

# 한국식품영양학회지

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 36, No. 6, December 2023



한국식품영양학회

THE KOREAN SOCIETY OF FOOD AND NUTRITION

<http://ksfn.kr>

# 한국 식품 영양 학회지

## The Korean Journal of Food and Nutrition

### 2023년도 학회 임원명단

<b>고 문</b>	민경찬(전 신한대학교) 김현오(전 장안대학교) 조미자(전 동남보건대학교) 김재근(전 계명문화대학교) 최부돌(전 신구대학교)	이성동(전 고려대학교) 김광호(전 창원문성대학교) 안창순(전 안산대학교) 안용근(전 충청대학교) 이영순(전 계명문화대학교)	오승희(전 포항대학교) 서정숙(전 을지대학교) 소명환(전 부천대학교) 조득문(전 동부산대학교) 이애랑(전 숭의여자대학교)
<b>명 예 회 장</b>	윤옥현(김천대학교) 장재선(가천대학교) 이성호(계명문화대학교)	최병범(신한대학교) 이광수(장안대학교)	장상문(대구보건대학교) 최향숙(경인여자대학교)
<b>회 장</b>	이수정(부천대학교)		
<b>차 기 회 장</b>	김미옥(대구보건대학교)		
<b>총괄부회장</b>	김범식(연성대학교)		
<b>부 회 장</b>	김옥선(장안대학교) 김종희(서일대학교)	류혜숙(상지대학교) 권종숙(신구대학교)	강연중(CJ프레시웨이) 홍승희(신한대학교)
<b>감 사</b>	이재우(김천대학교)	이경행(한국교통대학교)	
<b>총 무 이 사</b>	최은영(부천대학교)		
<b>학 술 이 사</b>	정혜연(숭의여자대학교)	김미자(강원대학교)	최현숙(충청대학교)
<b>편 집 이 사</b>	이호진(한국교통대학교) 이연리(대전보건대학교)	백진경(을지대학교)	권수연(신구대학교)
<b>재 무 이 사</b>	이윤희(부천시어린이급식관리지원센터)		
<b>사 업 이 사</b>	노재필(신구대학교)		
<b>홍 보 이 사</b>	강현주(부천대학교)		
<b>지 부 장</b>	서울 · 강원지부 최남순(배화여자대학교) 대전 · 충청지부 이진미(백석대학교) 부산 · 경남지부 박우포(마산대학교)	경기 · 제주지부 손춘영(동남보건대학교) 대구 · 경북지부 황보미향(계명문화대학교) 광주 · 호남지부 송희순(광주보건대학교)	

### 편 집 위 원 회

<b>편집위원장</b>	이석원(유한대학교)	백진경(을지대학교)	이연리(대전보건대학교)
<b>편집위원</b>	이호진(한국교통대학교) 권수연(신구대학교) 김옥선(장안대학교) 한규상(호남대학교) 김현주(대전보건대학교) 김현정(제주대학교)	심기현(숙명여자대학교) 오윤신(을지대학교) 김영모(목포과학대학교) 연지영(서원대학교) 한규호(Obihiro Univ.)	문민선(이룸) 김기대(경남대학교) 용해인(충남대학교) 이세호(충양타프라)

### 윤 리 위 원 회

<b>윤리위원장</b>	이수정(부천대학교)		
<b>부 위원 장</b>	이호진(한국교통대학교)		
<b>윤 리 위 원</b>	김옥선(장안대학교) 김영모(목포과학대학교)	배운정(한국교통대학교) 문민선(이룸)	심기현(숙명여자대학교)

Editor: Ho Jin Lee Ph. D.  
61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk, 27909, Republic of Korea  
Tel: +82-43-820-5338 Fax: +82-43-820-5850, E-mail: hojin@ut.ac.kr

학회지 구독이나 회원관리 및 회비관련 문의: 010-2515-1571, E-mail: ksfan88@hanmail.net  
논문투고관련 문의: 010-4907-3711, E-mail: foodnutr1@naver.com  
주소: 부천시 신흥로 56번길 25, 부천대학교 식품영양학과 내((우)14632)  
전화: 032-610-3445,3442 팩스: 032-610-3205

Copyright ©2023 by The Korean Society of Food and Nutrition  
This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) grant funded by the Korean government.

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

# 한국식품영양학회지

제 36권 6호 2023년 12월

## 목 차

### <연구논문>

- 425 2차 발효 후 로제 스파클링 와인의 품질 특성 및 기능성 ..... 신혜림 · 이윤정 · 황은빛 · 박의광 · 최성열 · 윤동규 · 윤항식
- 436 병풀 추출물이 첨가된 음료 시제품의 장내 면역조절 효과와 지표물질 ..... 김연숙 · 신현영 · 구자평 · 하은지 · 정원비 · 정미연 · 유광원
- 445 아로니아로 제조한 와인의 항산화 활성 ..... 장혁순 · 이난희 · 최용규
- 452 염 민감성 쥐에서 안지오텐신 II가 고혈압 면역 기전에 미치는 영향 ..... 황보미향
- 462 생식의 섭취가 흰쥐의 혈당 및 혈당 관련 지표에 미치는 영향 ..... 남동훈 · 홍성길 · 장혜은 · 권영인 · 문민선
- 471 돼지감자분말을 첨가한 샐러드 드레싱의 품질 특성 및 항산화 활성 ..... 김지영 · 김정미
- 479 볶음온도에 따른 유채유의 품질 특성 ..... 안다희 · 유경단 · 김광수 · 차영록 · 정재희 · 최지봉 · 우관식 · 황업지 · 박유진
- 489 열처리와 천마의 Gastrodin과 Gastrodigenin 및 라디칼 소거능에 미치는 영향 ..... 하지수 · 황경아 · 황인국
- 496 포말건조 조건에 따른 애플망고 분말의 건조 가공 특성 ..... 오현빈 · 백채완 · 곽태호 · 장현욱 · 김하윤 · 조용식
- 506 쌀(백미, 현미) 시료로부터 고해상도 질량 분석 기반의 페놀산 유도체 동정 및 정량 평가  
..... 라혜민 · 권령하 · 김주형 · 김소아 · 조수목 · 김현웅
- 515 자동증자 추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 이화학적 및 미생물학적 특성 조사 ..... 이교연 · 한채연 · 박채은 · 최성길
- 526 효소처리에 의한 초당옥수수 추출물의 이화학적 및 항산화 특성의 변화 ..... 인병호 · 장다빈 · 이계준 · 이원중 · 윤아름 · 김성규 · 이경행
- 535 RAW264.7 대식세포에서 표고버섯과 다시마 혼합 추출액의 항염증 효과 ..... 김수봉 · 강순아
- 543 한국산 오디 품종별 안토시아닌 배당체 성분 분석 ..... 김소아 · 권령하 · 김주형 · 라혜민 · 이지혜 · 조수목 · 김현웅
- 551 들깨 가식부위별 최적 추출 조건 확립을 위한 항산화 및 항염증 활성 평가  
..... 김민영 · 김경인 · 김상우 · 김성업 · 오은영 · 이정은 · 이은수 · 안연주 · 이명희 · 김춘송
- 561 오징어 먹물을 첨가한 식빵의 품질 특성 ..... 김영모 · 최유미
- 572 Antioxidant and Antihypertensive Activities of Grains Grown in South Korea in Relation to Phenolic Compound and Amino Acid Contents  
..... Narae Han, Koan Sik Woo, Jin Young Lee, Jiho Chu, Mihyang Kim, Yu-Young Lee, Moon Seok Kang and Hyun-Joo Kim
- 581 수비드 현미밥의 최적 레시피와 노화도 분석 ..... 손춘영 · 고은아 · 신원선
- 588 농식품소비자역량 정도에 따른 친환경식품, HMR 구매 및 외식행태 분석  
- 2022 식품소비행태조사 자료를 바탕으로 - ..... 김경희 · 윤지영

- 605 ■ 학회소식
- 607 ■ 저자 체크표
- 608 ■ 저작권 이전 동의서
- 609 ■ 연구윤리서약서
- 610 ■ 한국식품영양학회 회칙
- 616 ■ 한국식품영양학회 연구윤리 규정
- 625 ■ 한국식품영양학회 논문 투고 규정

# THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 36, No. 6, December 2023

## CONTENTS

### <Original Articles>

- 425 Quality Characteristics and Functionality of Rose Sparkling Wines by Secondary Fermentation  
..... Hyerim Shin, YunJeong Lee, On Bit Hwang, Eui Kwang Park, Sungeol Choi, Dong Kyu Yoon and Hyang-Sik Yoon
- 436 Intestinal Immunomodulatory Effect and Marker Compound of *Centella asiatica* Extracts-Added Beverage Prototype  
..... Yeon Suk Kim, Hyun Young Shin, Ja Pyeong Koo, Eun Ji Ha, Won Bi Jeong, Mi Yeun Joung and Kwang-Won Yu
- 445 Antioxidant Activities of Wine Fermented with Aronia (*Aronia melanocarpa*) ..... Hyeock-Soon Jang, Nan-Hee Lee and Ung-Kyu Choi
- 452 The Effect of Angiotensin II on the Hypertension Immune Mechanism in Salt-sensitive Rats ..... Mi-Hyang Hwangbo
- 462 Effects of *Saengshik* on Blood Glucose-Related Biomarkers in Sprague-Dawley Rats  
..... Donghun Nam, Seong-Gil Hong, Hey-Eun Chang, Young-In Kwon and Min-Sun Moon
- 471 Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Salad Dressing Added with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder  
..... Ji Young Kim and Jung Mi Kim
- 479 Quality Characteristics of Rapeseed Oils according to Different Roasting Temperatures  
..... Da-Hee An, Gyeong-Dan Yu, Kwang-Soo Kim, Young-Lok Cha, Jae-Hee Jeong,  
Ji-Bong Choi, Koan Sik Woo, Eom-ji Hwang and You-Jin Park
- 489 Influence of Heat Treatment on Gastrodin, Gastrodigenin, and Free Radical Scavenging Activity of *Gastrodia elata* Blume  
..... Jisu Ha, Kyung-A Hwang and In Guk Hwang
- 496 Drying Characteristics of Mango Powder according to Foam-Mat Drying Conditions  
..... Hyeonbin Oh, Chae-wan Baek, Taeho Kwak, Hyun-Wook Jang, Ha-Yun Kim and Yong Sik Cho
- 506 Identification and Quantification of Phenolic Acid Derivatives from Three Korean White and Brown Rice Samples Based on High-Resolution Mass Spectrometry ..... Hyemin Na, Ryeong Ha Kwon, Ju Hyung Kim, So Ah Kim, Soo-Muk Cho and Heon-Woong Kim
- 515 Effect of Grapefruit Seed Extract Addition on Physicochemical and Microbial Characteristics of Onion (*Allium cepa* L.) Puree  
..... Kyo-Yeon Lee, Chae-Yeon Han, Chae-Eun Park and Sung-Gil Choi
- 526 Changes in Physicochemical and Antioxidant Properties of by Enzyme-Treated Super Sweet Corn Extracts  
..... Byung-Ho In, Da-Bin Jang, Jae-Jun Lee, Won-Jong Lee, Ah-Rum Yoon, Sung-Kyu Kim and Kyung-Haeng Lee
- 535 Anti-Inflammatory Effects of Shiitake Mushroom and Kelp Mixture Extracts in RAW 264.7 Cell ..... Soo Bong Kim and Soon Ah Kang
- 543 Analysis of Anthocyanin Glycosides in Korean Mulberry Fruit Cultivars  
..... So Ah Kim, Ryeong Ha Kwon, Ju Hyung Kim, Hyemin Na, Ji Hae Lee, Soo-Muk Cho and Heon-Woong Kim
- 551 Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects on Optimal Extraction Conditions of Different Edible Parts of Perilla (*Perilla frutescens* L.)  
..... Min Young Kim, Jung In Kim, Sang Woo Kim, Sungup Kim, Eunyoung Oh, Jeongeun Lee,  
Eunsoo Lee, Yeon Ju An, Myoung Hee Lee and Choon-Song Kim
- 561 Quality Characteristics of Bread with Cuttlefish Ink Added ..... Young-Mo Kim and Yu-Mi Choi
- 572 Antioxidant and Antihypertensive Activities of Grains Grown in South Korea in Relation to Phenolic Compound and Amino Acid Contents  
..... Narae Han, Koan Sik Woo, Jin Young Lee, Jiho Chu, Mihyang Kim, Yu-Young Lee, Moon Seok Kang and Hyun-Joo Kim
- 581 Optimization of Sous-Vide Brown Rice and Its Retrogradation Properties ..... Chun Young Sohn, Eun A Ko and Weon Sun Shin
- 588 Analysis of Eco-Friendly Food, HMR Purchases, and Eating-Out Behavior by the Level of Agri-Food Consumer Competency  
- Based on Food Consumption Behavior Survey for Food 2022 Data - ..... Kyung-Hee Kim and Ji-Young Yoon
- 605 ■ News of the Korean Society of Food and Nutrition
- 607 ■ Checklist for Original Article
- 608 ■ Copyright Transfer and Statement of Originality Korean Journal of Food and Nutrition
- 609 ■ Declaration of Ethical Conduct in Research
- 610 ■ The Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 616 ■ Research Ethics Rules of the Korean Society of Food and Nutrition
- 625 ■ Guidelines for Submitting Manuscripts

## 2차 발효 후 로제 스파클링 와인의 품질 특성 및 기능성

†신혜림 · 이윤정 · 황온빛\* · 박의광 · 최성열 · 윤동규 · 윤향식\*\*

충북농업기술원 와인연구소 농업연구사, \*충북농업기술원 와인연구소 연구원, \*\*충청북도농업기술원 와인연구소 농업연구관

### Quality Characteristics and Functionality of Rose Sparkling Wines by Secondary Fermentation

†Hyerim Shin, YunJeong Lee, On Bit Hwang\*, Eui Kwang Park,  
Sungyeol Choi, Dong Kyu Yoon and Hyang-Sik Yoon\*\*

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

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

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

#### Abstract

This study investigated quality characteristics and functionality of rose sparkling wine that were manufactured by secondary fermentation after inoculation of yeast strains. The pH of the samples ranged from 3.96 to 4.05 and total acidity ranged from 0.23 to 0.32%. The alcohol contents of wines ranged from 6.4 to 6.6% and the CO<sub>2</sub> pressure ranged from 2.0 to 2.6 bar. The brightness of rose wines ranged from 84.72 to 87.36, the redness from 9.28 to 14.15, and the yellowness from 9.50 to 19.20. The hue value of wines ranged from 1.137 to 1.513 and color intensity ranged from 0.724 to 0.882. Aroma analysis identified 14 alcohols, 22 esters, 4 ketones, 4 acids, and 17 miscellaneous compounds. The total tannin contents and total polyphenol contents of wines were 11.28~12.43 mg% and 24.79~28.20 mg%, respectively. The DPPH radical scavenging activity of wines ranged 63.33 to 67.89% and the ABTS radical scavenging activity of wines 82.16~86.06%. The results of this study provide a basis for establishing the brewing process of rose sparkling wines yeast strains.

Key words: rose sparkling wine, quality characteristics, functionality

#### 서 론

와인은 탄산의 유무에 따라 비 발포성 와인(still wine)과 발포성 와인(sparkling wine)으로 구분하는데 비 발포성 와인은 대부분 일반 와인으로 과즙이 발효되는 과정에서 발생하는 탄산가스를 완전히 제거된다. 반면, 발포성 와인은 비 발포성 와인에 당분과 효모를 첨가하여 인위적으로 다시 2차 발효를 유도하여 와인 속에 탄산가스를 발생시킨 와인을 가리킨 것(Doo & Im 2022)으로 프랑스 샹파뉴에서 생산되는 샹페인(champagne)이 대표적이다.

최근 삶의 질 향상과 여가 시간의 중요도 증가는 우리나라의 주류 문화에도 영향을 미치고 있다. 와인 소비 계층이 다

양화됨에 따라 식생활도 많은 변화가 이루어지고 있으며, 술 문화 또한 독주를 피하고 즐겁게 마시는 형태로의 경향을 보이고 있다(Lee YJ 2008; Jung HW 2013).

또한 코로나의 장기화로 ‘혼술/홈술’트렌드가 정착되며 소규모 홈파티 확대에 다양한 주종에 대한 관심이 증가했으며, 한국농수산식품유통공사에서 발표한 2022년도 주류 시장 트렌드 보고서(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2022)에 따르면 과실주 연관 키워드 분석 결과 ‘와인’, ‘선물 세트’, ‘명절’, ‘프리미엄’, ‘화이트 와인’, ‘스파클링 와인’ 등이 나타났으며 과실주는 마시기 편하고 가볍고 단맛이 나는 제품과 와인과 같은 고급스럽고 풍부한 맛에 대한 선호가 나타났다고 보고했다.

† Corresponding author: Hyerim Shin, Associate Researcher, Wine Research Institute, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Yeongdong 29151, Korea. Tel: +82-43-220-5872, Fax: +82-43-220-5879, E-mail: limi8903@korea.kr

현재 스파클링 와인 관련 연구로는 발효 전 정제제 종류에 따른 베이스 및 스파클링 와인의 품질 연구(Puig-Deu 등 1999)에서, 포도즙에 정제 혼합물을 사용하면 잔당이 적고 더 완전한 발효가 가능했으며, 이 와인으로 스파클링 와인 제조 시 발포성과 발포 지속성이 떨어진다고 밝혔다. 또한 Moscato Giallo 스파클링 와인의 휘발성 물질의 조성에 대한 전통방식(traditional method), 샤르마 방식(Charmat method), 아스티 방식(Asti method)에 따른 영향 연구(Caliari 등 2015)에 따르면 전통방식과 샤르마 방식으로 생산된 스파클링 와인에서 아스티 방식보다 과일과 꽃 향기 성분이 높았다. 이렇듯 국외에서는 스파클링 와인의 양조 공정뿐만이 아닌 품질 향상과 관련된 여러 다양한 연구가 이루어지고 있었다.

반면, 국내 연구로는 국산 시판 로제 와인의 품질 특성(Park 등 2017a)에서 병입 전 동일한 아황산을 함유하고 있는 와인도 병입 후 보관온도에 따라 아황산 함량이 달라 질 수 있으며 로제 와인의 안토시아닌 함량은 품종과 양조방법, 저장조건에 의한 함량차가 일어난다고 밝혔으며, 갈대 뿌리 추출물을 첨가한 로제 스파클링 와인 개발(Bing 등 2015)에서 베이스 와인의 품질특성 및 기능성 분석과 *Saccharomyces cerevisiae* Vitilevure Quartz 등 효모 5종을 접종하여 발효시킨 스파클링 와인의 기호도를 조사하는 등의 연구가 수행되었으나, 스파클링 와인에 대한 연구는 여전히 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내 재배용 포도를 이용하여 보당하지 않고 와인 제조 후 알코올 함량 6%인 베이스 와인을 제조하였으며, 보당 후 본 연구소에서 선발한 토종 효모별 접종 후 2차 발효를 진행하여 제조된 로제 스파클링 와인의 품질특성과 기능성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

본 연구에서 사용한 포도는 Muscat Baily A(MBA)와 Muscat of Alexandria(MoA)를 사용하였는데 MBA는 2021년에, MoA는 2020년에 영동 와이너리 농가에서 구입한 것을 이용하였다. 효모 접종 전 살균제로 메타중아황산칼륨(Institut oenologique de champagne, Mardeuil, France)을 이용하였다. 와인 제조 시 사용된 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*(Fermivin: 퍼미빈) 7013, DSM Food Specialities, Fermivin®, Lallemand, Denmark), 와인연구소 선발효모 *Saccharomyces cerevisiae* ES22, EJ18, HK22를 사용하여 와인을 제조하였고 분석 시약은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA), Merck(München, Germany) 등에서 구입한 특급 및 HPLC 등급 시약을 사용하였다.

### 2. 베이스 와인 제조

로제 스파클링 와인에 사용한 베이스 와인은 MBA와 MoA 포도를 제경 파쇄기로 포도의 송이줄기를 제거하고 파쇄된 포도즙(포도즙, 과육, 씨 등을 포함)에 100 ppm의 메타중아황산칼륨을 첨가하고 5시간 후 효모를 처리하였다. 가당하지 않은 포도즙에 퍼미빈을 미지근한 물에서 30분가량 활성화를 시킨 후 포도즙 전체 무게의 0.02%(W/W)를 첨가하여 발효를 시작하였다(Shin 등 2022). 발효 온도는 18°C를 유지하였으며 알코올 발효 기간 중 매일 2회씩 저어주면서 발효 과정을 관찰하고 알코올 생성이 완료된 후 압착하였다. 압착 후 와인은 저온으로 옮겨 랙킹 및 숙성을 진행하였고 알코올 도수 6%로 제성 후 1:1 비율로 블렌딩하여 사용하였다.

### 3. 스파클링 와인 제조

탄산압 3bar의 스파클링 와인 제조를 위해 설탕은 백설탕(CJ cheiljedang, Seoul, Korea)을 이용하여 Costa GP(2010)의 연구에서 1 atm 생성 시 4 g/L의 보당이 필요하다는 내용을 참고하여 12 g/L로 보당 후 베이스 와인에 배양된 퍼미빈과 *Saccharomyces cerevisiae* ES22, EJ18, HK22를  $2 \times 10^4$  cells/mL로 접종하였다. 접종 농도는 가당 및 효모첨가가 캠벨얼리 포도주 발효에 미치는 영향의 연구(Kim 등 1999)에서 효모 생균수를 참고하여 예비 실험을 진행한 후 설정했다. 접종 완료된 와인은 항온항습기(DAIHAN Scientific Co., Wonju, Korea)를 이용하여 20°C를 유지하면서 14일간 발효를 진행하였다.

### 4. 일반 품질 특성

#### 1) pH, 총산 및 휘발산

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

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

V = 소비한 0.1N-NaOH의 mL수

f = 0.1N-NaOH의 Factor (=1)

S = 검체량

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

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

## 2) 당도, 알코올 함량

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

## 3) 탄산압 측정

스파클링 와인의 발효과정 중의 생성되는 탄산가스 압력은 국제청주류분석법(NTSTSI 1999)을 참고하여 20°C에서 병내 압력계(Shenzhen Xingke Ruicheng Technology Co., Beijing, China)를 병마개에 고착시키고 고정침으로 뚫어 압력을 bar로 읽었다.

## 4) 색도, Hue 값 및 color intensity

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

## 5) 향기성분

스파클링 와인의 향기성분은 Losada 등(2012)의 방법을 일부 변형하여 사용하였다. 와인을 분석하기 위하여 20 mL headspace vial에 와인을 10 mL를 넣고, 내부표준물질로 4-methyl-2-pentanol을 첨가하였다. 향기성분의 추출은 direct headspace trap 기술로 수행하였으며, 장비는 Turbomatrix 40 trap(Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)을 사용하였다. Vial은 1분간 압력이 가해졌으며, 1.5분간 충전되었다. 사용된 온도는 needle 110°C, oven 85°C, transfer line 140°C, trap low 45°C, trap high 290°C, 압력은 vial 20 psi, column 40 psi, desorption 30 psi. 시

간은 dry purge 10분, trap hold time 12분, desorb time 10분, thermostatisation 30분이었다. Gas chromatograph/mass spectroscopy(Clarus 680GC/Clarus SQ8T MSD, Perkin Elmer)로 분석하였으며, 컬럼은 Elite-wax(60 m×0.32 mm×0.25 μm, Perkin Elmer)를 사용하였고, 오븐온도는 40°C에서 3분간 유지한 후 3°C/min로 180°C까지 상승시킨 후 10분간 유지하였으며, 다시 5°C/min로 220°C까지 상승시킨 후, 30분간 유지하였고, equilibration time을 20분간 두었다. 유속은 1 mL/min, split ratio는 1:1, carrier gas는 헬륨(99.9995%)을 사용하였다. 향기성분의 동정은 GC-MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 NIST database로 검색하여 동정하였다. Mass 범위는 45-450 m/z로 하였다. 정량은 내부표준물질로 4-methyl-2-pentanol을 50 mg/L가 되도록 첨가한 후 이 물질의 면적비를 기준으로 정량하였다.

## 5. 기능성 분석

### 1) 총폴리페놀 함량

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

### 2) 탄닌 함량

로제 스파클링 와인의 탄닌 함량은 Duval & Shetty(2001)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 진탕하고, 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL와 1 N-Folin-Ciocalteu's reagent 0.5 mL를 첨가 후, 실온에서 60분간 발색시킨 다음, 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 탄닌 함량은 표준 물질 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 정량하였다.

### 3) DPPH 전자공여능

와인의 항산화 활성을 측정하기 위하여 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois MS(1958)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉 0.4 mM 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 10분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 양성대조구는 100 ppm L-ascorbic acid(Sigma), 대조구로는 증류수를 사용하였으며 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이로 나타내었다.

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

$C_{Abs}$ : Absorbance of control

$S_{Abs}$ : Absorbance of sample

#### 4) ABTS 전자공여능

로제 스파클링 와인의 ABTS cation decolorization assay 방법(Dewanto 등 2002)에 의하여 측정하였다. 즉, ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 분광광도계(Lambda 35 UV, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 시료 50  $\mu$ L를 가하여 흡광도의 변화를 60분 후에 측정하였으며, 양성대조군으로 100 ppm L-ascorbic acid를 동량 첨가하였고, 전자공여능은 시료 첨가구와 시료를 첨가하지 않은 대조구(증류수)의 흡광도를 백분율로 나타내었다.

#### 6. 통계분석

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

## 결과 및 고찰

### 1. 로제 스파클링 와인의 일반 품질 특성

로제 스파클링 와인의 2차 발효 후 pH, 당도, 총산, 휘발산,

알코올 함량을 조사한 결과는 Table 1과 같다. pH 측정 결과, 3.96~4.05로 다양하게 나타났으며 페미빈이 가장 높게 나타났으며, HK22에서 가장 낮았다. 국산 시판 로제 와인의 품질 특성(Park 등 2017a)에서 로제 와인의 pH는 3.27~4.26의 범위라 보고된 바 있으며 본 연구의 결과가 범위에 해당하였다. 가용성 고형물로 본 당도는 2차 발효에 의해 대조구 대비 유의적으로 감소하였으며 페미빈이 3.8 °Brix로 가장 낮았다. 총산은 0.23~0.32%로 EJ18을 제외한 처리구에서 대조구 대비 유의적으로 증가하였다. 하지만 Park 등(2017b)의 '옥랑'을 이용한 와인 발효 및 품질 특성에서 10°C에서 48시간 침용 후 발효시킨 옥랑 와인의 총산 범위가 0.53~0.99%인 것과 비교했을 때 본 연구의 결과치는 매우 낮았다. 이는 본 연구에서 사용된 와인은 6%로 제성 후 1:1 비율로 블렌딩하여 사용되었는데 제성 후 MBA 와인의 총산은 0.36%, MoA 와인은 0.18%로 수치가 매우 낮아 이러한 경향이 반영되었다고 생각된다(data not shown). 휘발산 함량은 모든 처리구에서 대조구 대비 증가했는데 와인의 휘발산의 주요 원인 물질로는 초산이 있으며, 휘발산의 함량이 높다는 것은 발효 또는 숙성 중 초산균에 의한 이상발효에 따른 것일 수 있다(Du Toit & Lambrechts 2002). 하지만 이번 실험 결과에서는 2차 발효 중 생성된 CO<sub>2</sub>로 인해 발생한 H<sup>+</sup>를 중화시키기 위해 총산 및 휘발산 분석 시 사용되는 시약인 NaOH 용액이 더 소모되어 증가한 것으로 생각된다(Nagasaki 등 2021). 효모별 2차 발효 후 알코올 함량의 변화를 분석한 결과 대조구인 5.8% 대비 처리구에서 6.4~6.6%로 1% 미만으로 증가했다. 탄산압을 측정된 결과, 2.0~2.6으로 페미빈이 가장 낮았으며 ES22가 가장 높았다. 이는 목표 압력인 3 bar에 미치지 못하는 수치로, HK22를 제외한 나머지 처리구에서는 발효 12일차까지는 2.33~2.67로 탄산압이 증가하다 14일차에 감소하는 현상이 나타났다(data not shown). Canonico 등(2018)의 *Torulaspora delbrueckii*를 이용한 스파클링 와인 제조에서 24 g/L로 보당 후 효모는 1×10<sup>6</sup> cells/mL 접종했을 때 발효 8일에 3 bar에 도

Table 1. pH, soluble solid, total acidity, volatile acidity, alcohol of rose sparkling wine by yeast strains

Samples	pH	Soluble solid (°Brix)	Total acidity (%)	Volatile acidity (%)	Alcohol (%)	CO <sub>2</sub> pressure (bar)
Control <sup>1)</sup>	3.96±0.02 <sup>2)3)</sup>	4.8±0.1 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	5.8±0.1 <sup>b</sup>	-
Fermivin	4.05±0.02 <sup>a</sup>	3.8±0.0 <sup>d</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	6.5±0.1 <sup>a</sup>	2.0±0.1 <sup>b</sup>
ES22	4.02±0.02 <sup>b</sup>	3.9±0.0 <sup>c</sup>	0.31±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	6.6±0.2 <sup>a</sup>	2.6±0.1 <sup>a</sup>
EJ18	3.97±0.01 <sup>c</sup>	4.0±0.0 <sup>b</sup>	0.23±0.02 <sup>c</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	6.5±0.2 <sup>a</sup>	2.5±0.0 <sup>a</sup>
HK22	3.87±0.00 <sup>d</sup>	4.0±0.0 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	6.4±0.1 <sup>a</sup>	2.4±0.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Control means Base wine added sugar.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D. of triple determinations.

<sup>3)</sup> Different letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).



달하였다. 또한 본 연구 초반에 적정 효모 접종 농도를 설정하기 위해 예비 실험 진행 시 저알코올 와인에 28 g/L의 농도로 설탕 보당 후 효모는  $2 \times 10^4$  cells/mL 접종했을 때 발효 10일 차에 모두 3 bar 이상, 14일 차에 3.6~5.6 bar로 생성되었다 (data not shown). 이러한 결과를 바탕으로 보당 농도에 따라 탄산 생성 속도나 압력에 영향을 주는 것으로 판단된다.

## 2. 로제 스파클링 와인의 색도, Hue 값 및 color intensity

2차 발효 후 로제 스파클링 와인의 색도를 비교하기 위해 Hunter L, a, b 및 Hue 값, color intensity를 측정하였으며 분석 결과는 Table 2와 같다. 명도는 84.72~87.36으로 대조구(84.72) 대비 모든 처리구에서 증가하였으며 효모간에도 차이 나타났다. 적색도는 9.28~14.15로 대조구 대비 모든 처리구에서 감소하였는데 Heredia 등(1998)의 연구에 따르면 pH의 범위 1.5~4.0 범위 내에서 pH가 증가할수록 안토시아닌의 색도가 손실된다는 보고와 유사한 경향을 나타냈다. 또한 로제 스파클링 와인 제조 시 아황산이 없는 상태에서의 안토시아닌의 아실화는 안토시아닌 적색도를 유지하는데 도움을 준다는 보고가 있으나(Taranenko V 2023), 본 연구에서는 2차 발효 시 추가적인 메타중아황산칼륨의 첨가는 없었다. 황색도는 9.50~19.20으로 EJ18을 제외한 처리구에서 2차 발효 후 증가하였으며 ES22에서 가장 높았다. Yoon 등(2016)의 국산 시판 화이트 와인의 황색도가 3.93~17.49로 나타났는데 본 연구 결과의 수치와 유사한 수치를 나타냈다. Hue 값을 분석한 결과, 1.137~1.513으로 나타났으며 2차 발효 후 모두 증가하였고 ES22에서 가장 높았다. Lee 등(2002)의 연구에 따르면 레드와인의 Hue 값은 미숙 적포도주가 0.5 부근이며, 과도하게 산화된 경우에는 1.0 이상의 값을 갖게 된다고 밝혔다. Park 등(2017a)의 캠벨얼리로 제조한 국산 시판 로제 와인의 Hue 값은 0.592~1.317로 다양하게 나타났으며 이와 같은 이유는 사용하는 포도종류나 양조방법, 또는 소비자의 기호를 반영한 것으로 생각된다 밝혔다. 와인의 color intensity는 색이 얼

거나 어두운가를 나타내는 것으로써 포도 품종이나 발효과정, 여과과정 등에 의해 다르게 나타날 수 있다(Lee 등 2002). Color intensity 분석 결과, 0.724~0.882로 다양하게 나타났으나 유의성은 없었다. 피노누아를 이용하여 제조한 로제 와인에서 알코올을 제거 전, 후의 color intensity를 분석한 결과, 1.91~1.96으로 알코올 제거에 따른 변화는 없었으며(Ma 등 2022), 본 연구 결과는 절반 수준으로 나타났는데 이는 포도 품종의 차이와 인위적인 가당 처리가 없어 짧은 발효기간에 의한 와인의 낮은 알코올 함량으로 인해 색소 침출이 적었으며 화이트 품종인 MoA와의 블렌딩에 의한 영향으로 생각된다.

## 3. 로제 스파클링 와인의 향기성분

와인에서 아로마는 가장 중요한 요인 중 하나로 와인의 품질과 소비자의 요구를 충족시킬 수 있는 필수적인 특징으로 여겨지며(Riu-Aumatell 등 2014), 로제 스파클링 와인의 향기성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다. Static-headspace 추출로 총 61종의 화합물이 검출되었으며, 알코올류 14종, 에스테르류 22종, 케톤류 4종, 산류 4종, 기타 화합물이 17종으로 나타났다. 로제 스파클링 와인의 알코올류는 14종으로 퓨젤 오일인 1-propanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol과 1-hexanol, cis-3-hexen-1-ol, 2,3-butanediol, phenethyl alcohol이 검출되었다. 알코올류의 함량은 60.34~79.33 mg/L의 범위에 속하였으며, 평균값은 66.68mg/L, 표준편차는 8.58 mg/L로 나타났다. 퍼미빈으로 양조한 로제 스파클링 와인에서 가장 낮은 함량을 보였으며, ES22에서 가장 높은 값을 보였다. 로제 스파클링 와인의 에스테르류는 총 22종으로 함량은 29.47~32.72 mg/L의 범위에 속하였으며, 평균값은 31.37 mg/L, 표준편차는 1.39 mg/L이었다. ES22로 양조한 와인에서 가장 낮은 값을 보였으며, HK22에서 가장 높은 값을 보였다. 에스테르는 acyl-Co A와 알코올 사이에서 효소 촉매 반응에 의해 형성되며, 주로 양조 과정에서 생산되기 때문에 좋은 발효 과정은 더 섬세한 향과 좋은 풍미를 가진 와인을 생산하게 한다

Table 2. Colors of rose sparkling wine by yeast strains

Samples	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)	Hue values	Color intensity
Control <sup>1)</sup>	84.72±0.36 <sup>(d2)3)</sup>	14.15±0.20 <sup>a</sup>	14.53±0.26 <sup>d</sup>	1.137±0.008 <sup>c</sup>	0.882±0.156
Fermivin	87.36±0.02 <sup>a</sup>	9.28±0.02 <sup>d</sup>	15.82±0.09 <sup>c</sup>	1.477±0.034 <sup>b</sup>	0.751±0.077
ES22	85.28±0.02 <sup>c</sup>	10.75±0.02 <sup>b</sup>	19.20±0.01 <sup>a</sup>	1.513±0.007 <sup>a</sup>	0.781±0.004
EJ18	86.72±0.07 <sup>b</sup>	9.50±0.06 <sup>c</sup>	9.50±0.06 <sup>c</sup>	1.507±0.012 <sup>ab</sup>	0.846±0.027
HK22	87.10±0.05 <sup>a</sup>	9.53±0.03 <sup>c</sup>	16.11±0.05 <sup>b</sup>	1.437±0.016 <sup>b</sup>	0.724±0.070

<sup>1)</sup> Control means Base wine added sugar.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D. of triple determinations.

<sup>3)</sup> Different letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

Table 3. Aroma compounds of rose sparkling wine by yeast strains

(Unit: mg/L)

Compounds	R.T.	Fermivin	ES22	EJ18	HK22
1-Propanol	9.561		0.61		
2-Methyl-1-propanol	11.327	5.93	6.47	5.95	5.94
1-Butanol	13.308	0.06			0.05
3-Methyl-1-butanol	15.974	52.55	71.07	56.01	55.19
2-Heptanol	19.59	0.67	0.40	0.70	0.58
3-Methyl-1-pentanol	21.066				0.03
1-Hexanol	22.191	0.49	0.32	0.52	0.47
cis-3-Hexen-1-ol	23.442			0.07	0.07
2-Nonanol	29.304	0.16		0.18	0.17
2,3-Butanediol	29.309		0.16		0.03
3-Methyl-2-butanol	12.437	0.01			0.09
2,3-Epoxyhexanol	30.765				0.04
(R)-3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol	38.628	0.05			0.06
Phenylethyl alcohol	43.319	0.41	0.30	0.44	0.45
Total alcohols		60.34	79.33	63.85	63.17
Methyl acetate	5.34	0.04			
Ethyl Acetate	6.1	17.17	16.87	18.15	19.03
Ethyl propionate	7.446	0.07		0.07	0.08
2-Isopropyl-3-methylcyclohexyl acetate	7.686			0.08	
Vinyl acetate	7.841	0.12			0.15
2-Oxopropyl acetate	7.851			0.15	
Isobutyl acetate	8.866	0.19	0.14	0.22	0.21
Ethyl butanoate	9.561	0.76		0.78	0.84
Isoamyl acetate	12.598	4.15	4.68	4.63	5.16
Ethyl hexanoate	17.184	2.37	1.93	2.37	2.89
Allyl acetoacetate	17.529		0.05		
Hexyl acetate	18.815	0.08		0.08	0.09
Ethyl lactate	21.606	1.99	0.39	1.76	2.45
Ethyl (S)-(-)-lactate	21.611		2.12		
Ethyl octanoate	25.848	2.91	2.57	2.44	0.21
Ethyl decanoate	34.111	1.11	0.65	0.89	1.20
Diethyl succinate	35.246	0.16	0.09	0.19	0.19
Methyl salicylate	38.523	0.02			
Ethyl dodecanoate	41.689	0.14		0.11	0.16
Phenyl carbamate	46.345			0.02	
Ethyl tridecanoate	56.33				0.07
Ethyl hexadecanoate	56.324			0.06	
Total esters		31.27	29.47	32.00	32.72
Dihydro-4,4,5,5-tetramethyl-2(3H)-furanone	8.401	0.10		0.10	
Methyl isobutyl ketone	8.636	0.73	0.57	0.79	0.82
Diisobutyl ketone	14.668	6.17	5.27	6.49	6.79

Table 3. Continued

Compounds	R.T.	Fermivin	ES22	EJ18	HK22
4,6-Dimethyl-2-heptanone	17.529	0.13		0.14	0.14
Total ketones		7.14	5.85	7.52	7.75
Levulinic acid	18.83		0.03		
Anthranilic acid	30.374		0.41		
Hexanoic acid	41.119	0.03		0.04	0.04
Octanoic acid	48.311	0.05		0.05	0.06
Total acids		0.08	0.44	0.09	0.11
Phenol	4.024		0.65		0.04
2,6-Dimethyl-2,6-octadiene	7.681	0.07			
Butane	14.848				0.03
1,2,3-Trimethylbenzene	17.319			0.55	0.54
1,3,5-Trimethylbenzene	17.324	0.51	0.33		
(E)-2-Dodecene	17.824			0.05	
1-Dodecene	17.83	0.05			0.05
2-Hydroperoxy pentane	18.455				0.02
Hexyl Hydroperoxide	21.171		0.06		0.07
3-Butenenitrile	23.452		0.01		
Formamide	29.729			0.02	
Linalool	30.369	0.79		0.81	0.88
Ocimenol	35.961			0.03	
Citronellol	38.642			0.05	
(Z)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol	41.449	0.06		0.04	0.08
Biphenyl	45.831	0.09		0.08	0.17
2-Phenylphenol	68.669				0.39
Total miscellaneous		1.57	1.06	1.62	2.25
Total		100.40	116.15	105.09	105.99

(Riu-Aumatell 등 2014; Zhang 등 2019). 에스테르류 중 isoamyl acetate, ethyl hexanoate 그리고 ethyl octanoate는 각각 바나나, 풋사과, 과일 향 등을 낸다고 알려져 있으며(Guth H 1997; Vera 등 2011), Yoon 등(2017a)의 연구에서도 에스테르 화합물은 딸기 바나나, 풋사과 등 과일 향, 꽃 향을 많이 내는 것으로 나타났다. 케톤류는 총 4종으로 함량은 5.85~7.75 mg/L의 범위에 속하였으며, 평균값은 7.06 mg/L, 표준편차는 0.85 mg/L이었다. ES22로 양조한 와인에서 가장 낮았으며, HK22에서 가장 높았다. 산류는 총 4개 화합물이 확인되었으며 levulinic acid, anthranilic acid, hexanoic acid, octanoic acid로 평균값은 0.18 mg/L, 표준편차도 0.18 mg/L로 차이가 크게 나타났다. Octanoic acid와 decanoic acid의 함량이 높을 경우에는 땀냄새와 같은 악취가 발생한다는 보고(Zhao 등 2021)가 있지만 본 연구에서는 매우 낮은 함량으로 큰 영향을 미치지

않은 것으로 판단된다. 기타 화합물로는 linalool, citronellol, (Z)-3,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol 등 17종이 검출되었으며, 이들 화합물의 총 함량이 1.06~2.25 mg/L이었으며, 페미빈을 접종한 와인에서 가장 낮고, HK22에서 가장 높은 값을 나타내었다. 평균값은 1.63 mg/L이었으며, 표준편차가 0.49 mg/L이었다. Linalool은 기본적으로 floral 향의 특성을 지니며 함량이 높을 때에는 꿀 향이 짙어져 꽃 향기의 특징을 더 드러나게 하였으며 이 외에도 레몬, 열대 과일, 생강 등의 향이 나타났다(Chigo-Hernandez 등 2022). Linalool은 ES22를 제외한 모든 처리구에서 나타났으며, citronellol은 EJ18을 접종한 와인에서만 검출되었다. Hutai-8 품종(*Vitis vinifera* × *Vitis labrusca*)을 이용하여 제조한 로제 와인의 향기성분 분석 시 1-hexanol, linalool and citronellol 함량이 높았으며, 단일 효모 발효와 복합 효모 발효별 로제 와인의 관능평가 결과가 달라졌다(Li

등 2022). (Z)-3,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol은 포도 껍질과 레몬그래스, 홉 등에 포함되어있는 모노테르펜으로 와인의 꽃과 과일 향을 내는 물질이다(Zhu 등 2022). 본 연구에서는 ES22로 양조한 와인을 제외한 모든 와인에서 검출되었다. 테르펜류들이 머스캣 향에 많은 역할을 하고 있다고 알려져 있으며, 다른 화합물의 향의 강도를 증가시키기도 한다(Marais J 1983). Lianool, (Z)-3,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol은 알코올 음료, 청량 음료 향미에 중요한 역할을 하며 향수 및 향미 산업에서도 널리 사용되는 물질이다(Pedersen 등 2003).

