice fed with high-fat diet. Ph.D. Thesis, Kyungpook Univ.
- Kim KS, Seo EK, Lee YC, Lee TK, Cho YW, Ezaki O, Kim CH. 2000. Effect of dietary *Platycodon grandiflorum* on the improvement of insulin resistance in obese Zucker rats. *J Nutr Biochem* 11:420-424
- Kim MH, Kim JG, Choi JH. 2015. Antioxidant and anti-obesity activity of ethanol extracts from fermented *Arctium lappa* L. *Korean J Food Nutr* 28:752-758
- Kim OK. 2016. The effect of *Platycodon grandiflorum* root ethanol extract on blood glucose, lipid, activities of carbohydrate metabolism related enzyme in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Oil Chemists' Soc* 33: 686-692
- Kim SH, Jeong MJ. 2015. Safety and anticancer effects of *Platycodon grandiflorum* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:516-523
- Kim SH, Kang SA. 2019. Anti-inflammatory effects of Beopje processed curly dock (*Rumex crispus* L.) in LPS-induced murine RAW 264.7 cell lines. *Korean J Food Nutr* 31: 471-477
- Kim SH, Kang SA. 2021. Anti-obesity effect of soybean fermented with monascus in high-fat diet induced obese mice model. *J East Asian Soc Diet Life* 31:333-343
- Kim SJ, Kim SH, Lim YI, Kim YG, Park KY. 2014. Inhibitory effects of ginger and Beopje ginger on DSS-induced colitis in mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:477-484
- Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory activities of the *Platycodon grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42:382-387
- Kim YW, Kim TH, Sim SY, Ahn HY, Park KR, Kim JW, Cho YS. 2018. Effects of extracts of monascus-fermented *Angelica gigas* Nakai in high-fat diet-induced obesity in rat. *J Life Sci* 28:58-67
- Kopelman PG. 2000. Obesity as a medical problem. *Nature* 404:635-643
- Korean Society of Food Science and Technology (KoSFoST). 2012. Dictionary of Food Science and Technology
- Lee IS, Choi MC, Moon HY. 2000. Effect of *Platycodon grandiflorum* A. DC extract on the bronchus diseases bacteria. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15:162-166
- Lee JY, Hwang WI, Lim ST. 1998. Effect of *Platycodon grandiflorum* DC extracts on the growth of cancer cell lines. *Korean J Food Sci Technol* 30:13-21
- Lee K. 2021. The associated factors of obesity and severe obesity in young adults with a focus on health habits, mental health and chronic diseases: Data from Community Health Survey, 2019. *J Korea Convergence Soc* 12:351-360
- Lee KS, Kim JN, Chung HC. 2015. Study on anti-oxidative activities and beverage preferences relating to fermented lotus root and *Platycodon grandiflorum* extracts with sugar through lactic acid fermentation. *The East Asian Soci Diet Life* 25:183-192
- Lee YM, Kim JS. 2003. Studies on the processing of herbal medicines (VI), HPLC analysis of standard compounds of unprocessed and processed herbal medicines. *Korean J Orient Med* 9:69-72
- Nixon JP, Zhang M, Wang C, Kuskowski MA, Novak CM, Levine JA, Billington CJ, Kotz CM. 2010. Evaluation of a quantitative magnetic resonance imaging system for whole body composition analysis in rodents. *Obesity* 18:1652-1659
- OECD health Statistics 2024. OECD date explorer. 2024. Available from: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/oecd-health-statistics.html> [cited 22 December 2025]
- Ogilvie RP, Patel SR. 2017. The epidemiology of sleep and obesity. *Sleep Health* 3:383-388
- Park ES, Song GH, Lee SM, Kim TY, Park KY. 2018. Increased anti-inflammatory effects of processed curly dock (*Rumex crispus* L.) in *ex vivo* LPS-induced mice splenocytes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:599-604
- Park JH. 2011. Preparation of red doraji extract and quality properties by extract and aging condition. Master's Thesis,

- Joongbu Univ.
- Park KY. 2012. Increased health functionality of fermented foods. *Food Indust Nutr* 17:1-8
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY. 2009. Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:396-400
- Park YM, Oh HG, Kang YG, Kim YP, Sin HS, Jang SH, Kim HJ, Lee SW, Lee HY. 2015. Anti-obesity effect of lactic acid bacteria-fermented *Dioscoreae rhizoma* powder on high fat diet-fed animal model. *J Phy Pathol Kor Med* 29: 267-272
- Phelps NH, Singleton RK, Zhou B, Heap RA, Mishra A, Bennett JE, et al. 2024. Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: A pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* 403:1027-1050
- Ra G, Ghang H, Eom T, Lee S. 2024. A study on the socioeconomic cost and policy priority of health risk factors. *Korean J Health Econ Policy* 30:21-50
- Seo EK, Kim KS, Lee TK, Woo DY, Kim CH, Lee YC. 2000. Effect of dietary *Platycodon grandiflorum* on plasma glucose and lipid metabolism in KK-Ay mice and streptozotocin-induced diabetic rats. *Int J Oriental Med* 1:14-20
- Seo JK, Chung YC, Chun SS, Lee YY, Lee SJ, Shon MY, Sung NJ. 2004. Effect of physiologically active compounds isolated from *Platycodon grandiflorum* on streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 981-986.
- Sirotkin AV, Kolesárová A. 2021. The anti-obesity and health-promoting effects of tea and coffee. *Physiol Res* 70: 161-168
- Shin NR, Lim S, Kim H. 2018. Effect of *Platycodon grandiflorum* fermentation with salt on fermentation characteristics, microbial change and anti-obesity activity. *J Korean Med Obes Res* 18:64-73
- Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Chemical compositions and physiological activities of doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:717-720
- Tomkin GH. 2010. Atherosclerosis, diabetes and lipoproteins. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 8:1015-1029
- Yeom CH, Jeong HJ. 2020. Immunometric method using ELISA and Quenchbody. *BT News* 27:71-78
- Yoo SH, Kang SA. 2021. Anti-Inflammatory effects of polysaccharides isolated from *Tremella fuciformis* mycelium on dextran sulfate sodium-induced colitis model. *Korean J Food Nutr* 34:146-155
- Yoon YH. 2012. Increase of immunity against initial cold though the use of balloon flower extracts as tea. Master's Thesis, Chosun Univ.
- Yosri N, Alsharif SM, Xiao J, Musharraf SG, Zhao C, Saeed A, Gao R, Said NS, Minno AD, Daglia M, Guo Z, Khalifa SAM, El-Seedi HR. 2023. *Arctium lappa* (Burdock): Insights from ethnopharmacology potential, chemical constituents, clinical studies, pharmacological utility and nanomedicine. *Biomed Pharmacother* 158:114104
- Zhao HL, Harding SV, Marinangeli CP, Kim YS, Jones PJ. 2008. Hypocholesterolemic and anti obesity effects of saponins from *Platycodon grandiflorum* in hamsters fed atherogenic diets. *J Food Sci* 73:195-200

---

Received 7 April, 2026

Revised 16 April, 2026

Accepted 23 April, 2026

## 한국식품영양학회 소식

### • 일반소식

1. 2026년 03월 18일(수) : 1차 이사회의
2. 2026년 04월 01일(수) : 2차 이사회의
3. 2026년 04월 01일(수) : 한국여성과학기술단체총연합회 2026년도 단체지원사업(기본과제) 선정 및 계약
4. 2026년 04월 09일(목) : 3차 이사회의
5. 2026년 04월 13일(월) : 한국식품영양학회 춘계학술대회 개최 공문 회원 대상 발송
6. 2026년 04월 16일(목) : 4차 이사회의
7. 2026년 04월 20일(월) : 한국과학기술단체총연합회 2026년도 국내학술지 발행지원사업 신청 완료
8. 2026년 04월 22일(수) : 한국과학기술단체총연합회 2026년도 학술단체지원사업 신청 완료
9. 2026년 04월 30일(목) : 학술지 제39권 제2호 연구논문 4편 출판
10. 2026년 춘계학술대회 [주제: AI와 함께하는 건강한 식생활 혁신]
  - 일정: 2026년 05월 15일(금) 13:00~17:00
  - 장소: 서울교육대학교 에듀웰센터 2층 컨벤션홀

### • 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](mailto: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](mailto: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](mailto:jkpaik@eulji.ac.kr)

### 3. 논문접수 담당

편집이사: 이호진, E-mail : [foodnutr1@naver.com](mailto: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: 2025. . .**

---

## Declaration of Ethical Conduct in Research

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

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

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

Date \_\_\_\_\_

Paper Title :

(Corresponding) Author :

(Signature)

Institute :

## 한국식품영양학회 회칙

### 제 1장 총 칙

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

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

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

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

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

### 제 2장 회 원

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

제 6조 (자격)

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

제 7조 (권리와 의무)

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

### 제 3장 임 원

제 8조 (구성) 본회는 다음의 임원을 둔다.

1. 회장 1명
2. 차기회장 1명

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

#### 제 9조 (임기)

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

#### 제 10조 (선임)

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

#### 제 11조(직무) 본회의 임원은 다음의 직무를 수행한다.

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

#### 제 12조 (고문)

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

2. 고문은 본 학회의 명예회장을 역임한 사람으로 한다.

#### 제 13조 (명예회장)

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

### 제 4장 회 의

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

#### 제 15조 (총회)

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

#### 제 16조 (평의원회)

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

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

#### 제 17조 (고문회)

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

#### 제 18조 (임원회)

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

#### 제 19조 (이사회)

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

#### 제 20조 (편집위원회)

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

#### 제 20조의2 (윤리위원회)

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

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

## 제 5장 재 정

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

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

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

### 제 24조 (예산 및 결산)

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

## 제 6장 시 상

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

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

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

## 제 7장 보 칙

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

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

### 제 29조 (저작권의 귀속)

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

### 제 30조 (정관의 변경)

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

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1988년 7월 18일부터 시행한다.

**부 칙**

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

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1996년 7월 10일부터 시행한다.