#### 4. 로제 스파클링 와인의 기능성 성분

로제 스파클링 와인의 탄닌과 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 탄닌 함량은 11.28~12.43 mg%로 대조구(12.43 mg%) 대비 감소하였고 HK22 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 로제 와인 제조 시 탄닌 함량은 SO<sub>2</sub> sulphitation의 수준이 50~100 mg/L, 침출 온도는 20~22°C, 침출 기간은 20시간 이상에서 높아진다는 보고가 있으며(Muntean & Gheorghita 2008), 시판되는 국산 와인의 탄닌 함량은 2.45~3.50 mg/mL 인(Yoon 등 2017b) 것과 비교하면 본 연구 결과는 절반 수준이다. 총 폴리페놀 함량은 24.79~28.20 mg%로 ES22가 가장 낮았으며 나머지 처리구는 대조구 및 효모간의 유의성은 나타나지 않았다. 와인에 들어있는 flavonoid phenol 화합물은 anthocyanin을 비롯하여 tannin을 형성하는 catechin, leucoanthocyanidin, flavonol 등이 주종을 이루며, 주로 포도의 씨나 껍질에 존재한다. 한편, non-flavonoid phenol 화합물은 cinnamic acid나 benzoic acid의 유도체가 주종을 이루며 포도의 즙에 존재하기 때문에 포도즙만을 발효시킨 화이트 와인은 non-flavonoid phenol 화합물이 대부분이고, 껍질과 씨를 함께 발효시킨 레드 와인은 non-flavonoid phenol 화합물과 flavonoid phenol 화

합물을 모두 함유하게 된다. 따라서 레드 와인은 화이트 와인보다 총 페놀 화합물의 함량이 많을 뿐만 아니라 제조 방법에 따라서 껍질과 씨에 있는 flavonoid phenol 화합물의 추출량도 달라진다(Lee & Chae 2010). 이러한 연구 결과를 바탕으로 적포도인 MBA와 백포도인 MoA를 블렌딩하였기에 로제 스파클링 와인의 탄닌과 총 폴리페놀 함량이 전체적으로 낮은 수치를 나타낸 것으로 생각된다. 또한, Lee & Kim (2006)의 연구에 따르면 총폴리페놀류 함량과 갈변도를 나타내는 Hue 값이 음의 상관관계를 나타내어 총폴리페놀 함량이 높을수록 낮은 Hue 값을 나타낸다고 하였으며, 이는 총폴리페놀 함량이 적은 와인에서 숙성 중 산화가 많이 진행되어 갈변도도 높게 나타난다고 보고하였다. 본 연구 결과, 총 폴리페놀 함량이 가장 낮았던 ES22 처리구에서 Hue 값이 가장 높아 유사한 경향을 나타냈다.

#### 5. 로제 스파클링 와인의 항산화 활성

로제 스파클링 와인의 항산화 활성을 비교하기 위해 DPPH 전자공여능과 ABTS 전자공여능의 분석 결과는 Fig. 2와 같다. DPPH 라디칼 소거법은 항산화 측정에 보편적으로 사용되는 방법으로 지방질 산화 억제 및 활성라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로 이용된다(Lee 등 2004). DPPH 전자공여능 분석 결과, 63.33~67.89%로 페미빈과 HK22가 가장 높았으며, 총 폴리페놀 함량이 가장 낮았던 ES22는 DPPH 전자공여능도 가장 낮았다(양성대조군으로 사용된 L-ascorbic acid는 78.56%). Phenolic content와 DPPH 라디칼에 대한 소거능은 관계가 있으며, 폴리페놀 성분에 의해 항산화 활성이 나타난다는 보고(Guilford & Pezzuto 2011; Kim 등 2012)와 유사한 경향을 나타냈다. Park 등(2018)의 연구에 따르면 국산 시판 로제 와인의 총 폴리페놀 함량은 50.55~99.55 mg%,

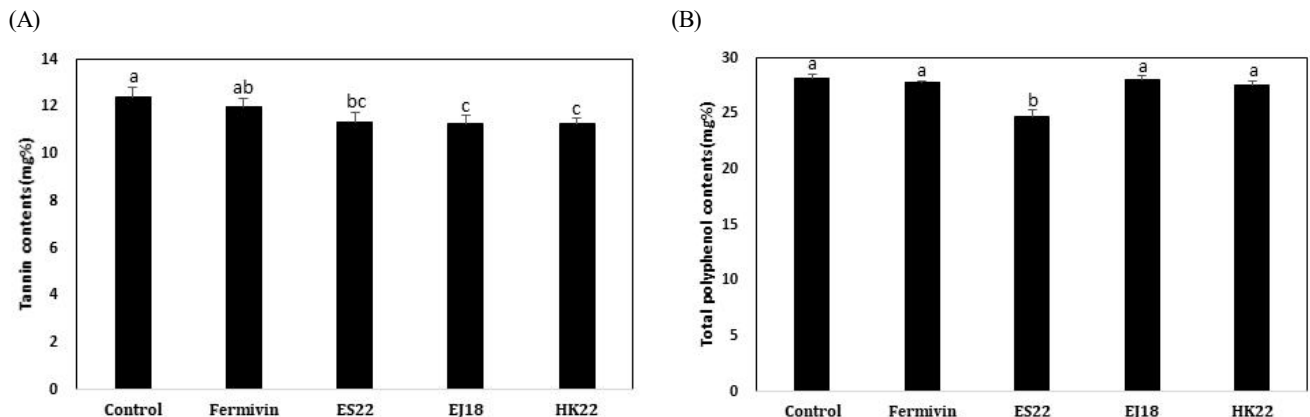
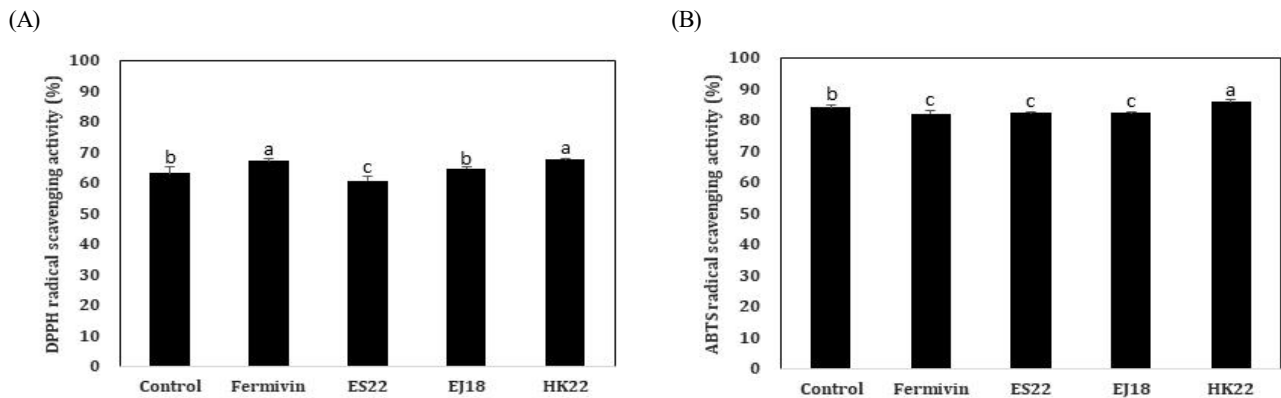


Fig. 1. Functionality of rose sparkling wine by yeast strains. (A) tannin contents of rose sparkling wine by yeast strains. (B) Total polyphenol contents of rose sparkling wine by yeast strains.



**Fig. 2. DPPH and ABTS radical scavenging activity of rose sparkling wine by yeast strains.** (A) DPPH radical scavenging activity of rose sparkling wine by yeast strains. (B) ABTS radical scavenging activity of rose sparkling wine by yeast strains.

DPPH 전자공여능은 73.75~90.41%였으며 본 시험연구 결과는 이에 비해 낮은 수치를 나타내었는데 이것 또한 6% 저알코올 와인 제성과정에 따른 영향으로 해석된다. ABTS 전자공여능 분석 결과, 82.16~86.06%로 HK22에서 가장 높았다. 나머지 처리구는 대조구 대비 감소하는 경향을 나타냈다(양성대조군으로 사용된 L-ascorbic acid는 53.73%). Bing 등 (2015)의 갈대 뿌리 추출물을 첨가한 로제 스파클링의 DPPH 전자공여능은 41.46~54.87%, ABTS 전자공여능은 32.96~68.92%로 ABTS 전자공여능이 높았는데 DPPH의 경우 자유라디칼, ABTS는 양이온 라디칼이므로 제거되는 차이(Wang 등 1998)로 본 연구 결과에서도 동일한 경향이 나타났다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 효모 종류별 접종 및 2차 발효를 통해 로제 스파클링 와인을 제조하여 품질특성과 기능성을 비교하였다. pH 측정 결과, 3.96~4.05로 다양하게 나타났으며 페르미빈이 가장 높게 나타났으며, HK22에서 가장 낮았다. 가용성 고형물로 본 당도는 2차 발효에 의해 대조구 대비 유의적으로 감소하였으며 페르미빈이 3.8 °Brix로 가장 낮았다. 총산은 0.23~0.32%로 나타났으며, 휘발산 함량은 모든 처리구에서 대조구 대비 증가했다. 효모별 2차 발효 후 알코올 함량의 변화를 분석한 결과 대조구인 5.8% 대비 처리구에서 6.4~6.6%로 1% 미만으로 증가했으며, 탄산압 측정 결과, 2.0~2.6으로 페르미빈이 가장 낮았으며 ES22가 가장 높았다. 색도를 분석한 결과, 명도는 84.72~87.36으로 대조구 대비 모든 처리구에서 증가하였으며 효모간에도 차이가 나타났다. 적색도는 9.28~14.15로 대조구 대비 모든 처리구에서 감소하였으며, 황색도는 9.50~19.20으로 EJ18을 제외한 처리구에서 2차 발효 후 증가했다. Hue 값은 1.137~1.513으로, color intensity는 0.724~0.882

로 다양하게 나타났으나 유의성은 없었다. 향기성분을 분석한 결과, 총 61종의 화합물이 검출되었으며, 알코올류 14종, 에스테르류 22종, 케톤류 4종, 산류 4종, 기타 화합물이 17종으로 나타났다. 알코올류의 함량은 60.34~79.33 mg/L로 ES22로 양조한 와인에서 가장 높았다. 에스테르류는 29.47~32.72 mg/L로 HK22에서 가장 높았으며, 기타화합물로는 linalool, citronellol, (Z)-3,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol 등 17종이 검출되었다. 로제 스파클링 와인의 탄닌 함량은 11.28~12.43 mg%로 대조구(12.43 mg%) 대비 감소하였으며, 총 폴리페놀 함량은 24.79~28.20 mg%로 나타났다. 로제 스파클링 와인의 항산화 활성을 비교하기 위해 DPPH 전자공여능과 ABTS 전자공여능의 분석 결과, DPPH 전자공여능은 63.33~67.89%로 페르미빈과 HK22가 가장 높았으며 ABTS 전자공여능은 82.16~86.06%로 HK22에서 가장 높았다. 이러한 분석 결과를 토대로 스파클링 와인 제조용 효모로써 *Saccharomyces cerevisiae* HK22가 가장 우수하다고 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(주관과제명: 국산 포도의 안정생산과 와인 경쟁력 강화를 위한 생산기술 개발 및 실용화, 과제번호: RS-2021-RD012438)의 지원에 의한 것으로, 이에 감사드립니다.

## References

- Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for Analysis of Musts and Wine. pp.176-180. John Wiley & Sons
- Bing DJ, Kim HJ, Lee OS, Chun SS. 2015. Development of rose sparkling wine with reed root extracts. *Korean J Food Nutr*

- 28:666-675
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Caliari V, Panceri CP, Rosier JP, Bordignon-Luiz MT. 2015. Effect of the traditional, Charmat and Asti method production on the volatile composition of Moscato Giallo sparkling wines. *LWT Food Sci Technol* 61:393-400
- Canonico L, Comitini F, Ciani M. 2018. *Torulospora delbrueckii* for secondary fermentation in sparkling wine production. *Food Microbiol* 74:100-106
- Chigo-Hernandez MM, DuBois A, Tomasino E. 2022. Aroma perception of rose oxide, linalool and  $\alpha$ -terpineol combinations in Gewürztraminer wine. *Fermentation* 8:30
- Costa GP. 2010. Implantação de sistema de qualidade e segurança na produção de espumante charmat. *Federal University of Rio Grande*
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:3010-3014
- Doo YT, Im DY. 2022. Research on material development for revitalization of domestic wine products. *J Prod Res* 40: 73-77
- Du Toit WJ, Lambrechts MG. 2002. The enumeration and identification of acetic acid bacteria from South African red wine fermentations. *Int J Food Microbiol* 74:57-64
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25:361-377
- Guilford JM, Pezzuto JM. 2011. Wine and health: A review. *Am J Enol Vitic* 62:471-486
- Guth H. 1997. Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. *J Agric Food Chem* 45:3027-3032
- Heredia FJ, Francia-Aricha EM, Rivas-Gonzalo JC, Vicario IM, Santos-Buelga C. 1998. Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes—I. pH effect. *Food Chem* 63:491-498
- Jung HW. 2013. Wine selection attributes and purchase motives according to the drinker groups. Ph.D. Thesis, Sungshin Women's Univ. Seoul. Korea
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342
- Kim JS, Kim SH, Han JS, Yoon BT, Yook C. 1999. Effects of sugar and yeast addition on red wine fermentation using Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol* 31:516-521
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2022. Liquor market trends report. pp.10-12. *Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs*
- Lee JE, Shin YS, Sim JK, Kim SS, Koh KH. 2002. Study on the color characteristics of Korean red. *Korean J Food Sci Technol* 34:164-169
- Lee JK, Kim JS. 2006. Study on the deacidification of wine made from Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol* 38:408-413
- Lee JY, Chae SK. 2010. Studies on the changes in the extraction of phenolics and color characteristics by the enzyme treatment of red grape (Muscat Bailey A) wine during fermentation. *Korean J Food Nutr* 23:324-331
- Lee KM, Jeong GT, Park DH. 2004. Study of antimicrobial and DPPH radical scavenger activity of wood vinegar. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19:381-384
- Lee YJ. 2008. The effects of wine purchase motives on wine selection attributes: Moderating effect of interpersonal orientation. Ph.D. Thesis, Kyungwon Univ. Seongnam. Korea
- Li N, Wang L, Yin J, Ma N, Tao Y. 2022. Adjustment of impact odorants in Hutai-8 rose wine by co-fermentation of *Pichia fermentans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Res Int* 153:110959
- Losada MM, Lopez JF, Añón A, Andrés J, Revilla E. 2012. Influence of some oenological practices on the aromatic and sensorial characteristics of white Verdejo wines. *Int J Food Sci Technol* 47:1826-1834
- Ma T, Sam FE, Didi DA, Atuna RA, Amagloh FK, Zhang B. 2022. Contribution of edible flowers on the aroma profile of dealcoholized pinot noir rose wine. *LWT* 170:114034
- Marais J. 1983. Terpenes in the aroma of grapes and wines: A review. *S Afr J Enol Vitic* 4:49-58
- Muntean C, Gheorghita M. 2008. The influence of some technological factors on the maceration process in the rose wine technology. *Bull UASVM Horticult* 65:342-345
- Nagasaki H, Suzuki Y, Fujimoto T, Saito H, Suzuki T, Watanabe S. 2021. Effect of air sparging on ethanol production from xylose and glucose in continuous chemostat fermentation process utilizing high cell density of *Candida intermedia*

- 4-6-4T2. *J Jpn Pet Inst* 64:178-187
- National Tax Service Technical Service Institute [NTSTSI]. 1999. Alcoholic Liquors Analytical Rule. Available from [https://txsi.hometax.go.kr/docs/customer/law/inst\\_gosi\\_New\\_View\\_hun.jsp?log\\_main\\_kind=%EC%B5%9C%EC%8B%A0%ED%9B%88%EB%A0%B9.%EA%B3%A0%EC%8B%9C&gubun=1&field\\_cd=18&inst\\_notice\\_id=2944&public\\_ilja=20171031&sub\\_title=\(%EC%A0%9C2221%ED%98%B8\)](https://txsi.hometax.go.kr/docs/customer/law/inst_gosi_New_View_hun.jsp?log_main_kind=%EC%B5%9C%EC%8B%A0%ED%9B%88%EB%A0%B9.%EA%B3%A0%EC%8B%9C&gubun=1&field_cd=18&inst_notice_id=2944&public_ilja=20171031&sub_title=(%EC%A0%9C2221%ED%98%B8)) [cited 20 October 2023]
- Park H, Park E, Park EK, Choi S, Shin H, Kim MJ. 2021. Quality characteristics and functionality of vin chaud prepared from Campbell Early wine. *Korean J Food Nutr* 34:516-525
- Park H, Park JM, Han B, Choi W, Noh J. 2018. Quality characteristics of Korean domestic commercial meoru wines. *Korean J Food Nutr* 31:703-711
- Park JM, Park H, Jeong C, Choi W, Kim S, Yoon HS. 2017a. Quality characteristics of Korean domestic commercial rose wines. *Korean J Food Nutr* 30:889-899
- Park HJ, Choi W, Park JM, Jeong C, Kim S, Yoon HS. 2017b. Brewing and quality characteristics of new grape cultivar 'Okrang' wine in fermentation process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:622-629
- Pedersen DS, Capone DL, Skouroumounis GK, Pollnitz AP, Sefton MA. 2003. Quantitative analysis of geraniol, nerol, linalool, and  $\alpha$ -terpineol in wine. *Anal Bioanal Chem* 375: 517-522
- Puig-Deu M, López-Tamames E, Buxaderas S, Torre-Boronat MC. 1999. Quality of base and sparkling wines as influenced by the type of fining agent added pre-fermentation. *Food Chem* 66:35-42
- Riu-Aumatell M, Miró P, Serra-Cayuela A, Buxaderas S, López-Tamames E. 2014. Assessment of the aroma profiles of low-alcohol beers using HS-SPME - GC-MS. *Food Res Int* 57:196-202
- Shin H, Park H, Hwang OB, Choi S, Park EK, Yoon DK, Yoon HS. 2022. Quality characteristics and functionality of low alcohol wines after heat sterilization and non-thermal sterilization. *Korean J Food Nutr* 35:343-352
- Taranenko V. 2023. Practical aspects of regulating the chromatic indices of rosé sparkling wine by expedition liqueur with the use of sulphiting agents. Manuscript submitted for publication
- Vera L, Aceña L, Guasch J, Boqué R, Mestres M, Busto O. 2011. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. *Anal Bioanal Chem* 399:2073-2081
- Wang M, Li J, Rangarajan M, Shao Y, LaVoie EJ, Huang TC, Ho CT. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J Agric Food Chem* 46:4869-4873
- Yoon HS, Park JM, Park HJ, Jeong CW, Choi WI, Park JM, Kim SD. 2016. Quality characteristics of Korean domestic commercial white wines. *The Korean J of Food And Nutr* 29:538-546
- Yoon HS, Jeong C, Park H, Park JM, Choi W, Kim S. 2017a. Aroma and quality characteristics of Cheongporang white wines using grapes at different stages of ripening. *Korean J Food Nutr* 30:813-822
- Yoon HS, Park H, Park J, Jeon J, Jeong C, Choi W, Kim S, Park JM. 2017b. Quality characteristics and volatile flavor components of aronia wine. *Korean J Food Nutr* 30:599-608
- Zhang K, Yang J, Qiao Z, Cao X, Luo Q, Zhao J, Wang F, Zhang W. 2019. Assessment of  $\beta$ -glucans, phenols, flavor and volatile profiles of hullless barley wine originating from highland areas of China. *Food Chem* 293:32-40
- Zhao L, Ruan S, Yang X, Chen Q, Shi K, Lu K, He L, Liu S, Song Y. 2021. Characterization of volatile aroma compounds in litchi (Heiye) wine and distilled spirit. *Food Sci Nutr* 9:5914-5927
- Zhu X, Yang XS, Mao YL, Zhao DD, Li YC. 2022. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* autochthonous MQ3 strain on terpenes during the alcoholic fermentation of Chardonnay dry white wine. *Aust J Grape Wine Res* 28:41-49

Received 3 October, 2023

Revised 20 October, 2023

Accepted 31 October, 2023

## 병풍 추출물이 첨가된 음료 시제품의 장내 면역조절 효과와 지표물질

김연숙 · 신현영\* · 구자평\*\* · 하은지\*\* · 정원비\*\* · 정미연\*\*\* · †유광원\*\*\*\*

한국교통대학교 식품영양학전공 대학원생, \*고려대학교 대학원 의생명융합과학과 러닝헬스시스템 융합전공 대학원생,  
\*\*한국교통대학교 식품영양학전공 학부생, \*\*\*(주)참선진녹즙 연구소장, \*\*\*\*한국교통대학교 식품영양학전공 교수

### Intestinal Immunomodulatory Effect and Marker Compound of *Centella asiatica* Extracts-Added Beverage Prototype

Yeon Suk Kim, Hyun Young Shin\*, Ja Pyeong Koo\*\*, Eun Ji Ha\*\*,  
Won Bi Jeong\*\*, Mi Yeun Joung\*\*\* and †Kwang-Won Yu\*\*\*\*

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

\*Graduate School Student, Transdisciplinary Major in Learning Health System, Dept. of Integrated Biomedical & Life Science, Korea University, Seoul 02841, Korea

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

\*\*\*Food R&D Center Director, Corporation ChamSunJin Green Juice, Jincheon 27865, Korea

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

#### Abstract

To produce an intestinal immunomodulatory beverage containing *Centella asiatica* extract (CAE), three types of CAE-added beverage prototypes were prepared, and their immunomodulatory activities and marker compounds were analyzed. As a result of the cytotoxicity assessment, all the beverages did not show significant toxicity compared to the control group. Next, the immunomodulatory activities of the beverage prototype were evaluated using the inflammatory model of IL-1 $\beta$ -induced intestinal epithelial cell line. All the samples significantly reduced the production of IL-6, IL-8, and MCP-1 in a CAE concentration-dependent manner. In addition, CAE-added beverages inhibited NO, IL-6, and IL-12 production in LPS-induced RAW 264.7 cells. When the major triterpenoids, as marker compounds for the production of CAE-added beverages, were analyzed by HPLC-DAD, only asiaticoside was detected beyond the limit of quantification, while madecassoside, madecassic acid, and asiatic acid were not detected. The amounts of asiaticoside in CAE-added beverage prototypes were confirmed in No. 1 (19.39  $\mu\text{g/mL}$ ), 2 (19.25  $\mu\text{g/mL}$ ), and 3 (19.98  $\mu\text{g/mL}$ ). In conclusion, the results of this study suggested that CAE-added beverage prototypes induced immunomodulatory effects in the intestinal inflammatory cell line models and asiaticoside could be used as a marker compound for CAE-added beverage production.

Key words: *Centella asiatica*, beverage prototype, intestinal immunomodulatory effect, marker compound

#### 서론

인체의 장관은 소화, 흡수, 배설 등의 기본적인 기능과 점막 장벽 기능 및 대식세포, 수지상세포와 장 상피세포 등이 장 점막 주변에 다량 분포되어, 면역 글로불린 분비 등의 면역학적 기능을 수행하여 우리 몸 면역체계의 핵심적인 역할을

을 하는 것으로 알려져 있다(Tlaskalova-Hogenova 등 2005; Han 등 2008). 그러나 장관은 혐기성 세균 및 내독소 등으로 인해 장관 벽에 손상이 쉽게 유도되고, 그로 인해 손상된 세포 간 치밀결합(tight junction)의 기능이 저하되어 장 투과성이 증가됨으로써(Han 등 2013), 위장 및 전신 염증 장애를 초래하여 염증성 장 질환(inflammatory bowel disease, IBD), 음

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



식 알레르기, 소아 지방변증 등이 유발되는 것으로 알려져 있다(Farhadi 등 2003). 염증성 장 질환은 크론병과 궤양성 대장염을 포함하는 만성 염증성 질환으로, 설사, 복통, 빈혈, 체중 감소 등의 증상을 유발한다고 알려져 있다(Pithadia & Jain 2011). 특히, 이러한 염증성 장 질환의 발병은 식습관의 서구화를 비롯하여 과도한 면역반응, 스트레스 및 장내 미생물 변화 등의 다양한 이유로 인해 장 점막의 면역체계가 변화하고 장 점막을 공격하는 병적인 염증반응에 의해 증가하고 있는 실정이며(Nam 등 2022), 발생원인은 정확히 규명되지 않았으나 유전/환경적 영향이나 장내 미생물 등이 원인으로 지목되고 있다(Kim 등 2020). Ha 등(2019)에 따르면 국내 염증성 장 질환 환자 수는 연평균 궤양성 대장염 3%, 크론병 5%로 꾸준히 증가하는 추세이며, 과거 궤양성 대장염의 유병률이 크론병보다 높은 것으로 나타났지만 그 차이가 점차 줄어들고 있어, 궤양성 대장염 대비 크론병의 발생률이 더 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 향후에도 지속적으로 염증성 장질환의 발병이 증가할 것으로 판단되며, 이를 예방하고 개선하기 위한 소재의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

적설초(積雪草) 또는 호랑이풀 등의 다양한 이름으로 불리는 병풀(*Centella asiatica*)은 미나리과(Apiaceae)의 다년생 초본식물로, 고온 다습한 곳에서 자생하며, 주로 아프리카, 인도양, 중국 등의 아시아와 국내에서는 제주도 일대, 경남지방, 충북 충주에서 재배되는 것으로 알려져 있다(Choi 등 2020; Eom 등 2021). 병풀은 오래 전부터 민간요법, 한방 등에서 약용으로 이용되어 다양한 건강상 이점을 가지는 것으로 알려져 왔으며(Choi 등 2021), 흉터예방(Widgerow 등 2000), 피부개선 효과(Choi & Bae 2013), 신경세포 보호효과(Orhan IE 2012), 항산화 및 항염증 활성(Shin 등 2020) 등 다양한 생리활성 효능이 보고되고 있다. 현재 병풀은 주로 피부 및 상처 치유 등의 피부 관련 기능성 화장품 및 의약품의 산업적인 원료로 활용되고 있는데, 저렴한 가격으로 인해 대부분 수입 원료에 의존하고 있는 실정이다. 한편, 2014년에 발효된 나고야 의정서에 의해 천연물 및 의약품 제조에 투입되는 핵심 원료를 외국에서 수입 시 수입대금 외 별도로 제품 상품화에 따른 이익 중 일부를 로열티로 지불해야 하는 상황에 놓여있어(Park WS 2017), 최근 국내에서는 가격 경쟁

력을 갖는 병풀의 원활한 원료공급을 위해 재배방법 및 재배 환경 등을 개발 중인 것으로 알려져 있다(Shin 등 2020; Eom 등 2021; Kim 등 2023). 또한, 병풀은 항산화 효능을 포함한 피부개선 효능과 눈 건강 개선 등에 관한 다양한 연구가 이루어졌으나 장내 면역조절을 통한 염증성 장 질환 예방 및 개선 등에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 재배되고 있는 병풀을 사용하여 장 건강개선 효능을 가진 일반식품/건강기능식품의 소재로 활용하기 위해 추출 비율에 따른 병풀 추출물 함유 음료 시제품을 조제하고 장 상피세포주(Caco-2)와 대식세포주(RAW 264.7)를 이용한 장내 면역조절 효과를 검증하고, 이에 따른 지표물질을 제시하고자 하였다. 또한, 이러한 결과를 바탕으로 수입 원료를 대체하기 위한 생물소재의 국산화에 이바지하고, 다양한 시제품을 조제함으로써 병풀 추출물 함유 음료를 개발하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 병풀 추출물 함유 음료 시제품의 제조

본 연구에서 사용된 병풀은 충북 충주의 농업회사법인 (주) 병풀농원(Chungju, Korea)에서 구입하여, (주) 참선진 녹즙(Jincheon, Korea)에서 병풀을 추출하고, 이를 첨가하여 음료를 조제하였다. 병풀 추출물은 생초를 60℃에서 열풍건조한 후 건조된 병풀을 물 1 L에 대하여 0.1, 1.0 및 2.0%의 비율(Table 1)로 넣은 후 100℃에서 15시간 동안 열수추출 및 여과(Advantec, Tokyo, Japan)를 진행하여 제조하였다. 이후 병풀 추출물 함유 음료는 55% 병풀 추출물과 음료의 맛과 향을 개선할 목적으로 20% 샐러리 착즙액 및 신선초 착즙액을 혼합하여 여과 과정을 거쳐 병풀 음료 시제품으로 조제하였다. 병풀 추출물이 함유된 음료는 제공받은 즉시 품질유지를 위해 -80℃의 초저온냉동고(Ilshin Biobase, Dongducheon, Korea)에 동결시킨 후 사용 시 해동하고 희석하여 분석에 이용되었다.

### 2. 세포주 및 배양조건

인체 유래 장 상피세포주인 Caco-2는 American Type Culture Collection(ATCC; Manassas, VA, USA)에서 분양받았으며,

Table 1. Extraction conditions for preparing CAE-added beverages

CAE-added beverage		No. 1		No. 2		No. 3	
		Contents (%)	Contents (g)	Contents (%)	Contents (g)	Contents (%)	Contents (g)
Extraction conditions	<i>C. asiatica</i>	0.1	1.0	1.0	10.0	2.0	20.0
	Water	99.9	999.0	99.0	990.0	98.0	980.0
	Total	100	1,000	100	1,000	100	1,000

20% fetal bovine serum(FBS; Gibco, Waltham, MA, USA) 및 1% penicillin-streptomycin(P/S; GenDEPOT, Katy, TX, USA)을 첨가한 minimum essential medium(MEM; Gibco)에서 배양하였다. 마우스 유래 RAW 264.7 대식세포주는 한국세포주 은행(Korean Cell Line Bank; KCLB, Seoul, Korea)에서 분양받았으며, 10% FBS 및 1% P/S를 첨가한 Dulbecco's Modified Eagle Medium(DMEM; Hyclone, San Angelo, TX, USA)에서 배양하였다. 두 개의 세포주는 5% CO<sub>2</sub>를 유지하는 배양기(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)에서 37°C 조건으로 배양하여 연구에 이용하였다.

### 3. 장 상피세포(Caco-2)를 이용한 항염증 활성

인체 유래 장 상피세포인 Caco-2 세포주를 이용하여 병풀 추출물이 함유된 음료의 처리에 의한 항염증 활성을 평가하기 위하여 Caco-2세포를 96-well plate에  $4 \times 10^5$  cells/well로 200  $\mu$ L씩 분주하고 배양기에서 monolayer를 형성할 때까지 배양하였다. 이후 배양 상등액을 제거한 후 serum free-MEM(SFM) 160  $\mu$ L를 분주하고 농도별로 희석한 시료를 20  $\mu$ L 처리하여 1시간 동안 배양하고, interleukin(IL)-1 $\beta$ 를 20  $\mu$ L를 처리하여 24시간 동안 재배양하여 염증 억제모형을 형성하였다. Caco-2 세포주에 대한 시료 독성평가는 0.5 mg/mL 농도의 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide) 시약을 처리하여 30분간 반응하고, 이후 상등액을 제거하고 100  $\mu$ L의 DMSO(dimethyl sulfoxide)를 분주하여 보라색의 crystal을 용해시켜 550 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 IL-1 $\beta$  처리군에 대한 세포 생존율(cell viability, %)을 나타냈다. 세포주에서 분비된 염증 인자인 IL-6, IL-8, monocyte chemoattractant protein(MCP)-1의 함량은 BD Bioscience(San Diego, CA, USA)의 ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay) kit를 구입하여 분석에 이용하였으며, 제조사에서 제공된 recombinant protein를 이용하여 작성한 표준곡선을 통해 평가하였다.

### 4. 대식세포주(RAW 264.7)를 이용한 항염증 활성

마우스 유래 RAW 264.7 대식세포주를 이용하여 병풀 추출물이 함유된 음료의 처리에 의한 항염증 활성을 평가하였다. 세포주를 96-well plate에  $3 \times 10^5$  cells/well로 200  $\mu$ L씩 분주하고 배양기에서 약 18시간 동안 배양하였다. 이후 배양 상등액을 제거한 후 serum free-DMEM(SFM)을 160  $\mu$ L씩 분주하고 적당한 농도로 희석된 시료를 20  $\mu$ L 처리하여 1시간 동안 배양하고, LPS(lipopolysaccharide; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 20  $\mu$ L를 처리하여 24시간 동안 재배양하였다. LPS 처리에 의해 염증을 유도시킨 RAW 264.7 세포주에 대한 시료 독성평가는 0.1 mg/mL 농도의 MTT 시약을 처리한 후 흡광도를 측정하여 LPS 처리군에 대한 세포 생존율(cell

viability, %)을 나타냈다. 한편, NO(nitric oxide)의 함량은 griess assay를 통해 측정되었으며 sodium nitrate를 이용하여 표준곡선을 작성하여  $\mu$ M로 함량을 평가하였다. IL-6 및 IL-12는 ELISA kit를 이용하여 분석하였으며, 제조사에서 제공된 recombinant protein를 이용하여 작성한 표준곡선을 통해 함량(pg/mL)을 평가하였다.

### 5. HPLC-DAD를 이용한 주요 triterpenoid의 정량 분석

추출 비율을 달리한 병풀 추출물이 함유된 음료 3종에 존재하는 주요 triterpenoid의 함량을 평가하기 위해 Shin 등(2020)의 방법을 참고하여 Table 2와 같은 조건으로 분석을 진행하였다. 분석에 사용한 표준물질은 Sigma-Aldrich에서 구입하였으며, 4 mg/mL 농도의 stock solution으로 조제하고 이를 각각 섞어 1 mg/mL의 working solution으로 조제하여 0.2  $\mu$ m membrane filter(PALL, Port Washington, NY, USA)로 여과한 후 분석하였다. 한편, 시료의 경우에는 각각의 원액을 해동하여 여과한 후 분석에 사용하였으며, 분석한 검량선을 이용하여 시료에 존재하는 성분의 함량을  $\mu$ g/mL로 나타내었다.

### 6. 통계처리

모든 시험 분석은 3번 반복으로 진행하였으며, 결과는 평균 $\pm$ 표준편차(standard deviation; SD)로 나타냈다. 분석 결과는 Statistical Package for the Social Science(SPSS V26, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Levene's test를 실시하여 분산의 동질성을 비교하였으며, 동질성을 갖는 경우 분산분석(analysis of variance; ANOVA)을 실시한 후 분석값 간의 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 사후분석을 통해 검증하였다. 또한, 시료간 유의차를 가지는 경우, 측정값을 나타내는 막대 위에 소문자(stock)와 대문자(dilution)로 표기하여 유의차를 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 병풀 추출물 함유 음료 시제품 3종의 세포주 독성 평가

본 실험에서 진행한 염증 억제 활성은 세포주에 시료를 처리한 후 LPS 또는 사이토카인과 같은 염증 매개 인자를 처리하여 시료처리에 의한 염증성 물질 생산의 억제를 평가하는 시험법으로, 시료의 독성에 의해 세포가 사멸하면 이로 인하여 염증 관련 바이오 마커가 감소되고, 이를 염증 억제 활성으로 오인할 수 있다. 따라서, 이러한 염증억제 활성을 평가하기 전 병풀 추출물 함유 음료의 세포독성 평가를 먼저 진행하였다. Caco-2 세포주의 세포독성 평가 결과는 Fig. 1A에 나타냈으며, 병풀 추출물 함유 음료 3종은 음성대조군(NC;

**Table 2. HPLC conditions for quantitative analysis of major triterpenoids in CAE-added beverages**

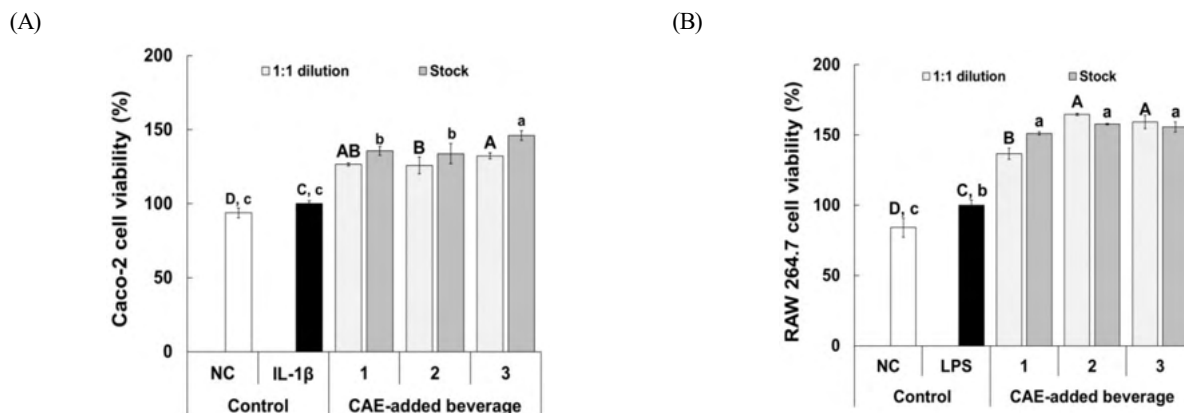
Analysis	Conditions		
Instrument	YL-9100 series (Young Lin Co. Ltd, Anyang, Korea)		
	YMC-Triart C18 (150×4.6 mm, 3 μm, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)		
Mobile phase	Time (min)	Deionized water (%)	Acetonitrile (%)
	0	79	21
	9	79	21
	12	77	23
	20	77	23
	24	65	35
	30	65	35
	32	56	44
	34	33	67
	42	33	67
	45	0	100
	50	79	21
	65	79	21
Column temp.	30°C		
Flow rate	0.8 mL/min		
Detector	Uv at 205 nm		
Injection volume	20 μL		
Data calculator	Clarity system		

normal control) 및 IL-1β 처리군과 비교하여 모든 시료에서 세포의 생존율에 영향이 없는 것으로 나타났다. 시료 처리군의 세포 생존율이 80% 이상이면 일반적으로 세포독성은 없는 것으로 알려져 있으므로(López-García 등 2014), 3종 음료 모두 장 상피세포주에 대한 세포독성은 없는 것으로 확인되었다. 특히, 병풍 추출물 함유 음료의 처리가 IL-1β 처리군 대비 통계적으로 유의한 세포증식능을 나타낸 것은, Díaz-Coránguez 등(2019)이 장 상피의 치밀결합이 세포 증식 및 분화와 밀접한 관련이 있음을 보고한 연구결과로부터, 병풍 추출물 함유 음료의 처리를 통해 치밀결합이 조직 장벽을 형성하고 유지하는데 필요한 장상피의 세포 증식에 기여할 수 있을 것으로 추정되었다. 한편, 이러한 시료의 무독성은 마우스 유래 RAW264.7 대식세포주의 세포 독성 평가에서도 유사하게 나타나, NC 대조군 및 LPS 처리군 대비 장 상피세포주와 마찬가지로 오히려 36.7~55.7%의 통계적으로 유의한 세포 증식능을 나타내었다(Fig. 1B). 결론적으로 세포독성 평가를 종합한 결과, 병풍 추출물 함유 음료는 두 세포주에서 모두 대

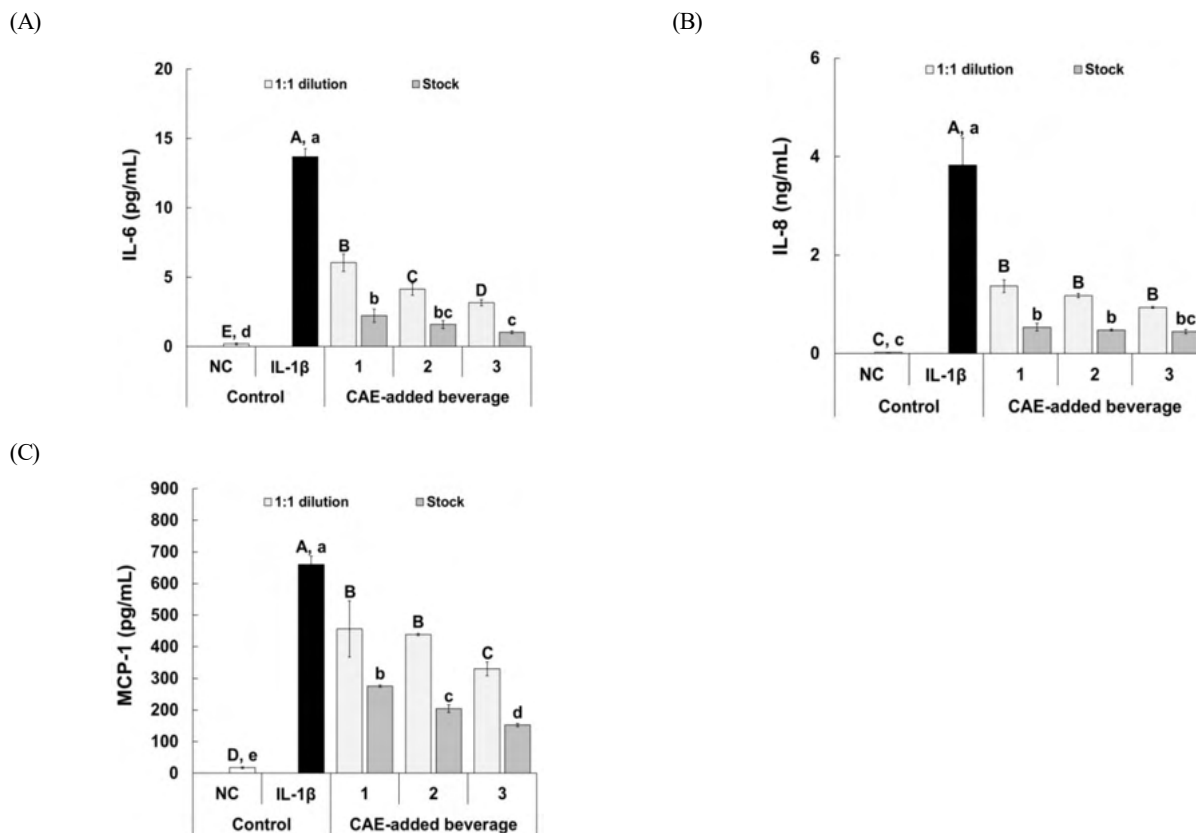
조군 대비 유의한 세포독성을 나타내지 않았으므로 위 농도에서 장내 면역조절 관련 바이오 마커의 분석을 진행하였다.

## 2. 장 상피세포주(Caco-2)를 이용한 장 염증 억제 활성

IL-1β 처리로 인해 자극된 Caco-2 세포주는 전염증성 사이토카인 IL-6와 IL-8 및 MCP-1과 같은 케모카인을 생성하여 장 점막에 염증을 유도하는 것으로 알려져 있다(Tesoriere 등 2014). 따라서, 인간 유래 장 상피세포인 Caco-2 세포주에 IL-1β를 처리하여 염증반응을 유도시킨 후 병풍 추출물이 함유된 음료 3종을 첨가하여 항염증 활성을 측정하였다. 먼저, 세포주에서 과량 생산 시 만성 염증 및 자가면역 질환을 유발시키는 친염증성 사이토카인인 IL-6의 억제 활성을 평가한 결과는 Fig. 2A에 나타났다. 음성대조군의 경우에 IL-6 생성량은 0.2 pg/mL인 반면, IL-1β 처리군은 10 ng/mL 농도에서 13.7 pg/mL의 IL-6 생성량을 나타내어 통계적으로 유의한 수준에서 염증 유도 모델이 효과적인 것을 확인하였다. 시료의 처리에 따른 장 염증 억제활성 결과, 1번 음료는 2배 희석 및 원액에서 IL-1β 처리군 대비 각각 6.1 및 2.2 pg/mL의 생성으로 통계적으로 유의한 IL-6 억제 활성(IL-1β 처리군 농도 대비 55.7 및 83.7% 억제)을 나타냈으며, 2번 음료도 각각 4.1 및 1.6 pg/mL 생산으로 유의한 IL-6 억제 활성(69.7 및 88.4% 억제)을 보였다. 한편, 3번 음료는 원액 및 2배 희석에서 IL-1β 처리군 대비 각각 3.2 및 1.0 pg/mL의 IL-6 생성능을 나타내어 3번 음료가 가장 우수한 장 염증 억제 활성(76.9 및 92.4% 억제)을 나타내는 것을 확인하였다. 다음으로 호중구를 활성화시켜 염증반응을 증폭시키는 IL-8 억제 활성을 평가한 결과를 Fig. 2B에 나타났다. 1번 음료의 2배 희석 및 원액에서 IL-1β 처리군 대비 각각 1.4 및 0.5 ng/mL의 생산으로 통계적으로 유의한 IL-8 억제 활성(64.2 및 86.0% 억제)을 나타냈으며, 2번 음료에서는 각각 1.2 및 0.5 ng/mL 농도로 유의한 IL-8 억제 활성(69.2 및 87.6% 억제)을 나타냈다. 3번 음료도 IL-1β 처리군 대비 각각 0.9 및 0.4 ng/mL의 생산능으로 가장 우수한 IL-8 억제 활성(75.6 및 88.3%)을 보였으나 1번 및 2번 음료와 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 마지막으로 단핵구와 대식세포를 유인하여 염증을 유도하는 케모카인인 MCP-1의 억제 활성을 평가한 결과는 Fig. 2C와 같다. 1번 및 2번 음료의 2배 희석 및 원액에서는 IL-1β 처리군 대비 각각 456.0 및 275.6 ng/mL과 438.5 및 204.4 ng/mL의 생산으로 IL-1β 처리군과 통계적으로 유의한 MCP-1 억제 활성(IL-1β 처리군 농도 대비 30.9 및 58.2% 억제; 33.6 및 69.0% 억제)을 나타냈다. 한편, 3번 음료는 IL-1β 처리군 대비 각각 330.3 및 152.5 ng/mL의 MCP-1 생성능을 나타내어 1번 및 2번 음료보다 유의적으로 우수한 억제활성(49.9 및 78.6%)을 나타내었다. 결론적으로 IL-1β로 유도된 Caco-2 세포주



**Fig. 1.** Cytotoxic effect of CAE-added beverages against Caco-2 cell (A), and RAW 264.7 macrophage (B). Each beverage was treated to Caco-2 or RAW 264.7 cells, and IL-1 $\beta$  or LPS were subsequently stimulated for 24 h. Results are expressed as mean $\pm$ S.D. of three independent tests in triplicate. Means with different letters (lowercase; stock and uppercase; dilution) above the bars are significantly different between groups at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. 1; 0.1% CAE-added beverage, 2; 1% CAE-added beverage, and 3; 2% CAE-added beverage.



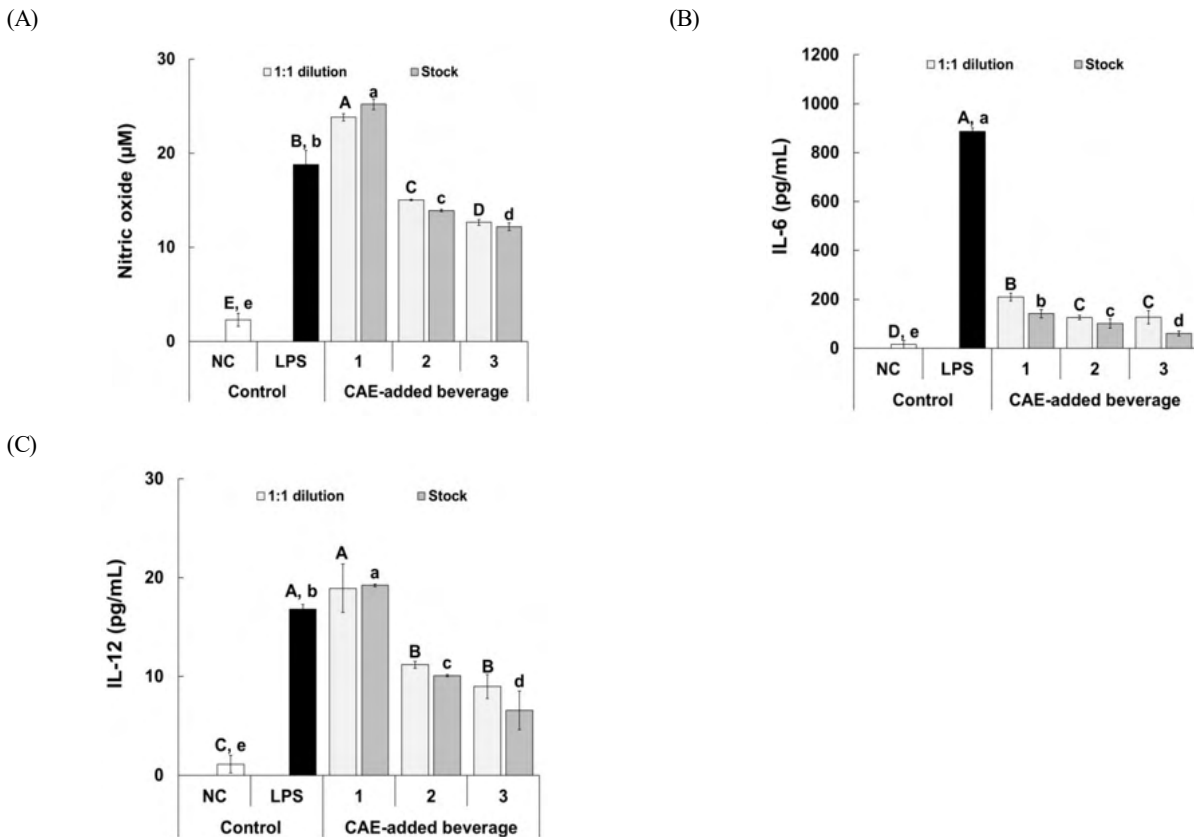
**Fig. 2.** Anti-inflammatory effect of CAE-added beverage on IL-1 $\beta$ -stimulated Caco-2 cell. Caco-2 cells were treated with each beverage followed by IL-1 $\beta$  treatment for 24 h, and the production of IL-6 (A), IL-8 (B), and MCP-1 (C) was evaluated. Results are expressed as mean $\pm$ S.D. of three independent tests in triplicate. Means with different letters (lowercase; stock and uppercase; dilution) above the bars are significantly different between groups at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. 1; 0.1% CAE-added beverage, 2; 1% CAE-added beverage, and 3; 2% CAE-added beverage.

의 염증억제 활성 평가결과, 병풀 추출물 함유 모든 음료에서 유의적인 억제활성을 확인할 수 있었으며, 2.0% 병풀 추출물이 함유된 3번 음료에서 염증 억제 활성이 증가하지만 상대적으로 0.1% 병풀 추출물이 함유된 1번 음료에서도 효과적인 염증 억제활성을 나타냄으로써 산업적인 활용가능성을 높여주었다. Praengam 등(2021)의 연구에 따르면 병풀을 이용한 추출물이 IL-1 $\beta$ 로 염증을 유발시킨 Caco-2 세포주에서 전염증성 사이토카인인 IL-6, IL-8 및 TNF- $\alpha$ 의 생산을 감소시킨다는 점에서 본 연구와 유사한 것을 확인할 수 있었으며, 병풀 추출물 및 병풀 추출물 함유 음료의 처리를 통해 전염증성 사이토카인/케모카인의 생성을 감소시켜 장 염증을 억제할 수 있는 기능성 소재로서의 개발가능성을 제시할 수 있었다.

### 3. 대식세포주(RAW 264.7)에서의 염증 억제 활성

선천면역과 적응면역에서 방어와 조절에 관여하는 대식

세포주는 염증 발생 시 사이토카인을 분비하여 신속하게 면역세포를 활성화시켜 초기방어에 중요한 역할을 수행하는 것으로 알려져 있으며(Kim 등 2018a), 장내에 분포하여 소장 과 대장의 장벽 기능을 조절하고 장의 항상성을 유지하는데 기여한다(Kühl 등 2015). 그러나, LPS 처리로 인해 자극을 유도시킨 RAW 264.7은 IL-1 $\beta$ , IL-6와 같은 염증성 사이토카인을 생성하여 급성 및 만성 염증반응을 유도시킨다(Kim & Kim 2015). 따라서, 본 연구에서는 대식세포주에 병풀 추출물이 함유된 음료를 처리하였을 때 생성되는 염증 유발 인자에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 먼저, 과잉 생산 시 염증반응을 촉진시키는 NO의 억제 활성 평가 결과를 염증 유도 반응에서 평가하였는데, NC 대조군의 경우, NO 생성량은 2.3  $\mu$ M로 확인되었고 LPS 처리군은 1  $\mu$ g/mL의 농도에서 18.8  $\mu$ M의 NO 생성량을 나타내어 염증 유도 모델이 효과적으로 형성된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3A). 시료처리의 결



**Fig. 3.** Anti-inflammatory effect of CAE-added beverage on LPS-stimulated RAW 264.7 cell. RAW 264.7 cells were treated with each beverage followed by LPS treatment for 24 h, and production of NO (A), IL-6 (B), and IL-12 (C) was evaluated. Results are expressed as mean $\pm$ S.D. of three independent tests in triplicate. Means with different letters (lowercase; stock and uppercase; dilution) above the bars are significantly different between groups at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. 1; 0.1% CAE-added beverage, 2; 1% CAE-added beverage, and 3; 2% CAE-added beverage.

과, 1번 음료는 LPS 처리군 대비 통계적으로 유의한 NO 억제 활성은 확인되지 않았으나, 2번 및 3번 음료의 2배 희석 및 원액에서 LPS 처리군 대비 각각 15.0 및 13.9  $\mu\text{M}$ 와 12.6 및 12.2  $\mu\text{M}$ 의 NO 생성을 나타내어, LPS 처리군 생산 대비 22.7~29.5%와 37.2~40.0%의 통계적으로 유의한 NO 억제 활성이 나타나는 것으로 확인되었다. 다음으로 IL-6의 억제 활성은 Fig. 3B에 나타내었는데, 1번 음료의 2배 희석 및 원액에서는 LPS 처리군 대비 각각 209.5 및 141.0 pg/mL의 IL-6 생성능을 나타내어 통계적으로 유의한 억제 활성(LPS 처리군 대비 77.7~85.6% 억제)을 나타내었다. 한편, 2번 음료의 경우에는 2배 희석 및 원액에서 LPS 처리군 대비 각각 125.3 및 101.3 pg/mL의 유의한 IL-6 억제 활성(87.4~90.2% 억제)을 나타냈으며, 3번 음료는 LPS 처리군 대비 각각 126.7 및 60.9 pg/mL의 생산으로 원액에서 다른 시료보다 유의적으로 높은 IL-6 억제 활성(87.3~94.8% 억제)을 나타냈다. 마지막으로 IFN- $\gamma$ 의 natural killer 및 T 세포에서 생산을 유도하여 염증을 유발하는 IL-12 억제 활성을 평가한 결과는 Fig. 3C에 나타냈다. 1번 음료의 경우, LPS 처리군 대비 통계적으로 유의한 IL-12 억제 활성은 확인되지 않았으나, 2번 및 3번 음료의 2배 희석 및 원액에서 LPS 처리군 대비 각각 11.2 및 10.1 pg/mL과 9.0 및 6.6 pg/mL의 IL-12 생성을 나타내어, LPS 처리군 농도 대비 35.7~42.8%와 49.8~65.1%의 통계적으로 유의한 IL-12 억제 활성을 나타냈다. Cho 등(2020)은 LPS로 유도된 RAW 264.7 세포주에서 병풀 추출물 처리 시 친염증성 사이토카인인 iNOS(inducible nitric oxide synthase), IL-1 $\beta$ , IL-6 및 TNF- $\alpha$ 의 mRNA 발현량 감소를 보고하였는데, 본 연구에서는 세포주에서 분비되는 염증성 인자 자체의 농도분석을 통해 억제활성을 측정하였기에 향후 mRNA gene expression 또는 immunoblotting을 통한 구체적인 염증 억제 활성 및 기작에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 결론적으로 Caco-2 세포와 RAW264.7 세포의 염증 억제 활성을 종합한 결과, 병풀 추출물 함유 음료는 장 상피세포주와 대식세포주에서 IL-1 $\beta$  및 LPS 처리로부터 유도된 염증반응을 억제하는 활성을 확인할 수 있었으며, 추후 장 건강 개선에 관한 건강 기능성 식품 소재로의 활용가능성을 제시할 수 있었다.

#### 4. 병풀 추출물이 함유된 음료의 주요 triterpenoid 분석

병풀은 madecassoside, asiaticoside, madecassic acid 및 asiatic acid 등과 같은 triterpenoid 화합물을 함유하고 있으며(Eom 등 2021), 이러한 triterpenoid 화합물은 상처치료(Kil 등 2018), 콜라겐 합성(Seong 등 2021), 항생제 및 항염증제(Kim 등 2018b) 등의 효능을 가지고 있다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 병풀 추출물이 함유된 음료 3종이 Caco-2 및 RAW 264.7 세포주에서 염증을 억제하는 활성을 확인하였으므로

이러한 활성과 주요 triterpenoid의 상관성을 확인하고, 병풀 추출물 함유 장 염증 개선 음료의 산업화를 위한 지표물질의 제시를 위하여 4종의 triterpenoid를 혼합한 표준물질과 병풀 추출물 함유 음료 3종의 triterpenoid 화합물을 HPLC로 분석하였다(Fig. 4). 병풀 추출물 함유 음료 3종의 주요 triterpenoid 함량을 분석한 결과, 음료 3종에서는 공통적으로 madecassoside, madecassic acid 및 asiatic acid는 검출되지 않았고, asiaticoside만 검출되었다. 본 연구진은 선행연구(Kim 등 2023)에서 병풀 추출물의 지표물질을 확립하기 위한 분석법 검증을 통해 asiaticoside를 지표물질로 확립하였으며, asiaticoside 검출한계와 정량한계를 분석한 결과, 각각 4.99  $\mu\text{g/mL}$  및 15.12  $\mu\text{g/mL}$ 로 확인되었는데 본 연구에서 분석한 병풀 추출물 함유 음료 3종의 asiaticoside의 함량은 각각 19.39, 19.25 및 19.98  $\mu\text{g/mL}$ 로 확인되어, 지표물질로서 활용 가능할 것으로 판단되었다(Table 3). 한편, 병풀 추출물 함유 음료 3종간에 asiaticoside의 함량은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 0.1% 병풀 추출물이 함유된 1번 음료에서도 우수한 장 염증 억제활성이 나타난 원인으로 볼 수도 있으나, 병풀 원료의 양에 따른 asiaticoside의 함량 간의 상관성을 높이지 않았기에 활성물질보다는 지표물질로서의 의미가 높은 것으로 사료된다. 따라서, 병풀 추출물 함유 음료 3종의 주요 triterpenoid 분석결과, asiaticoside는 지표물질로서의 활용가능성은 확인할 수 있었지만, 장내 면역조절에 관여하는 활성과 지표성분 간의 상관관계는 좀 더 확인이 필요하므로 향후 용매의 극성도에 따른 용매 분획, 컬럼크로마토그래피 등을 통한 방법을 통해 장내 면역조절에 관여하는 유효/활성 물질에 대한 규명이 필요할 것으로 판단된다.

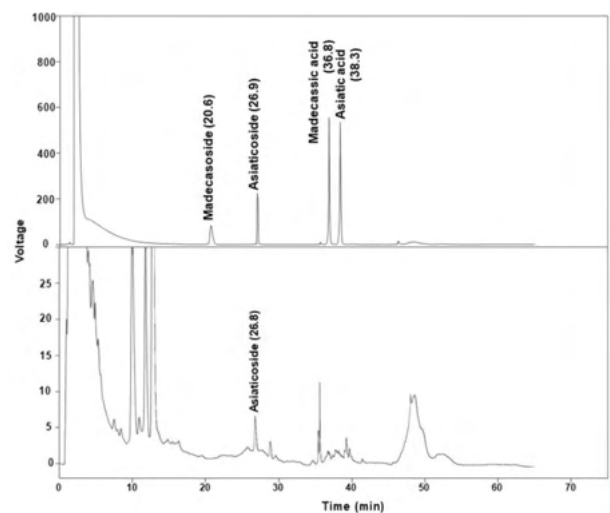


Fig. 4. HPLC chromatogram of triterpenoid standard mixture, and 2% CAE-added beverage.

**Table 3. Contents of major triterpenoids in CAE-added beverages**

Major triterpenoids	Madecassoside ( $\mu\text{g/mL}$ )	Asiaticoside ( $\mu\text{g/mL}$ )	Madecassic acid ( $\mu\text{g/mL}$ )	Asiatic acid ( $\mu\text{g/mL}$ )
CAE-added beverages	1	n.d <sup>1)</sup>	19.39 $\pm$ 0.51 <sup>n,s2)</sup>	n.d
	2	n.d	19.25 $\pm$ 0.66	n.d
	3	n.d	19.98 $\pm$ 1.05	n.d

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Not significant.

All results are expressed as mean $\pm$ S.D. for three independent experiments. 1; 0.1% CAE-added beverage, 2; 1% CAE-added beverage, and 3; 2% CAE-added beverage.

## 요약 및 결론

병풀(*Centella asiatica*) 추출물(CAE)을 함유하는 장관 면역 조절 음료를 제조하기 위하여, CAE가 첨가된 음료 시제품 3종을 제조하고 이들의 활성과 생산을 위한 지표물질을 분석하였다. 먼저, CAE가 첨가된 음료의 면역 조절효과를 평가하기 위하여 세포주에 대한 독성 결과, 어떤 음료도 염증 유발균에 비해 유의적인 독성을 나타내지 않았다. 염증 억제활성 평가에서, 병풀 추출물 첨가 음료 시제품 3종은 IL-1 $\beta$ 로 유도된 Caco-2 세포주에서 장내 염증성 사이토카인인 IL-6, IL-8 및 MCP-1의 생성을, LPS로 유도된 RAW 264.7 세포주에서는 NO, IL-6 및 IL-12의 생성을 유의미하게 감소시키는 염증 억제활성을 나타내었다. 또한, 병풀 추출물의 첨가에 따른 농도 의존적인 활성을 나타내었으나, 첨가량이 낮은 음료 시제품(0.1%)에서도 우수한 활성을 나타내어 산업적인 활용가능성을 확인할 수 있었다. 한편, CAE가 첨가된 음료 제품화를 위한 지표물질로서 주요 triterpenoids를 HPLC-DAD로 분석한 결과, asiaticoside만이 정량한계를 초과하여 검출되었으며, madecassoside, madecassic acid, asiatic acid는 검출되지 않았고, 음료 시제품간 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않아 면역조절 활성성분으로서의 규명은 향후 필요할 것으로 판단된다. 결론적으로, CAE가 첨가된 음료 시제품은 장내 염증 세포주 모델에서 향상된 면역 조절 효과를 입증했으며, asiaticoside가 CAE가 첨가된 음료 생산을 위한 지표물질로 사용될 수 있음을 시사했다.

## 감사의 글

본 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(2021RIS-001; 핵심기술개발사업).

## References

- Cho YC, Vuong HL, Ha J, Lee S, Park J, Wibow AE, Cho S. 2020. Inhibition of inflammatory responses by *Centella asiatica* via suppression of IRAK1-TAK1 in mouse macrophages. *Am J Chin Med* 48:1103-1120
- Choi JN, Lee HJ, Lee YJ, Jeong JT, Lee JH, Chang JK, Park CG. 2020. Growth characteristics and asiaticoside content, and antioxidant activities in *Centella asiatica* by cultivation and irrigation methods. *Korean J Med Crop Sci* 28:254-259
- Choi JN, Oh MW, Lee HJ, Lee JH, Jeong JT, Lee YJ, Park CG. 2021. Comparison of growth characteristics, asiaticoside content and antioxidant activities of *Centella asiatica* (L.) Urb. *Korean J Plant Res* 34:44-51
- Choi S, Bae H. 2013. The effects of *Centella asiatica* extract and micro needle therapy system on the women's facial skin. *Korean J Aesthet Cosmetol* 11:787-794
- Díaz-Coránguez M, Liu X, Antonetti DA. 2019. Tight junctions in cell proliferation. *Int J Mol Sci* 20:5972
- Eom HJ, Shin HY, Ji YM, Kwon NR, Yoon HS, Kim IJ, Song Y, Yu KW. 2021. Nutritional components and physiological activity of *Centella asiatica* cultured in Chungju by drying method. *Korean J Food Nutr* 34:165-173
- Farhadi A, Banan A, Fields J, Keshavarzian A. 2003. Intestinal barrier: An interface between health and disease. *J Gastroenterol Hepatol* 18:479-497
- Ha JE, Jang EJ, Im SG, Sohn HS. 2019. Medication use and drug expenditure in inflammatory bowel disease: Based on Korean National Health Insurance Claims Data (2010-2014). *Korean J Clin Pharm* 29:79-88
- Han K, Kim K, Wang J, Kim H. 2013. Effect of unfermented and fermented *Atractylodes macrocephalae* on gut permeability

- and lipopolysaccharide-induced inflammation. *J Korean Med Obes Res* 13:24-32
- Han M, Lee S, Lim J, Lee H, Han M, Kim W, Park I, Son SC. 2008. Assessment of intestinal permeability using polyethylene glycol in liver cirrhosis with ascites. *Chonnam Med J* 44:87-92
- Kil YS, Sin SM, Lee DY, Jeong WM, Yang K, Lee SW, Kim YH, Goo YM. 2018. Analysis of triterpene glycoside levels and antioxidant activity in the different shoot tissues of *Centella asiatica* (L.) Urban. *J Life Sci* 28:917-922
- Kim EH, Gwak JY, Chung MJ. 2018a. Immunomodulatory activity of *Platycodon grandiflorum*, *Codonopsis lanceolata*, and *Adenophora triphylla* extracts in macrophage cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1069-1075
- Kim KB, Kim HW, Lee JS, Yoon SM. 2020. Inflammatory bowel disease and vitamin D. *Korean J Gastroenterol* 76: 275-281
- Kim MK, Kim DY. 2015. Anti-inflammatory effect of barley leaf ethanol extract in LPS-stimulated RAW264.7 macrophage. *Korean J Food Preserv* 22:735-743
- Kim WI, Ko YG, Park MR, Jung KH, Kwon OH. 2018b. Preparation and characterization of polyurethane foam dressings containing natural antimicrobial agents for wound healing. *Polym Korea* 42:806-812
- Kim YS, Shin HY, Ha EJ, Koo JP, Jeong SB, Kim G, Jeung MY, Yu KW. 2023. Validation of asiaticoside as marker compound of *Centella asiatica* juice and extract, and its antioxidant activity. *Korean J Food Nutr* 36:93-102
- Kühl AA, Erben U, Kredel LI, Siegmund B. 2015. Diversity of intestinal macrophages in inflammatory bowel diseases. *Front Immunol* 6:613
- López-García J, Lehocký M, Humpolíček P, Sába P. 2014. HaCaT keratinocytes response on antimicrobial atelocollagen substrates: Extent of cytotoxicity, cell viability and proliferation. *J Funct Biomater* 5:43-57
- Nam AY, Lee DS, Shin KS. 2022. Improvement effects on inflammatory bowel disease of ethanol extract isolated from *Saururus chinensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:205-212
- Orhan IE. 2012. *Centella asiatica* (L.) urban: From traditional medicine to modern medicine with neuroprotective potential. *Evid Based Complement Alternat Med* 2012:946259
- Park WS. 2017. A study on relationship between Nagoya protocol and international treaty on plant genetic resources for food and agriculture-Focus on possible policy and practical approaches for food and agricultural industries. *Chung-Ang Law Rev* 19:33-66
- Pithadia AB, Jain S. 2011. Treatment of inflammatory bowel disease (IBD). *Pharmacol Rep* 63:629-642
- Praengam K, Tuntipopipat S, Muangnoi C. 2021. Protective effects of ethanol extract and bioaccessible fraction of *Centella asiatica* against IL-1 $\beta$ -induced inflammation and oxidative stress in human intestinal Caco-2 cells. *Thai J Toxicol* 36:71-85
- Seong EJ, Heo H, Oh S, Kim D, Jang KI, Lee J. 2021. Optimization of ultrasound-assisted extraction for triterpene compounds from *Centella asiatica* using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50:294-300
- Shin HY, Kim H, Jeong EJ, Kim JE, Lee KH, Bae YJ, Yu KW. 2020. Bioactive compounds, anti-oxidant activities and anti-inflammatory activities of solvent extracts from *Centella asiatica* cultured in Chungju. *Korean J Food Nutr* 33: 692-701
- Tesoriere L, Attanzio A, Allegra M, Gentile C, Livrea MA. 2014. Inducible nitric oxide synthase (iNOS) inhibition by NADPH oxidase (NOX)-1 activation and NF- $\kappa$ B-dependent release of inflammatory mediators and prevents the increase of epithelial permeability in IL-1 $\beta$ -exposed Caco-2 cells. *Br J Nutr* 111:415-423
- Tlaskalova-Hogenova H, Tuckova L, Mestecky J, Kolinska J, Rossmann P, Stepankova R, Kozakova H, Hudcovic T, Hrnecir T, Frolova L, Kverka M. 2005. Interaction of mucosal microbiota with the innate immune system. *Scand J Immunol* 62:106-113
- Widgerow AD, Chait LA, Stals R, Stals PJ. 2000. New innovations in scar management. *Aesthetic Plast Surg* 24: 227-234

---

Received 5 October, 2023

Revised 23 October, 2023

Accepted 31 October, 2023



## 아로니아로 제조한 와인의 항산화 활성

장혁순 · 이난희\* · †최웅규\*\*

한국교통대학교 식품공학과 대학원생, \*대구한의대학교 메디푸드HMR산업학과 교수, \*\*한국교통대학교 식품공학과 교수

### Antioxidant Activities of Wine Fermented with Aronia (*Aronia melanocarpa*)

Hyeock-Soon Jang, Nan-Hee Lee\* and †Ung-Kyu Choi\*\*

Graduate School Student, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

\*Professor, Dept. of Medi-Food HMR Industry, Daegu Hanny University, Gyeongsan 38578, Korea

\*\*Professor, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

#### Abstract

This study investigated the antioxidant activities of wine made with aronia (*Aronia melanocarpa*). The ethanol concentration of the aronia wine was increased up to  $7.8 \pm 0.1\%$  on the 8th day of fermentation. Compared to other types of wine, the total amount of organic acids was highest in raspberry wine, followed by grape wine, aronia wine, and aronia juice. Because, acetic, oxalic, and succinic acids were not detected in the aronia juice, but were detected in the aronia wine, it was determined that they were produced during alcohol fermentation. The polyphenol content in the aronia juice and wine was higher than in the grape wine and raspberry wine and was twice as much in the aronia wine than in the aronia juice. The flavonoid content in aronia juice and wine was higher than in commercial grape wine and raspberry wine. The DPPH radical scavenging ability was higher than 50% in the aronia wine and juice samples. ABTS radical scavenging activity was higher in aronia juice and wine than in raspberry wine and grape wine. The results of this study suggest that the development of wine with high antioxidant activity is possible if wine is made with aronia.

Key words: aronia, wine, antioxidant activity, ethanol concentration, organic acids

#### 서 론

포도를 주원료로 양조된 와인은 프랑스를 비롯한 유럽이 주산지이며 프랑스인이 미국인에 비해 심혈관질환의 발병률이 낮다는 사실이 보고되면서 세계적으로 소비량이 확대되고 있다(Renaud & de Lorgeril 1992). 우리나라는 와인 수입이 전면 개방된 1990년도부터 유럽산 와인이 주로 수입되다가 한·칠레 자유무역협정 이후 중저가인 칠레산 와인의 수입량이 증가함에 따라 소비량과 소비계층 모두 확대되고 있다(Lee 등 2013). 이에 따라 국내에서도 복분자(Seo 등 2014), 머루(Kang 등 2009) 등 특산물을 이용한 와인의 개발이 활발하게 진행되고 있다.

아프리카가 원산지인 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 장

미과(Rosaceae)에 속하는 베리류의 식물열매로 폴리페놀, 비타민, 플라보노이드 등을 다량 함유하고 있어(Tanaka & Tanaka 2001) 열매를 약용 또는 식용으로 이용되고 있다(Chung HJ 2014). 우리나라에는 2006년에 도입되어 경북 상주, 전북 고창 및 충북 단양 등에서 주로 재배하고 있으나(Lee JA 2017) 특유의 강한 떫은맛과 신맛으로 생과로써 많은 공급량에 비해 소비가 활발하지 못하여 가격이 상대적으로 낮은 실정이며(Yun 등 2017), 주로 가공제품의 원료로 이용되고 있다(Yoon 등 2014).

아로니아의 기능성에 관한 연구로 아로니아에 함유된 안토시아닌에 의한 콜레스테롤 감소효과가 높으며(Kähkönen 등 1999), 이는 심혈관계와 소화기계 질환에 긍정적 효과를 보이는 것으로 확인된 바 있다(Sikora 등 2012). 또한 면역력증강

† Corresponding author: Ung-Kyu Choi, Professor, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5242, Fax: +82-43-820-5240, E-mail: ukchoi@ut.ac.kr

과 압 예방(Handeland 등 2014; Hwang & Hwang 2015), 항염증 (Ohgami 등 2005) 효과 등 다양한 가능성이 보고되고 있다.

아로니아는 재배면적의 확대와 항산화 활성 등이 밝혀지면서 아로니아를 활용한 요구르트 드레싱(Park 등 2015), 청포묵(Hwang & Thi 2014), 쿠키(Lee & Yoon 2016), 혼합 잼(Park 등 2016), 식빵(Yoon 등 2014), 막걸리(Lee 등 2014), 설기떡(Park EJ 2014)과 같은 다양한 가공제품이 개발되고 있다. 아로니아 와인에 관한 연구로 아로니아와 캠벨얼리의 혼합비율에 따른 아로니아의 품질특성과 향기성분이 분석된 바 있다(Yoon 등 2017).

본 연구진은 아로니아를 활용한 다양한 가공제품 개발의 일환으로 아로니아의 알코올 발효특성을 조사하여 보고한 바 있으며(Jang & Choi 2019), 본 연구에서는 아로니아 열매로 와인을 제조하여 항산화활성을 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

전라북도 무주군 설천면에서 2021년 수확된 아로니아를 현지 농장에서 구매하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 로 급속 냉동시켜 보관하면서 사용하였다. 와인 제조에 사용된 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11215(이하 *S. cerevisiae*)를 이용하였고, 그의 분석에 이용된 시약은 모두 특급시약이었다.

### 2. 아로니아 와인 제조

와인 제조를 위해서 아로니아를 분쇄하여 must 형태로 만든 후 메타중아황산칼륨( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ )을 100 ppm이 되도록 첨가하여 6시간 동안 상온에서 방치한 후 설탕을 첨가하여  $20^{\circ}$  Brix로 맞추었다. 미리 배양해둔 *S. cerevisiae*를 전체 아로니아즙 무게의 0.02%가 되게 접종한 후  $18^{\circ}\text{C}$ 에서 10일간 알코올 발효를 진행하면서 매 2일마다 샘플을 채취하여 분석에 이용하였다. 복분자 와인과 포도 와인의 경우 아로니아 와인 과 동일한 방법으로 제조하여 대조구로 사용하였다.

### 3. 알코올 농도 측정

알코올 농도는 시료 100 mL를 알코올 증류장치로 증류한 다음 증류액을 약 70 mL 얻어낸 뒤 증류수를 첨가해 100 mL까지 맞추어 희석하였다. 희석액은 온도를 보정한 다음 전자 알코올 측정기(Atago, PET-109, Tokyo, Japan)와 정밀 주정계로 주정환산표를 참고하여 알코올 농도를 측정했다. 가용성 고형물(Brix)은 시료를 채취해 원심분리기(Hanil, Micro-12, Korea)로 3,000 rpm, 15분간 원심분리한 뒤 상등액을 취하여 전자 당도계(Atago, PAL-1, Tokyo, Japan)를 이용해 측정했다.

### 4. 유기산 함량 분석

유기산 분석을 위해서 아로니아 와인 시료를 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리한 뒤 상등액을 취해  $0.45\ \mu\text{m}$  membrane filter로 여과한 후, Sep-pak cartridge  $C_{18}$ (Waters Associates, Milford, MA, USA)에 통과시켜 불순물을 제거한 용액을 시료로 사용하였으며 Sunfire  $C_{18}$   $5\ \mu\text{m}$  컬럼을 장착한 HPLC (Agilent 1260 Series, Agilent Technologies, CA, USA)를 이용해 분석하였다. 이동상은  $0.01\text{N H}_2\text{SO}_4$ , 유속은  $1.0\ \text{mL}/\text{min}$ , 시료 주입량은  $10\ \mu\text{L}$ 로 하였으며, UV 210 nm에서 검출했다. 표준물질은 acetic, citric, malic, tartaric, succinic, oxalic 및 lactic acid (Sigma-Aldrich Co, St Louis, MO, USA)을 정량분석에 사용하였다.

### 5. 총 폴리페놀 함량 분석

Folin-Denis법(Gutfinger T 1981)을 변형하여 각각의 시료 원액 1.0 mL에 1.0 N Folin-Ciocalteu 시약 및 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액을 각 1.0 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 30분 정치한 후 UV-Vis Spectrophotometer(UV-2450, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 0~200  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였고, gallic acid equivalents(mg GAE/100 mL)로 나타내었다.

### 6. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Jia 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 원액 250  $\mu\text{L}$ 에 5%  $\text{NaNO}_2$  75  $\mu\text{L}$ 를 첨가하여 상온에서 5분간 반응시킨 후에 10%  $\text{AlCl}_3$  150  $\mu\text{L}$ 를 첨가하였다. 이 용액에 1 M NaOH 0.5 mL와 증류수 275  $\mu\text{L}$ 를 첨가한 뒤 UV-Vis Spectrophotometer(Optizen 3220UV, Mecasys Co., Korea)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, catechin을 표준물질로 하여 0~1 mg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

### 7. DPPH radical 소거 활성 측정

아로니아 와인의 DPPH 자유라디칼에 대한 환원력은 Blois MS(1958)의 방법에 따라 측정하였다. 에탄올에 녹인 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 용액 0.8 mL에 시료 원액 0.2 mL를 혼합하여 15분간 반응 후, UV-Vis Spectrophotometer로 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로 항산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA)(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 각 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성(EDA)은 다음과 같이 나타내었다.

$$\text{EDA (\%)} = \frac{(\text{Blank O.D.} - \text{Sample O.D.})}{\text{Blank O.D.}} \times 100$$

### 8. ABTS를 이용한 총 항산화력 측정

ABTS[2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 라디칼을 이용한 항산화력의 측정은 Erkan 등(2008)의 방법을 변형하여 사용하였다. 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 암실에서 12~16시간 동안 반응시켰다. 이를 734 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정한 후 200  $\mu\text{L}$ 를 취하고, 시료 원액 20  $\mu\text{L}$ 를 가하여 실온에서 10분간 반응시켜 UV-Vis Spectrophotometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 9. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 각 군간 유의성 검증은 IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 one-way ANOVA 검정을 시행하여 유의성이 나타난 경우, 유의성 비교는 Duncan's 다중범위 검정법( $p < 0.05$ )을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 알코올 발효에 따른 Ethanol 함량과 산도 변화

아로니아 와인의 발효기간에 따른 에탄올 함량과 산도의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 에탄올 농도는 발효 2일째에  $4.8 \pm 0.1\%$ 를 나타내었으며 8일째와 10일째에 각각  $7.8 \pm 0.1\%$ 와  $7.9 \pm 0.1\%$ 로 유의적 차이가 없어 8일째에 발효가 종료되는 것으로 판단하였다. 이는 당근 주스에 효모를 접종시켜 알코올 발효를 실시한 결과 6-8일 정도 경과한 후 발효가 종료되었으며, 원료의 당함량이 높은 경우 발효가 더 지속되었다는 Lee 등(2016)의 보고와 유사한 결과이다. Maisonnave 등(2013)은 폴리페놀과 안토시아닌이 다량 함유된 블루베리의 알코올 발효 시 발효속도가 느리다고 보고하였는데 본 연구에서 아로니아의 경우 알코올 발효에서의 장애는 관찰되지 않고 원활하게 진행되는 것으로 판단되었다. Lee 등(2014)은 아로니아를 첨가하여 막걸리를 제조한 결과 아로니아 20% 첨가시 알코올 발효가 억제되었으며, 색도 변화와 발효특성을 고려하여 12%를 첨가하는 것이 가장 좋다고 보고한 바 있다. 본 연구결과에서 최종 알코올 농도가 7.9%로 막걸리와 포도 와인 등에 비해 낮은 이유도 이와 유사할 것으로 보이며 향후 다른 과일과의 혼합배양을 통한 고농도 알코올 발효에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

총 산도는 아로니아 착즙액에서  $0.20 \pm 0.02\%$ 로 나타났으

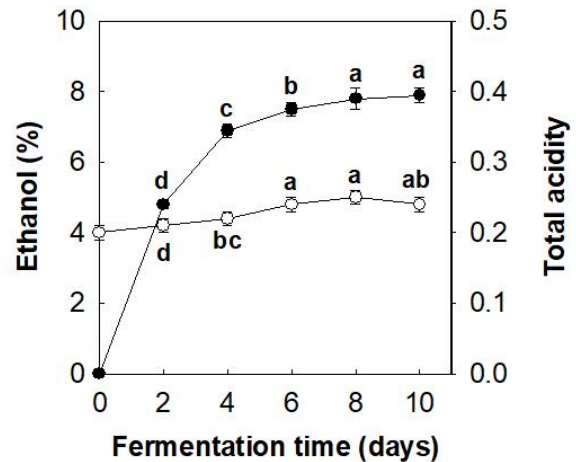


Fig. 1. Changes in the ethanol content and total acidity of aronia wine for the fermentation time (days). ●-●, ethanol; ○-○, total acidity. <sup>a-d</sup>Different superscripts indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. Values are means  $\pm$  standard deviations of triplicate determinations.