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 1997년 1월 9일부터 시행한다.

**부 칙**

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

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2008년 6월 23일부터 시행한다.

**부 칙**

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

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2011년 6월 16일부터 시행한다.

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2012년 6월 22일부터 시행한다.

**부 칙**

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

**부 칙**

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

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2015년 8월 20일부터 시행한다.

**부 칙**

제 1조 (시행일) 본 회칙은 2016년 6월 16일부터 시행한다.

**부 칙**

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

## 한국식품영양학회 연구윤리 규정

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

### 제 1장 총 칙

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

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

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

### 제 2장 연구수행의 윤리규정

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

#### 제 5조(데이터 관리)

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

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

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

#### 제 8조(저자의 순서와 소속표시)

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

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

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

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

#### 제 10조(참고문헌의 인용원칙)

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

### 제 3장 연구 부정행위의 윤리규정

#### 제 11조(연구 부정행위의 정의)

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

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

#### 제 13조(참고문헌의 왜곡금지)

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

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

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

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

-다음-

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

## 제 4장 논문심사의 윤리규정

### 제 15조(심사자의 책임과 의무)

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

### 제 16조(심사자의 비윤리적 행위)

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

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

### 제 17조(편집위원회의 책임과 의무) 삭제(2016년 4월 21일)

## 제 5장 연구윤리규정의 시행 및 윤리위원회

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

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

#### 제 20조(윤리위원회의 목적과 구성)

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

#### 제 21조(윤리위원회의 권한)

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

#### 제 22조(윤리위원회의 판정 및 제재)

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

#### 제 23조(제보자 및 조사대상자의 보호)

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

#### 제 24조(징계의 절차 및 내용)

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

#### 제 25조(윤리규정의 수정)

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

**- 부칙 -**

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

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

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

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

# Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition

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

## Chapter 1 General Provisions

### Article 1: Definition of Research Ethics

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

### Article 2: Purpose of Ethics Regulations

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

### Article 3: Application Objects of Ethics Regulations

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

## Chapter 2 Ethics Regulations on Research Conduction

### Article 4: Truth in Research

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

### Article 5: Data Management

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

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

### Article 6: Presentation of Research Results

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

**Article 7: Retention of Copyright**

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

**Article 8: Order of Authors and Affiliation**

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

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

**Article 9: Responsibility of the Corresponding Author or Senior Author**

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

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

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

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

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

**Article 10: Citation Principles of References**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Article 12: Types of Plagiarism**

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

**Article 13: Prohibition of Distortion in References**

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

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

**Article 14: Practices to Avoid**

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

**Article 14-2: Bioethics**

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Article 16: Unethical Acts of Examiner**

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Article 18: Duty of Obedience**

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

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

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

#### **Article 20: Purpose and Composition of the Ethics Committee**

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

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

**Article 21: Rights of the Ethics Committee**

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

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

**Article 22: Judgment and Sanctions of the Ethics Committee**

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

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

**Article 23: Protection of Informant and Examinee**

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

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

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

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

**Article 24: Procedures and Contents of Disciplinary Sanctions**

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

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

**Article 25: Revision of the Ethics Regulations**

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

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

**Addendum****Article 1: Date of Enforcement**

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

**Article 2: Date of Enforcement**

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

**Article 3: Date of Enforcement**

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

**Article 4: Date of Enforcement**

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

## 한국식품영양학회지 논문 투고 규정

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

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

심사과정을 거쳐 게재된다.

논문의 심사, 채택여부, 게재순서 등은 편집규정과 심사규정에 의거하여 진행한다. 논문은 3단계 심사절차를 거쳐 게재여부를 결정하며, 3단계 심사절차는 아래와 같다.

1단계 : 편집이사가 간단히 논문 검토 후 1차적인 심사 가부를 결정한다.

2단계 : 편집이사가 정한 2인의 심사위원이 세부심사를 한다.

3단계 : 2단계 심사에서 최종판정이 나지 않은 경우, 1인의 심사위원을 추가로 위촉하여 심사를 한다.

- 심사자 비공개를 원칙으로 하고, 세부 심사절차는 본 학회지 심사 규정에 따른다.

8. 논문은 국문 또는 영문으로 한글 또는 MS워드 파일을 사용하여 컴퓨터로 작성하되, 글씨 크기는 10~12 포인트, 줄 간격은 200%로 한다.

9. 원고 제1면에는 국문과 영문으로 논문제목, 저자, 소속기관, 직위를 나타낸다. 제목 상단에 압축한 소제목 (Running title)을 기재한다. 소제목(Running title)은 논문의 내용을 잘 나타낼 수 있도록 짧게 하며 논문 저자가 두 사람 이상인 경우에는 교신저자 성명 앞에 <sup>†</sup> 표시를 한다. 소속기관이 다른 경우에는 저자 이름 끝에 위첨자로 \*, \*\*, \*\*\*을 순서에 따라 붙이고, 해당인의 소속기관 앞에도 같은 부호를 붙인다. 공동 제1저자를 추가해서 지정할 수 있다. 제1저자와 공동 제1저자는 성명 앞에 '\$'를 위첨자로 표시하며, 하단에 영문으로 "These authors contributed equally to this work"로 표시한다. 교신저자는 1면 하단에 영문으로 성명, 소속기관, 소속기관 주소, 전화번호, fax 번호, e-mail 주소를 기입한다. 국문 저자명은 저자명 사이에 "·"를, 영문은 저자명 사이에 " , "를 넣는다.

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

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

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

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

예: **문장 처음에 오는 경우**

Kim HJ(2005)는 ...

Kim & Lee(2007)는 ...

Kim 등(2008)은 ...

Park(2007a)은 ...

**문장 끝에 오는 경우**

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

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

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

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

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

#### 1) 학술잡지

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

#### 2) 단행본

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

#### 3) Bulletin, 학위논문

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

*Ann Bull Seoul Health Junior College* 7:7-14

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

**4) 특허**

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

**5) 학회에서 구두 발표된 원고**

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

**6) 인터넷 규정**

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

20. 논문 약호는 Chemical Abstracts에 준한다. 학술용어

는 가능한 한 한글로 표기한다.

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

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

※ 학회지 투고규정이 2025년 10월 16일자로 일부 변경되었습니다.  
38권 5호 이후의 논문 투고 시 참고하시기 바랍니다.

## Guidelines for Submitting Manuscripts

Amended on 05/07/1988	Amended on 10/12/1990
Amended on 16/08/1996	Amended on 18/12/1998
Amended on 08/08/2002	Amended on 08/03/2003
Amended on 26/03/2004	Amended on 25/03/2006
Amended on 25/03/2009	Amended on 14/08/2010
Amended on 22/06/2012	Amended on 20/06/2013
Amended on 28/09/2013	Amended on 20/06/2014
Amended on 17/12/2015	Amended on 16/06/2016
Amended on 10/11/2023	Amended on 14/02/2025
	Amended on 16/10/2025

1. The Journal of the Korean Society of Food and Nutrition publishes research papers, research notes, research updates, and review articles related to food and nutrition. However, the publication of review articles is limited to those appointed by the society or those approved by the editorial board.
2. In principle, the first author and corresponding author among paper contributors shall be limited to only members of the Society excluding invited research papers.
3. Submitted manuscripts should not have been published before in any other journals.
4. The author should submit the manuscript electronically via online submission at the Society's website (<http://ksfn.kr>).
5. For information of Manuscript submission please contact the editor.  
E-mail: [foodnutr1@naver.com](mailto:foodnutr1@naver.com)
6. Research paper review, selection, publishing order, printing order shall comply with review and publishing regulations. The receipt date of manuscript shall be the arrival date of manuscript by online submission to the Society.
7. The corresponding author must be a member of the Korean Society of Food and Nutrition, and the publication of papers by non-members is subject to the resolution of the editorial board.

Online submission is the primary method. Authors should complete the Submission Form and submit the paper along with the Research Ethics Pledge and the Authors' Agreement of Ethics Policy & Copyright Transfer. For research involving human subjects and animal experiments, a copy of the approval from the Institutional Review Board (IRB) and the Animal Research Ethics Committee (only the first page with the approval number) should be attached to the back of the Authors' Agreement of Ethics Policy & Copyright Transfer.

The review articles and invited papers, excluding systematic review and meta-analysis, will be published only when commissioned by the editorial board. Manuscripts submitted through commission undergo the same review process as regular submissions.

The evaluation, acceptance, and order of publication of papers follow the editorial regulations and review rules. The paper undergoes a three-stage review process to determine its publication status, as outlined below.

Stage 1: The editorial director reviews the paper briefly and determines the preliminary assessment.

Stage 2: Two reviewers designated by the editorial director conduct a detailed examination.

Stage 3: If the final decision is not reached in the second stage, one additional reviewer is appointed to conduct further evaluation.

- The principle is to keep the reviewers' identities confidential, and the detailed review procedures follow the regulations outlined in the journal's review guidelines.