며, 발효가 진행되면서 미세하게 증가하여 발효 8일째  $0.25 \pm 0.01\%$ 로 확인되었다. 총 산도에 영향을 미치는 성분은 대부분 유기산들로 발효가 진행됨에 따라 유기산 함량도 약간 증가할 것으로 예상된다. Lee 등(2014)은 아로니아 첨가 막걸리의 산도가 0.67~0.37%의 범위를 나타내어 본 연구결과와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

### 2. 유기산 함량 비교

아로니아 착즙액과 와인의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. 유기산은 acetic, citric, malic, oxalic, succinic, tartaric 및 lactic acid 등 7종이 분석되었다. 유기산의 총량은 복분자 와인이  $710.2 \pm 13.0 \text{ mg}\%$ 로 가장 높았으며, 포도 와인( $661.4 \pm 5.8 \text{ mg}\%$ ), 아로니아 와인( $298.6 \pm 23.7 \text{ mg}\%$ ) 아로니아 착즙액( $111.4 \pm 10.1 \text{ mg}\%$ ) 순으로 높게 나타났다. Acetic acid, oxalic acid 및 succinic acid는 아로니아 착즙액에서는 검출되지 않았으나 아로니아 와인에서는 검출되어 알코올 발효과정에서 생성되는 것으로 판단되었다. 아로니아 와인의 malic acid의 함량이  $92.2 \pm 24.2 \text{ mg}\%$ 로 가장 높게 나타나 malo-lactic fermentation을 유도시켜 lactic acid로 전환시킬 수 있는 방안의 마련이 필요할 것으로 사료되었다. 대추 추출물로 와인을 제조한 후 유기산 함량을 확인한 연구(Eom 등 2016)에서 malic acid는 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였고, citric, lactic 및 succinic acid는 증가하는 경향을 보였음을 보고한 바 있으며, 발효 12일째의 citric과

**Table 1. The contents of organic acid in aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine (mg%, w.b.)**

Organic acid	AJ	AW	RW	BW
Acetic	ND	29.7±4.8 <sup>c</sup>	118.1±5.3 <sup>a</sup>	68.5±2.3 <sup>b</sup>
Citric	7.5±0.1 <sup>d</sup>	12.1±4.6 <sup>c</sup>	28.1±0.7 <sup>b</sup>	556.0±13.2 <sup>a</sup>
Malic	42.1±10.4 <sup>b</sup>	92.2±24.2 <sup>a</sup>	39.4±2.4 <sup>c</sup>	36.4±3.0 <sup>c</sup>
Oxalic	ND	28.0±0.8 <sup>a</sup>	24.3±0.2 <sup>b</sup>	22.0±0.1 <sup>c</sup>
Succinic	ND	15.4±0.9 <sup>c</sup>	49.3±0.5 <sup>a</sup>	27.3±5.3 <sup>b</sup>
Tartaric	45.0±1.9 <sup>c</sup>	57.1±0.6 <sup>b</sup>	143.9±0.8 <sup>a</sup>	ND
Lactic	16.8±0.2 <sup>c</sup>	64.1±1.7 <sup>b</sup>	258.3±4.2 <sup>a</sup>	ND
Total	111.4±10.1 <sup>d</sup>	298.6±23.7 <sup>c</sup>	661.4±5.8 <sup>b</sup>	710.2±13.0 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>Different superscripts indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Values are means±standard deviations of triplicate determinations.

AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine.

succinic acid 함량은 아로니아 와인보다 많이 함유된 반면 malic, lactic 및 tartaric acid는 함량이 낮은 것으로 보고된 바 있다. 과일 와인에서 citric acid는 와인 향에 신선함을 증가시키고 malic acid는 와인의 강한 신맛을 주는 것으로 알려져 있어 향후 발효기간에 따른 유기산 함량의 변화에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 아로니아에 함유된 유기산의 종류와 농도는 안토시아닌 색소의 안정성에 관여하며, 그 중 구연산이 색소를 가장 안정적으로 유지시키는 것으로 보고 되어 있다(Hwang & Ki 2013). 본 연구결과 아로니아 와인의 구연산 함량은 7.5±0.1 mg%로 대조구인 복분자와인과 포도 와인보다 낮게 나타나 향후 아로니아 와인의 저장 중 안토시아닌의 안정성과 색도변화 등에 관한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

### 3. 총 polyphenol 함량과 flavonoid 함량 비교

아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀 함량은 각각 54.9±0.2 mg GAE/100 mL과 95.4±1.3 mg GAE/100 mL로 나타나 대조구로 사용된 포도 와인(38.2±0.1 mg GAE/100 mL)과 복분자 와인(37.5±0.4 mg

GAE/100 mL)보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었다. 또한, 아로니아 착즙액보다 와인에서 2배 가량 증가하였는데 이는 알코올 발효 시 발효조 안에 아로니아 껍질과 과육 등 고형분을 모두 제거하지 않고 발효시켰기 때문에 껍질에 있는 폴리페놀 물질이 발효 중에 용출되어 높게 나타난 점 (Park 등 2014)과 페놀성 화합물의 중합체인 탄닌이 많은 아로니아의 발효과정에서 분해에 의해 페놀을 포함하는 작은 분자량의 화합물로 분해됨에 따라 증가된 것으로 사료되었다. Yoon 등(2017)은 포도나 거봉은 생리활성 물질이 풍부한 과일 껍질을 그대로 이용하여 제조하는 식품이긴 하지만 과육의 부피가 커서 안토시아닌 및 생리활성 물질이 아로니아에 비해 적게 함유될 수밖에 없다고 보고하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 나타냈다. 폴리페놀은 활성 산소를 안정화하는 항산화력을 가진 식품에 존재하는 화합물이며 유익한 생리활성을 유도하는 물질로 기능성 식품의 지표로 활용되는 성분으로 본 연구결과 아로니아 와인은 포도 와인과 복분자 와인과의 비교하여 높은 항산화 활성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. Lee JA(2017)는 아로니아 분말을 첨가한 양금을 제조하여 총 폴리페놀 함량을 확인한 결과 아로니아 분말 10% 첨가구에서 대조구에 비해 8.1배 가량 증가한다고

**Table 2. The content of polyphenols and flavonoids in aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine**

Organic acid	AJ	AW	RW	BW
Total polyphenol [mg GAE/100 mL (w.b.)]	54.9±0.2 <sup>b</sup>	95.4±1.3 <sup>a</sup>	38.2±0.1 <sup>c</sup>	37.5±0.4 <sup>d</sup>
Total flavonoid [mg/CE/100 mL (w.b.)]	20.4±0.3 <sup>b</sup>	28.5±0.2 <sup>a</sup>	15.9±0.1 <sup>c</sup>	12.9±0.4 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup>Different superscripts indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Values are means±standard deviations of triplicate determinations.

GAE, gallic acid equivalents; CE, catechin equivalents; AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine.

보고한 바 있다.

아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 폴리페놀 함량과 유사한 경향을 나타냄을 확인할 수 있었다. 즉, 아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량은 각각  $20.4 \pm 0.3$  mg CE/100 mL과  $28.5 \pm 0.2$  mg CE/100 mL로 나타나 대조구로 사용된 포도 와인( $15.9 \pm 0.1$  mg CE/100 mL)과 복분자 와인( $12.9 \pm 0.4$  mg CE/100 mL)보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 1.5배 가량 높게 나타났는데 아로니아 착즙액에서 알코올 발효가 지속되는 동안 플라보노이드 성분이 용출되었기 때문인 것으로 판단된다.

아로니아 분말에는 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 등과 같은 항산화 성분들이 존재하며(Häkkinen 등 1999) 이들 물질들은 아로니아와 가공제품의 항산화활성에 기여하는 것으로 사료된다. Kim 등(2004)은 식물체의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량 양의 상관관계가 있고 총 플라보노이드 함량보다는 총 폴리페놀의 함량이 항산화 활성에 더 영향을 미치는 것으로 보고한 바 있다.

#### 4. DPPH radical 소거능

아로니아 착즙액과 와인의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 아로니아 와인에서  $58.3 \pm 1.3\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 아로니아 착즙액( $57.2 \pm 1.2\%$ ), 포도 와인( $56.5 \pm 1.5\%$ ) 및 복분자 와인( $38.5 \pm 1.2\%$ )의 순으로 나타났다. 아로니아 와인의 DPPH radical 소거능이 포도 와인보다 높게 나온 것은 적포도로 제조한 와인의 DPPH 라디칼 소거능이 아로니아 첨가량에 비례하여 증가한다는 보고와 일치하며, 데미글라스 소스(Oh WK 2021)와 청포묵(Hwang & Thi 2014)에 각각 아로니아를 첨가한 하여 DPPH 라디칼 소거능을 확인한 결과 아로니아 분말 첨가량이 많아짐에 따라 소거능이 증가한다는 보고 등을 종합해 볼 때 아로니아의 첨가는 다양한 식품의 항산화활성 증가에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

#### 5. ABTS radical 소거활성

아로니아 착즙액과 와인의 ABTS radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 아로니아 착즙액과 와인이 각각  $56.4 \pm 1.2\%$ 와  $57.1 \pm 1.7\%$ 로 가장 높게 나타났으며 이들 간의 유의적인 차이는 없었다. 그 다음으로 포도 와인( $52.7 \pm 1.5\%$ )과 복분자 와인( $42.4 \pm 1.4\%$ )의 순으로 나타났다. Park & Kim(2018)은 아로니아의 동결건조추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 열풍건조추출물보다 유의적으로 높은 것으로 보고한 바 있으며, Lim 등(2015)은 아사이베리, 블루베리, 산수유 및 오디 등에 비해 아로니아의 ABTS 활성이 높음을

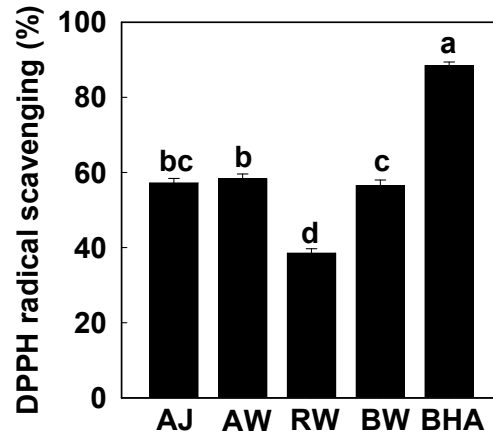


Fig. 2. DPPH radical scavenging effects of aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine. <sup>a-d</sup>Different superscripts indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. Values are means ± standard deviations of triplicate determinations. AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine; BHA, butylated hydroxyanisole (1,000 ppm).

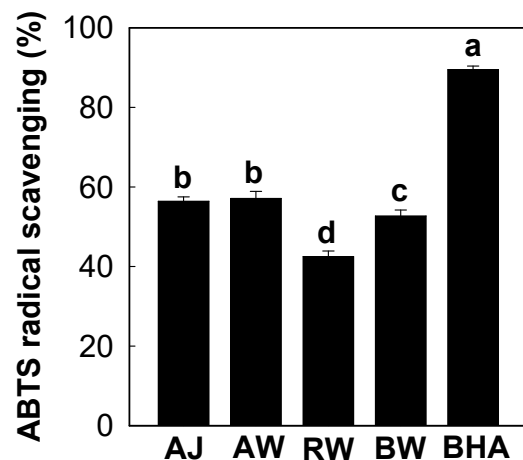


Fig. 3. ABTS radical scavenging effects of aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine. <sup>a-d</sup>Different superscripts indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. Values are means ± standard deviations of triplicate determinations. AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine; BHA, butylated hydroxyanisole (1,000 ppm).

확인한 바 있다.

본 연구결과 아로니아로 와인을 제조할 경우 DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거능 등 항산화활성이 우수한 와인의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 향후 알코올 농도를

상승시키기 위하여 다른 과일류와 혼합한 단발효주의 개발 또는 다양한 곡물류에 적용한 병행복 발효주의 개발이 추가로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 아로니아를 이용하여 와인을 제조한 후 항산화활성을 조사하였다. 아로니아 와인의 에탄올 농도는 발효 8일째 7.8±0.1%를 나타낸 후 더 이상 증가하지 않았다. 총산도는 발효가 진행되면서 미세하게 증가하였다. 유기산의 총량은 복분자 와인, 포도 와인, 아로니아 와인, 아로니아 착즙액의 순으로 높게 나타났다. Acetic, oxalic 및 succinic acid는 아로니아 착즙액에서는 검출되지 않았으나 아로니아 와인에서는 검출되어 알코올 발효과정에서 생성되는 것으로 판단되었다. 아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀 함량은 포도 와인보다 복분자 와인보다 높은 함량을 나타내었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 2배 가량 증가하였다. 아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량은 포도 와인과 복분자 와인보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 1.5배 가량 높게 나타났다. DPPH radical 소거능은 실험에 활용된 아로니아 주스와 와인 모두에서 50% 이상으로 높게 나타났다. ABTS radical 소거능은 아로니아 착즙액과 와인이 복분자 와인과 포도 와인보다 높은 것으로 나타났다. 본 연구결과 아로니아로 와인을 제조할 경우 항산화활성이 우수한 와인의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 향후 알코올 농도를 상승시키기 위한 추가연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## References

- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356
- Eom IJ, Choi JI, Kim IH, Kim TH, Kim SH. 2016. Changes in the physicochemical and antioxidant characteristics during the fermentation of jujube wine using hot water extract of dried jujube. *J Life Sci* 26:1298-1307
- Erkan N, Ayranci G, Ayranci E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chem* 110:76-82
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968
- Häkkinen S, Heinonen M, Kärenlampi S, Mykkänen H, Ruuskanen J, Törrönen R. 1999. Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Res Int* 32:345-353
- Handeland M, Grude N, Torp T, Slimestad R. 2014. Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term—a pilot study. *Nutr Res* 34:518-525
- Hwang ES, Ki KN. 2013. Stability of the anthocyanin pigment extracted from aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 45:416-421
- Hwang ES, Thi ND. 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of cheongpomook added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J Food Cookery Sci* 30:161-169
- Hwang Y, Hwang ES. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of sulgidduk prepared by addition of aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 47:452-459
- Jang H, Choi UK. 2019. Alcoholic fermentation characteristics for the manufacture of aronia vinegar. *J Biotechnol Bioind* 7:40-45
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559
- Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 47:3954-3962
- Kang BT, Yoon OH, Lee JW, Kim SH. 2009. Qualitative properties of wild grape wine having different aging periods. *Korean J Food Nutr* 22:548-553
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36:333-338
- Lee HR, Hwang IW, Ha HT, Chung SK. 2013. The antioxidant capacities of imported red wines (*Cabernet sauvignon*) from US and Chile. *Korean J Food Preserv* 20:608-613
- Lee JA, Yoon JY. 2016. The quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder. *Culin Sci Hosp Res* 22:179-189
- Lee JA. 2017. Quality characteristics and antioxidant effects of

- white bean paste added aronia powder. *Culin Sci Hosp Res* 23:29-37
- Lee SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. 2014. Stability of anthocyanin pigment in aronia *makgeolli*. *Food Eng Prog* 18:374-381
- Lee Y, Ahn Y, Seo W. 2016. Carrot vinegar fermentation by independent two-step fermentation process and its physiochemical characteristics. *J Agric Life Sci* 50:151-164
- Lim HJ, Lee HJ, Lim MH. 2015. Antioxidant activity of acaiberry, blueberry, corni, and mulberry. *Korean J Aesthet Cosmetol* 13:445-452
- Maisonnave P, Sanchez I, Moine V, Dequin S, Galeote V. 2013. Stuck fermentation: Development of a synthetic stuck wine and study of a restart procedure. *Int J Food Microbiol* 163:239-247
- Oh WK. 2021. Antioxidant activities and quality characteristics of demi-glass sauce added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Culin Sci Hosp Res* 27:218-228
- Ohgami K, Ilieva I, Shiratori K, Koyama Y, Jin XH, Yoshida K, Kase S, Kitaichi N, Suzuki Y, Tanaka T, Ohno S. 2005. Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 46:275-281
- Park EJ. 2014. Quality characteristics of *sulgidduk* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24:646-653
- Park KB, Kwon SY, Moon JH. 2015. Quality characteristics of aronia (*Aronia melanocarpa*) juice added yogurt dressing. *Korean J Culin Res* 21:206-217
- Park MH, Kim B. 2018. Antioxidant and anti-inflammatory activities in freeze-dried and hot air-dried aronia (*Aronia melanocarpa*) extracts. *Food Eng Prog* 22:315-320
- Park SH, Park JH, Noh JG, Shin H, Lee SH, Kim Y, Eom HJ. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jams added with apple. *Korean J Food Preserv* 23:180-187
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Kim YE, Lee HY. 2014. Enhancement of antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) by using high-pressure extraction process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:471-476
- Renaud S, de Lorgeril M. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339:1523-1526
- Seo SH, Yoo SA, Kang BS, Son HS. 2014. Quality characteristics of Korean black raspberry *Bokbunja* wines produced using different amounts of water in the fermentation process. *Korean J Food Sci Technol* 46:33-38
- Sikora J, Broncel M, Markowicz M, Chałubiński M, Wojdan K, Mikiciuk-Olasik E. 2012. Short-term supplementation with *Aronia melanocarpa* extract improves platelet aggregation, clotting, and fibrinolysis in patients with metabolic syndrome. *Eur J Nutr* 51:549-556
- Tanaka T, Tanaka A. 2001. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J Jpn Soc Food Sci Technol* 48:606-610
- Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. 2014. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:273-280
- Yoon HS, Park H, Park J, Jeon J, Jeong C, Choi W, Kim S, Park JM. 2017. Quality characteristics and volatile flavor components of aronia wine. *Korean J Food Nutr* 30:599-608
- Yun JU, Jung KE, Kim DH, Nam KH, Sim KB, Jang MS. 2017. Quality characteristics of fried fish paste with squeezed *Aronia melanocarpa* juice. *Korean J Food Preserv* 24:13-20

---

Received 14 August, 2023

Revised 23 October, 2023

Accepted 03 November, 2023

# 염 민감성 쥐에서 안지오텐신 II가 고혈압 면역 기전에 미치는 영향

†황보 미 향

계명문화대학교 식품영양조리학부 조교수

## The Effect of Angiotensin II on the Hypertension Immune Mechanism in Salt-Sensitive Rats

†Mi-Hyang Hwangbo

Assistant Professor, Dept. of Food Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea

### Abstract

Hypertension caused by high-fat and high-salt diets is a well-known significant risk factor for cardiovascular and cerebrovascular diseases. In this study, to confirm the relationship between hypertension and immune cells, angiotensin (Ang) II was administered to Dahl salt-sensitive (SS) rats and Dahl salt-resistant (SR) rats. Then the expression of immune cells and the proinflammatory cytokines were compared between the SS and SR rats. It was observed that after administration of Ang II (50ng/kg/min) for three weeks, blood pressure was increased in the SS rats, but there was no significant change in the SR rats. In addition, the expression of T helper (Th) cells and Th 17 cells in the spleen and the expression of Th cell Ror $\gamma$ t and regulatory T regulatory (Treg) cells in the peripheral blood mononuclear cells did not show a significant difference between the two experimental groups even after the administration of Ang II. IL-1 $\beta$  expression was significantly increased in the kidney tissue of the SS rats, while there was no significant difference in the IL-6 expression in all the experimental groups. The results of this study suggest that Ang II induces hypertension by stimulating IL-1 $\beta$  secretion from renal macrophage in SS rats.

Key words: hypertension, angiotensin, immune system, Dahl salt-sensitive rats, cytokines

### 서 론

한국인들은 일반적으로 김치, 된장찌개, 젓갈 등 나트륨이 많이 함유된 음식을 접할 수 있는 환경에 쉽게 노출되어 있으며, 세계의 여러 국가에서 역학조사를 실시한 결과, 나트륨을 과잉 섭취하게 되면 혈관 내 혈액량을 증가시켜 혈압을 상승시키는 문제를 일으킬 수 있다(Pak 등 2015; Yun & Kim 2021). 특히 소금에 민감한 사람(Salt-sensitive; SS)이 고함량의 나트륨을 지속적으로 섭취하게 되면 연령이 높아짐에 따라 고혈압이 발병할 가능성이 매우 높아진다. 반면에 고함량의 나트륨의 지속적으로 섭취하게 되더라도 정상 혈압을 유지하는 소금 저항성(Salt-resistant; SR)인 사람도 존재한다(Weinberger 등 2001; Dahl LK 2005).

레닌-안지오텐신-알도스테론 시스템은 체액과 염분의 항

상성을 유지하는데 필수적인 시스템이다. 레닌의 분비는 신장의 세부 기관 중 원위 세뇨관의 상피세포에서 이루어지며, 간에서 유래한 안지오텐시노젠(angiotensinogen)의 펩타이드를 절단하여 안지오텐신 I(Ang I)을 생성한다. 그리고 안지오텐신 I은 폐에서 생성된 안지오텐신 전환 효소(Angiotensin-converting enzyme; ACE)에 의하여 펩타이드가 절단되어 안지오텐신 II(Ang II)가 생성된다(Lastra 등 2010; Schweda F 2015). 고염식이 적용이 되면, 이 안지오텐신 전환 효소가 더 활성화되면서 안지오텐신 II를 더 많이 생성하게 된다(Gonzalez 등 2018). 이렇게 생성된 안지오텐신 II는 안지오텐신 수용체 유형 I(Angiotensin II receptor type I; AT1R)의 활성화를 통해 동맥 혈관에서 직접적으로 혈관의 수축을 야기하여 혈압의 상승을 유도한다(Lastra 등 2010; Schweda F 2015). 이전 연구들에 의하면 고혈압 그리고 면역반응은

† Corresponding author: Mi-Hyang Hwangbo, Assistant Professor, Dept. of Food Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea. Tel: +82-53-589-7822, Fax: +82-53-589-7821, E-mail: mhhwangbo@kmcu.ac.kr



매우 밀접한 관계에 있는 것으로 보인다(Park & Kang 2020). 고혈압과 관련한 염증성 사이토카인으로는 인터루킨-17(IL-17), 인터루킨-6(IL-6), 인터루킨-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ ) 등이 있다(Zhang 등 2022). 인터루킨-17은 천식, 건선, 전신성 홍반성 루푸스 등의 염증 관련 질환과 고혈압에 관여하고(Langley 등 2014; Basile 등 2021), 인터루킨-6은 고혈압 및 여러 만성 염증 반응에서 중요 역할을 하며(Li 등 2010; Ogata & Tanaka 2012), 인터루킨-1 $\beta$ 는 전 염증성 사이토카인의 유전자들을 상향 조절하여 고혈압의 진행을 악화시킬 수 있다(Krishnan 등 2019; Veiras 등 2022).

안지오텐신 II 또한 면역계를 활성화시켜 고혈압을 유도할 수 있다(Zhang 등 2021). 안지오텐신 II에 의하여 자극된 혈관의 내피세포와 평활근세포는 세포간 접착 분자(intercellular adhesion molecule; ICAM)와 E-selectin 등을 활성화시켜 면역세포들이 좀 더 잘 부착될 수 있도록 유도함으로써 면역 반응이 좀 더 강화된다(Jia 등 2018; Piqueras & Sanz 2020). 그리고 안지오텐신 II는 대식세포의 분극화 및 활성화에도 영향을 주어 안지오텐신 II는 안지오텐신 수용체 유형 I의 활성화를 통해 전염증성 대식세포인 M1 대식세포 표현형을 생성할 수 있으며, 안지오텐신 II는 M1 대식세포의 염증성 사이토카인과 케모카인의 방출을 촉진하여 더 많은 염증 반응을 촉진하게 된다(Zhang 등 2021).

이에 본 연구에서는 고혈압 발생에 면역세포의 관련성을 확인하기 위하여 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에 안지오텐신 II를 투여하고, 두 쥐에서 면역세포 및 전 염증성 사이토카인의 발현을 상호 비교함으로써 고혈압 발생의 기전을 확인하고자 실시하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 동물

동물실험은 실험동물의 수를 최소화하고 고통을 줄이는 방향으로 설계되었으며, 모든 동물 실험 절차는 미국 국립보건원의 실험동물 관리 및 사용 가이드라인을 준수하였다. 6주령의 건강한 수컷 달 소금 민감성 쥐(DIS/EisSlc; Dahl-Iwai S)와 소금 저항성 쥐(DIR/EisSlc; Dahl-Iwai R)를 일본 SLC (Hamamatsu, Shizoka, Japan)에서 구매하였다(n = 6/그룹). 쥐들은 1주 동안 환경에 적응시키고, tail-cuff 방식으로 혈압을 측정하는 방법에 1~2주 적응시켜 혈압이 정상 혈압으로 안정화 되었을 때, 안지오텐신 II(A9525, Sigma Aldrich, St. Louis, USA) 50 ng/kg/min을 3주 동안 작은 삼투압 펌프(Alzet Model 2002, Durrect Co., CA, USA)를 쥐의 등 부분에 이식하여 투여했다. 3주 후에 모든 동물은 50 mg/kg의 소듐펜토바르비탈을 복강 내 주사로 투여하여 안락사한 후 수집된 혈청과 조

직 샘플은  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였다. 실험에 사용한 모든 그룹의 동물들은 희생하기 전까지 생존해 있었으며, 동물들이 자유롭게 사료와 수분 섭취를 하였다. 체중은 1주일 간격으로 혈압 측정 후에 확인하였다.

### 2. 혈압 측정

혈압 측정은 비침습적인 방법으로 측정이 가능한 Tail-cuff 방법으로 측정했다(CODA system, Kent Scientific Corporation, Torrington, USA). 쥐들은 보정틀 안에 넣어  $35^{\circ}\text{C}$ 로 설정 및 유지되는 온열 판에서 10분 동안 적응시킨 후, 혈압을 측정했다. 각 쥐의 평균 수축기 혈압은 최소 다섯 번 연속 측정된 값으로 계산하였다.

### 3. 유세포 분석

비장 세포는 쥐를 희생시켜 얻은 비장을  $40\ \mu\text{m}$  여과기로 걸러내어 얻었고, 말초 혈액 단핵 세포(peripheral blood mononuclear cells, PBMCs)는 쥐의 복대 정맥에서 혈액을 수집한 후, Ficoll-Paque Plus<sup>®</sup> gradient 시약(카탈로그 번호 17-1440-02; GE Healthcare, Chicago, IL, USA)위에 혈액을 쌓아 올렸다. 그리고 원심분리를  $350\ \text{g}$ 으로 15분 설정하여 분리하였다. 비장 세포와 말초 혈액 단핵세포는 Fluorescein 5(6)-isothiocyanate(FITC)와 결합한 항-CD3(1:200, 카탈로그 번호 554832, BD Biosciences, Franklin Lakes, NJ, USA)와 Phycoerythrin(PE)와 결합한 항-CD4(1:200, 카탈로그 번호 554838; BD Biosciences) 항체로 T 도움 세포를 표현하였다. T 조절 세포를 표지 하기 위해 Peridinin-chlorophyll-protein complex-Cyanine 5.5(PERCP-Cy 5.5)와 결합한 항-FOXP3항체(1:100, 카탈로그 번호 45-5773-82; ThermoFisher Scientific, Waltham, MA, USA)와 T 도움 17 세포를 표지하기 위해 Allophycocyanine(APC)와 결합된 항-ROR $\gamma$ t 항체(1:100, 카탈로그 번호 NBP2-24451; Novus Biologicals, Centennial, CO, USA)를 사용하였다. 염색된 세포들은 유세포 분석기(FACS Calibur; BD Biosciences)를 사용하여 확인했으며, FlowJo 프로그램(BD Biosciences)을 이용하여 분석하였다.

### 4. 실시간 중합효소연쇄반응

비장과 신장 조직(약  $100\ \text{mg}$ )은 초음파 분쇄기를 통해 균질화시킬 후, QIAzol<sup>®</sup> Lysis Reagent(QIAGEN Science, Germantown, MD, USA)를 사용하여 제조사의 사용 설명서를 따라 RNA를 추출하였다. 추출된RNA는 RevertAid<sup>™</sup> First-Strand cDNA 합성 kit(Thermo Fisher Scientific)를 이용해 cDNA를 생성하였다. 그 후,  $2\ \mu\text{L}$ 의 물,  $2\ \mu\text{L}$ 의 cDNA,  $5\ \mu\text{L}$ 의 SYBR Green Master Mix(New England Biolabs, Ipswich, MA, USA), 그리고  $200\ \text{nmol/L}$ 의 프라이머를  $1\ \mu\text{L}$  혼합해 실시간 중합효소연쇄

반응기(Real-Time Quantitative Reverse Transcription PCR, RT-qPCR)을 QuantStudio 5(Thermofishers)에서 진행하였다. 실시간 증합효소연쇄반응의 조건은 50°C에서 2분, 95°C에서 10분, 그리고 95°C에서 15초, 60°C에서 1분 동안 40 사이클로 증폭시켜서 분석하였다. 사용한 프라이머 서열들은 Table 1에 명시하였다.

### 5. 통계적 분석

본 실험에서 나온 모든 데이터의 통계적인 분석은 GraphPad Prism 7(San Diego, CA, USA)을 이용하였다. 오차 막대는 평균±표준오차(standard error of the mean, SEM)를 나타내며,  $p < 0.05$ 를 통계적으로 유의미한 수준으로 간주하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 안지오텐신 II 투여가 달 소금 민감성 쥐의 수축기 혈압에 미치는 영향

달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에서 안지오텐신 II를 투여했을 때 나타나는 혈압 변화를 관찰하기 위하여 작은 삼투압 펌프를 이용하여 3주간 50 ng/kg/min을 처리하였다. 그 결과, 달 소금 민감성 쥐는 수축기 혈압이 평균 약 120 mmHg에서 안지오텐신 II 처리 후 약 160 mmHg까지 증가하였음을 확인할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 그러나 달 소금 저항성 쥐에게는 안지오텐신 II를 처리하더라도 혈압이 평균 120 mmHg 정도로 유지되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1A). 그러나 몸무게와 사료 및 음수량은 모든 그룹에서 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 1B~1D).

안지오텐신 II는 고혈압 연구를 위해 많이 사용되는 약물 중 하나로 고염식이가 적용이 되면, 안지오텐신 전환 효소가 더 활성화되면서 안지오텐신 II를 더 많이 생성하게 된다(Gonzalez 등 2018). 안지오텐신 II는 내피 기능장애, 혈관 염증, 대동맥 리모델링과 같은 손상을 유도한다고 알려져 있다(Lerman 등 2019). 이전 연구에 의하면 4주 동안 안지오텐신 II 100 ng/kg/min을 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에 투여했을 때, 두 그룹 모두 혈압이 상승하였으나, 이로 인한 신장의 손상은 달 소금 민감성 쥐에서 더 심하게 나타난 것으로 보고되었다(Wu 등 2016). 본 연구에서는 이전 보고된 용량보다 더 적은 용량의 안지오텐신 II(50 ng/kg/min)를 투여하여 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에서 혈압 변화를 확인하고자 하였고, 그 결과 달 소금 민감성 쥐는 혈압이 증가하였으나, 달 소금 저항성 쥐에게는 혈압에 영향이 없었다. 이는 달 소금 민감성 쥐가 달 소금 저항성 쥐보다 고염식이 뿐만 아니라 안지오텐신 II에도 더 민감하다는 것

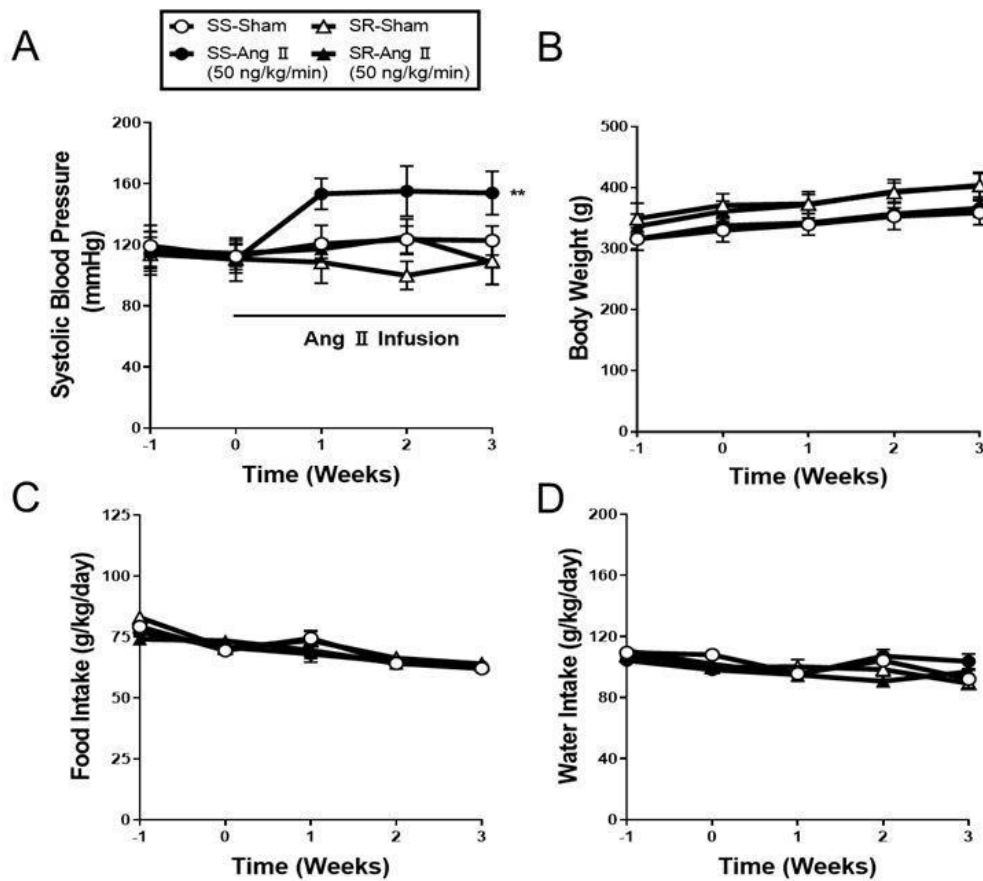
Table 1. Primer sequences for RT-qPCR

Genes (Accession No.)	Primer sequences (5' to 3')	Tm
RT-qPCR (for rat)		
<i>IL-17A</i> (NM_001106897.1)	F: GAAGGTCAACCTGAAAGTCC R: GGATATCTATCAGGGTCCCTC	60
<i>IL-17RA</i> (NM_001107883.2)	F: TCTTAGTGCCTGGCTGCGAG R: CACAGGGTGAAGTCCACTCG	60
<i>IL-23R</i> (NM_003753910.4)	F: CCAGTAGGCAGACAACCCTA R: AGCTGTGAGAGTTCCTGTAG	60
<i>ROR<math>\gamma</math>T</i> (NM_006232926.3)	F: ACTCAGCTGAAGACGCTGAG R: GCACACCTTACTGAGAGACC	60
<i>IL-10</i> (NM_008769426.2)	F: GCATCTACTGGACTGCAGGA R: GGAGAGAGGTACAAACGAGG	60
<i>CD25</i> (NM_013163.1)	F: CACAGTCTGTGTACCAGG R: CCACGAAGTGGTAGATTC	60
<i>TGF-<math>\beta</math></i> (NM_021578.2)	F: TGGACCGCAACAACGCAATC R: TTCTGGCACTGCTTCCCGAA	60
<i>FOXP3</i> (NM_006256731.3)	F: ACAAGGATCCTACCCACTGC R: ATGCAGTTTAGCCCTTTGCT	60
<i>IL-1<math>\beta</math></i> (NM_031512.2)	F: AGCAACGACAAAATCCCTGT R: GAAGACAAACCGCTTTTCCA	60
<i>IL-6</i> (NM_012589.2)	F: GCCTATTGAAAATCTGCTCTGG R: GGAAGTTGGGGTAGGAAGGA	60
<i>GAPDH</i> (NM_001394060.2)	F: ATGACTCTACCCACGGCAAG R: CTGGAAGATGGTGATGGGTT	60

을 알 수 있다.

### 2. 안지오텐신 II 투여가 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐의 T 도움 17 세포와 T 조절 세포에 미치는 영향

안지오텐신 II가 달 소금 민감성 쥐의 수축기 혈압을 상승시킨 원인을 면역적으로 확인하기 위하여 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐의 비장과 말초 혈액 단핵 세포를 분리한 후, 유세포 분석기를 통하여 후천성 면역 세포의 종류인 T 도움 17 세포와 T 조절 세포의 발현 정도를 비교, 분석하였다. 그 결과, 비장세포에서는 안지오텐신 II의 처리 유무와 관계없이 T 도움 17 세포와 T 조절 세포의 발현이 그룹 간에 유의미한 차이를 볼 수 없었다(Fig. 2A, 2B). 말초 혈액 단핵 세포에서도 마찬가지로 안지오텐신 II를 처리했을 때, T 도움 17 세포에서 관찰할 수 있는 Ror $\gamma$ T의 발현이 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에서 증가하는 경향성은 볼 수 있었지만 유의미한 차이는 확인할 수 없었다(Fig. 5A). 그리고 T 조절 세포의 발현은 말초 혈액 단핵 세포에서 안지오텐신 II 처리 유무와 관계없이 발현에 유의미한 영향을 주지는 않



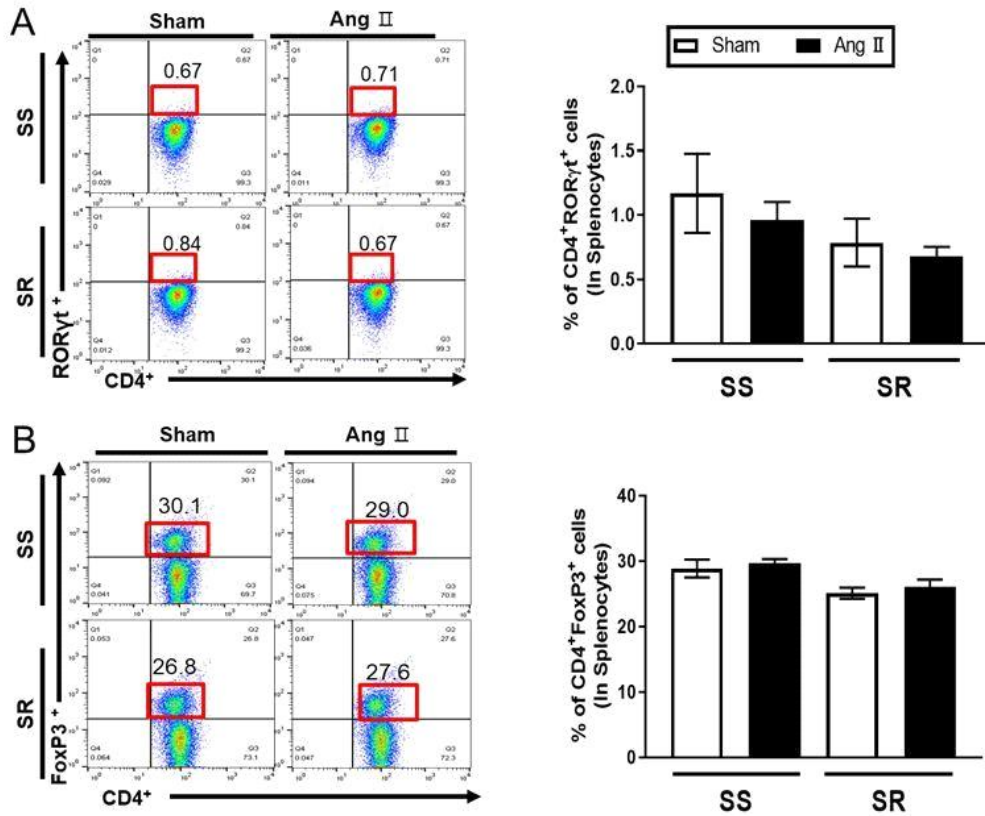
**Fig. 1.** The effect of angiotensin II (Ang II) on systolic blood pressure (SBP), body weight, food intake and water intake in Dahl salt-sensitive (SS) and salt-resistant (SR) rats. SS and SR rats were infused with Ang II 50 ng/kg/min for 3 weeks. (A) SBP and (B) body weights were measured weekly in SS and SR rats. Ang II induced hypertension in SS but not in SR rats. (C) Food intake and (D) water intake were assessed. Multiple analyses of variance (MANOVA) with Tukey's post-hoc multiple comparisons test ( $n=4$ , error bars of the result expressed the mean $\pm$ SEM). \*\* $p<0.01$  vs. SS rats in the Sham group.

았음을 확인할 수 있었다(Fig. 5B).