8. The language in the manuscript should be Korean or English in A4-size paper setting, typed using a computer with font size of 10~12 points and the line spacing should be set at 200%.
9. The author should provide the title in Korean and English, the author's (or authors') name(s), affiliation and job position on the first page of the manuscript. The running title should be provided at the upper part of the title page. If the number of authors is two or more, †mark should be indicated in front of corresponding author. If affiliations of authors are different, superscriptions of \*, \*\*, \*\*\* should be put at the end of authors name in order. The same marks should be put in front of respective affiliation. It is possible to designate co-first authors. The first and co-first authors are indicated by a superscript "\$" before their names, and the English phrase "These authors contributed equally to this work" is displayed below. The corresponding authors should provide author's name in English, affiliation, affiliation address, telephone, fax, and e-mail. The authors' names in Korean should have "-" in between the name and the author's names in English should have "," in between the name.  
If an author is affiliated with two or more institutions, it is permissible to specify multiple affiliations.  
All authors must register their affiliations and positions when registering with ORCID or a similar identifier. This information can be utilized as documentation for identity verification if needed in the future.
10. The English abstract should be provided in case of Korean manuscript on the second page of the manuscript. The abstract must not exceed more than 200 words in one paragraph and it should provide a general view of the manuscript by including the research objectives, methods, and results. At the bottom, include up to 5 keywords in English (all in lowercase).
11. The paper should follow the standard format with the following sections in order: Introduction, Materials and Methods (or Study Subjects and Methods), Results and Discussion, Summary and Conclusions, Conflict of Interest, Acknowledgments, and References. The text should be continuously connected without page breaks.
12. Research Notes are brief reports of limited scope that contribute new knowledge. The formatting is the same as the Research Articles. Research Notes are suggested not exceeding 2500 words. The tables and figures are limited up to 3 in any combination.
13. Titles and descriptions of tables and figures should be all provided in English. Titles should be provided in order of Table 1, Fig. 1, and etc. and in clear and precise manner so they could be understandable without referring to the text. The title of table should be given at the top of the table and the title of figure should be given at the bottom of the figure. Tables and figures should be stated as Table 1, Fig. 1 and etc. when they are quoted from the text body.
14. Footnotes should be expressed as Arabic numerals of 1), 2), 3) at the bottom of tables, and no sign should be used. Moreover, \*, \*\* marks must be used to present significance probability of  $p < 0.05$  or  $p < 0.01$  in statistical analysis. In multiple range test, alphabets of a, b, c, d, and etc. should be used and the explanations should be stated at the bottom.
15. All of the tables and figures may be presented in the middle of the text body or on separate sheets of paper to be attached at the end of the manuscript in order. The exact locations of tables and figures should be properly stated in the text. Pictures must be neatly produced by photography or a computer to be directly used as original images.
16. All sources cited in the text must provide author's name alphabetically and the year, and, in principle, all references must be provided in English. The examples of cited references are as follows:
  - 1) Cited references should be presented as surname in English and the year in parentheses at the corresponding part. For the citation of **a single author**,

his/ her **initial(s) and surname** should be provided. For the citation of **two authors**, only **surnames** should be provided. For one work by **more than three authors**, citation should include only **the surname of the first author** followed by “**et al.**” For two or more works by the same author by year of publication, the signs such as a, b and c should be provided followed by the year.

e.g. **Citation in the beginning of a sentence**

Kim HJ (2005) is ...

Kim & Lee (2007) is ...

Kim et al. (2008) is ...

Park (2007a) is ...

**Citation in the end of a sentence**

(Kim HJ 2005), (Kim & Lee 2007), (Kim et al. 2008).

- 2) For several citations in the text, the cited sources should be presented in chronological order or in alphabetical order of authors, in case of the same year.

e.g. (Lee et al. 2007; Kim HJ 2008; Park & Kim 2008)

17. KSFAN actively recommends to cite articles (3 or more) published in the journal of the Society.

18. The author must disclose any conflicts of interest. [Added to the regulation on November 10, 2023.]

Example: There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest. OOO(Author's name) has been an editor since 2023. However, he was not involved in the review process of this manuscript. Otherwise, there was no conflict of interest.

19. **The arrangement of references shall be put in alphabetical order of author's last name.** Abbreviation of journal in cited references shall comply with international standards for abbreviation. The examples of cited references are as follows:

#### 1) Academic Journal

Kim KW, Ko CJ, Park HJ. 2002. Mechanical properties, water vapor permeabilities and

solubilities of highly carboxymethylated starch-based edible films. *J Food Sci* 67:218-222

#### 2) Edited Books

Brock TD, Smith DW, Madigan MT. 1984. Biology of Microorganisms. pp.100-105. Prentice-Hall. Inc.

AOAC. 1980. The Association Official Methods of Analysis. 13<sup>th</sup> ed. pp.3508-3515.

#### 3) Bulletin, Dissertations

Hur YH, Lee SG, Suh JS. 1987. Studies on the change in components of  $\gamma$ -irradiated soybean during fermentation. *Ann Bull Seoul Health Junior College* 7:7-14.

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

#### 4) Patents

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

#### 5) Oral Presentation of Manuscript at Symposia

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

#### 6) Internet Source

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

20. Article abbreviations should be presented in accordance with Chemical Abstracts. Academic terms, if possible, should be provided in Korean.

21. The quantity always should be express in Arabic numerals and units should be express, if possible, in accordance to the International System of Units (SI). Units and abbreviations of predicate terms shall abide by recommendation provided by the Society. However, in case where there is any unavoidable reason, such exceptions must be clearly explained in the beginning of the text.

22. In principle, revision is accepted during the proofreading made by only the authors of the manuscript. No changes or insertions shall be made in the contents during the revision. Provided, That matters, in case of deemed necessary, may be revised by an editor. The copyright of all published articles in the journal of KFN shall devolve on the Society.
23. The submitter must pay the specified publication fees and this journal is published online only. Additionally, if color photographs are to be printed or if separate attachments are requested, the submitter bears the associated expenses.
24. The number of papers published in one issue is limited to 2 per lead author, and up to 30 papers that have been editorially completed by the 20th of the month are published in the corresponding month.
25. Any matters not explicitly stated in these regulations shall be determined by the Publishing Committee.