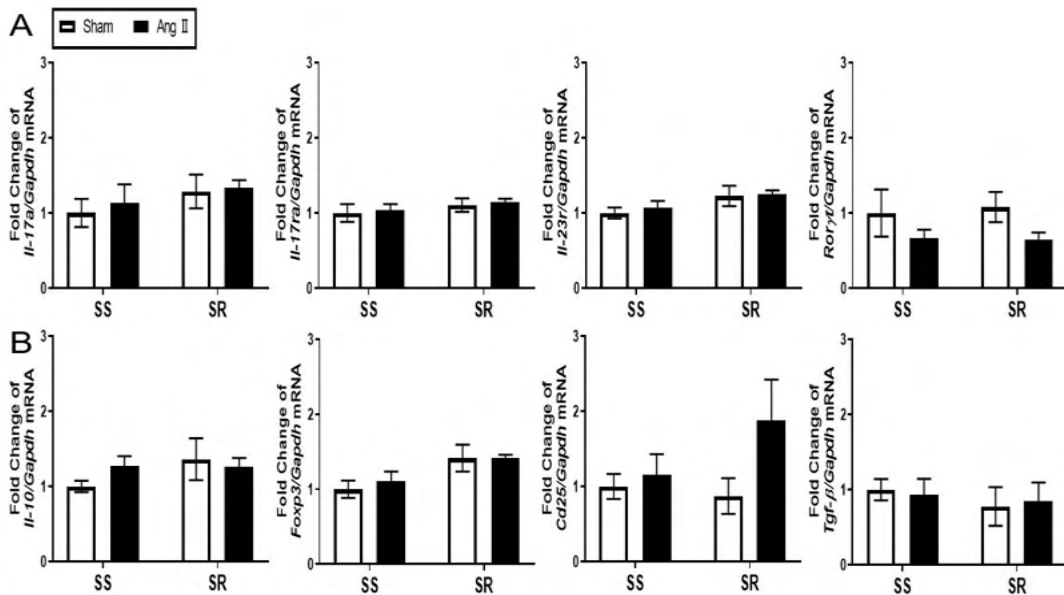
유세포 분석의 결과를 바탕으로, 안지오텐신 II가 T 도움 17 세포와 T 조절 세포와 관련한 유전자의 발현을 조절하는 지 확인하기 위해 비장 조직 및 안지오텐신 II 생성과 혈압 조절 과정에 관여하는 장기인 신장에서 T 도움 17세포 (*Il-17a*, *Il-17ra*, *Il-23r*, 그리고 *Roryt*) 또는 T 조절 세포(*Il-10*, *Foxp3*, *Cd25*, 그리고 *Tgf- $\beta$* )와 관련한 유전자의 발현 정도를 실시간 중합효소연쇄반응 실험을 통하여 확인하였다. 그 결과, 비장 조직에서는 유세포 분석 실험 결과와 마찬가지로 T 도움 17 세포와 T 조절 세포 관련 유전자가 모든 그룹에서 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 3A, 3B). 신장 조직에서는 말초 혈액 단핵 세포의 유세포 결과와 마찬가지로 안지오텐신 II를 처리한 달 소금 민감성 쥐( $p<0.05$ )와 달 소금 저항성 쥐( $p<0.01$ )에서 T 도움 17 세포의 전사 인자 중 하나인

*Roryt*의 발현이 대조군에 비하여 유의미하게 증가하였지만, T 도움 17 세포와 관련한 다른 유전자들의 발현에서는 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 4A). 또한 신장에서 T 조절 세포와 관련한 유전자는 모든 그룹 간에 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 4B).

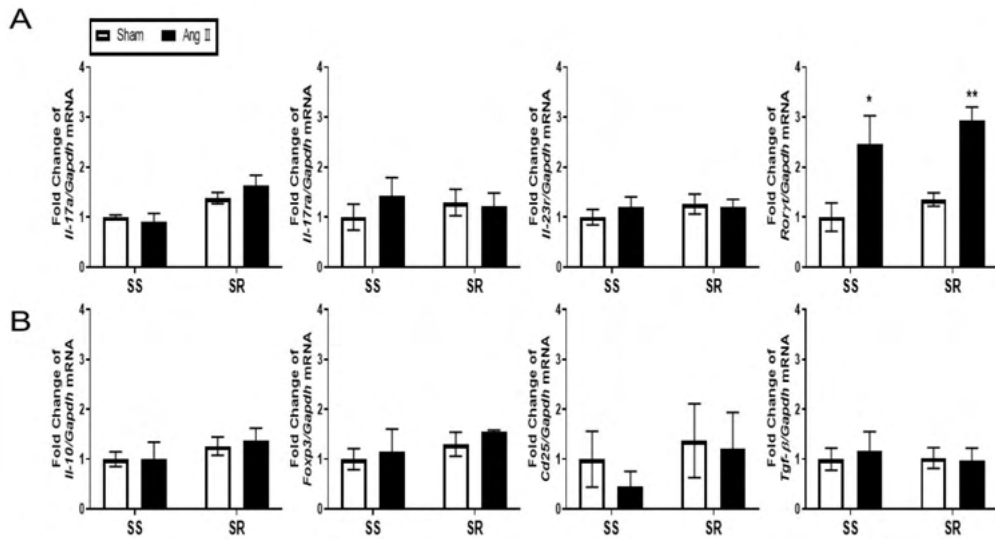
면역 체계는 고혈압의 진행 단계에서 매우 중요한 역할을 한다. 특히 고혈압 발생에 중요한 사이토카인 중 하나인 인터루킨-17은 T 도움 17 세포에서 주로 생산되며, 대표적인 주요 전사 인자인 ROR $\gamma$ t를 가지고 있다(Wu 등 2013). 이전 연구에 의하면 T 세포와 B 세포의 발달을 모두 억제하는 Rag1 결실 달 소금 민감성 쥐에 안지오텐신 II를 야생형의 달 소금 민감성 쥐와 함께 처리하였을 때, 혈압의 증가가 야생형에 비하여 Rag1 결실 달 소금 민감성 쥐에서 느리게 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 신장의 손상도 적은 것을 확



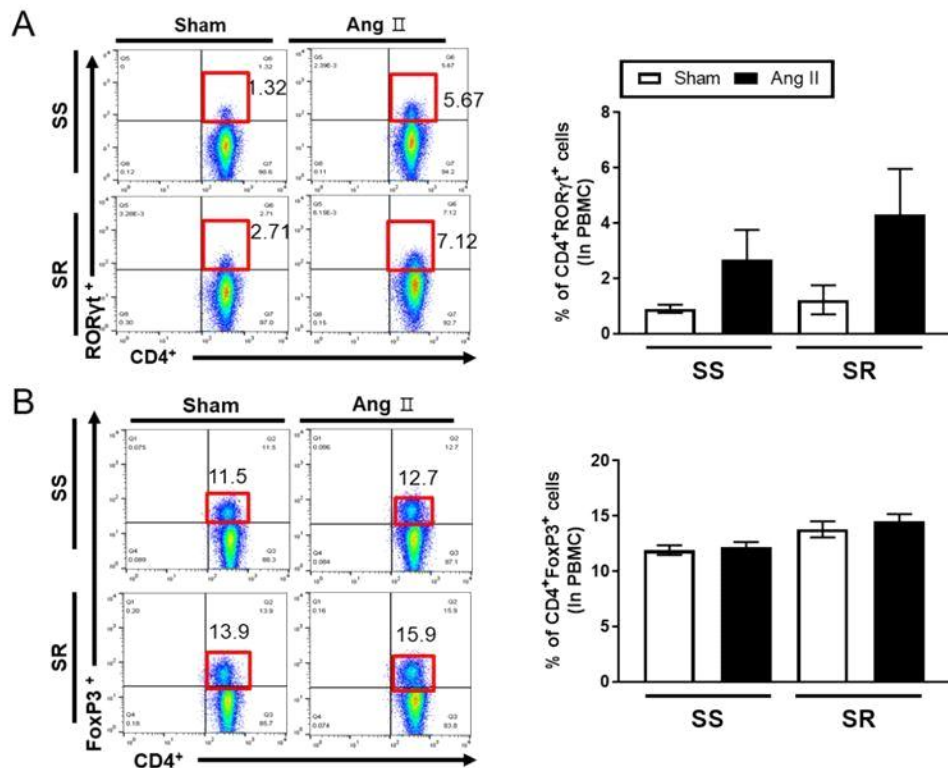
**Fig. 2.** The effect of angiotensin II on T cell profiles of spleen in SS and SR rats. (A and B) The representative flow cytometry of T helper 17 (Th17; CD4<sup>+</sup>RORγt<sup>+</sup>) and regulatory T (Treg; CD4<sup>+</sup> FoxP3<sup>+</sup>) cells in spleen.



**Fig. 3.** The effect of angiotensin II on the expression of genes related to Th17 and Treg cells in the spleen of SS and SR rats. (A and B) The mRNA expressions of Th17 cell-related genes (*Il-17a*, *Il-17b*, *Il-23r*, and *Rorγt*) or Treg cell-related genes (*Il-10*, *Foxp3*, *Cd25*, and *Tgf-β*) were measured in the spleen of SS and SR rats.



**Fig. 4.** The effect of angiotensin II on the expression of genes related to Th17 and Treg cells in the kidney of SS and SR rats. (A and B) The mRNA expressions of Th17 cell-related genes (*Il-17a*, *Il-17ra*, *Il-23r*, and *Ror $\gamma$ t*) or Treg cell-related genes (*Il-10*, *Foxp3*, *Cd25*, and *Tgf- $\beta$* ) were measured in the kidney of SS and SR rats. MANOVA with Tukey's post-hoc multiple comparisons test (n=6, error bars of the result expressed the mean $\pm$ SEM). \*p<0.05 and \*\*p<0.01 vs. SS rats in the Sham group.



**Fig. 5.** The effect of angiotensin II on T cell profiles of peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) in SS and SR rats. (A and B) The representative flow cytometry of T helper 17 (Th17; CD4<sup>+</sup>ROR $\gamma$ t<sup>+</sup>) and regulatory T (Treg; CD4<sup>+</sup> FoxP3<sup>+</sup>) cells in PBMCs.

인할 수 있었다. 또한 신장에서 선천성 면역세포와 후천성 면역세포들의 분포도 야생형이 Rag1 결실 달 소금 민감성 쥐보다 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 그리고 안지오텐신 II와 재조합 인터루킨-17을 동시에 처리한 경우 혈압 상승이 대조군에 비하여 적게 증가된 것을 확인할 수 있었다(Wade 등 2018). 그리고 조절 T 세포는 염증의 주요 조절자로서 역할 할 뿐만 아니라 자가면역질환에 대한 보호역할을 한다. 조절 T 세포는 전사인자 FoxP3에 의하여 매개되는 신호에 의존하게 된다(Chen 등 2003; Shevach & Thornton 2014).

따라서 우리의 실험 결과는 안지오텐신 II를 처리한 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에 고혈압과 연관 있다고 알려진 조절 T 세포와 이를 억제하는 기능을 가진 조절 T 세포의 분포 정도와 유전자의 발현 수준을 비교하였을 때, 비장에서는 모든 그룹에서 유의미한 차이를 볼 수 없었지만, 신장에서 T 도움 17 세포와 관련한 전사 인자인 *Roryt*가 mRNA 수준에서 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐의 신장에서 증가된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 그 외 다른 T 도움 17 세포와 관련한 유전자 마커들은 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 신장에서 조절 T 세포와 관련한 유전자 마커들 역시 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 이는 안지오텐신 II가 직접적으로 T 도움 17 세포에 영향을 크게 주지 않았고, 그로 인하여 조절 T 세포 역시 증가하지 않은 결과를 나타낸 것으로 생각된다.

### 3. 안지오텐신 II 투여가 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐의 대식세포에 미치는 영향

안지오텐신 II가 달 소금 민감성 쥐의 수축기 혈압을 상승시킨 원인을 면역학적으로 확인하기 위하여 선천성 면역세포 중 하나인 대식 세포와 관련한 염증성 사이토카인인 *Il-1 $\beta$* 와 *Il-6*의 유전자 발현 정도를 비장과 신장 조직에서 확인하

였다. 비장 조직에서는 *Il-1 $\beta$* 와 *Il-6*의 발현이 모든 그룹에서 유의미한 차이를 관찰할 수는 없었다(Fig. 6A). 신장 조직에서는 *Il-1 $\beta$* 가 달 소금 민감성 쥐에서 유의미하게 증가된 것을 확인할 수 있었으나( $p < 0.05$ ), *Il-6*는 모든 그룹에서 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 7A).

앞서 서론에서 언급했듯이 인터루킨-6는 단핵구, 대식세포 및 수지상세포에서 분비되며, 도움 T 세포의 분극화를 촉진시켜 인터루킨-17의 생산을 촉진해 고혈압 및 여러 만성 염증 반응에서 중요 역할을 한다(Li 등 2010; Ogata & Tanaka 2012). 그리고 인터루킨-1 $\beta$ 는 주로 단핵구, T 세포 및 호중구에서 유래하며, 인터루킨-6와 인터루킨-17 및 인터페론- $\gamma$ 를 포함한 여러 전 염증성 유전자들을 상향 조절하여 고혈압의 진행을 악화시킬 수 있다(Krishnan 등 2019; Veiras 등 2022). 안지오텐신 II는 신장에 염증을 유도하여 다양한 신장 질환의 병인과 연관이 되어 있다. 신장 염증은 신장의 섬유화와 기능 장애를 유발하여 고혈압 발생에 기여하게 된다(Della Penna 등 2015). 이전 연구에 의하면 안지오텐신 II를 1.1 mg/kg/d를 3주 동안 C57BL/6 쥐에 처리했을 때, 대조군에 비하여 혈압이 높게 증가된 것을 확인할 수 있었으며, 심장의 비대화 및 섬유화가 2주차 때 이미 증가된 것을 확인할 수 있었다. 그리고, 심장 조직에서 T 세포와 전체 면역세포의 양을 안지오텐신 II 투여 3일, 7일, 그리고 14일 후에 확인하였을 때, 3일 차 T 세포의 분포가 가장 높았고, 그 이후 차차 분포 정도가 낮아지면서 2주 차에는 거의 존재하지 않고 백혈구와 같은 선천성 면역세포들이 주를 이루고 있음을 확인했다(Emmerson 등 2018). 또한 이전 연구에 의하면 안지오텐신 II로 고혈압을 유도한 후, Rag1 결실 마우스에 고혈압이 유도된 쥐의 T 세포를 이식하고 안지오텐신 II를 각 그룹에 투여했을 때, 비장과 신장에서 대조군과 T 세포의 변화를 비교하게 되면, 후천성 면역과 관련한 세포들은 모두 유의미한

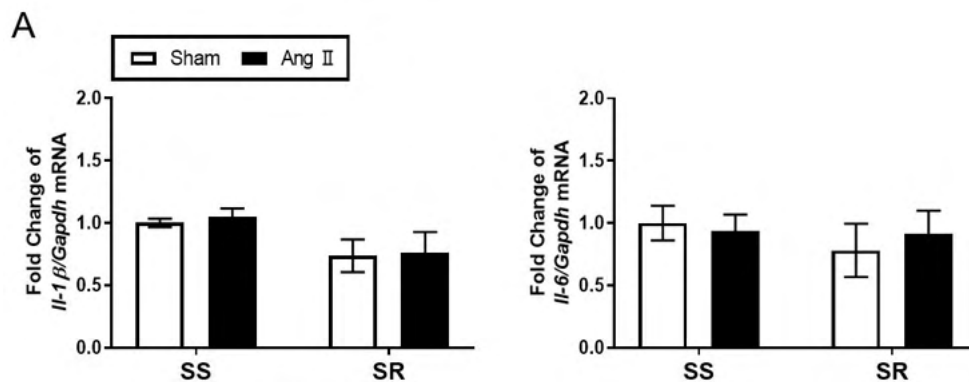
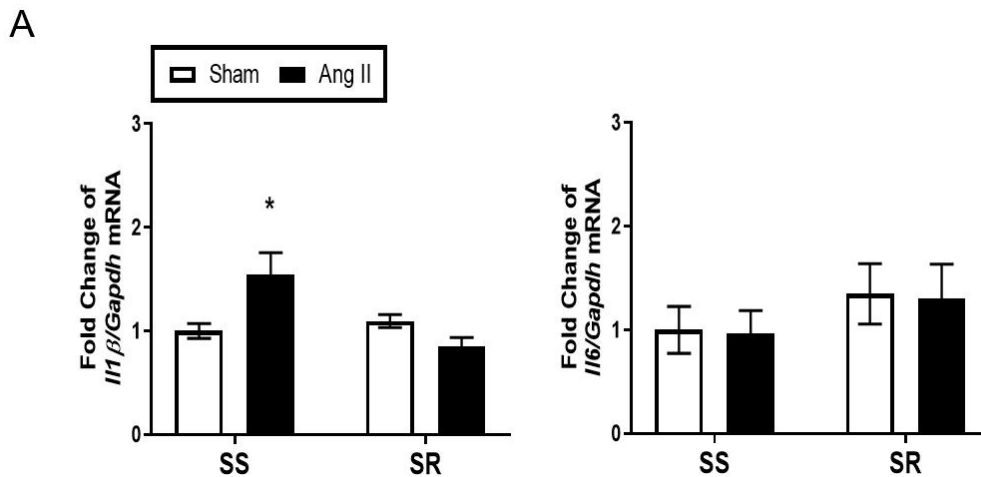


Fig. 6. The effect of angiotensin II on the expression of genes related to macrophages in the spleen of SS and SR rats. (A) The mRNA expressions of macrophages-related genes (*Il-1 $\beta$*  and *Il-6*) were measured in the spleen of SS and SR rats.

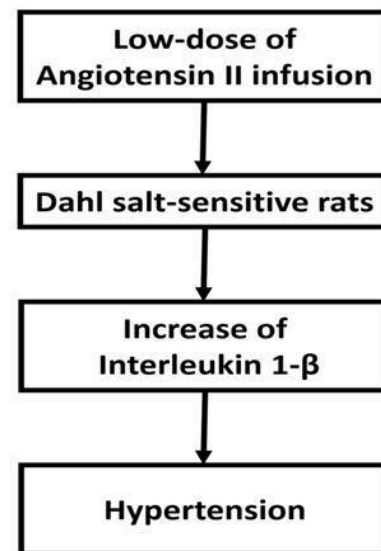


**Fig. 7. The effect of angiotensin II on the expression of genes related to macrophages in the kidney of SS and SR rats.** (A) The mRNA expressions of macrophages-related genes (*Il-1 $\beta$*  and *Il-6*) were measured in the kidney of SS and SR rats. \* $p < 0.05$  vs. SS rats in the Sham group.

차이가 보이지 않았다. 그러나 신장에서 대조군과 비교해 대식세포가 유의하게 증가하였음을 관찰했다(Sylvester 등 2022).

따라서 우리의 실험에서 안지오텐신 II를 투여한, 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에 고혈압과 연관있다고 알려진 *Il-1 $\beta$* 와 *Il-6*의 유전자 발현 수준을 비교하고자 했으며, 비장에서는 모든 그룹에서 유의미한 차이를 볼 수 없었지만, 신장에서는 *Il-1 $\beta$* 가 mRNA 수준에서 달 소금 민감성 쥐가 달 소금 저항성 쥐보다 통계적으로 유의미하게 증가된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 *Il-6*는 모든 그룹 간의 유의미한 차이를 볼 수 없었다. 이는 안지오텐신 II가 달 소금 민감성 쥐의 대식세포에서 *Il-1 $\beta$* 의 분비를 자극하여 고혈압의 발생을 유도한 것으로 생각할 수 있다(Fig. 8).

소금 민감성 고혈압은 또한 고과당 식이를 통해서 유도되기도 하는데 그 기전으로 고과당 식이가 지속되면 간, 소장, 신장에서 요산의 증가가 이루어지고, 궁극적으로 레닌-안지오텐신-알도스테론 시스템을 활성화하며, 나트륨의 재흡수와 관련한 이온 채널들의 발현을 증가시킴으로 인하여 유도될 수 있다, 이 때 고염식이 함께 적용되면 소금 민감성 고혈압이 나타나게 된다(Xu & Yu 2022). 또한 과다한 영양 섭취로 인하여 비만이 유도되었을 때, 비만 세포는 알도스테론 방출 인자를 생산이 된다. 이들은 부신에서 알도스테론이 분비되도록 자극하며, 고염식이 함께 적용이 되면 무기질 코르티코이드 수용체를 활성화시킨다. 그로 인하여 역시 나트륨 이온 채널의 발현이 신장에서 증가되면서 소금 민감성 고혈압이 유도된다. 그리고, 비만세포가 생성하는 렙틴은 렙틴 수용체와 결합하여 궁극적으로 레닌-안지오텐신-알도스



**Fig. 8. Summary of the current study.** Low-dose of angiotensin II infusion for three weeks induced an increase in interleukin-1 $\beta$  in Dahl salt-sensitive rats, leading to the maintenance of high blood pressure.

테론 시스템을 활성화시켜 소금 민감성 고혈압을 유도하게 된다(Kawarazaki & Fujita 2021).

따라서 이러한 이해를 기반으로, 소금 민감성 고혈압은 유전적인 요인뿐만 아니라 후천적인 요인에도 영향을 받을 수 있다. 그러므로 소금 민감성 고혈압을 예방하기 위해서는 염분 섭취를 제한하고 영양 섭취를 조절하여 비만을 피해야 하고, 건강한 체중을 유지하여 염증성 면역세의 활성화를 방지해 중증 고혈압으로 진행되는 것을 막는 것이 중요하다.

## 요약 및 결론

고지방식과 고염식으로 인한 고혈압은 심·뇌혈관 질환의 주요 위험 요인이라는 것은 잘 알려져 있다. 혈압 조절 인자들 중 레닌-안지오텐신-알도스테론 시스템은 혈압 유지에 필요한 체액과 염분 항상성 조절에 필수적이다. 그러므로 이 시스템의 손상은 면역계의 손상과 더불어 고혈압을 유발하는 것으로 알려지고 있다. 이에 본 연구에서는 고혈압 발생과 면역세포의 관련성을 확인하기 위하여 달 소금 민감성 쥐와 달 소금 저항성 쥐에 안지오텐신 II를 투여한 다음 면역세포의 발현과 전 염증성 사이토카인의 발현을 상호 비교함으로써 고혈압 발생의 기전을 확인하고자 실험을 계획하였다. 안지오텐신 II(50 ng/kg/min)를 3주간 실험동물에 투여하였을 때, 달 소금 민감성(SS) 쥐에게서는 혈압이 증가하였으나, 달 소금 저항성 쥐에게서는 별다른 변동이 없었다. 그러나 체중과 사료 섭취량 및 음수량은 두 실험군 간에 유의한 차이는 없었다. 그리고 비장의 도움 T 세포와 T 도움 17 세포의 발현 및 말초 혈액 단핵세포에서의 도움 T 세포의 Ror $\gamma$  발현과 조절 T 세포의 발현은 안지오텐신 II의 투여에 의해서도 두 실험군 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한 T 도움 17 세포 및 조절 T 세포 관련 유전자들은 모든 실험군에서 유의한 차이가 없었다. 신장에서 T 도움 17 세포의 전사 인자 중 하나인 Ror $\gamma$ 의 발현이 대조군에 비해 유의하게 증가하였으나, 조절 T 세포와 관련된 유전자 발현은 모든 실험군에서 유의한 차이가 없었다. 한편, 안지오텐신 II 투여에 의한 비장 조직에서 대식세포 관련 염증성 사이토카인인 *Il-1b*와 *Il-6*의 유전자 발현은 두 실험군 간에 유의한 차이는 없었다. 그러나 달 소금 민감성 쥐의 신장 조직에서는 *IL-1 $\beta$* 가 유의하게 증가하였고, *IL-6*는 모든 실험군에서 유의한 차이가 없었다. 이러한 실험의 결과로 보아 Ang II가 달 소금 민감성 쥐의 신장 대식세포 *IL-1 $\beta$*  분비를 자극하여 고혈압 발생을 유도한 것으로 생각된다. 위의 실험 결과들을 종합해 볼 때, 소금 민감성인 사람들에서 고혈압 예방 및 경감을 위해 절제된 염분 섭취가 필요함을 제시한다.

## References

- Basile DP, Abais-Battad JM, Mattson DL. 2021. Contribution of Th17 cells to tissue injury in hypertension. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 30:151-158
- Chen W, Jin W, Hardegen N, Lei KJ, Li L, Marinos N, McGrady G, Wahl SM. 2003. Conversion of peripheral CD4<sup>+</sup>CD25<sup>-</sup> naive T cells to CD4<sup>+</sup>CD25<sup>+</sup> regulatory T cells by TGF- $\beta$  induction of transcription factor Foxp3. *J Exp Med* 198:1875-1886
- Dahl LK. 2005. Possible role of salt intake in the development of essential hypertension. *Int J Epidemiol* 34:967-972
- Della Penna SL, Rosón MI, Toblli JE, Fernández BE. 2015. Role of angiotensin II and oxidative stress in renal inflammation by hypernatremia: Benefits of atrial natriuretic peptide, losartan, and tempol. *Free Radic Res* 49:383-396
- Emmerson A, Trevelin SC, Mongue-Din H, Becker PD, Ortiz C, Smyth LA, Peng Q, Elgueta R, Sawyer G, Ivetic A, Lechler RI, Lombardi G, Shah AM. 2018. Nox2 in regulatory T cells promotes angiotensin II-induced cardiovascular remodeling. *J Clin Invest* 128:3088-3101
- Gonzalez SR, Ferrão FM, Souza AM, Lowe J, Morcillo LSL. 2018. Inappropriate activity of local renin-angiotensin-aldosterone system during high salt intake: Impact on the cardio-renal axis. *J Bras Nefrol* 40:170-178
- Jia G, Aroor AR, Hill MA, Sowers JR. 2018. Role of renin-angiotensin-aldosterone system activation in promoting cardiovascular fibrosis and stiffness. *Hypertension* 72:537-548
- Kawarazaki W, Fujita T. 2021. Kidney and epigenetic mechanisms of salt-sensitive hypertension. *Nat Rev Nephrol* 17:350-363
- Krishnan SM, Ling YH, Huuskes BM, Ferens DM, Saini N, Chan CT, Diep H, Kett MM, Samuel CS, Kemp-Harper BK, Robertson AAB, Cooper MA, Peter K, Latz E, Mansell AS, Sobey CG, Drummond GR, Vinh A. 2019. Pharmacological inhibition of the NLRP3 inflammasome reduces blood pressure, renal damage, and dysfunction in salt-sensitive hypertension. *Cardiovasc Res* 115:776-787
- Langley RG, Elewski BE, Lebwohl M, Reich K, Griffiths CEM, Papp K, Puig L, Nakagawa H, Spelman L, Sigurgeirsson B, Rivas E, Tsai TF, Wasel N, Tying S, Salko T, Hampele I, Notter M, Karpov A, Helou S, Papavassilis C ERASURE and FIXTURE Study Groups. 2014. Secukinumab in plaque psoriasis - Results of two phase 3 trials. *N Engl J Med* 371:326-338
- Lastra G, Dhuper S, Johnson MS, Sowers JR. 2010. Salt, aldosterone, and insulin resistance: Impact on the cardiovascular system. *Nat Rev Cardiol* 7:577-584
- Lerman LO, Kurtz TW, Touyz RM, Ellison DH, Chade AR, Crowley SD, Mattson DL, Mullins JJ, Osborn J, Eirin A, Reckelhoff JF, Iadecola C, Coffman TM. 2019. Animal models of hypertension: A scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension* 73:e87-e120
- Li K, Guo D, Zhu H, Hering-Smith KS, Lee Hamm L, Ouyang



- J, Dong Y. 2010. Interleukin-6 stimulates epithelial sodium channels in mouse cortical collecting duct cells. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 299:R590-R595
- Ogata A, Tanaka T. 2012. Tocilizumab for the treatment of rheumatoid arthritis and other systemic autoimmune diseases: Current perspectives and future directions. *Int J Rheumatol* 2012:946048
- Pak HO, Sohn CY, Park JH. 2015. Dietary life related to sodium of participants in hypertension and diabetes preventive education at the Public Health Center. *Korean J Food Nutr* 28:219-227
- Park JP, Kang SA. 2020. Antioxidant effect and blood pressure control ability of *Lactobacillus* fermented *Gastrodia elata* Bl. in hypertension model rats (SHR). *Korean J Food Nutr* 33:493-504
- Piqueras L, Sanz MJ. 2020. Angiotensin II and leukocyte trafficking: New insights for an old vascular mediator. Role of redox-signaling pathways. *Free Radic Biol Med* 157: 38-54
- Schweda F. 2015. Salt feedback on the renin-angiotensin-aldosterone system. *Pflugers Arch* 467:565-576
- Shevach EM, Thornton AM. 2014. tTregs, pTregs, and iTregs: Similarities and differences. *Immunol Rev* 259:88-102
- Sylvester MA, Pollow DP Jr, Moffett C, Nunez W, Uhrlaub JL, Nikolich-Zugich J, Brooks HL. 2022. Splenocyte transfer from hypertensive donors eliminates premenopausal female protection from ANG II-induced hypertension. *Am J Physiol Renal Physiol* 322:F245-F257
- Veiras LC, Bernstein EA, Cao DY, Okwan-Duodu D, Khan Z, Gibb DR, Roach A, Skelton R, Williams RM, Bernstein KE, Giani JF. 2022. Tubular IL-1 $\beta$  induces salt sensitivity in diabetes by activating renal macrophages. *Circ Res* 131: 59-73
- Wade B, Petrova G, Mattson DL. 2018. Role of immune factors in angiotensin II-induced hypertension and renal damage in Dahl salt-sensitive rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 314:R323-R333
- Weinberger MH, Fineberg NS, Edwin Fineberg S, Weinberger M. 2001. Salt sensitivity, pulse pressure, and death in normal and hypertensive humans. *Hypertension* 37:429-432
- Wu C, Yosef N, Thalhamer T, Zhu C, Xiao S, Kishi Y, Regev A, Kuchroo VK. 2013. Induction of pathogenic TH17 cells by inducible salt-sensing kinase SGK1. *Nature* 496:513-517
- Wu Y, Takahashi H, Suzuki E, Kruzliak P, Soucek M, Uehara Y. 2016. Impaired response of regulator of G $\alpha$ q signaling-2 mRNA to angiotensin II and hypertensive renal injury in Dahl salt-sensitive rats. *Hypertens Res* 39:210-216
- Xu C, Yu J. 2022. Pathophysiological mechanisms of hypertension development induced by fructose consumption. *Food Funct* 13:1702-1717
- Yun MJ, Kim YM. 2021. The relationship between subjects with metabolic syndrome diagnosed with disease and sodium intake for Korean adults. *Culin Sci Hosp Res* 27:194-209
- Zhang RM, McNerney KP, Riek AE, Bernal-Mizrachi C. 2021. Immunity and hypertension. *Acta Physiol* 231:e13487
- Zhang Z, Zhao L, Zhou X, Meng X, Zhou X. 2022. Role of inflammation, immunity, and oxidative stress in hypertension: New insights and potential therapeutic targets. *Front Immunol* 13:1098725

---

Received 13 September, 2023

Revised 24 October, 2023

Accepted 06 November, 2023

## 생식의 섭취가 흰쥐의 혈당 및 혈당 관련 지표에 미치는 영향

남동훈 · 홍성길\* · 장혜은\*\* · 권영인\*\*\* · †문민선\*\*\*\*

(주)이롬 생명과학연구원 연구원, \*(주)이롬 이노파크 부원장, \*\*(주)이롬 생명과학연구원 연구소장  
\*\*\*한남대학교 식품영양학과 교수, \*\*\*\*(주)이롬 생명과학연구원 팀장

### Effects of *Saengshik* on Blood Glucose-Related Biomarkers in Sprague-Dawley Rats

Donghun Nam, Seong-Gil Hong\*, Hey-Eun Chang\*\*, Young-In Kwon\*\*\* and †Min-Sun Moon\*\*\*\*

Researcher, Erom Food R&D Center, Erom Co., Ltd., Uiwang 16006, Korea

\*Vice Director, Erom Inno Park, Erom Co., Ltd., Uiwang 16006, Korea

\*\*Research Director, Erom Food R&D Center, Erom Co., Ltd., Uiwang 16006, Korea

\*\*\*Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 34054, Korea

\*\*\*\*Principal Researcher, Erom Food R&D Center, Erom Co., Ltd., Uiwang 16006, Korea

#### Abstract

The aim of this study was to investigate the hypoglycemic effects of *saengshik* in Sprague-Dawley (SD) rats and to explore the potential of three commercially available *saengshik* products (BS, LS, WS) as an alternative diabetic meal. Blood glucose levels were measured at 30, 60, 90, 120, and 150 minutes after the ingestion of experimental materials. In experiment 1, the amount of experimental materials remained the same. We measured blood glucose-related biomarkers as the area under the blood glucose response curve (AUC), glycemic index (GI), maximum concentration (Cmax), and time to reach maximum concentration (Tmax). AUC and Cmax of the experimental group showed significant differences compared to the control group, while GI and Tmax did not show significant differences among the groups but were lower in the experimental group compared to the control group. In experiment 2, carbohydrates were adjusted to the same amount. We measured blood glucose-related biomarkers in the same manner as Experiment 1 and obtained similar results. These hypoglycemic effects appear to be attributed to phytochemicals and dietary fiber found in whole, unrefined grains. These results suggest that *saengshik* exerts hypoglycemic effects by modulation of glucose-related biomarkers.

Key words: *saengshik*, blood glucose, phytochemical, dietary fiber, glycemic index

#### 서 론

최근 식품산업의 발달과 경제성장, 1인 가구의 증가로 인해 현대인의 식습관이 곡류, 채소, 해조류 위주의 전통적인 한식에서 육류 및 가공식품의 섭취가 높은 서구화된 식습관으로 변경되고 있고, 이로 인해 대사증후군, 고혈압 등의 만성적인 질환의 유병률도 증가하고 있다(Lee 등 2018; Lim 등 2018). 이는 서구화된 식사로 인한 높은 지방의 섭취가 주된 원인으로 알려져 왔으나, 최근에는 고 탄수화물 식사, 특히

쌀밥과 같은 정제된 곡류 식사에 의해서도 당뇨병, 심혈관질환, 비만 등과 같은 다양한 질병의 위험이 높아진다는 연구 보고들이 제기되고 있다(Song 등 2012; Sun 등 2014).

정제된 탄수화물은 대사증후군과 밀접한 연관성이 있는 제2형 당뇨병의 위험을 증가시키는 반면(Villegas 등 2007; Nanri 등 2010; Sun 등 2010), 정제되지 않는 통곡류의 경우 제2형 당뇨병의 위험을 감소시키는 것(Fung 등 2002; Sun 등 2010; Kyrø 등 2018)으로 보고되어 탄수화물 섭취 시 양적인 측면 뿐만 아니라, 질적인 측면의 중요성도 보고하였다. 특

† Corresponding author: Min-Sun Moon, Principal Researcher, Erom Food R&D Center, Erom Co., Ltd., Uiwang 16006, Korea. Tel: +82-31-5177-5131, Fax: +82-31-5177-5130, E-mail: msmoon@erom.co.kr

하나 이러한 잘못된 식습관은 인슐린 저항성을 증가시키며  $\beta$ -cell의 손상과 혈당의 상승을 초래해 내당능장애를 유발한다(Park 등 2020). 내당능장애는 혈당에 내성이 생겨 인슐린이 제 기능을 하지 못하는 상태로 공복 혈당 수치가 100~125 mg/dL고 식사 2시간 후 141~199 mg/dL인 상태를 의미하며 당뇨병으로 발전할 수 있는 당뇨병 전 단계다(Alberti & Zimmet 1999). 이러한 내당능장애는 제2형 당뇨병 외에도 앞서 언급한 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증과 같은 만성적인 질환의 원인이 되지만 명확한 증상이 없어서 환자 스스로 지각하기에는 어려움이 있다(Liu 등 2013). 이러한 제2형 당뇨병과 내당능장애는 혈당 강하제와 같은 약물 치료가 일반적이나, 앞서 언급했듯이 식습관에도 영향을 많이 받으므로(Kwon & Chung 2013; Chung HY 2016) 혈당에 도움을 주는 식품에 대한 연구도 꾸준히 진행되고 있고 그 중에서도 생식의 혈당 기능성에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. Kim 등(2007)은 일반인을 대상으로 생식 섭취 후, 혈당과 혈당반응면적이 유의적으로 낮아진다고 하였고, Kim 등(2004)은 Streptozotocin으로 당뇨를 유발한 쥐에 생식을 투여했을 때 혈당이 유의적으로 감소한다고 하였고, Moon MS(2023)은 내당능장애 및 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 생식을 섭취하였을 경우, 식후 혈당과 당화혈색소가 유의적으로 낮아졌다고 하였다.

생식은 제조업체와 제품에 따라서 원료의 구성이 달라지는데, 대부분의 생식이 정제되지 않은 곡류, 채소류, 버섯류 및 해조류와 같은 식물성 원료에 유산균, 슈퍼자미, 산삼배양근과 같은 기능성 원료를 포함하여 30~70여 가지의 매우 다양한 원료로 구성되어 있다. 생식은 일반적인 가공식품과 비교하여 가장 큰 차이점은 바로 가공 방식인데, 대부분의 가공식품은 가열 공정과 같이 영양소 파괴가 일어나는 가공 방식을 사용하는 반면, 생식은 동결건조를 통해 원료의 영양소 파괴를 최소화하는 공정을 사용하여 영양소 섭취의 질을 높였다(Kim JH 2016).

앞서 언급했듯이 생식은 다양한 원료를 사용하고 있고, 그로 인해 다양한 기능성을 가지고 있다. Flores 등(2013)은 블루베리 추출물이  $\alpha$ -glucosidase 억제를 통해 식후 혈당 상승을 완화시켰다고 하였고, Wang & Lin(2000)은 딸기의 pelargonidin-3-O-glucoside이 과체중 성인의 인슐린 감수성을 향상시켰다고 하였다. 생식에 함유되어 있는 파이토케미컬의 혈당 기능성은 혈당 조절의 가능성을 보여준 것으로 사료된다. 그 외에도 생식의 기능성은 다양한 연구를 통해 확인되었고, 주요한 기능성은 다음과 같다. Kim 등(2005)은 비만 여성을 대상으로 생식 섭취 후, 체중과 체지방률이 유의적으로 감소하는 것을 확인하였으며, Kang 등(2003)은 고지혈증을 유도한 흰쥐가 생식을 섭취하였을 때 혈중 콜레스테롤을 감소하는 것을 확인하였다. Song 등(2003)은 지방간 환자를 대상으로

생식을 섭취하였을 경우, 체지방과 체중의 감소, 간손상의 지표인 AST, ALT, r-GTP 및 ALP의 활성이 유의적으로 감소하는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 생식의 혈당 강하 기능성에 영향을 주는 파이토케미컬과 정제되지 않은 곡류와 같은 탄수화물 급원이 혈당에 미치는 영향을 탐구하기 위해서 흰쥐를 이용하여 2가지 실험을 진행하였다. 실험 1에서는 생식의 파이토케미컬 기능성을 확인하기 위해서 동일한 양으로 제조한 시료로 실험을 진행하였고, 실험 2에서는 정제되지 않은 곡류와 같은 탄수화물 급원이 혈당에 미치는 영향을 확인하기 위해서 각 시료별 탄수화물 함량을 보정하여 실험을 진행해 생식의 탄수화물 급원이 쥐의 혈당에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시험물질

본 실험에 사용된 시험물질은 시판되고 있는 제품인 BS, LS, WS로 총 3종(Erom, Seoul, Korea)을 이용하였으며, 각 샘플의 조성 및 영양성분의 분석결과는 Table 1 및 Table 2와 같다. 대조군으로 사용된 포도당은 시그마 알드리치(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)의 것을 사용하였다.

### 2. 실험동물의 사육

생후 4주령의 Sprague Dawley(SD)종 흰쥐(Joongang Experimental Animal Co., Seoul, Korea)를 구입하였다. 실험조건은 온도 22°C, 습도 50%를 유지하였고, 사육공간(SPF zone)의 모든 공기는 HEPA필터를 통한 공기를 사용하였으며, 깔짚은 3일에 한번씩 교체하여 주었다. 사육실의 점등 및 소등 시간은 12시간을 기준으로 실시하였다. 물과 일반 고형 사료(Teklad global 14% protein, Raon Bio Co., Yongin, Korea)를 제한없이 먹이면서 일주일간 환경에 적응시켰다. 적응기간 후, 체중에 따른 난괴법으로 각 군당 5마리씩 총 4그룹(대조군, BS, LS, WS 섭취군)으로 나누었다.

실험은 2번에 걸쳐서 진행하였으며, 실험 1에서는 시료를 동일한 양(2.0 g/kg-body weight)으로 공급하여 실험을 진행하였고 3일의 휴지기를 가진 뒤, 시료의 탄수화물 함량(BS: 2.805 g/kg, LS: 3.110 g/kg, WS: 2.509 g/kg)이 50 g이 되도록 보정한 실험 2를 진행하였다(Table 3).

본 실험은 한남대학교 동물실험운영위원회의 심의를 통과하여 동물실험승인 후, 수행하였다(승인번호: H2023-1).

### 3. 경구당부하 검사 및 혈당 측정

혈당 측정 시, 모든 군은 24시간 절식 후 공복혈당으로 측정하였다. 24시간 절식 시 수분의 공급은 자유롭게 하였다.