※ The submission regulations for the journal have been partially revised as of **October 16, 2025**. Please refer to the updated guidelines when submitting papers for **Volume 38, Issue 5**, and subsequent issues.

---

# THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 39, No. 2 April 2026

---

pISSN : 1225-4339

eISSN : 2287-4992

Homepage : <http://ksfn.kr>Full-text : [www.eksfan.or.kr](http://www.eksfan.or.kr)**President**

Young-Ho Seo(Wonkwang Univ.)

**Vice Presidents**

Eun Young Choi(Bucheon Univ.)

Jong-Sook Kwon(Shingu Univ.)

Jong Kyung Lee(Hanyang Women's Univ.)

Ok Sun Kim(Jangan Univ.)

Jong Hee Kim(Seoil Univ.)

Mi-Hyadng Hwangbo(Keimyung College Univ.)

Seung-Hee Hong(Shinhan Univ.)

**Editor-in-Cheif**

Youn-Ri Lee(Daejeon Health Univ.)

**Editors**

Hojin Lee(Korea National University of Transportation)

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Soo-Youn Kwon(Shingu Univ.)

**Manuscript editor**

Yu Hyeon Jeon

**Secretary General**

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

**Editorial Board**

Ki Hyeon Sim(Sookmyung Women's Univ.)

Hoon Kim(Anyang Univ.)

Yulee Shin(Wonkwang Univ.)

Hye Jin Park(Chungbuk Agricultural Research  
and Extension Service)

Kyu-Ho Han(Obihiro Univ.)

Min Sun Moon(Erom Corporation)

Gi Dae Kim(Kyungnam Univ.)

Hae In Yong(Chungnam National Univ.)

Se Ho Lee(Junganatafla)

Yoon Sin Oh(Eulji Univ.)

Bo Rham Yoon(Sunchon National Univ.)

Ki Nam Kim(Daejeon Univ.)

Hyun Jung Kim(Jeju National Univ.)

**Aims & Scope**

The Korean Journal of Food and Nutrition (Korean J. Food Nutr.) is the official journal published quarterly in February, April, June, August, October and December each year. Contributions written in English and Korean are welcomed in the form of review articles, research papers, and research notes. This journal aims to promote and encourage the advancement of the field of food science with nutrition. Topics covered include:

- impact of nutritional science on food product development
- nutritional implications of food processing
- nutritional quality of novel foods
- food-nutrient interactions
- use of fermentation and biotechnology in food science/nutrition
- nutritional and physiological aspects of bioactive compounds in food
- dietary requirements and nutritive value of food

**ISO abbreviation of journal title**

The official title of the journal is 'The Korean Journal of Food and Nutrition' and the abbreviated title is 'Korean J. Food Nutr.'

**Year of launching (history)**

The Korean Journal of Food and Nutrition was launched in 1988.

**Availability of the full-text in the web**

The URL address of the Journal is 'www.eksfan.or.kr' where full text is available.

**Indexed in database**

Some, or all, of the articles in this journal are indexed in Ksfan, DOI/crossref, Google scholar, the National Research Foundation of Korea(NRF) and Korea Citation Index (KCI).

**Fund support**

This journal was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies (KOFST) Grant funded by the Korean Government.

**Subscription information**

Correspondence concerning business matters should be addressed to Secretary Treasurer Jin Ju Lee, Gimje Center for Children's and Social Welfare Foodservice Management. 126, Dongseo-ro, Gimje-si, Jeonbuk-do, 54409, Republic of Korea.(Cell: 82-63-544-7240, E-mail: ksfan88@hanmail.net) The subscription price of this journal is Korean Won, ₩40,000 (US\$ 30.00 or equivalent) annually. Back issues are available.

**Contact information**

Manuscripts should be submitted via the online Manuscript Central website (<http://ksfn.kr>) Other correspondences can be sent by an e-mail to [foodnutr1@naver.com](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:leeyounri@hit.ac.kr)

---

**It is printed on acid-free paper.**

Copyright ©2026 by The Korean Society of Food and Nutrition

This work is supported by the 'Lottery Fund' of the 'Ministry of Strategy and Finance' and the 'Science and Technology Promotion Fund' of the 'Ministry of Science and ICT', contributing to the realization of social value and the development of national science and technology.

# 학술 출판과 관련된 모든 고민을 해결해 드립니다!

## 오랜 역사

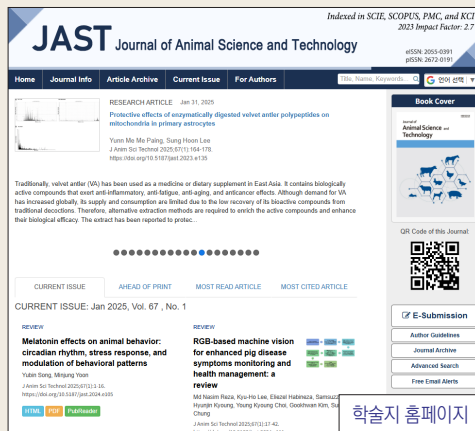
1989년 설립 이후,  
30여년 이상 학술 출판에 매진하였습니다.