**Table 1. Raw materials of saengshik (BS, LS, WS)**

Classification	Materials
BS	Brwon rice, Soy protein, Barley, Oat, Palatinose, Oat fiber, Wild grass, Erythritol, Roasted brown rice, Kale, Citrus fiber, Sorghum, Pumpkin, Cabbage, Broccoli, Tomato, Calcuim, Soybean, Black bean, Monkfruit, Roasted salt, Brwon rice glutinous rice, Purple rice, Glutinous foxtail millet, Proso millet, Adlay, Red bean, Black sesame, Rice, Radish leaves, Red yeast rice, Fermented turmeric, Jerusalem artichoke, Balsam pear, Guava leaves, Herb extract, Spirulina, Mushroom, Lactic acid extract, Yeast, Apple, Pear, Yuzu, Angelica keiskei, Carrot, Burdock, Deodeok, Chives, Radish, laver, Sea mustard, Kelp, Green laver, Dropwort, Young barley leaf, Korean wormwood
LS	Oat, Soybean protein, Brown rice, Purple rice, Oat fiber, Fructooligosaccharide, Wild grass, Xylitol, Pumpkin, Jujube, Citrus fiber, Sea weed, Lactic acid extract, Broccoli, Cabbage, Tomato, Black bean, Dong quai, Apple, Pear, Wild ginseng, Roasted salt, Herb mix, Chives, Fermented turmeric, Red yeast rice, Ginger, Mistletoe extract, Fucoidan, Spirulina, Angelica keiskei, Carrot, Deodeok, Burdock, Fermented rice bran
WS	Brown rice, Purple rice, Oligosaccharide, Barley, Potato, Wild grass, Agave, Carrot, Soybean protein, Wild ginseng, Fermented rice bran, Glutinous foxtail millet, Sorghum, Proso millet, Brwon rice glutinous rice, Adlay, Soybean, Black bean, Red bean, Broccoli, Cabbage, Spinach, Kale, Angelica keiskei, Radish leaves, Chives, Leaf beet, Crown Daisy, Curled mallow, Young barley leaf, Dropwort, Pak Choi, Bell pepper, Pumpkin, Yuzu, Tomato, Apple, Pear, Black sesame, Perilla, Sweet potato, Burdock, Lotus root, Deodeok, Radish, Mushroom, Vege protein, Red yeast rice, Lactic acid extract, Yeast extract, Green tea extract, Herb, Korean wormwood, Monk fruit, Vitamin B, Magnesium

**Table 2. Nutrient composition of saengshik**

Nutrient	Control	BS	LS	WS
Energy (kcal/100 g)	400.0	393.8	397.3	388.5
Carbohydrate (%)	100.0	71.3	64.3	79.7
Protein (%)	0	20.4	23.4	11.4
Fat (%)	0	3.0	5.2	2.7
Crude fiber (%)	0	6.3	16.9	1.9

**Table 3. Served quantity of saengshik containing 50 g carbohydrate**

Saengshik	Total carbohydrate (%)	The quantity of saengshik containing 50 g carbohydrate (g)
Control	100.0	50
BS	70.15	71.3
LS	59.66	83.8
WS	80.16	62.4

총 실험군은 포도당을 이용하는 대조군과 시험물질을 섭취하는 3개의 시험군으로 구성하였으며, 각 군별로 시료를 제조하여 1 mL씩 경구 투여하였다. 실험 당일 쥐들의 공복 혈당을 미리 측정하였고, 각 시험물질을 쥐에게 경구투여 한 뒤 30분, 60분, 90분, 120분, 150분에 각각 쥐의 꼬리에서 채혈하여 혈당을 측정하였다. 혈당 측정은 쥐의 꼬리에서 취한 혈액을 혈당 스트립에 흡수시켜 혈당 측정기 Caresens II(I-SENS, Anyang, Korea)로 2회 반복하여 측정하였다. 또한 최고 혈당 농도(Cmax)와 식후 최고 혈당까지 도달시간(Tmax)은 실험동

물 각 개체의 실제 측정치를 기반으로 계산하였다.

#### 4. 혈당지수(glycemic index) 평가

혈당지수(GI)의 계산은 incremental area under the curve (IAUC) 방법을 사용하였다. IAUC 방법은 반응곡선의 기준선 위 영역만을 이용하는 방법으로 GI의 표준편차 값이 가장 낮아 높은 정확도를 가지고 있으며, 0분대의 혈당수치를 기준선으로 기준선 위의 면적만을 계산하여 합산하였다(Wolever 등 1991). 대조군(포도당)과 시험군(생식)의 혈당 변화곡선에서 각각의 IAUC를 계산하여 비교하였다.

Glycemic index (GI)=

$$\frac{\text{Blood glucose area after ingestion of sample (saengshik)}}{\text{Blood glucose area after ingestion of the glucose}} \times 100$$

#### 5. 통계분석

모든 실험 결과는 SPSS 18(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)프로그램을 이용하여 분

석하였으며, 평균±표준편차(standard deviation, SD)로 나타내었다. 분석 항목별 차이는 Student's *t*-test를 사용하여 대조군과의 유의성을 검정하였고, 유의성은  $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.001$ 로 나타내었다.

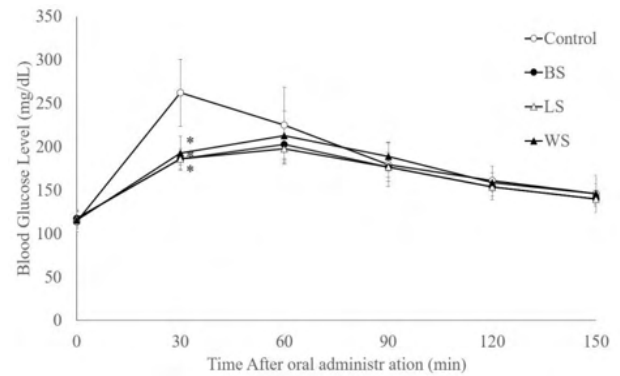
## 결과 및 고찰

### 1. 실험 1: 동일한 양으로 제조한 시료의 혈당 및 혈당 관련 지표

공복혈당의 경우, 대조군은  $113.8\pm 11.8$  mg/dL, BS군은  $117.7\pm 8.7$  mg/dL, LF군은  $116.5\pm 9.9$  mg/dL, WS군은  $116.5\pm 9.5$  mg/dL로 모든 실험군에서 비슷한 수준을 나타내 유의적인 차이가 없었다(Fig. 1). 일반적으로 시험물질 공급 후 30분까지 혈당이 상승하는데, 본 연구에서는 시험물질 공급 30분 후 혈당을 비교하였다. 대조군은  $262.2\pm 38.6$  mg/dL이었고, 시험군의 경우 BS군이  $186.3\pm 11.7$  mg/dL, LS군이  $175.8\pm 6.8$  mg/dL, WS군이  $192.5\pm 19.9$  mg/dL로 대조군에 비해서 모든 시험군에서 유의적으로 낮아졌다( $p<0.001$ )(Fig. 1).

시험 물질 공급 후, 대조군은 30분 후에, 시험군은 1시간 후에 가장 높은 혈당 상승을 나타내었으며, 이후 서서히 감소하여 3시간 후가 되면 공복 혈당과 유사한 값을 나타냈다.

실험 1의 혈당 관련 지표 확인 결과는 Table 4와 같다. 혈당 관련 지표는 혈당반응 면적(AUC), 혈당지수(GI), 혈당 최고 농도(Cmax), 혈당 최고 농도 도달 시간(Tmax)으로 총 4가지 지표를 확인하였다. AUC의 경우, 대조군은  $477.4\pm 61.1$  hr · mg/dL, BS군은  $420.6\pm 17.9$  hr · mg/dL, LS군은  $407.5\pm 17.0$  hr · mg/dL, WS군은  $436.5\pm 44.8$  hr · mg/dL가 나왔으며, 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 낮아지는 경향이 있었으며, LS군에서는 유의하게 감소하는 것을 확인하였고( $p<0.05$ ), GI의 경우, WS군  $93.2\pm 18.6 > BS$ 군  $89.4\pm 13.0 > LS$ 군  $86.4\pm 10.6$  순으



**Fig. 1. Change in blood glucose tolerance of the SD rats fed saengshik.** The results were expressed as the mean±S.D. Different letters statistically significant differences between groups by student's *t*-test of  $*p<0.001$ .

로 낮아지는 것을 확인하였다. Cmax의 경우, 대조군은  $264.6\pm 39.4$  mg/dL, BS군은  $208.1\pm 17.9$  mg/dL( $p<0.05$ ), LS군은  $197.8\pm 11.9$  mg/dL( $p<0.01$ ), WS군은  $214.4\pm 26.3$  mg/dL( $p<0.05$ )가 나왔으며, 대조군과 비교하여 모든 시험군에서 유의적으로 낮아졌다(Table 4). Tmax도 대조군과 비교하여 모든 시험군에서 지연되는 것을 확인하였다(Table 4). AUC은 식품을 섭취했을 때 나타나는 혈당 반응을 비례식을 이용하여 계산한 수치로 공복 혈당을 반영하지 않고 식품 섭취 시 증가된 혈당 면적만을 계산해 시료의 실질적인 혈당 상승 수치를 확인할 수 있는 지표이고, GI는 식품을 섭취했을 때 나타나는 혈당 반응과 포도당 섭취했을 때 혈당반응을 비교해 계산한 수치로 각 식품별로 혈당에 미치는 영향을 표현하는 수치이다 (Jenkins 등 1981). Cmax는 시료 섭취 후 최고 혈당을 의미하는 것으로 최대 노출과 안전성을 나타내는데 유효한 지표로 사용되고 있으며, Tmax는 시료 섭취 후 최고 혈당에 도달하

**Table 4. Pharmacodynamic (PD) parameters in control and after administration of saengshik<sup>1)2)</sup>**

	PD parameters			
	Cmax (mg/dL) <sup>3)</sup>	Tmax (hr) <sup>4)</sup>	AUC (hr · mg/dL) <sup>5)</sup>	GI (%) <sup>6)</sup>
Control	264.6±39.4	0.7±0.3	477.4±61.1	100.0
BS	208.1±17.9*	0.7±0.3	420.6±17.9	89.4±13.0
LS	197.8±11.9**	1.0±0.2	407.5±17.0*	86.4±10.6
WS	214.4±26.3*	1.0±0.3*	436.5±44.8	93.2±18.6

<sup>1)</sup> Values are mean±S.D. (n=5).

<sup>2)</sup> Values with different letters statistically significant differences between groups by student's *t*-test of  $*p<0.05$ ,  $**p<0.01$ ,  $***p<0.001$ .

<sup>3)</sup> Maximum blood glucose levels.

<sup>4)</sup> Time when glucose peak.

<sup>5)</sup> Area under the curve.

<sup>6)</sup> Glycemic index.

는 시간을 의미하는 것으로 흡수 및 배출에 대한 대표적인 간단한 지표로 사용되어 오고 있다(Tothfalusi & Endrenyi 2003).

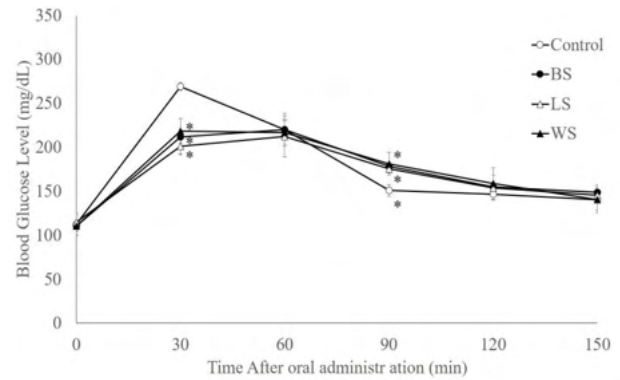
혈당은 혈액 속에 함유되어 있는 포도당의 농도로, 인체는 항상 일정한 범위 내에서 유지하고 있다. 혈당은 운동, 식이 요소, 혈중 지질 농도와 같은 다양한 요인에 영향을 받는데 그 중에서 식이 요인이 혈당에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려졌다(Russell 등 2016).

생식은 정제되지 않은 곡류, 채소 및 과일류, 해조류와 같은 원료들을 배합해서 만든 식품으로 파이토케미컬과 식이 섬유와 같은 영양소의 영향으로 혈당 조절에 효과가 있을 것으로 예상되고, 실험을 통해 생식의 혈당조절식의 가능성을 확인하고자 하였다. 본 연구 결과에서도 대조군인 포도당에 비해 시험군인 생식 섭취군이 혈당농도, 혈당증가치, 혈당반응 면적 모두 감소하였고, 이러한 결과는 생식이 혈당 조절에 대한 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 혈당은 탄수화물, 단백질, 지방, 비타민 및 미네랄 등 다양한 식이 요인에 직간접적으로 영향을 받는데, 일반적으로 정제되지 않고, 가공되지 않을수록 혈당 감소에 영향을 미치는 것으로 보고 있다(Musa-Veloso 등 2018). 특히 파이토케미컬과 식이섬유가 다량 함유되어 있는 정제되지 않은 곡류와 채소, 과일류, 해조류가 혈당에 특히 효과적이라고 알려져 있다(Brasnyó 등 2011; Higgins JA 2012; Fuller 등 2016).

정제되지 않은 곡류 중 현미는 항산화 활성, 혈당 강하 효과 등이 보고되었고, Lee 등(2014)은 Streptozotocin(STZ)로 당뇨병을 유도한 쥐를 대상으로 현미울무밥, 백미밥을 체중당 2 g씩 섭취시켰을 때 현미울무밥이 혈당, 혈당 증가치, 혈당반응면적을 감소시킨다고 하였다. Takahashi 등(2012)은 일본 65세 이상 당뇨병 환자를 대상으로 채소를 하루에 150 g 이상 섭취할 경우, HbA1c 수치가 유의적으로 감소한다고 하였다. 특히 녹색 채소의 섭취가 증가할수록 HbA1c와 중성지방 수치가 감소한다고 하였는데, 이는 생식의 주된 구성요소인 녹색 채소의 혈당에 대한 기능성을 보여주는 연구라고 사료된다. 본 연구 결과에서도 대조군인 포도당에 비해서 생식 섭취군이 혈당 조절에 도움을 주는 것으로 확인할 수 있었고, 이러한 결과는 생식에 함유되어 있는 여러가지 원료에서 기인한 것으로 사료된다.

## 2. 실험 2: 탄수화물 함량을 보정한 시료의 혈당 및 혈당 관련 지표 평가

실험 2에서 공복혈당의 경우, 대조군은 112.6±11.9 mg/dL, BS군은 110.7±10.9 mg/dL, LS군은 115.0±10.7 mg/dL, WS군은 110.5±5.4 mg/dL로 실험 1의 결과와 유사하게 모든 군에 차이가 없었다(Fig. 2). 시험물질 공급 30분 후, 대조군의 혈당



**Fig. 2. Change in blood glucose tolerance of the SD rats fed saengshik containing 50 g of carbohydrate.** The results were expressed as the mean±S.D. Different letters statistically significant differences between groups by student's *t*-test of \**p*<0.001.

은 268.9±4.5 mg/dL이 되었고, BS군은 211.9±20.9 mg/dL, LS군은 200.9±8.4 mg/dL, WS군은 218.5±14.3 mg/dL로 대조군과 비교하여 모든 시험군이 유의적으로 낮았다(*p*<0.001)(Fig. 2). 대조군에서는 실험 1과 유사하게 시험물질 섭취 30분까지 급격한 혈당 상승이 일어났고, 시험군에서는 시험물질 섭취 1시간까지 혈당이 상승하다가 서서히 감소하였다. 혈당 관련 지표는 앞선 실험 1과 동일하게 AUC, GI, Cmax, Tmax로 4가지 측정하였다(Table 5).

AUC의 경우, 대조군(465.3±14.4 hr·mg/dL)과 비교하여 LS군과 WS군은 각각 436.4±22.4 hr·mg/dL과 438.1±15.8 hr·mg/dL로 유의적으로 낮아졌으며(*p*<0.05), BS군은 447.4±13.9 hr·mg/dL로 유의적인 차이는 없었지만 대조군과 비교하여 낮아지는 경향이 있었다. GI의 경우, 실험 1과 유사한 패턴으로 BS군 96.2±4.8 > WS군 94.3±5.6 > LS군 93.9±5.8 순으로 낮아지는 것을 확인하였다. Cmax의 경우, 대조군에서는 268.9±4.5 mg/dL가 나왔고, BS군은 229.8±14.7mg/dL(*p*<0.001), LS군은 213.5±22.5 mg/dL(*p*<0.01), WS군은 226.2±8.7 mg/dL(*p*<0.001)로 대조군과 비교하여 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였다. Tmax의 경우, 실험 1과 유사하게 대조군과 비교하여 모든 시험군이 늦어지는 결과가 나타났다.

최근 식습관의 변화로 제2형 당뇨병, 고혈압과 같은 만성적인 질병의 유병률도 높아지고 있고(Lee 등 2018; Lim 등 2018), 최근에는 이러한 만성적인 질환의 원인이 고지방 식사가 아닌 고탄수화물 식사가 더 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다(Song 등 2012; Sun 등 2014). 특히 정제된 곡류의 경우 정제되지 않은 곡류에 비해서 더 영향을 준다는 다수의 연구 결과들이 있으며(Fung 등 2002; Sun 등 2010; Kyro 등 2018), 탄수화물의 섭취량뿐만 아니라 탄수화물의 질적인 측

**Table 5. Pharmacodynamic (PD) parameters in control and after administration *Saengshik* containing 50 g of carbohydrate<sup>1)2)</sup>**

	PD parameters			
	Cmax (mg/dL) <sup>3)</sup>	Tmax (hr) <sup>4)</sup>	AUC (hr · mg/dL) <sup>5)</sup>	GI (%) <sup>6)</sup>
Control	268.9±4.5	0.5±0.0	465.3±14.4	100.0
BS	229.8±14.7***	0.8±0.3	447.4±13.9	96.2±4.8
LS	213.5±22.5**	0.8±0.3	436.4±22.4*	93.9±5.8
WS	226.2±8.7***	0.7±0.3	438.1±15.8*	94.3±5.6

1) Values are mean±S.D. (n=5).

2) Values with different letters statistically significant differences between groups by student's *t*-test of \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001.

3) Maximum blood glucose levels.

4) Time when glucose peak.

5) Area under the curve.

6) Glycemic index.

면도 중요해졌다. 탄수화물은 크게 단당류, 다당류, 식이섬유 등으로 구분이 되는데, 각 탄수화물 급원별로 혈당에 미치는 영향이 다르다. Luo 등(2021)은 심혈관계 질환, 당뇨병, 설사, 발열 등에 기능성을 가지고 있는 칩뿌리를 사용하여 혈당에 대한 기능성 연구를 진행하였다. 당뇨병 쥐를 대상으로 칩뿌리 추출물을 체중당 200 mg 섭취시켰을 때 공복 혈당, 인슐린 수치가 감소하는 것을 확인하였고, Kim 등(2012)은 당뇨병 쥐를 대상으로 fucoidan을 체중당 10 mg 섭취시켰을 때, 혈당이 감소하는 것을 확인하였다. Garcia 등(2007)은 사람을 대상으로 아라비노글루칸을 15 g씩 섭취시켰을 때 혈당과 인슐린 및 혈중 중성지방이 감소하는 것을 확인하였다. 앞선 연구 결과들을 종합하여 보면, 다당류 및 식이섬유가 혈당 및 혈당 관련 지표들을 개선하는 것을 확인할 수 있었다. Ahmed 등(2011)은 포도당 흡수 및 지연 정도를 반영하는 포도당 투석 지연 지수(glucose dialysis retardation index)로 탄수화물 급원별 실제 위장관 내 흡수를 예측하였고, 일반적인 탄수화물 급원에 비해서 식이섬유 급원이 더 늦어져, 포도당 흡수 지연에 따른 혈당 강하 효과를 보고하였다. 이처럼 식이섬유가 풍부한 정제되지 않은 곡류를 사용하는 생식도 이와 같은 기전으로 혈당에 대한 기능성을 나타낸 것으로 사료된다. 본 실험에서도 대조군에 비해서 시험군에서 혈당 변화 및 혈당 관련 지표가 개선되는 것을 확인하였으므로 생식의 혈당 관련 기능성을 다시 한번 확인하였다.

본 실험은 흰쥐를 대상으로 생식의 섭취 후, 혈당에 미치는 영향을 확인하고자 했지만 인체를 대상으로 진행한 실험이 아니라 쥐를 대상으로 진행한 실험으로 실질적인 혈당에 미치는 영향을 확인하기에는 어렵다는 한계점과 일반적인 생식의 섭취와 다른 단회 투여로만 평가했다는 한계점을 가지고 있다. 하지만 본 실험 이전에 진행된 사전 연구에서 당

노를 유발한 흰쥐와 제2형 당뇨병 및 내당능장애를 가진 환자를 대상으로 반복 섭취를 통한 혈당의 기능성을 확인하였고, 생식이라는 제품의 특성상 혈당 관리가 필요한 환자가 아닌 정상 혈당을 가진 사람들이 주로 섭취하므로 본 실험에서도 생식의 파이토케미컬과 정제되지 않은 곡류와 같은 탄수화물 급원이 정상적인 흰쥐의 혈당에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 추후에 진행될 연구에서는 흰쥐를 대상으로 생식의 반복섭취를 진행해 혈당에 미치는 영향을 확인하고 혈당과 관련된 당화혈색소(HbA1c), α-glucosidase, α-amylase, 공복 혈장 C-펩티드, 세포 및 조직 인슐린 함유도, glucose-6-phosphatase와 같은 바이오마커 측정을 통해 기전 연구를 진행하여 생식이 실질적으로 혈당에 미치는 영향과 혈당 강하 기능성을 확인하는 과정이 필요할 것으로 사료된다. 끝으로 정상 혈당을 가진 사람을 대상으로 인체적용시험을 진행해 일반적인 섭취 조건에서도 혈당 강하 기능성을 확인하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 생식이 혈당에 미치는 영향을 확인하고자, SD rat에 대조군인 포도당과 시험군인 생식 3종(BS, LS, WS)을 섭취 전과 섭취 후 150분 동안 30분 간격으로 채혈하여 혈당을 측정하였다. 실험은 2번에 걸쳐 진행되었고, 실험 1은 모든 시료의 양을 동일하게 맞춰서 실험을 진행하였고, 실험 2는 각 시료의 탄수화물 함량을 보정하여 시료 양을 조절한 뒤 실험을 진행하였다. 각 실험의 혈당 변화와 혈당반응 면적(AUC), 혈당지수(GI), 최고 혈당 농도(Cmax), 최고 혈당까지 도달시간(Tmax)과 같은 혈당 관련 지표로 생식이 혈당에 미치는 영향을 확인했다. 실험 1의 혈당 관련 지표는

다음과 같다. AUC의 경우, 대조군은 477.4±61.1 hr · mg/dL, BS군은 420.6±17.9 hr · mg/dL, LS군은 407.5±17.0 hr · mg/dL ( $p<0.05$ ), WS군은 436.5±44.8 hr · mg/dL가 나왔고, Cmax의 경우, 대조군은 264.6±39.4 mg/dL, BS군은 208.1±17.9 mg/dL ( $p<0.05$ ), LS군은 197.8±11.9 mg/dL( $p<0.01$ ), WS군은 214.4±26.3 mg/dL( $p<0.05$ )가 나왔고, GI와 Tmax는 대조군과 비교하여 모든 실험군에서 낮아지는 경향이 있다. 동일한 양으로 제조된 시료로 실험을 진행했을 때 생식의 혈당 관련 기능을 확인 할 수 있었다. 이러한 생식의 기능성은 생식에 함유되어 있는 파이토케미컬에 기인한 것으로 사료된다. 실험 2의 혈당 관련 지표는 다음과 같다. AUC의 경우, 대조군은 465.3±14.4 hr · mg/dL, BS군은 447.4±13.9 hr · mg/dL, LS군은 436.4±22.4 hr · mg/dL( $p<0.05$ ), WS군은 438.1±15.8 hr · mg/dL( $p<0.05$ )가 나왔고, Cmax의 경우, 대조군에서는 268.9±4.5 mg/dL가 나왔고, BS군은 229.8±14.7 mg/dL( $p<0.001$ ), LS군은 213.5±22.5 mg/dL( $p<0.01$ ), WS군은 226.2±8.7 mg/dL( $p<0.001$ )가 나왔고, GI와 Tmax는 대조군 대비 유의적인 차이는 없었지만 낮아졌다. 실험 1과 유사하게 모든 혈당 관련 지표에서 대조군 대비 낮은 것을 다시 한번 확인하였고, 이러한 결과는 생식의 질 높은 탄수화물에 기인한 것으로 사료된다. 생식은 식이섬유가 풍부한 정제되지 않은 곡류를 원료로 사용되는데, 식이섬유는 포도당의 흡수를 지연시켜 혈당 강하에 대한 기능을 가지고 있다. 따라서 시료의 탄수화물 함량을 보정한 실험 2에서도 생식의 혈당에 대한 기능을 확인할 수 있었다. 위의 연구결과 생식의 파이토케미컬과 정제되지 않은 곡류와 같은 탄수화물 급원이 혈당에 대한 기능성이 있을 것으로 사료된다. 하지만 단회 섭취와 사람을 대상으로 진행된 실험이 아니기에 실질적인 혈당 강하 기능을 확인하기에 어렵다는 한계점이 존재한다. 따라서 추후에 진행될 혈당 강하 기전 연구와 인체적용시험과 같은 심화된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Ahmed F, Sairam S, Urooj A. 2011. *In vitro* hypoglycemic effects of selected dietary fiber sources. *J Food Sci Technol* 48:285-289
- Alberti KGMM, Zimmet PZ. 1998. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15:539-553
- Brasnyó P, Molnár GA, Mohás M, Markó L, Laczy B, Cseh J, Mikolás E, Szijártó IA, Mérei A, Halmai R, Mészáros LG, Sümegi B, Wittmann I. 2011. Resveratrol improves insulin sensitivity, reduces oxidative stress and activates the Akt pathway in type 2 diabetic patients. *Br J Nutr* 106:383-389
- Chung HY. 2016. Dietary calcium intake is associated with blood lipid profile, blood pressure, inflammatory state and insulin resistance in type 2 diabetes patients. *Korean J Food Nutr* 29:290-299
- Flores FP, Singh RK, Kerr WL, Pegg RB, Kong F. 2013. Antioxidant and enzyme inhibitory activities of blueberry anthocyanins prepared using different solvents. *J Agric Food Chem* 61:4441-4447
- Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. 2016. New horizons for the study of dietary fiber and health: A review. *Plant Foods Hum Nutr* 71:1-12
- Fung TT, Hu FB, Pereira MA, Liu S, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC. 2002. Whole-grain intake and the risk of type 2 diabetes: A prospective study in men. *Am J Clin Nutr* 76:535-540
- Garcia AL, Otto B, Reich SC, Weickert MO, Steiniger J, Machowetz A, Rudovich NN, Möhlig M, Katz N, Speth M, Meuser F, Doerfer J, Zunft HJF, Pfeiffer AHF, Koebnick C. 2007. Arabinoxylan consumption decreases postprandial serum glucose, serum insulin and plasma total ghrelin response in subjects with impaired glucose tolerance. *Eur J Clin Nutr* 61:334-341
- Higgins JA. 2012. Whole grains, legumes, and the subsequent meal effect: Implications for blood glucose control and the role of fermentation. *J Nutr Metab* 2012:829238
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34:362-366
- Kang SM, Shim JY, Hwang SJ, Hong S, Jang HE, Park MH. 2003. Effects of *saengshik* supplementation on health improvement in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:906-912
- Kim HY, Hong SG, Hwang SJ, Mok C, Park MH, Lee JY. 2007. Effect of *saengshik* on blood glucose response in healthy subjects. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1553-1559
- Kim J, Kim S, Jung KA, Chang Y, Choi H, Choi S, Park M, Hong S, Hwang S. 2005. Effects of very low calorie diet using meal replacements on weight reduction and health in the obese adult women. *J Nutr Health* 38:739-749
- Kim JH. 2016. The present state and future prospect for *saengshik* research. *Food Ind Nutr* 21:34-40



- Kim KJ, Yoon KY, Lee BY. 2012. Fucoidan regulate blood glucose homeostasis in C57BL/KSJ m+/+db and C57BL/KSJ db/db mice. *Fitoterapia* 83:1105-1109
- Kim M, Kim ES, Park MH, Hwang SJ, Jeong Y. 2004. *Saengshik*, a formulated health food, decreases blood glucose and increases survival rate in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 7:162-167
- Kwon JY, Chung HY. 2013. Study on the correlation between the nutrient intakes and clinical indices of type 2 diabetes patients. *Korean J Food Nutr* 26:909-918
- Kyrø C, Tjønneland A, Overvad K, Olsen A, Landberg R. 2018. Higher whole-grain intake is associated with lower risk of type 2 diabetes among middle-aged men and women: The Danish diet, cancer, and health cohort. *J Nutr* 148:1434-1444
- Lee HS, Kong HJ, Lee EH, Hwang SJ, Jung HA, Kim ML, Choi EM, Jang JH, Yang KM. 2014. Hypoglycemic effects of boiled rice made from unpolished rice, Job' tear, and extract from medicinal herbs mixture on diabetic rat. *Korean J Herbol* 29:59-70
- Lee SE, Han K, Kang YM, Kim SO, Cho YK, Ko KS, Park JY, Lee KU, Koh EH, Taskforce Team of Diabetes Fact Sheet of the Korean Diabetes Association. 2018. Trends in the prevalence of metabolic syndrome and its components in South Korea: Findings from the Korean National Health Insurance Service Database (2009 - 2013). *PLOS ONE* 13:e0194490
- Lim J, Lee Y, Shin S, Lee HW, Kim CE, Lee JK, Lee SA, Kang D. 2018. An association between diet quality index for Koreans (DQI-K) and total mortality in Health Examinees Gem (HEXA-G) study. *Nutr Res Pract* 12:258-264
- Liu Y, Li J, Zhang Z, Tang Y, Chen Z, Wang Z. 2013. Effects of exercise intervention on vascular endothelium functions of patients with impaired glucose tolerance during prediabetes mellitus. *Exp Ther Med* 5:1559-1565
- Luo D, Dong X, Huang J, Huang C, Fang G, Huang Y. 2021. *Pueraria lobata* root polysaccharide alleviates glucose and lipid metabolic dysfunction in diabetic db/db mice. *Pharm Biol* 59:380-388
- Moon MS. 2023. Effects of *saengshik* intake on blood glucose and plasma lipid profiles in type 2 diabetic patients or subjects with impaired glucose tolerance. *Food Ind Nutr* 28:31-38
- Musa-Veloso K, Poon T, Harkness LS, O'Shea M, Chu Y. 2018. The effects of whole-grain compared with refined wheat, rice, and rye on the postprandial blood glucose response: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 108:759-774
- Nanri A, Mizoue T, Noda M, Takahashi Y, Kato M, Inoue M, Tsugane S, Japan Public Health Center-based Prospective Study Group. 2010. Rice intake and type 2 diabetes in Japanese men and women: The Japan Public Health Center - based prospective study. *Am J Clin Nutr* 92:1468-1477
- Park CH, Woo JH, Roh HT, Shin KO, Kim DY, Yoon BK. 2020. The effects of different intensity endurance and resistance exercise on diabetic-related blood profiles in impaired glucose tolerance mice. *J Korean Appl Sci Technol* 37:571-581
- Russell WR, Baka A, Björck I, Delzenne N, Gao D, Griffiths HR, Hadjilucas E, Juvonen K, Lahtinen S, Lansink M, Loon LV, Mykkänen H, Östman E, Riccardi G, Vinoy S, Weickert MO. 2016. Impact of diet composition on blood glucose regulation. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56:541-590
- Song MK, Hong SG, Hwang SJ, Park OJ, Park MH. 2003. Improve effects of *saengshik* on patient with fatty liver and hyperlipidemia in murine. *J Nutr Health* 36:834-840
- Song SJ, Choi H, Lee S, Park J, Kim BR, Paik HY, Song YJ. 2012. Establishing a table of glycemic index values for common Korean foods and an evaluation of the dietary glycemic index among the Korean adult population. *J Nutr Health* 45:80-93
- Sun L, Ranawana DV, Leow MKSL, Henry CJ. 2014. Effect of chicken, fat and vegetable on glycaemia and insulinaemia to a white rice-based meal in healthy adults. *Eur J Nutr* 53:1719-1726
- Sun Q, Spiegelman D, van Dam RM, Holmes MD, Malik VS, Willett WC, Hu FB. 2010. White rice, brown rice, and risk of type 2 diabetes in US men and women. *Arch Intern Med* 170:961-969
- Takahashi K, Kamada C, Yoshimura H, Okumura R, Iimuro S, Ohashi Y, Araki A, Umegaki H, Sakurai T, Yoshimura Y, Ito H, The Japanese Elderly Diabetes Intervention Trial Study Group. 2012. Effects of total and green vegetable intakes on glycated hemoglobin A1c and triglycerides in elderly patients with type 2 diabetes mellitus: The Japanese elderly intervention trial. *Geriatr Gerontol Int* 12:50-58
- Tothfalusi L, Endrenyi L. 2003. Estimation of  $C_{max}$  and  $T_{max}$  in populations after single and multiple drug administrations. *J*

*Pharmacokinetic Pharmacodyn* 30:363-385

- Villegas R, Liu S, Gao YT, Yang G, Li H, Zheng W, Shu XO. 2007. Prospective study of dietary carbohydrates, glycemic index, glycemic load, and incidence of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Chinese women. *Arch Intern Med* 167:2310-2316
- Wang SY, Lin HS. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with

cultivar and developmental stage. *J Agric Food Chem* 48:140-146

- Wolever TM, Jenkins DJ, Jenkins AL, Josse RG. 1991. The glycemic index: Methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 54:846-854

---

Received 25 September, 2023

Revised 25 October, 2023

Accepted 03 November, 2023

## 돼지감자분말을 첨가한 샐러드 드레싱의 품질 특성 및 항산화 활성

김 지 영 · \*김 정 미\*

대구과학대학교 식품영양조리학부 조교수, \*대구과학대학교 식품영양조리학부 부교수

### Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Salad Dressing Added with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder

Ji Young Kim and \*Jung Mi Kim\*

Assistant Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea

\*Associate Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea

#### Abstract

This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of salad dressing prepared with Jerusalem artichoke powder (0%, 4%, 8%, and 12%). The pH, soluble solid content, and viscosity increased as the content of Jerusalem artichoke powder increased. The titratable acidity showed no significant differences between samples. The lightness values decreased, while the redness and yellowness values increased with increasing amounts of Jerusalem artichoke powder. The total polyphenol content ranged from 52.00-69.64 µg GAE/g, and increased with the increase in Jerusalem artichoke powder levels. The antioxidant activities measured via DPPH and ABTS radical scavenging activity and reducing power also increased with increasing Jerusalem artichoke powder, at a higher rate than in the control. These results suggest that it is beneficial to add Jerusalem artichoke powder when in salad dressing.

Key words: Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder, salad dressing, quality characteristics, antioxidant activity

#### 서 론

서구화된 식생활로 인해 탄수화물, 당분 및 지방 등의 섭취가 증가하면서 비만, 고혈압 및 당뇨병과 같은 다양한 질환의 발생률이 높아지고 있어 현대인들은 건강한 삶을 유지하고자 건강하면서 간편하게 먹을 수 있는 한 끼 식사메뉴로 샐러드 제품의 인기가 높아지고 있고 더불어 샐러드드레싱의 소비도 증가하고 있다(Kim 등 2003; Choi & Chung 2009; Park 등 2015). 드레싱이란 식품에 뿌려먹는 소스 따위의 양념으로, 일반적으로 드레싱은 차가운 형태의 소스를 뜻하며 주로 채소나 과일에 뿌려 먹는 것을 말한다. 샐러드에 사용하는 소스를 유럽에서는 소스, 미국에서는 드레싱이라고 하며, 우리나라에서는 제품의 형태에 따라 소스 또는 드레싱으로 부른다. 식품공전에서는 ‘소스류’로 불리우며, 식품의 조

리 전·후에 풍미증진을 위한 목적으로 사용되는 것으로, 동·식물성 식품 원료에 장류, 당류, 향신료, 식염, 식초 및 식용유지 등을 가하여 가공한 것을 말한다. 드레싱은 샐러드의 맛을 조절하고 향과 풍미를 제공하며 질감이 다른 여러 종류의 샐러드에 첨가하면 그 맛을 증진시키고 소화를 도와 줄뿐만 아니라 시각적인 효과도 제고시킬 수 있다(Kim 등 2002; Choi & Chung 2009; Lee 등 2010). 최근 소비자들은 소스의 고유 특징을 가지고 있으면서 생리적 활성이 높은 식품 소재를 첨가하여 기능성이 강화된 드레싱을 선호하고 있다. 이러한 웰빙 식생활의 영향으로 드레싱에 ‘관능성’ 이외에 ‘기능성’을 부가하고자 하는 연구들이 시도되고 있으며, 머루 분말, 아사이베리 분말, 아로니아즙, 오디즙, 복분자즙, 블루베리즙, 표고버섯 등을 첨가한 샐러드드레싱 연구가 보고되고 있다(Jung & Kim 2011; Lee & Lee 2012; Park 등 2013a; Park

\* Corresponding author: Jung Mi Kim, Associate Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea. Tel: +82-53-320-1092, Fax: +82-53-320-1097, E-mail: grara@tsu.ac.kr

KB 2014; Bing 등 2015; Park 등 2015; Choi & Chung 2017).

한편, 돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.; Jerusalem artichoke)는 북미원산의 국화과 해바라기속의 여러해살이 식물로, 8~9월에 해바라기 모양의 꽃이 피고 10월 말경에 꽃이 지면서 땅속에 감자모양의 뿌리열매가 생기는데 이를 돼지감자라고 한다(Kim 등 2014). 돼지감자는 오래전부터 당뇨병과 류마티스의 치료를 위해 사용되어 왔으며, 변비개선, 장 질환 예방, 혈청 콜레스테롤 감소, 혈중 지질 및 혈당 저하 및 항비만효과 등 다양한 생리 활성이 있는 것으로 발표된 바 있다(Park HS 2010; Kim 등 2015a; Yang 등 2015; Sawicka 등 2020). 돼지감자의 주성분은 이눌린(inulin)과 그 유사물질인데, 전체의 약 15%를 구성하고 있어 지구상에서 가장 이눌린을 많이 포함하고 있는 식물중 하나이다(Park 등 2013b). 또한, 돼지감자의 이눌린은 인간의 위에서는 분해되지 않고 장내 미생물에 의하여 발효되어 배변 기능을 촉진하며, 분해되어도 혈당치를 급격하게 상승시키지 않고 열량이 낮아 항비만 효과와 혈액 내 중성지방의 저감 효과 등이 보고된 바 있다(Rumessen 등 1990; Choi & Shin 2006). 이 밖에도 돼지감자는 철분, 마그네슘과 같은 무기성분 및 비타민 C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, 나이아신 등의 여러 가지 비타민들이 풍부하여 영양학적 가치가 높은 식품으로 식품소재로서의 충분한 가치를 가지고 있다.

이와같이 돼지감자가 영양학적 가치가 높음에도 불구하고, 돼지감자는 흠냄새와 같은 특유의 냄새로 인하여 생으로 먹거나 삶아 먹어도 맛이 그다지 좋지 않으며, 생산 시기가 한정적이고, 생으로는 장기보관에 어려움이 있다. 따라서 돼지감자의 이용성을 증대하고자 돼지감자 분말을 첨가한 스펀지케이크(Kim 등 2014), 설기떡(Park HS 2010; Shin & Chung 2019), 쿠키(Park 등 2013a), 젤리(Kim & Hwang 2022a), 부침가루(Kim 등 2013), 묵(Kim 등 2015b), 현미죽(Kim & Hwang 2022b) 및 돼지감자 추출액을 첨가한 식혜(Kim & Hwang 2021) 등의 제품 개발 및 품질 연구가 진행된 바 있다.

본 연구에서는 이눌린과 같은 건강 기능성 성분이 다량 함유되어 있어 영양학적으로도 매우 우수한 돼지감자를 이용하여 마요네즈 기본으로 하는 샐러드드레싱을 제조함으로써 남녀노소 누구나 섭취할 수 있는 건강지향적 제품을 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

돼지감자분말은 온라인몰에서 100% 국내산돼지감자분말((주)감당약초)을 구입하였고, 드레싱 재료로 사용한 마요네즈(Ottogi, Anyang, Korea), 올리브오일(Chungjungone, Seoul, Korea), 플레인요거트(Ildong, Seoul, Korea), 레몬즙(Youngnam Co.,

Seoul, Korea), 양파, 소금(Fine salt, Busan, Korea)은 대구시 마트에서 구입하여 사용하였다. 그리고 분석에 사용한 시약은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), gallic acid, ascorbic acid, folin-Ciocalteu reagent, 2,2'-azino-bis(3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), trichloroacetic acid(TCA), potassium persulfate, phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4), sodium phosphate buffer(pH 6.8), potassium ferricyanide(FeCl<sub>3</sub>), iron(III) chloride 등은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St Louis, MD, USA)에서 구입하였다.

### 2. 샐러드드레싱 제조

돼지감자분말을 첨가한 드레싱의 제조는 예비실험을 거친 후 Table 1과 같은 비율로 재료들을 혼합하여 제조하였다(Fig. 1). 돼지감자분말의 첨가량은 전체량의 4%, 8%, 12% 함량으로 첨가하였고, 마요네즈를 제외한 나머지 재료는 동일한 양으로 첨가하여 샐러드드레싱의 전체량은 동일하도록 하였다. 마요네즈는 드레싱의 주재료로 많이 사용되고 있으나 지방함량이 높은 특징을 가지고 있다. 건강지향성 샐러드드레싱을 제조하고자 마요네즈의 첨가량을 줄이고, 돼지감자분말 첨가량을 증가시켰으며, 드레싱의 고유 특성에 영향을 끼치지 않음을 확인하고자 하였다. 샐러드드레싱 제조방법은 먼저 레몬즙에 돼지감자분말을 넣고 골고루 잘 섞이도록 교반한 다음 마요네즈, 플레인요거트, 올리브오일, 소금 및 다진 양파를 첨가하여 3분간 교반하였으며 이를 냉장 보관(5±1℃)하면서 분석시료로 사용하였다.