## 다양한 경험

현재 80여개의  
학술지를 편집·출판하고 있습니다.

## 앞선 기술력

DOI 등록, JAST XML, 인디자인 편집 등  
최신기술을 앞서서 적용합니다.



## 학술출판 One-Stop 서비스

1. 논문 접수, ME(교정), 편집, 인쇄, 제본, 출판, IT 솔루션
2. 학회/국제학술대회 홈페이지 구축 및 초록 접수/등록/결제 지원
3. DOI, Similarity Check, Crossmark, ORCID 등록 및 관리 제공
4. JATS XML 국제수준 제작 및 PMC 등록 업무 대행
5. 학술지 인용지수 상상을 위한 세계 최고수준의 Journal Site 제공
6. 전세계 논문 접수를 24시간 지원하는 논문투고 시스템(국/영문) 제공



# 교문사 e라이브러리

식품영양 × bukio

6개월 43,000원



buk.io/gyoelib  
e 라이브러리  
바로가기

## 이런 도서관 봤나?

식품영양학 교재를  
모두 모았다!

월 7천원이면 50여 종 식영 도서가 무제한.  
태블릿 하나로 공부 걱정 해결.

영양사 자격증도

교문사.e.라이브러리

하나면 돼!



너 식영과? 그럼 교리!



# 한국식품영양관련학과 추천도서 문운당

## 영양사 시험문제집

개정 제30판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)



## 영양사 요점정리

개정 제26판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)

## 문운당 위생사 실기

제12판 | 4도 인쇄 | 값 33,000원(출간 예정)

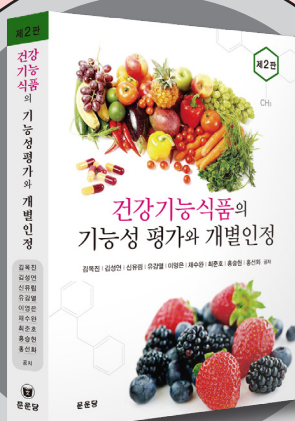


## 문운당 위생사 필기

제12판 | 2도 인쇄 | 값 45,000원(출간 예정)

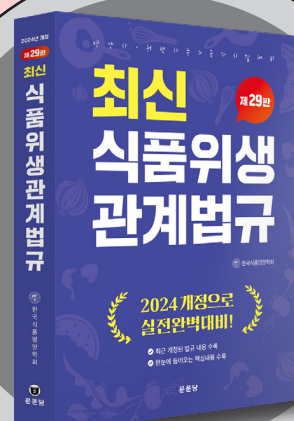
## 건강기능식품의 기능성 평가와 개별인정

제2판 | 1도 인쇄 | 값 35,000원



## 최신 식품위생관계법규

개정 제30판 | 1도 인쇄 | 값 35,000원(출간 예정)





# 근육·뼈 건강을 위한 식약처 기능성인정 건강기능식품

소비자 웰빙지수 **1**위!  
(2021~22, 2년 연속 한국표준협회 선정)

산양유 단백질에  
정상적인 면역기능  
아연까지!



## 내 몸을 위한 단백질 건강습관 하루 한 컵 하이문!

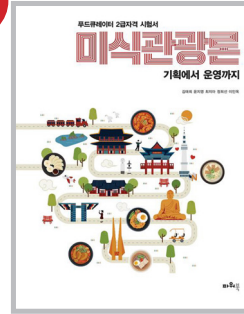
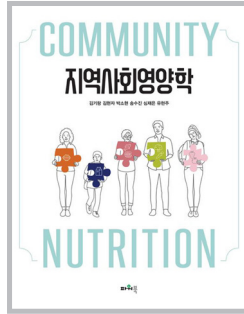
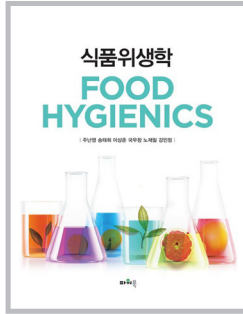
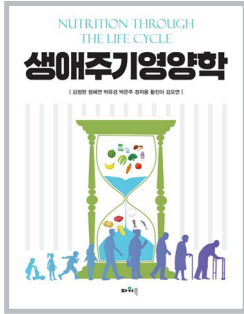
- 근육건강을 위한 단백질 밸런스(동물성:식물성=6:4)
- 장건강, 배변을 위한 프리바이오틱스
- 정상적인 면역기능을 위한 아연
- 활발한 신진대사를 위한 비타민
- 뼈 건강을 위한 칼슘, 비타민D