### 3. pH, 총산도 및 가용성 고형분 함량 측정

pH는 시료 10 g에 증류수 90 mL를 가하여 30분간 방치하고, 여과하여 얻은 여액을 pH meter(Thermo Electron Corp., MA, USA)로 측정하였다. 총산도는 pH 측정과 동일한 시료액 10 mL에 1% phenolphthalein을 2~3방울 넣고 0.1 N NaOH로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 적정에 소비된 NaOH를 젯산에 상당하는 유기산 계수를 이용하여 총산으로 환산하였다(Eom 등 2022). 가용성 고형분 함량은 당도계(N1 hand refractometer, ATAGO Co., Kyoto, Japan)로 측정하였으며, 그 함량을 Brix로 나타내었다.

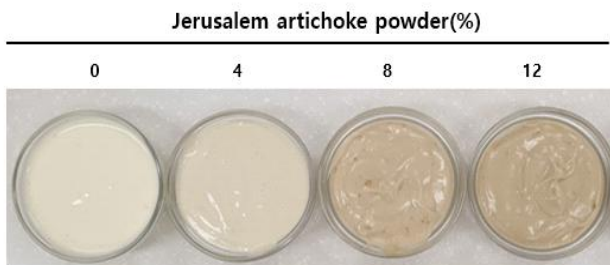
### 4. 색도 및 점도 측정

샐러드드레싱의 색도는 분광색차계(Chroma meter CR 400, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L값(lightness, 명도), a값(red, 적색도), b값(yellowness, 황색도)으로 표시하였으며, 각각 3회 이상 측정 후 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 값은 L=92.75, a=0.83, b=2.78이었다.

점도는 샐러드드레싱 40 g을 비커에 계량하고 25±0.2℃의

**Table 1. Formula for salad dressing added Jerusalem artichoke powder**

Ingredients (g)	Jerusalem artichoke powder (%)			
	0	4	8	12
Mayonnaise	30	25	20	15
Yogurt	60	60	60	60
Oligosaccharide	15	15	15	15
Lemon juice	16	16	16	16
Onion	5	5	5	5
Salt	2.5	2.5	2.5	2.5
Jerusalem artichoke powder	0	5	10	15

**Fig. 1. Appearance characteristics of salad dressing added with Jerusalem artichoke powder.**

항온 수욕조에서 1시간 동안 안정화 후 회전식 점도계(Model LVP Brookfield, MA, USA)로 spindle No. 4를 이용하여 60 rpm 조건에서 측정하였다.

### 5. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량을 분석하기 위한 시료액은 제조한 드레싱 100 g에 증류수 900 mL를 가한 후 50°C water bath에서 15시간 진탕 교반한 후 추출하여 2,258×g에서 20분간 원심분리(Combi-514R, Hanil Science Co., LTD., Daejeon, Korea)한 다음 상등액을 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 시료액 200 µL에 1N folin-ciocalteu phenol reagent(FCR) 1,000 µL를 가하여 실온에서 3분 동안 방치하였다. 반응액에 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 800 µL를 혼합하고 다시 암소에서 1시간 방치한 다음 765 nm에서 흡광도(Infinite M200, Tecan Austria, Grödig, Austria)를 측정하였다(Singleton 등 1999). 총 폴리페놀 함량의 표준물질은 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

### 6. 항산화 활성 측정

항산화 활성 측정을 위한 시료액은 총 폴리페놀 함량 실험에서와 동일한 방법으로 준비하여 사용하였다.

### 1) DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능(Blois MS 1958)은 시료 500 µL에 0.2 mM DPPH 용액 2,000 µL를 가한 다음 암소에서 30분간 반응한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 아래 식과 같은 방법으로 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다. 양성 대조군으로 ascorbic acid(vitamin C, Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [1 - (A/B)] \times 100$$

A: 시료액 첨가구의 흡광도

B: 시료액 무첨가구의 흡광도

### 2) ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS와 potassium persulfate(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 혼합하여 양이온의 생성을 유도한 다음, 생성된 양이온이 항산화 활성이 있는 시료에 의해 청록색이 탈색되는데 이때의 흡광도 값을 측정하여 항산화 활성을 측정할 수 있다(Re 등 1999). 즉, 7.5 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 24시간 동안 암소에서 반응시켜 라디칼을 형성시켰다. 사용하기 전에 라디칼이 형성된 ABTS 용액을 734 nm에서 흡광도가 0.700±0.02이 되도록 PBS으로 희석하였다. 희석한 ABTS 용액 2,000 µL에 시료액 200 µL를 첨가하여 암소에서 5분간 반응하고 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의하여 ABTS 라디칼 소거능을 계산하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = [1 - (A/B)] \times 100$$

A: 시료액 첨가구의 흡광도

B: 시료액 무첨가구의 흡광도

### 3) 환원력 측정

환원력(reducing power)은 Wong & Chye(2009)의 방법을 변경하여 측정하였다. 즉, 시료액 500 µL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 500 µL와 10% potassium ferricyanide 500 µL를 각각 첨가하여 50°C에서 20분간 반응한 다음, 10% trichloroacetic acid 500 µL를 첨가하여 반응을 중단하였다. 반응액을 2,258×g에서 10분간 원심분리하여 상층액 500 µL를 취하고 여기에 증류수 500 µL와 1% FeCl<sub>3</sub> 100 µL를 가하여 혼합하여 700 nm에서 측정된 흡광도 값을 reducing power로 나타내었다.

### 7. 통계처리

모든 분석실험은 3회 이상 반복 측정하였고, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 평균값에 대한 유의적인 차이는

SPSS 27.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test를 실시하여 검증하였다( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 1. pH, 총산도 및 가용성 고형분 함량 측정

돼지감자분말 첨가 드레싱의 pH, 총산도 및 가용성 고형분 함량 측정 결과는 Table 2와 같다. 대조구인 돼지감자분말을 첨가하지 않은 드레싱이 3.45로 가장 낮았고 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 각각 3.69, 3.81, 3.99로 유의적으로 증가하였다. 다시마 켈러드드레싱(Jung 등 2011)과 생강 켈러드드레싱(Jung 등 2013)의 연구에서는 첨가한 부재료의 양이 증가할수록 pH가 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사하였으나, 아사이베리 분말 첨가 켈러드드레싱(Choi & Chung 2017)과 복분자즙 드레싱(Park 등 2013a)의 연구에서는 pH가 낮아졌다고 보고하였다. 이는 드레싱에 사용하는 부재료의 종류와 그 특성에 따라 다른 경향으로 나타남을 확인하였다. 총산도는 대조구 2.25%, 4% 첨가구 2.25%, 8% 첨가구 1.95%, 12% 첨가구 2.10%로 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. pH와 산도는 저장성을 나타내는 지표 중의 하나로 미생물의 생

육에 영향을 미치며, 최적 성장 범위가 pH 6.8~7.2인 것으로 보고된 바 있다(Bing 등 2015). 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 켈러드드레싱의 pH는 3.45~3.99로 미생물의 최적 성장 pH 범위 안에 포함되지 않았으므로 돼지감자분말의 첨가가 드레싱의 안전성에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 가용성 고형분의 함량은 대조구가 32.0 °Brix, 돼지감자분말의 첨가량이 증가할수록 33.0~38.00 °Brix로 농도의존적으로 증가하였다. 표고버섯 켈러드드레싱에서는 부재료 첨가량이 높아질수록 가용성 고형분 함량이 높아짐을 보고하였다(Jung & Kim 2011). 반면에, 아로니아즙과 블루베리즙을 첨가한 드레싱의 연구에서는 주재료의 첨가량이 증가할수록 가용성 고형분 함량이 낮아졌다고 보고하였다(Lee & Lee 2012; Park 등 2015).

### 2. 색도 및 점도 측정

돼지감자분말 첨가 켈러드드레싱의 색도를 측정된 결과(Table 3), 부재료로 사용한 돼지감자분말의 색도는 L값 86.56, a값 0.54, b값 9.77로 확인되었다. 명도를 나타내는 L값은 대조구가 87.86, 첨가구가 72.34~82.73으로 나타나 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌다. 적색도값을 나타내는 a값은 돼지감자분말을 첨가하지 않은 대조구는 -3.96으

Table 2. pH, titratable acidity and soluble solid content of salad dressing added with Jerusalem artichoke powder

	Jerusalem artichoke powder	Jerusalem artichoke powder (%)				F-value
		0	4	8	12	
pH	4.77±0.01 <sup>1)</sup>	3.45±0.04 <sup>d2)</sup>	3.69±0.02 <sup>c</sup>	3.81±0.04 <sup>b</sup>	3.99±0.01 <sup>a</sup>	254.718 <sup>***</sup>
Titratable acidity (%)	1.65±0.21	2.23±0.16	2.24±0.15	1.95±0.15	2.10±0.10	3.911
Soluble solid content (Bx%)	9.07±0.06	32.0±1.00 <sup>b</sup>	33.0±1.00 <sup>b</sup>	36.0±1.00 <sup>a</sup>	38.00±1.73 <sup>a</sup>	15.167 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> Each values represent mean±standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup> <sup>a-d</sup>Means with different letters within a row are significantly different from each other by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>Significant at  $p < 0.001$ .

Table 3. Hunter's color value of salad dressing added with Jerusalem artichoke powder

	Jerusalem artichoke powder	Jerusalem artichoke powder (%)				F-value	
		0	4	8	12		
Color <sup>3)</sup>	L	86.56±0.04 <sup>1)</sup>	87.86±0.40 <sup>a2)</sup>	82.73±0.42 <sup>b</sup>	77.96±0.05 <sup>c</sup>	72.34±0.04 <sup>d</sup>	1,550.125 <sup>***</sup>
	a	0.54±0.02	-3.96±0.08 <sup>d</sup>	-1.16±0.04 <sup>c</sup>	0.25±0.04 <sup>b</sup>	0.94±0.06 <sup>a</sup>	1,752.018 <sup>***</sup>
	b	9.77±0.06	10.66±0.24 <sup>d</sup>	11.42±0.38 <sup>c</sup>	12.61±0.05 <sup>b</sup>	13.37±0.11 <sup>a</sup>	83.282 <sup>***</sup>
Viscosity (cP)	-	980.00±44.40 <sup>c</sup>	1,030.33±87.46 <sup>c</sup>	1,323.00±198.50 <sup>b</sup>	1,603.67±91.54 <sup>a</sup>	17.319 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup> Each values represent mean±standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup> <sup>a-d</sup>Means with different letters within a row are significantly different from each other by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup> Colors are L: lightness, a: redness, b: yellowness.

<sup>\*\*\*</sup>Significant at  $p < 0.001$ .

로 나타났고 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높아져 12% 첨가구는 0.94로 가장 높은 값을 나타내었다. 황색도는 나타내는 b값은 대조구가 10.66으로 가장 낮았고, 4% 첨가구와는 유의적인 차이가 없었으나, 8% 첨가구와 12% 첨가구는 각각 12.61, 13.37로 농도의존적으로 증가하였다.

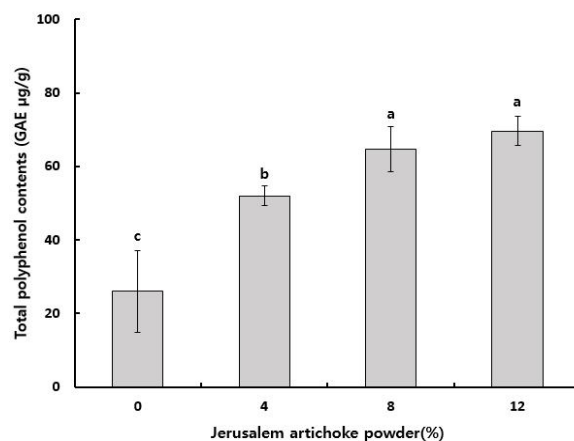
돼지감자분말을 첨가하여 제조한 샐러드드레싱의 점도는 돼지감자분말을 첨가하지 않은 대조구의 점도는 980.00 cp이었으며, 돼지감자분말을 4% 첨가한 실험구에서는 1,030.33 cp으로 대조구보다는 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 반면에 8%, 12%의 돼지감자분말을 첨가한 실험구에서는 각각 1,323.00 cp, 1,603.67 cp으로 점도가 높아지는 것으로 나타났다. 이는 돼지감자분말의 첨가량이 일정비율 이상일 때 소스의 점도에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 오디분말의 첨가량과 저장기간이 증가함에 따라 샐러드드레싱의 점도가 증가한다고 보고한 Lee 등(2010)의 결과와 유사한 경향을 보였다.

### 3. 샐러드드레싱의 총 폴리페놀 함량 분석

페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로 phenolic hydroxyl기를 가지고 있어 단백질 또는 효소, 기타 거대분자들과 결합하는 성질이 있으며, 항균, 항산화 및 항암 등의 생리활성을 가진 것으로 알려져 있어(Zhang 등 2017; Belšćak-Cvitanović 등 2018), 식품의 항산화력을 결정짓는 데 매우 중요한 인자로 작용하고 있다(Choi & Chung 2017). 돼지감자분말 첨가 드레싱의 총 폴리페놀 함량은 대조구 26.02 µg GAE/g으로 가장 낮았고 4% 첨가구는 52.00 µg GAE/g, 8% 첨가구는 64.69 µg GAE/g, 12% 첨가구는 69.64 µg GAE/g으로 돼지감자 분말 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 산약가루 첨가 샐러드드레싱의 연구에서는 총 폴리페놀 함량이 산약가루 첨가량이 증가할수록 0.087~0.123 mg/g으로 증가하였다고 보고하여 본 실험 결과와 유사하였다(Yim 등 2012). Kim & Hwang(2022b)은 돼지감자 분말을 첨가한 현미죽이 첨가하지 않은 대조구에 비해 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 각각 1.36배, 1.51배 증가한다고 하였으며, Kim 등(2013)은 돼지감자분말을 첨가할수록 부침가루의 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고하였다. 이는 부재료의 첨가량이 많아질수록 제조한 식품의 총 폴리페놀 함량이 증가하였기 때문에 돼지감자분말 자체의 총 폴리페놀 함량이 샐러드드레싱의 폴리페놀의 함량에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

### 4. 샐러드드레싱의 항산화 활성

DPPH 자유라디칼 소거활성 측정법은 비교적 간단하면서도 동시에 많은 양의 분석이 가능한 방법으로 DPPH는 에탄



**Fig. 2. Total polyphenol contents of salad dressing added with Jerusalem artichoke powder.** Different letters above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

올 용액에서는 비교적 안정한 라디칼로 보라색으로 띠는데, 항산화 활성을 갖는 성분을 만나면 색이 소거되면서 탈색되는 원리는 이용한다(Jung 등 2004, Gülçin 등 2005). 또한, ABTS 라디칼 소거능은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된  $ABTS \cdot + free\ radical$ 이 시료속의 항산화력 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 상대적으로 측정하는 방법이다(Jo & Park 2008). 돼지감자분말 첨가량에 따른 샐러드드레싱의 항산화 효과를 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 항산화 활성을 나타내는 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 즉, DPPH 라디칼 소거능에서는 돼지감자분말을 첨가하지 않은 대조구의 DPPH 라디칼 소거능은 2.56%로 가장 낮았고 첨가구는 8.37~32.64%로 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 특히, 12% 첨가구는 대조구보다 약 12배 높은 소거능을 보였다. 또한, ABTS 라디칼 소거능에서도 돼지감자분말을 첨가하지 않은 대조구는 4.47%인 반면에 돼지감자분말을 첨가한 샐러드드레싱에서는 9.85%, 24.13%, 36.82%로 나타나, 대조구 대비 2.2배, 5.4배, 8.2배로 높은 소거능을 나타내었다. 이와 같은 결과는 돼지감자분말 자체의 DPPH 라디칼 소거능 46.84%와 ABTS 라디칼 소거능 82.32%로 매우 높았기 때문에 나타난 것으로 판단된다. Yuan 등(2012)은 돼지감자에는 돼지감자의 3-O-caffeoylquinic acid, 1,5-dicaffeoylquinic acid와 같은 페놀성 물질들이 자유 라디칼 소거능에 기여한다고 하였으며 본 실험에서도 돼지감자분말에 존재하는 페놀계 물질로 인하여 돼지감자분말 첨가 샐러드드레싱의 라디칼 소거능이 높아진 것으로 보인다. Kim 등(2013)은 돼지

**Table 4. Antioxidant activities of salad dressing added with Jerusalem artichoke powder**

	Jerusalem artichoke powder	Jerusalem artichoke powder (%)				F-value
		0	4	8	12	
DPPH radical scavenging activity(%)	46.84±6.04 <sup>1)</sup>	2.57±1.26 <sup>d2)</sup>	11.70±1.44 <sup>c</sup>	17.87±3.91 <sup>b</sup>	32.64±2.80 <sup>a</sup>	71.707 <sup>***</sup>
ABTS radical scavenging activity(%)	82.32±0.93	4.47±0.60 <sup>c</sup>	6.52±1.86 <sup>c</sup>	24.13±0.76 <sup>b</sup>	36.82±0.83 <sup>a</sup>	556.794 <sup>***</sup>
Reducing power (Absorbance 700 nm)	0.52±0.02	0.16±0.04 <sup>c</sup>	0.21±0.01 <sup>c</sup>	0.26±0.03 <sup>b</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	20.878 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> Each values represent mean±standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup> <sup>a-d</sup>Means with different letters within a row are significantly different from each other by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>Significant at  $p<0.001$ .

감자분말의 첨가량이 높아질수록 부침가루의 총폴리페놀 함량과 더불어 DPPH 라디칼 소거능이 증가한다고 보고하였으며, Kim & Hwang(2022b)은 돼지감자분말을 첨가한 현미죽의 항산화 활성이 대조구에 비하여 높았다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다. 환원력 분석은 시료 추출액 중에 존재하는 폴리페놀 등과 같은 항산화 물질에 의해  $Fe^{3+}$ 가  $Fe^{2+}$ 로 환원되는 능력을 측정함으로써 항산화 활성을 측정하는 방법이다. 시료의 환원력이 높을수록 진한 녹색을 띠게 되어 700 nm에서 최대의 흡광도를 가지게 되며 발생 정도가 높을수록 높은 환원력을 나타낸다고 할 수 있다(Gülçin İ 2006). 돼지감자분말을 첨가한 샐러드드레싱의 환원력을 측정 한 결과(Table 4), 대조구는 0.16 Abs으로 가장 낮았고, 4% 첨가구는 0.21 Abs, 8% 첨가구는 0.26 Abs, 12% 첨가구는 0.32 Abs를 나타내어 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 돼지감자분말을 첨가하여 제조한 현미죽이 돼지감자분말을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 환원력이 높아졌다고 보고한 결과와 유사하였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 돼지감자분말을 첨가량을 달리하여 샐러드드레싱을 제조하고 pH, 총산도, 가용성 고형분 함량, 색도, 총 폴리페놀 함량, DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 및 환원력을 조사하였다. pH, 가용성 고형분 함량 및 점도는 대조군이 가장 낮게 나타났고, 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 총산도는 모든 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. 명도를 나타내는 L값은 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌고 적색도인 a값과 황색도인 b값은 증가하였다. 돼지감자분말을 첨가한 샐러드드레싱의 총 폴리페놀 함량은 대조구 26.02  $\mu\text{g GAE/g}$ 에 비하여

52.00~69.64  $\mu\text{g GAE/g}$ 으로 유의적으로 높았으며( $p<0.05$ ), 항산화 활성을 나타내는 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력 측정 결과 대조구가 가장 낮았고 돼지감자분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내어 12% 첨가구가 가장 높게 나타났다( $p<0.05$ ). 이상의 결과, 돼지감자 분말을 샐러드드레싱에 첨가함으로써 항산화 활성이 증가되었으므로 기능성을 향상시킨 제품으로써 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## References

- Belščak-Cvitanović A, Durgo K, Huđek A, Bačun-Družina V, Komes D. 2018. Overview of polyphenols and their properties. In *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* pp.3-44. Woodhead
- Bing DJ, Lee JH, Chun SS. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of salad dressings prepared with wild grape powder during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:250-259
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi JI, Chung HJ. 2017. Quality characteristics of salad dressing added with acai berry powder. *J Korean Soc Food Cult* 32:446-452
- Choi NY, Shin HS. 2006. Effect of oligosaccharides and inulin on the growth and viability of bifidobacteria in skim milk. *Food Sci Biotechnol* 15:543-548
- Choi SN, Chung NY. 2009. The quality and sensory characteristics of cashew dressing. *Korean J Food Cookery Sci* 25:39-44
- Eom HJ, Kwon NR, Kang HJ, Park HJ, Kim SY, Kim JH. 2022.



- Quality characteristics of *byeolmijang* prepared by different variety of roasted grain powders. *Korean J Food Nutr* 35:106-115
- Gülçin İ, Berashvili D, Gepdiremen A. 2005. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* Decne. *J Ethnopharmacol* 101:287-293
- Gülçin İ. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology* 217:213-220
- Jo HW, Park JC. 2008. Phenolic compounds isolated from the leaves of *Angelica keiskei* showing DPPH radical scavenging effect. *Korean J Pharmacogn* 39:146-149
- Jung HA, Kim AN, Ahn EM, Park SH, Kim MJ, Yoo YJ, Lee YR. 2011. Study development of salad dressing with added sea tangle (*Laminaria japonica*). *Korean J Food Nutr* 24:520-527
- Jung HA, Kim AN. 2011. Quality characteristics of oak mushroom salad dressing. *J East Asian Soc Diet Life* 21: 669-676
- Jung HA, Park SH, Kim AN. 2013. Quality characteristics of ginger salad dressing. *Korean J Culin Res* 19:167-175
- Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baek NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47:135-140
- Kim GC, Kim HS, Jo IH, Kim JS, Kim KM, Jang YE. 2013. Qualitative characteristics and antioxidant activities of Buchimgaru supplemented with Jerusalem artichoke powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1065-1070
- Kim HD, Lee YJ, Han JS. 2002. A study of western food experience and the influence of sauce on food quality. *J East Asian Soc Diet Life* 12:307-317
- Kim HJ, Kim DI, Yon JM. 2015a. Effects of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) extracts on blood glucose and lipid metabolism in STZ-induced diabetic rats. *Korean J Clin Lab Sci* 47:203-208
- Kim HS, Hwang ES. 2021. Quality characteristics and antioxidant activities of 'sikhye' containing different amounts of Jerusalem artichoke extract. *Korean J Food Preserv* 28:771-779
- Kim HS, Hwang ES. 2022a. Quality characteristics and antioxidant activity of jelly containing varying amounts of Jerusalem artichoke extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:476-482
- Kim HS, Hwang ES. 2022b. Quality characteristics and antioxidant activity of brown rice porridge supplemented with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:352-359
- Kim MH, Kim HY, Han JS, Ji EH, Kim AJ. 2015b. Physicochemical analysis and quality characteristics of Jerusalem artichoke and mook prepared with Jerusalem artichoke powder. *Korean J Food Nutr* 28:635-642
- Kim MH, Lee YJ, Kim DS, Kim DH. 2003. Quality characteristics of fruits dressing. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19:165-173
- Kim MK, Lee EJ, Kim KH. 2014. Effects of *Helianthus tuberosus* powder on the quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cakes. *Korean J Food Cult* 29:195-204
- Lee WG, Lee JA. 2012. Quality characteristics of yogurt dressing prepared with blueberry juice. *Korean J Culin Res* 18:255-265
- Lee YJ, Ryu HS, Chun SS. 2010. Quality characteristics of salad dressing prepared with mulberry fruit powder. *Korean J Food Cookery Sci* 26:537-544
- Park HS. 2010. Quality characteristics of sulgidduk by the addition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. *Korean J Culin Res* 16:259-267
- Park HY, An NY, Ryu HK. 2013b. The quality characteristics and hypoglycemic effect of cookies containing *Helianthus tuberosus* powder. *Korean J Community Living Sci* 24: 233-241
- Park JY, Lee SH, Park KB. 2013a. Quality characteristics of yogurt dressing added with bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) juice. *Korean J Culin Res* 19:23-35
- Park KB, Kwon SY, Moon JH. 2015. Quality characteristics of aronia (*Aronia melanocarpa*) juice added yogurt dressing. *Korean J Culin Res* 21:206-217
- Park KB. 2014. Quality characteristics of yogurt dressing added with mulberry juice. *Korean J Culin Res* 20:1-13
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Rumessen JJ, Bodé S, Hamberg O, Gudmand-Høyer E. 1990. Fructans of Jerusalem artichokes: Intestinal transport, absorption, fermentation, and influence on blood glucose, insulin, and C-peptide responses in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 52:675-681
- Sawicka B, Skiba D, Pszczółkowski P, Aslan I, Sharifi-Rad J,

- Krochmal-Marczak B. 2020. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a medicinal plant and its natural products. *Cell Mol Biol* 66:160-177
- Shin MH, Chung NY. 2019. Quality evaluation of brown rice sulgidduk added with Jerusalem artichoke powder. *J East Asian Soc Diet Life* 29:112-119
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. In Renata H (Ed.), *Methods in Enzymology*. pp.152-178. Academic Press
- Wong JY, Chye FY. 2009. Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. *J Food Compos Anal* 22:269-277
- Yang L, He QS, Corscadden K, Udenigwe CC. 2015. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. *Biotechnol Rep* 5:77-88
- Yim SB, Kim CR, Jeon HL, Kim HD, Lee SW, Kim MR. 2012. Quality characteristics of salad dressing prepared with mulberry, *Schisandra chinensis* and Discorea powder. *J East Asian Soc Diet Life* 22:613-623
- Yuan X, Gao M, Xiao H, Tan C, Du Y. 2012. Free radical scavenging activities and bioactive substances of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) leaves. *Food Chem* 133:10-14
- Zhang Y, Song KY, O H, Joung KY, Shin SY, Kim YS. 2017. Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the quality characteristics, retrogradation and antioxidant activities of sponge cake. *Korean J Food Nutr* 30:578-590

Received 25 September, 2023

Revised 25 October, 2023

Accepted 08 November, 2023

## 볶음온도에 따른 유채유의 품질 특성

†안다희 · 유경단 · 김광수 · 차영록\* · 정재희 · 최지봉 · 우관식\* · 황엄지 · 박유진

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구사  
\*농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구관

### Quality Characteristics of Rapeseed Oils according to Different Roasting Temperatures

†Da-Hee An, Gyeong-Dan Yu, Kwang-Soo Kim, Young-Lok Cha\*, Jae-Hee Jeong,  
Ji-Bong Choi, Koan Sik Woo\*, Eom-ji Hwang and You-Jin Park

Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

\*Senior Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

#### Abstract

In this study, quality properties of rapeseed oil by different roasting temperatures (140, 160, 180, and 200°C) were investigated. Roasted-pressed oil (RPO) showed a decrease in lightness and an increase in redness and yellowness with an increase in temperature compared to cold-pressed oil (CPO). In addition, the  $\beta$ -carotene and tocopherol content also increased in RPO as the roasting temperature increased. The tocopherol content increased by 18~20% in RPO at 200°C compared to CPO. This increase in bioactive components led to improved radical scavenging activity dependent on roasting temperature, and RPO at 200°C showed a 2.7-fold improvement compared to CPO. Finally, it was observed that higher roasting temperatures resulted in an extended oxidation induction period, increasing by up to 3.3 times. In conclusion, roasting is an effective method for enhancing the oil functionality of domestic rapeseed varieties. This study provides basic data for producing high-quality oil.

Key words: rapeseed, roasting, pressed oil, quality properties, functionality

## 서 론

유채(*Brassica napus* L.)는 십자화과에 속하는 유지작물로 경관용뿐만 아니라 식용유, 바이오디젤 등으로 널리 활용되고 있다(Kim 등 2007; Lee 등 2017). 전 세계적으로 유채 기름은 팜유와 대두유 다음으로 많은 생산량을 보이며, 특유의 향과 우수한 기능성 때문에 식용유로서 유채 기름의 수요가 더욱 증가하는 추세이다(FAO 2017; McDowell 등 2017; Xu 등 2020). 유채 기름은 포화지방산이 적고, 불포화지방산인 리놀레산(linoleic acid, C18:2)과 리놀렌산(linolenic acid, C18:3)의 조성비가 약 2:1로 균형적이다(Wu 등 2019). 더불어, 스테롤 및 폴리페놀 등의 유용성분이 함유되어 있어 건강에 유익하다고 보고되었다(Azadmard-Damirchi 등 2010;

Chew SC 2020).

국내에서 육성된 유채 품종 중 ‘중모7001’은 꽃이 크기 때문에 경관용으로 적합하며, 올레산 함량이 65~69%로 높아 식용유 제조용으로도 많이 재배되고 있다(Kim 등 2014). 또한, ‘유려’는 ‘중모7001’보다 성숙이 다소 늦으나, 올레산 함량이 73~75%로 ‘중모7001’보다 약 4~10% 더 높다. 그러나 국내에서 식용유로서 유채 활용 연구는 미미하며, 품종별 기름의 품질특성에 대한 정보는 부족할 실정이다.

식용유 제조 시 원료곡 볶음(roasting)은 착유한 기름의 향미와 기능성 성분 등을 증진시키기 위한 선택적 과정이다. 유채 종자를 볶아 착유한 기름에서 탄(burnt) 및 고소한(nutty) 향과 상관을 가지는 퓨란(furane), 케톤(ketone)계의 휘발성 화합물이 증가하였고, 토코페롤 및 스테롤 등의 성분

† Corresponding author: Da-Hee An, Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea. Tel: +82-61-450-0139, Fax: +82-61-453-0085, E-mail: andahee@korea.kr

함량이 증가하였다(Lim 등 2011; Yu 등 2021; Tan 등 2022). 참깨의 경우, 볶음압착유에서 천연 항산화 물질인 리그난(lignan)이 증가하였으며, 땅콩에서는 볶음온도가 높아질수록 스쿠알렌(squalene)이 증가하였다(Xu 등 2019; Zhang 등 2020). 그러나 국내에서 육성된 유채 품종을 이용한 볶음압착유 관련 연구는 부족하며, 기능성이 증진된 유채 기름의 생산을 위해 볶음조건별 품질특성 구명이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 유채유의 영양학적 가치를 증진시키기 위한 적정 볶음조건을 구명하고자 유채 품종 ‘중모 7001’과 ‘유려’를 이용해 서로 다른 온도에서 볶음 처리하였고, 각 온도별 유채유의 색도, 지방산 조성, 유용성분 함량 및 항산화능 등 품질특성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 볶음압착 유채유 제조

본 연구에서는 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지 작물연구소에서 육성된 ‘중모 7001’과 ‘유려’ 품종을 2022년에 생산하여 정선 및 세척한 후 재료로 사용하였다(Kim 등 2014). 볶음은 자동 볶음솔(Dongbang Machinery Co., Daegu, Korea)을 이용하여 내부 온도를 140, 160, 180, 그리고 200°C로 설정하여 1.5 kg의 종자를 10분간 볶은 후 상온에서 10분 이상 방열하였다. 착유는 온도별로 볶은 종자를 유압식 착유기(DB-500, Dongbang Machinery Co.)의 착유부 온도를 60°C로 설정하고 600 bar의 압력으로 15분 압착하여 착유하였다. 이후 압착이 끝난 실린더를 원위치로 고정시킨 다음 15분 후 착유부에 잔류한 기름을 추가적으로 확보하였다. 본 실험의 대조구로 볶음처리를 하지 않은 종자를 착유부의 가열 없이 동일한 압력으로 착유하여 사용하였다(저온압착유, Cold-pressed oil; CPO). 볶음 온도에 따른 착유 수율은 투입한 종자의 중량 대비 착유된 기름의 중량으로 나타내었다.

### 2. 볶음압착 유채유의 색도 분석

조건별 볶음 압착유의 색도를 측정하기 위해 분광측색계(CM-5, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 명도(L-value), 적색도(a-value), 그리고 황색도(b-value)로 나타내었다. 대조구 대비 각 조건별 볶음압착유의 색차( $\Delta E_{ab}$ )는 아래와 같은 식으로 계산하였다.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

### 3. 볶음압착 유채유의 지방산 조성 분석

지방산 분석은 Lee 등 (2014a)을 참고하여 수행하였다. 각 볶음 온도별 유채유를 100  $\mu$ L 취하여 methyl alcohol 15 mL과

sodium methoxide 30 wt% solution 1 mL을 가한 후 항온수조 80°C에서 2시간 반응시켜 메틸화하였다. 반응물을 상온에서 냉각시킨 후 n-hexane 15 mL을 가하여 형성된 fatty acid methyl esters (FAMEs)을 추출하였고, 상층액을 0.2  $\mu$ m PTFE syringe filter로 여과한 후 분석에 이용하였다. 지방산 조성 분석은 flame ionization detector (FID; Agilent Technologies, Santa Clara, CA USA)가 장착된 gas chromatography (7890A, Agilent Technologies)를 이용하였다. 분석용 컬럼은 HP-INNOWAX (30 m  $\times$  0.32 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m, Agilent Technologies)를 사용하였고, 주입부와 검출기의 온도는 각 200°C와 250°C로 설정하였다. 오븐 온도는 140°C에서 1분간 유지하고 분당 6°C씩 250°C까지 승온한 후 5분간 유지하였다. Carrier gas는 He으로 0.8 mL/min을 유지하였고, split ratio는 10:1로 설정하였다. 각 지방산의 머무름 시간을 확인하기 위한 표준물질로 AOCs low erucic rapeseed oil (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, USA)을 사용하였으며, 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

### 4. 볶음압착 유채유의 기능성분 함량 분석

볶음온도별 유채유의  $\beta$ -카로틴 함량을 비교하기 위해 알칼리 비누화법으로 추출 및 분석하였다(Hwang 등 2019). 시료 1 g에 3% 피로갈롤 에탄올 용액 10 mL과 60% KOH 용액 1 mL을 가하여 70°C 수욕 상에서 30분간 진탕하며 비누화하였다. 반응 후 냉각시킨 추출관에 2.25% NaCl 용액 10 mL과 n-hexane : ethyl acetate (9:1, v/v) 혼합용액 15 mL을 가하여 진탕하고, 이를 세 번 반복하여 베타카로틴 성분을 추출하였다. 추출한 용액은 감압농축한 후 에탄올을 이용하여 적정 양까지 희석하고 0.2  $\mu$ m PTFE syringe filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

토코페롤 함량 분석을 위해 Lee 등 (2014b)에 서술된 방법을 일부 수정하여 수행하였다. 각 볶음온도별 유채유 0.1 g을 정밀히 칭량하여 n-hexane 1 mL에 용해한 다음, 0.2  $\mu$ m PTFE syringe filter로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다.

유채유의 기능성분 함량은 high performance liquid chromatography (HPLC; Agilent 1200, Agilent Technologies)를 이용하여 분석하였으며, 각 분석조건은 Table 1과 같다.

### 5. 볶음압착 유채유의 radical 소거활성 및 산화안정도 분석

볶음처리에 따른 유채유의 radical 소거활성은 Gónas 등 (2014)과 Rabciej-Kozioł 등 (2021)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 측정하기 위하여, 각 볶음온도별로 확보한 유채유를 n-Hexane : 2-propanol (8:2, v/v) 혼합액으로 희석하였고, 이를 분석 시료로 사용하였다. DPPH 시약을 525 nm에서 흡광도 1.5 $\pm$ 0.1이 되도록 동일 혼합액으로 용해하였고,

**Table 1. The analytical conditions of HPLC for  $\beta$ -carotene and tocopherol in rapeseed oils**

Bioactive compounds	Parameters	Conditions
$\beta$ -carotene	Mobile phase	Acetonitrile-Methanol-Dichloromethane (6:1:3, v/v)
	Flow rate	0.6 ml/min
	Column	Capcell Pak C18 UC120 (4.6 × 150 mm, 5 $\mu$ m)
	Oven temp.	40°C
	Injection vol.	20 $\mu$ L
	Detector	UV detector
	Wavelength	450 nm
Tocopherol	Mobile phase	n-Hexane-Isopropanol (99.85:0.15, v/v)
	Flow rate	2 mL/min
	Column	$\mu$ -Porasil (3.9 × 300 mm, 10 $\mu$ m)
	Oven temp.	40°C
	Injection vol.	20 $\mu$ L
	Detector	Flouorescence detector
	Wavelength	Excitation 290 nm, Emission 330 nm

이 DPPH 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL을 첨가하여 30분간 반응시킨 후 흡광도의 감소치를 측정하였다. ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성은 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 동량 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시켜 자유 라디칼을 생성시킨 후 methanol로 735 nm에서 흡광도 1.5±0.1이 되도록 희석하여 측정하였다. Methanol로 희석한 각 볶음 온도별 유채유 시료 50  $\mu$ L를 ABTS 용액 1 mL과 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 흡광도의 감소치를 측정하였다. 이 때, 표준물질로 Trolox (Sigma-Aldrich)를 사용하였고, 시료 g당 mg trolox equivalent antioxidant capacity (TE, dry basis)로 나타내었다.

볶음조건별 유채유의 산화안정도 측정을 위해 Rancimat (893 biodiesel, Metrohm, Switzerland)을 이용하였다. 유채유 시료를 1.5 g 정량하여 reaction vessel에 담고 100°C 가열 및 20 L/h의 공기 주입 조건으로 강제 산화시킨 후 measuring vessel의 전도도 변화를 측정하여 시료별 유도시간을 계산하였다.

## 6. 통계분석

본 연구의 결과는 R-studio ver. 1. 3. 1093을 사용하여 분석하였으며, 각 조사 항목의 평균에 대한 ANOVA 분석 후 Duncan 다중범위검정을 수행하였다.

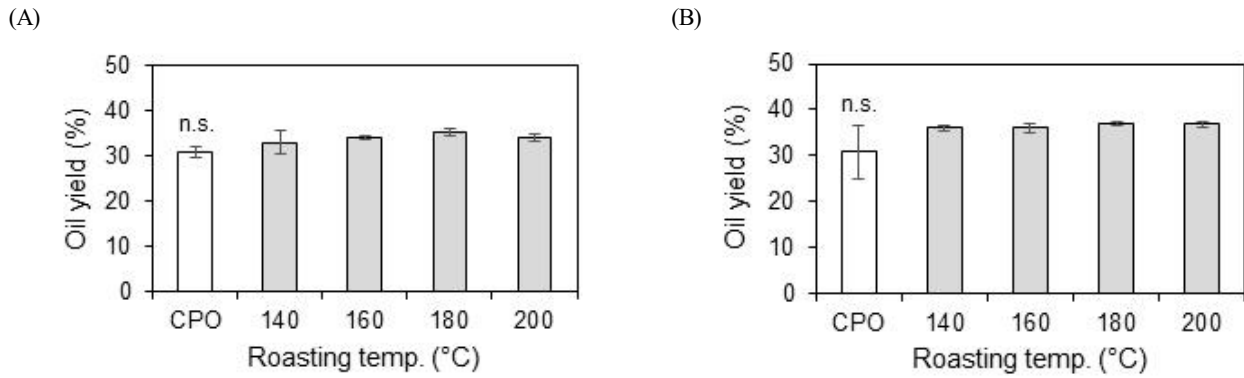
## 결과 및 고찰

### 1. 품종별 볶음 온도에 따른 기름 수율 및 색도 비교

유채 품종 ‘중모7001’과 ‘유려’ 종자를 각 온도에서 볶은






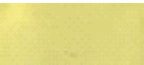




후 착유한 기름 수율은 Fig. 1과 같다. 볶지 않은 ‘중모7001’과 ‘유려’ 종자의 착유 수율은 각 30.9%와 30.8%로 가장 낮았다. ‘중모7001’ 원료곡을 140, 160 및 180°C에서 볶음 처리하면 착유수율이 각 33.1, 34.1 및 35.4%로, 볶음 온도가 높을수록 수율이 증가하는 경향을 보였다. ‘유려’는 볶음온도에 따른 착유수율 증가가 미미하였고, 위 결과 모두 통계적 유의성은 보이지 않았다. 볶지 않은 종자는 분획된 세포질 내에 단백질체(Protein body)가 산재되어 있고 이를 지질체(Oil body)가 둘러싼 형태를 보이는 반면, 볶음 처리한 종자는 세포벽이 파괴될 뿐만 아니라 지질체가 응집되어 기름의 세포 외 용출이 용이해지기 때문에 착유 수율 역시 증가한다고 보고된 바 있다(Shahidi F 2005; Xu 등 2019).

‘중모7001’의 볶음압착유는 명도(L-value), 적색도(a-value) 및 황색도(b-value)는 각각 79.9~92.2, -2.0~12.0 및 104.5~109.0의 범위로 나타났으며, 저온압착유의 명도, 적색도 및 황색도(각 95.2, -3.8 및 54.7)와 비교하여 유의한 차이를 보였다(Table 2). 또한, ‘유려’의 볶음압착유는 각각 86.3~94.1, -4.2~2.8 및 69.2~84.8의 범위로 나타났고 저온압착유(각 97.3, -3.0 및 28.1)와 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 두 품종 모두 볶음 온도가 높아질수록 유채 기름의 명도는 낮아지고 황색도와 적색도는 증가하는 경향을 보였다. 이로 인해 저온압착유 대비 총 색도변화(TCD parameter,  $\Delta E_{ab}$ ) 역시 증가하는 것을 확인하였다. 이는 볶음 온도가 높아질수록 마이야르 반응(Maillard reaction)에 의한 갈색화가 촉진되어 야기된 결과로 판단된다(Lund & Ray 2017).