지금 전화하시면 근육건강에 좋은 일이 생깁니다

# 02.2049.2238

제4판



**생애주기영양학**  
 김정현 · 정혜연 · 박유경 · 박은주  
 정자용 · 황진아 · 김오연  
 448쪽 | 값 26,000원  
 978-89-8160-513-1 (93590)

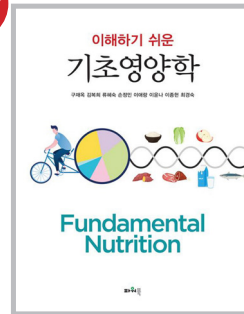
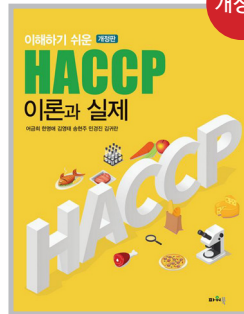
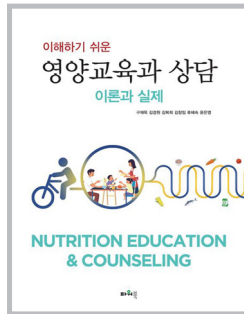
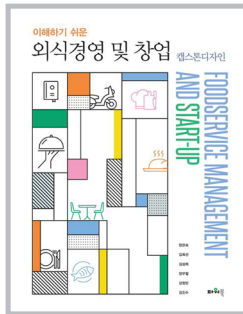
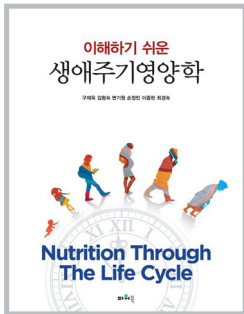
**식품위생학**  
 주난영 · 송태희 · 이상준  
 국무창 · 노재필 · 강민정  
 256쪽 | 값 22,000원  
 978-89-8160-445-5 (93590)

**지역사회영양학**  
 김기량 · 김현자 · 박소현  
 송수진 · 심재은 · 유현주  
 320쪽 | 값 23,000원  
 978-89-8160-507-0 (93590)

**제4판 단체급식관리**  
 전희정 · 주나미 · 백재은  
 배현주 · 정현아  
 332쪽 | 값 24,000원  
 978-89-8160-514-8 (93590)

**미식관광론**  
 김태희 · 윤지영 · 최지아  
 정희선 · 이인옥  
 256쪽 | 값 22,000원  
 978-89-8160-519-3 (93590)

개정판



**이해하기 쉬운 생애주기영양학**  
 구재욱 · 김형숙 · 변기원  
 손정민 · 이종현 · 최경숙  
 396쪽 | 값 25,000원  
 978-89-8160-474-5 (93590)

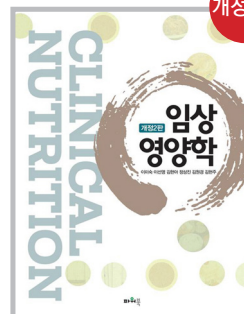
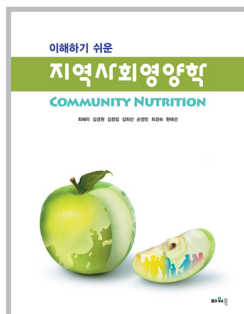
**이해하기 쉬운 외식경영 및 창업 -캡스톤디자인-**  
 한은숙 · 김옥선 · 김삼희  
 장우철 · 강창민 · 김진수  
 296쪽 | 값 23,000원  
 978-89-8160-506-3 (93590)

**이해하기 쉬운 영양교육과 상담 -이론과 실제-**  
 구재욱 · 김경원 · 김복희  
 김창임 · 류혜숙 · 윤은영  
 424쪽 | 값 25,000원  
 978-89-8160-476-9 (93590)

**이해하기 쉬운 HACCP 이론과 실제**  
 어금희 · 한영애 · 김영태  
 송현주 · 민경진 · 김귀란  
 336쪽 | 값 24,000원  
 978-89-8160-504-9 (93590)

**이해하기 쉬운 기초영양학**  
 구재욱 · 김복희 · 류혜숙 · 손정민  
 이윤나 · 이애랑 · 이종현 · 최경숙  
 304쪽 | 값 23,000원  
 978-89-8160-475-2 (93590)

개정2판



**이해하기 쉬운 지역사회영양학**  
 최혜미 · 김경원 · 김창임 · 김희선  
 손정민 · 최경숙 · 현대선  
 352쪽 | 값 24,000원  
 978-89-8160-485-1 (93590)

**조리원리**  
 이영미 · 최지유 · 권수연  
 김미영 · 김옥선 · 윤지현  
 272쪽 | 값 23,000원  
 978-89-8160-520-9 (93590)

**이해하기 쉬운 영양판정 및 실습**  
 이종현 · 이해정 · 신상아  
 송수진 · 전수경  
 304쪽 | 값 23,000원  
 978-89-8160-522-3 (93590)

**개정2판 임상영양학**  
 이미숙 · 이선영 · 김현아  
 정상진 · 김원경 · 김현주  
 472쪽 | 값 26,000원  
 978-89-8160-523-0 (93590)



www.powerbook.kr

경기도 고양시 일산동구 호수로 358-25 동문타워 2차 529호  
 TEL 02-730-1412 FAX 031-908-1410