**Fig. 1. Oil yield of rapeseed oils at different roasting temperatures.** The seeds of varieties ‘Jungmo7001’ (A) and ‘Yuryeo’ (B) were roasted and pressed, and the oil yields were compared with each CPO. Data were statistically analyzed using Duncan’s test ( $p < 0.05$ ). n.s.: not significant; CPO: cold-pressed oil.

**Table 2. The color values of rapeseed oil according to roasting temperature**

Varieties	Roasting temp. (°C)	Oil	L*	a*	b*	TCD parameter <sup>1)</sup>
Jungmo7001	CPO		95.2 <sup>a</sup>	-3.8 <sup>d</sup>	54.7 <sup>c</sup>	-
	140		92.2 <sup>b</sup>	-2.0 <sup>c</sup>	104.5 <sup>b</sup>	49.9
	160		91.1 <sup>b</sup>	-1.3 <sup>c</sup>	106.7 <sup>ab</sup>	52.2
	180		84.8 <sup>c</sup>	6.4 <sup>b</sup>	109.0 <sup>a</sup>	56.3
	200		79.9 <sup>d</sup>	12.0 <sup>a</sup>	107.4 <sup>ab</sup>	57.1
Yuryeo	CPO		97.3 <sup>a</sup>	-3.0 <sup>c</sup>	28.1 <sup>e</sup>	-
	140		94.1 <sup>b</sup>	-4.2 <sup>c</sup>	69.2 <sup>c</sup>	41.3
	160		93.7 <sup>c</sup>	-4.0 <sup>d</sup>	66.9 <sup>d</sup>	39.0
	180		89.2 <sup>d</sup>	-0.3 <sup>b</sup>	79.4 <sup>b</sup>	52.0
	200		86.3 <sup>e</sup>	2.8 <sup>a</sup>	84.8 <sup>a</sup>	58.0

Different lowercase letters indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan’s multiple range test.

<sup>1)</sup> TCD parameter (total color difference parameter,  $\Delta E_{ab}$ ).

## 2. 원료곡 볶음온도별 유채유의 지방산 조성 변화

볶음온도별 유채유의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 유채 기름은 전체 지방산 중 올레산(C18:1), 리놀레산(C18:2), 리놀렌산(C18:3), 팔미트산 (C16:0), 스테아르산 (C18:0)의 순으로 높은 함량을 보였다. 특히, 올레산 조성이

‘중모7001’과 ‘유려’에서 각 65%와 73%로 품종간의 차이를 보였다. 하지만 두 품종 모두 저온압착유와 볶음압착유 간의 유의미한 지방산 조성 차이는 보이지 않았고, 볶음 온도의 증가에 따른 변화 역시 관찰되지 않았다. Rekas 등(2015)에서는 유채 종자를 80~140°C에서 볶음처리 했을 때, 본 연구와

**Table 3. Changes of fatty acid composition of rapeseed oil by roasting temperature**

Varieties	Roasting temp. (°C)	Fatty acid composition (%)						
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	etc
Jungmo 7001	CPO	3.7 <sup>ns.</sup>	2.0 <sup>ns.</sup>	64.7 <sup>ns.</sup>	20.1 <sup>ns.</sup>	7.6 <sup>ns.</sup>	1.1 <sup>ns.</sup>	0.9 <sup>ns.</sup>
	140	3.5	2.1	64.7	20.1	7.5	1.1	1.0
	160	3.8	2.0	64.7	20.1	7.6	1.0	0.7
	180	3.8	2.0	64.8	20.0	7.5	1.1	0.8
	200	3.8	2.0	64.8	19.1	7.4	1.1	0.9
Yuryeo	CPO	3.6 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>ns.</sup>	73.1 <sup>ns.</sup>	11.1 <sup>ns.</sup>	7.2 <sup>ns.</sup>	1.2 <sup>b</sup>	1.7 <sup>ns.</sup>
	140	3.6 <sup>a</sup>	2.3	73.5	10.8	6.9	1.2 <sup>a</sup>	1.6
	160	3.5 <sup>b</sup>	2.3	73.4	10.9	7.0	1.2 <sup>a</sup>	1.6
	180	3.5 <sup>b</sup>	2.2	73.3	10.9	7.0	1.3 <sup>a</sup>	1.8
	200	3.5 <sup>b</sup>	2.3	73.5	10.9	6.9	1.3 <sup>a</sup>	1.7

Different lowercase letters indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. n.s.: not significant.

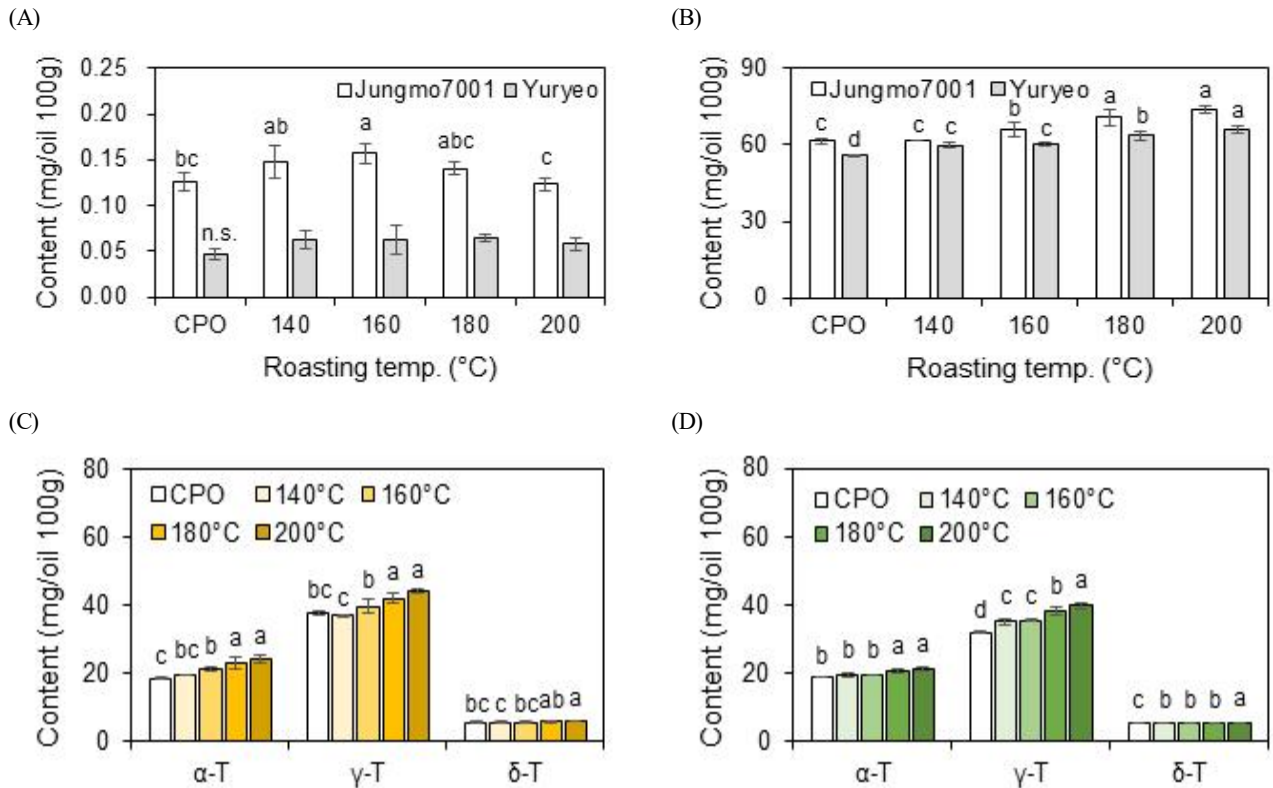
마찬가지로 지방산 조성에 차이를 보이지 않았다. 그러나 종자를 220°C의 고온에서 20분간 볶은 기름에서는 불포화 지방산의 산화로 올레산과 리놀렌산이 감소하였다(Tan 등 2022). 이에 본 연구에서 처리한 볶음 온도는 지방산 조성에 현저한 영향을 미치지 않는 범위인 것으로 판단된다.

### 3. 볶음온도별 유채유의 기능성분 함량 비교

각 볶음온도별로  $\beta$ -카로틴 및 토코페롤의 함량 변화를 비교하였다(Fig. 2). 품종 간 저온압착유의  $\beta$ -카로틴을 비교하면 '중모7001'이 0.13 mg/100 g으로 '유려'(0.05 mg/100 g) 대비 높았다. '중모7001'은 볶음온도 160°C에서 0.7 mg/100 g로 저온압착유 대비 23% 증가해 가장 높은 함량을 보였고, 그 이상의 온도에서는 감소하여 볶지 않은 저온압착유와 비교하여 유의적 차이는 없었다. 반면에 '유려'는 볶음압착유에서 약 0.06 mg/100 g로 다소 증가하였으나, 통계적 유의성은 보이지 않았다(Fig. 2A). 카로티노이드는 항산화, 항암, 심혈관 질환 예방 등의 생리학적 기능을 갖는 유용성분 중 하나로, 볶음처리하는 기름의 카로티노이드의 함량을 높이는 데에 효과가 있다고 땅콩 및 호두 등에서 보고된 바 있다(Kulczyński 등 2017; Mazaheri 등 2019; Elouafy 등 2022; Zhang 등 2022). 본 연구에서 '중모7001'은 160°C까지  $\beta$ -카로틴이 증가하였는데, 이는 종자 단백질과 카로티노이드 사이의 결합이 열처리에 의해서 끊어지며 기름으로  $\beta$ -카로틴의 용출이 증가한 것으로 사료된다(Kaseke 등 2021). 더불어 160°C 이상의 온도에서 볶았을 때, 다시  $\beta$ -카로틴의 함량이 감소한 것은 상대적으로 높은 온도에서 카로티노이드의 분해가 가속화되어 나타난 결과로 판단된다(Durmaz & Gökmen 2011; Sampaio 등 2013). 향후  $\beta$ -카로틴 외의 다른 카로티노이드의 변화를 관

찰하여 종합적인 결론 도출이 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 2B는 볶음온도별 '중모7001'과 '유려'의 총 토코페롤 함량을 나타냈다. 저온압착유에서 총 토코페롤은 '중모7001'이 61.5 mg/100 g로 '유려'(55.8 mg/100 g)보다 많이 함유되어 있음을 확인하였다. 두 품종 모두 볶음온도에 의존적으로 총 토코페롤 함량이 증가하는 경향을 보였는데, '중모7001'은 160°C, '유려'는 140°C부터 증가하였고 200°C에서 각각 74.0 및 66.1 mg/100 g로 저온압착유 대비 1.2배 증가하였다. 유채유의 토코페롤은  $\gamma$ -토코페롤이 31.9~44 mg/100 g으로 가장 많았고, 다음  $\alpha$ -토코페롤이 18.3~23.9 mg/100 g,  $\delta$ -토코페롤이 5.3~5.4 mg/100 g으로 가장 낮았다(Fig. 2C, 2D). 저온압착유의  $\gamma$ -토코페롤이 '중모7001'과 '유려' 품종에서 각각 37.7 및 31.9 mg/100 g인 것으로 보아, 위에서 말한 두 품종간의 총 토코페롤 함량 차이는  $\gamma$ -토코페롤 차이에서 기인한 결과임을 확인하였다. 또한,  $\delta$ -토코페롤을 제외하고 볶음온도 증가에 따라 각각의 토코페롤 역시 총 토코페롤과 동일하게 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 토코페롤은 기름에 함유된 친유성의 천연 항산화제로서 자유 라디칼을 제거하여 기름이 산화되는 것을 방지한다(Azadmard-Damirchi 등 2010; Alasalvar & Bolling 2015). 이에 볶음 또는 초고주파 처리 등을 통해 식물성 기름의 토코페롤 함량을 증진시키기 위한 선행 연구들이 다수 수행되었다(Potočnik 등 2018; Mohamed Ahmed 등 2020). 본 연구에서 유채 종자의 볶음온도가 높아질수록 기름의 토코페롤 함량도 증가하는 것을 확인하였다. 이는 열처리에 의해 세포벽이 파괴되고 종자에서 단백질 또는 인지질과 토코페롤간의 결합이 변화되면서 기름 상에 토코페롤의 용출이 증가한 것으로 판단된다(Vaidya & Eun 2013).



**Fig. 2.** The content of bioactive compounds from rapeseed oil according to roasting temperature. (A) Comparison of the  $\beta$ -carotene content among oils at different roasting temperatures. (B) Total tocopherol content of rapeseed oil by roasting temperatures. (C, D) The tocopherol composition ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -, and  $\delta$ -) of oils of varieties 'Jungmo7001' (A) and 'Yuryeo' (B), respectively. Data were statistically analyzed using Duncan's test ( $p < 0.05$ ) to compare differences among roasting temperatures. CPO: cold-pressed oil.

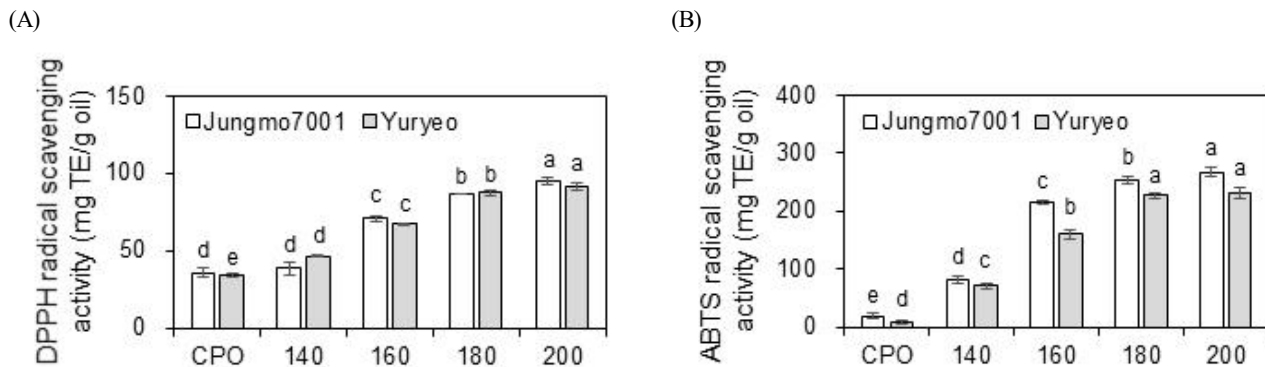
#### 4. 볶음처리에 따른 유채유의 radical 소거활성 및 산화안정도 비교

DPPH와 ABTS radical 소거능 분석법은 재현성이 높고 오류 제어가 용이하여 식물성 오일의 항산화능을 조사하기에 적합한 *in-vitro* 방법이다 (Rubalya Valantina & Neelamegam 2015). 원료곡 볶음온도별 유채유의 radical 소거활성을 측정 한 결과는 Fig. 3과 같이 온도가 높아질수록 소거활성 역시 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. DPPH radical 소거활성은 저온압착유 대비 '중모7001'에서 160°C부터 증가하는 반면, '유려'에서는 140°C부터 증가하였다. '중모7001'의 200°C 볶음압착유는 radical 소거활성이 95.1 mg TE/g oil로, 저온압착유(35.7 mg TE/g oil)에 비하여 2.7배 증가하였다. '유려'의 경우, 저온압착유의 radical 소거활성이 34.1 mg TE/g oil인 것에 비하여, 200°C 볶음압착유는 91.5 mg TE/g oil로 약 2.7배 증가하였다. DPPH radical 소거활성에서 두 품종 간의 현저한 차이는 관찰되지 않았다 (Fig. 3A).

ABTS radical 소거활성은 두 품종 모두 140°C부터 증가하

였으나, '유려'는 180°C 이상에서 더 이상 증가하지 않았다. '중모7001' 및 '유려'의 200°C 볶음압착유는 ABTS radical 소거활성이 각 267.5 및 231.1 mg TE/g oil로, 저온압착유(각 18.1 및 9.3 mg TE/g oil)에 비하여 각 14.8 및 24.9배 증가하였다. DPPH radical 소거활성과는 달리 ABTS radical 소거활성에서는 '중모7001'이 '유려'보다 높게 나타났다(Fig. 3B). 라즈베리 또는 카멜리나 등의 타 식물성 기름을 대상으로 한 이전 연구에서도 볶음처리에 따라 radical 소거능이 증가하는 것을 확인하였고, 이처럼 원료곡의 볶음처리는 기름의 항산화능을 증진시키는 데에 매우 효과적임을 알 수 있다 (Róžańska 등 2019). 볶음처리는 유용성분을 단백질 등과 결합된 형태에서 유리된 형태로 변화시켜 기름으로 용출되기 쉽게 한다. 이러한 유용성분들이 유채유의 항산화능 증진에 기여한 것으로 사료되며, 본 연구에서 분석한 토코페롤과  $\beta$ -카로틴 역시 항산화능과 유의한 정적 상관을 나타낸다고 보고된 바 있다(Lee 등 2015; Lyu 등 2021). 그러나 이 두 성분은 볶음온도에 따라 현저히 증가하는 항산화능의 일부만 설





**Fig. 3. The antioxidant activity of rapeseed oil according to roasting temperatures.** (A) DPPH radical scavenging activity. (B) ABTS radical scavenging activity. Each value is the mean±S.D. of three independent measurements. Data were statistically analyzed using Duncan’s test ( $p < 0.05$ ) to compare among roasting conditions for each variety. CPO: cold-pressed oil.

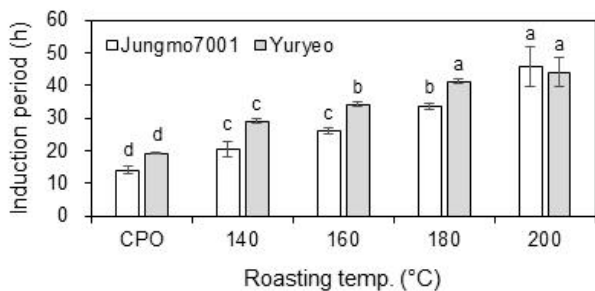
명이 가능하므로, 이 외의 다른 유용성분들의 함량 변화 역시 관찰할 필요가 있다.

Rancimat 방법으로 볶음온도별 유채유의 산화안정성을 측정 한 결과 Fig. 4와 같이 나타났다. 강제산화 조건 하에서 저온압착유의 산화유도기간은 ‘중모7001’이 14시간, ‘유려’가 19시간으로, ‘유려’가 36% 더 긴 것으로 보아 상대적으로 산화에 안정적임을 알 수 있었다. 또한 두 품종 모두 볶음온도가 높아질수록 산화안정성 역시 증가하는 경향을 보여 200°C에서 높게 나타났다. 볶음온도에 따라 ‘중모7001’은 20~46시간, ‘유려’는 29~44시간으로 저온압착유 대비 각 1.5~3.3배, 1.5~2.3배 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 이전의 대

마, 참깨 및 살구씨 등을 볶음처리한 기름에서도 유사하게 나타났다 (Durmaz 등 2010; Bryś 등 2019; Arab 등 2022). 볶음 처리는 기름 내 유용성분의 함량을 증진시킬 뿐만 아니라, 열에 민감한 성분은 분해하고 내열성의 성분을 생성하여 산화안정성 증가에 기인한 것으로 사료된다(Li 등 2023). 또한 β카로틴과 토코페롤의 함량은 상대적으로 ‘중모7001’에서 높게 나타나는 것에 비해 산화안정성은 ‘유려’에서 더 높았다. 이를 통해 강제산화 조건 하의 산화안정성은 유용성분보다 지방산 조성의 영향이 더 클 것으로 판단된다(Sabolová 등 2017).

### 요약 및 결론

본 연구에서는 볶음처리에 따른 유채유의 품질 변화를 구명하고자 ‘중모7001’과 ‘유려’ 품종을 이용하여 서로 다른 온도에서 종자를 볶은 후 기름을 착유하였고, 각 온도별로 착유수율, 색도, 지방산 조성, 유용성분 함량, radical 소거활성 및 산화안정성을 비교하였다. 저온압착유와 비교하여 볶음압착유는 착유수율이 증가하는 경향을 보였으며, 온도가 높아질수록 기름의 명도는 감소하고 적색도와 황색도가 증가하였다. 두 품종 간 지방산 조성의 차이를 보면 올레산이 ‘중모7001’과 ‘유려’에서 각 65%와 73%로 ‘유려’가 더 높았으나, 볶음처리에 따른 지방산 조성의 변화는 두 품종 모두 관찰되지 않았다. 또한 β카로틴의 함량은 볶음처리에 따라 증가하는 경향을 보였고, ‘중모7001’이 ‘유려’보다 약 2.6배 높았다. 총 토코페롤 함량은 두 품종 모두 볶음온도가 높을수록 함량이 증가하여 200°C에서는 저온압착유 대비 18~20% 높게 나타났다. 이러한 유용성분 함량의 증가로 기름의 radical 소거활성 역시 볶음온도와 의존적으로 증가하였는데, DPPH radical 소거활성을 기준으로 저온압착유 대비 200°C 볶음압



**Fig. 4. The oxidative stability activity of each rapeseed oil through an accelerated oxidation test using Rancimat.** The oxidative stability was expressed as induction period. The induction periods of samples means the point at which the water conductivity sudden increases in the measuring vessel. Each value is the mean±S.D. of three independent measurements. Data were statistically analyzed using Duncan’s test ( $p < 0.05$ ) to compare differences among roasting temperatures. CPO, cold-pressed oil.

착유에서 2.7배 증가하였다. 마지막으로 rancimat을 이용한 산화안정성 분석에서는 볶음온도가 높을수록 산화유도기간이 길어져 최대 3.3배까지 증가하는 것을 확인하였고, ‘유려’가 ‘중모7001’보다 산화안정성이 23~36% 높게 나타났다. 이를 종합해 볼 때, 유채 원료곡의 볶음 처리는 기름의 기능성을 증진시키기 위한 방법으로 효과적임을 알 수 있다. 본 연구는 고품질의 기름을 생산하기 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 볶음처리에 따른 다양한 유용성분 분석이 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제번호: PJ016815022023)의 지원에 의해 수행되었다.

## References

- Alasalvar C, Bolling BW. 2015. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *Br J Nutr* 113:S68-S78
- Arab R, Casal S, Pinho T, Cruz R, Freidja ML, Lorenzo JM, Hano C, Madani K, Boulekbache-Makhlouf L. 2022. Effects of seed roasting temperature on sesame oil fatty acid composition, lignan, sterol and tocopherol contents, oxidative stability and antioxidant potential for food applications. *Molecules* 27:4508
- Azadmard-Damirchi S, Habibi-Nodeh F, Hesari J, Nemati M, Achachlouei BF. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chem* 121:1211-1215
- Bryś A, Bryś J, Mellado ÁF, Głowacki S, Tulej W, Ostrowska-Ligęza E, Koczoń P. 2019. Characterization of oil from roasted hemp seeds using the PDSC and FTIR techniques. *J Therm Anal Calorim* 138:2781-2786
- Chew SC. 2020. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Res Int* 131:108997
- Durmaz G, Gökmen V. 2011. Changes in oxidative stability, antioxidant capacity and phytochemical composition of *Pistacia terebinthus* oil with roasting. *Food Chem* 128:410-414
- Durmaz G, Karabulut İ, Topçu A, Asiltürk M, Kutlu T. 2010. Roasting-related changes in oxidative stability and antioxidant capacity of apricot kernel oil. *J Am Oil Chem Soc* 87:401-409
- Elouafy Y, El Idrissi ZL, El Yadini A, Harhar H, Alshahrani MM, Al Awadh AA, Goh KW, Ming LC, Bouyahya A, Tabyaoui M. 2022. Variations in antioxidant capacity, oxidative stability, and physicochemical quality parameters of walnut (*Juglans regia*) oil with roasting and accelerated storage conditions. *Molecules* 27:7693
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. Food and agriculture data. Available from <http://www.fao.org/faostat/> [cited 20 November 2023]
- Górnaś P, Siger A, Juhņeviča K, Lācis G, Šnē E, Segliņa D. 2014. Cold-pressed Japanese quince (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach) seed oil as a rich source of  $\alpha$ -tocopherol, carotenoids and phenolics: A comparison of the composition and antioxidant activity with nine other plant oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 116:563-570
- Hwang KM, Bae JW, Hu SJ, Oh KS. 2019. Determination of  $\beta$ -carotene in infant formulas by high-performance liquid chromatography. *J Food Hyg Saf* 34:334-339
- Kaseke T, Opara UL, Fawole OA. 2021. Novel seeds pretreatment techniques: Effect on oil quality and antioxidant properties: A review. *J Food Sci Technol* 58:4451-4464
- Kim KS, Jang YS, Lee YH, Kim CW, Choi KH, Kang DS, Kim ST, Choi IH. 2014. A rapeseed intermediate parent ‘Jungmo 7001’ with wide adaptable and large flower. *Korean J Breed Sci* 46:302-306
- Kim KS, Kim YB, Jang YS, Bang JK. 2007. Bioenergy crop production and research trends. *J Plant Biotechnol* 34:103-109
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A, Kobus-Cisowska J, Kmiecik D. 2017. The role of carotenoids in the prevention and treatment of cardiovascular disease - Current state of knowledge. *J Func Foods* 38:45-65
- Lee MJ, Cho MK, Oh SH, Oh CH, Choi DS, Woo JW, Park KH, Jung MY. 2014b. Fatty acid composition, contents of tocopherols and phytosterols, and oxidative stability of mixed edible oil of perilla seed and rice bran oil. *Korean J Food Nutr* 27:59-65
- Lee TS, Lee YH, Kim KS, Lee HK, Jang YS, Choi IH, Kim KS. 2014a. Effect of sowing time on oil content and fatty acid composition characteristics in rapeseed cultivars. *Korean J Plant Resour* 27:202-208
- Lee YH, Park W, Kim KS, Cha YL, Moon YH, Song YS, Lee JE. 2017. Analysis of patent trends on value added technologies for rapeseed by-product in major producing

- countries. *J Korean Soc Int Agric* 29:356-365
- Lee YY, Park HM, Hwang TY, Kim SL, Kim MJ, Lee SK, Seo MJ, Kim KJ, Kwon YU, Lee SC, Kim YH. 2015. A correlation between tocopherol content and antioxidant activity in seeds and germinating seeds of soybean cultivars. *J Sci Food Agric* 95:819-827
- Li H, Han J, Zhao Z, Tian J, Fu X, Zhao Y, Wei C, Liu W. 2023. Roasting treatments affect oil extraction rate, fatty acids, oxidative stability, antioxidant activity, and flavor of walnut oil. *Front Nutr* 9:1077081
- Lim CL, Hong EJ, Son HJ, Kim JE, Noh BS. 2011. Effects of roasting condition and storage time on changes in volatile compounds in rapeseed oils. *Korean J Food Sci Technol* 43:291-302
- Lund MN, Ray CA. 2017. Control of Maillard reactions in foods: Strategies and chemical mechanisms. *J Agric Food Chem* 65:4537-4552
- Lyu Y, Bi J, Chen Q, Wu X, Qiao Y, Hou H, Zhang X. 2021. Bioaccessibility of carotenoids and antioxidant capacity of seed-used pumpkin byproducts powders as affected by particle size and corn oil during *in vitro* digestion process. *Food Chem* 343:128541
- Mazaheri Y, Torbati M, Azadmard-Damirchi S, Savage GP. 2019. Effect of roasting and microwave pre-treatments of *Nigella sativa* L. seeds on lipase activity and the quality of the oil. *Food Chem* 274:480-486
- McDowell D, Elliott CT, Koidis A. 2017. Characterization and comparison of UK, Irish, and French cold pressed rapeseed oils with refined rapeseed oils and extra virgin olive oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 119:1600327
- Mohamed Ahmed IA, Musa Özcan M, Uslu N, Juhaimi FAL, Osman MA, Alqah HAS, Ghafoor K, Babiker EE. 2020. Effect of microwave roasting on color, total phenol, antioxidant activity, fatty acid composition, tocopherol, and chemical composition of sesame seed and oils obtained from different countries. *J Food Process Preserv* 44:e14807
- Potočník T, Cizej MR, Košir IJ. 2018. Influence of seed roasting on pumpkin seed oil tocopherols, phenolics and antiradical activity. *J Food Compos Anal* 69:7-12
- Rabiej-Kozioł D, Krzemiński MP, Szydłowska-Czerniak A. 2021. Steryl sinapate as a new antioxidant to improve rapeseed oil quality during accelerated shelf life. *Materials* 14:3092
- Rękas A, Wroniak M, Rusinek R. 2015. Influence of roasting pretreatment on high-oleic rapeseed oil quality evaluated by analytical and sensory approaches. *Int J Food Sci Technol* 50:2208-2214
- Róžańska MB, Kowalczewski PŁ, Tomaszewska-Gras J, Dwiecki K, Mildner-Szkudlarz S. 2019. Seed-roasting process affects oxidative stability of cold-pressed oils. *Antioxidants* 8:313
- Rubalya Valentina S, Neelamegam P. 2015. Selective ABTS and DPPH-radical scavenging activity of peroxide from vegetable oils. *Int Food Res J* 22:289-294
- Sampaio KA, Ayala JV, Silva SM, Ceriani R, Verhé R, Meirelles AJA. 2013. Thermal degradation kinetics of carotenoids in palm oil. *J Am Oil Chem Soc* 90:191-198
- Sabolová M, Johanidesová A, Hasalíková E, Fišnar J, Doležal M, Réblová Z. 2017. Relationship between the composition of fats and oils and their oxidative stability at different temperatures, determined using the *Oxipres apparatus*. *Eur J Lipid Sci Technol* 119:1600454
- Shahidi F. 2005. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Edible Oil and Fat Products: Processing and Technologies*. 6<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons
- Tan M, Chen C, Fu X, Cui FJ, Zhang HB, Ye PP, Zhang W, Shu XQ, Shi JC, Chen ZW. 2022. Roasting treatments affect physicochemical, aroma and nutritional quality of strong fragrant rapeseed oil. *J Food Compos Anal* 111:104648
- Vaidya B, Eun JB. 2013. Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark. *Eur J Lipid Sci Technol* 115:348-355
- Wu Y, Zhou R, Wang Z, Wang B, Yang Y, Ju X, He R. 2019. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. *PLOS ONE* 14:e0212879
- Xu T, Yang R, Hua X, Zhao W, Tong Y, Zhang W. 2019. Improvement of the yield and flavour quality of sesame oil from aqueous extraction process by moisture conditioning before roasting. *Int J Food Sci Technol* 54:471-479
- Xu YJ, Jiang F, Song J, Yang X, Shu N, Yuan L, Tan CP, Liu Y. 2020. Understanding of the role of pretreatment methods on rapeseed oil from the perspective of phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 68:8847-8854
- Yu J, Wang M, Zhang M, Liu Y, Li J. 2021. Effect of infrared ray roasting on oxidation stability and flavor of virgin rapeseed oils. *J Food Sci* 86:2990-3000
- Zhang D, Li X, Cao Y, Wang C, Xue Y. 2020. Effect of roasting on the chemical components of peanut oil. *LWT* 125:109249

Zhang D, Li X, Zhang Z, Zhang J, Sun Q, Duan X, Sun H, Cao Y. 2022. Influence of roasting on the physicochemical properties, chemical composition and antioxidant activities of peanut oil. *LWT* 154:112613

---

Received 4 October, 2023  
Revised 8 November, 2023  
Accepted 10 November, 2023

## 열처리가 천마의 Gastrodin과 Gastrodigenin 및 라디칼 소거능에 미치는 영향

하지수 · 황경아\* · †황인국\*\*

농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과 연구원, \*농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과 농업연구관,  
\*\*농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과 농업연구사

### Influence of Heat Treatment on Gastrodin, Gastrodigenin, and Free Radical Scavenging Activity of *Gastrodia elata* Blume

Jisu Ha, Kyung-A Hwang\* and †In Guk Hwang\*\*

Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*Senior Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*\*Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

#### Abstract

This study evaluated the effects of heat treatment on gastrodin and gastrodigenin content, and antioxidant activities, in *Gastrodia elata* Blume. Gastrodin and gastrodigenin content was analyzed post-method validation, and antioxidant activity evaluation, including assessing total polyphenol content, DPPH, and ABTS radical scavenging activities, was done. The validation of the analysis method demonstrated excellent linearity. The limits of quantification of gastrodin and gastrodigenin were 2.89 and 3.47 µg/mL, respectively. Moreover, the results of intra- and inter-day precision analysis demonstrated relative standard deviation values, within 5%. The recovery rates for gastrodin and gastrodigenin were 97.22~98.85 and 97.99~99.91%, respectively, indicating good accuracy. Under different heat treatment conditions, gastrodin and gastrodigenin content significantly increased ( $p<0.05$ ), ranging from 91.15 to 310.27 and 559.66 to 830.02 mg/100 g DW, respectively. Additionally, the total polyphenol content exhibited a significant ( $p<0.05$ ) increasing trend, ranging from 1,444 to 1,798 mg/100 g DW, as the temperature and time of heat treatment increased. The DPPH and ABTS radical scavenging abilities demonstrated an increasing trend at 120°C during heat treatment. These research findings are expected to enhance our understanding of the changes in gastrodin and gastrodigenin content, and antioxidant effects in *Gastrodia elata* Blume during heat treatment.

Key words: *Gastrodia elata* Blume, heat treatment, gastrodin, gastrodigenin

#### 서 론

천마는(*Gastrodia elata* Blume) 한국, 중국, 일본 등에 자생하는 다년생 난과 식물이다. 천마는 엽록소가 없는 단자엽식물로서 독립적인 생육이 불가능하여, 담자균류인 뽕나무버섯류(*Armillaria* spp.)와 공생하여 양분과 수분을 공급받아 생육한다(Chu 등 2012). 2020년 기준 국내 천마 생산

량은 488 M/T이며, 주산지역은 전북으로 전국 생산량의 약 68.6%을 차지하고 있으며, 그다음으로 경북(20.4%), 경남(4.5%) 순이다.

식품원료 뿐 아니라 건강기능식품 기능성 원료, 생약으로도 활용되는 천마에는 gastrodin, gastrodigenin(4-hydroxybenzyl alcohol), vanillyl alcohol, benzaldehydes, β-sitosterol 등과 같은 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있고(Kim 등 2014),

† Corresponding author: In Guk Hwang, Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3671, Fax: +82-63-238-3843, E-mail: ighwang79@korea.kr

치매, 두통, 스트레스 해소, 천식, 이뇨, 성기능장애 등의 개선 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2018). 최근 연구에서는 신경세포 보호(Kwon 등 2022), 항비만(Kim 등 2022), 항산화(Kim 등 2014; Doh 등 2015), 수면유도(Lee 등 2013) 등의 효능 평가에 관한 연구가 진행되었다.

식품의 열처리 가공방법은 식품의 저장성 연장, 품질 유지 및 향상 등의 장점도 있지만, 열에 민감한 영양성분, 생리활성 물질의 파괴와 과도한 열처리에 의한 발생하는 유해물질 등으로 인해 적절한 열처리 조건에서의 가공처리가 중요하다. 무(Lee 등 2009), 더덕, 도라지(Hwang 등 2011a), 야콘(Hwang 등 2013), 참빗살나무 잎(Park 등 2019) 등의 농산물에 열처리 가공처리 시 항산화 성분과 항산화 효과가 증가한다는 연구가 보고되어 있으며, Hwang 등(2007)은 열처리 마늘로부터 새롭게 생성되는 항산화 물질로 thiacremonone 성분을 분리·동정한 바 있다.

천마는 생천마나 건천마, 환, 차, 추출액 등으로 가공되어 유통되고 있다. 특히, 천마를 활용한 음료, 농축액, 차류 등의 다양한 가공제품 개발을 위해 추출물 제조는 필수이나 가장 일반적으로 사용되는 천마 열수추출물 제조에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 추출물 제조 업체에서 적용 가능한 열처리 온도와 시간 조건에서 천마의 대표 기능성 물질인 gastrodin과 gastrodigenin 함량과 항산화 효과 변화를 평가하여 추출물 제조의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 시약

본 실험에 사용된 천마는 2022년 10월 전라북도 무주군 소재 농가로부터 구매하여 사용하였다. 천마 시료는 구입 즉시 세척 후 세절하여 60°C에서 24 h 열풍건조하였다. 건조된 천마는 분쇄하여 30 mesh체를 통과시켜 균질화한 다음 -20°C에서 보관하면서 시료로 사용하였다. Gastrodin, gastrodigenin, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), potassium persulfat 은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### 2. 열처리 방법

열처리 조건은 천마 시료 2.00 g에 증류수 50 mL를 가한 다음 100±2°C, 110±2°C 및 120±2°C에서 각각 30, 60, 120 min 열처리하였다. 각각의 조건으로 열처리한 다음 원심분리(1,750×g, 15 min) 후 상등액에 증류수를 첨가하여 최종

50 mL로 정용하여 gastrodin과 gastrodigenin 분석, 총 폴리페놀 함량 및 라디칼 소거능 평가용 시료로 사용하였다. 대조군은 실온에서 진탕추출(200 rpm, 2 h)한 다음 원심분리(1,750×g, 15 min) 후 상등액을 최종 50 mL로 정용하여 실험용 시료로 사용하였다. 모든 실험은 3회 반복하였다.

### 3. Gastrodin과 gastrodigenin 분석

Gastrodin과 gastrodigenin 함량분석은 Kang 등(2017)의 방법을 변형하여 UPLC로 분석하였다. 즉, 시료 2.00 g에 50% methanol 25 mL를 가하고 30 min간 초음파 추출한 다음 원심분리(1,750×g, 10 min)하여 상등액을 회수하였으며, 위 과정을 2회 반복하여 회수한 상등액을 최종 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.2 µm nylon syringe filter로 여과하여 UPLC 분석용 시료로 사용하였다. UPLC는 Waters ACQUITY™ Ultra Performance LC를 사용하였다. Column은 CORTECS® C18 column(2.1×150 mm, 2.7 µm, Waters)을 사용하였고, column 온도는 30°C였다. 이동상은 A용매(0.1% formic acid in water)와 B용매(0.1% formic acid in acetonitrile)를 gradient 조건으로 흘려주었고, 초기 2% B용매에서 8 min까지 20% B용매, 12 min까지 90% B용매, 16 min까지 90% B용매로 유지하고, 19 min까지 2% B용매, 25 min까지 2% B용매로 설정하여 분석하였다. 유속은 0.3 mL/min으로 하였고, 시료 1 µL를 주입하여 UV detector를 사용하여 220 nm에서 분석하였다.

### 4. Gastrodin과 gastrodigenin 분석법 검증

천마의 gastrodin과 gastrodigenin에 대한 분석법 검증은 Lee 등(2018)의 연구를 참고로 특이성(specificity), 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantitation, LOQ), 정밀성(precision) 및 정확성(accuracy) 평가를 통해 검증하였다. 특이성은 gastrodin과 gastrodigenin 표준용액과 천마 추출물을 UPLC로 분석하여 크로마토그램상의 머무름 시간(retention time)과 UV spectrum을 비교하여 확인하였다. 직선성은 gastrodin과 gastrodigenin 표준용액을 1.5~200.0 µg/mL의 농도 범위로 제조하여 UPLC로 6회(1회/1일) 반복 분석하여 표준용액의 피크 면적과 농도를 변수로 작성한 검량선의 상관계수(R<sup>2</sup>)값을 이용하여 직선성을 확인하였다. 또한 gastrodin과 gastrodigenin에 대한 검출한계는  $3.3 \times \sigma / s$  ( $\sigma$ : 반응의 표준편차,  $s$ : 표준검량선의 기울기), 정량한계는  $10 \times \sigma / s$  식을 이용하여 계산하였다. 정밀성은 일내시험(intra-day test)과 일간시험(inter-day test)으로 나누어 평가하였다. 일내시험은 하루 동안 6회의 추출 및 분석을 반복 측정된 결과이며, 일간시험은 6일 동안 하루에 3회의 추출 및 분석을 반복하여 얻은 결과의 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)를 측정하여 평가하였다.

정확성은 회수율(recovery) 시험을 통해 확인하였고, gastrodin과 gastrodigenin 표준용액은 0.5, 1.0 및 2.0 mg/mL의 농도로 준비하여 사용하였다. 각각의 gastrodin과 gastrodigenin 표준용액 1 mL를 추출 전 시료에 첨가하고, 추출 과정에 따라 추출한 뒤 UPLC 분석을 통해 얻은 각각의 농도의 비를 이용하여 회수율을 계산하였다.

### 5. 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 분석은 Folin-Denis의 방법을 이용하여 측정하였다(Hwang 등 2019). 시료 100  $\mu$ L에 2% sodium carbonate 용액 2 mL를 첨가한 후 3 min간 상온에서 반응시켰다. 그 후 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100  $\mu$ L를 혼합하고 30 min간 반응시킨 후 UV spectrophotometer(SpectraMax M3 microplate reader, Molecular Devices LLC, San Jose, CA, USA)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준 검량선을 작성한 후 폴리페놀 함량을 구하였다.

### 6. 라디칼 소거능 측정

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Hwang 등(2019)의 방법에 따라 측정하였다. 100% 메탄올에 DPPH를 용해 후 2 h 방치하였고 그 후 흡광도 값이 1.0에 가깝도록 희석하여 실험에 사용하였다. 추출물 50  $\mu$ L와 DPPH 용액 1 mL를 넣고 혼합한 후 암실에서 30 min간 반응시켰다. 이 반응액을 UV spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] 라디칼 소거능은 Hwang 등(2019)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate 용액을 혼합하여 24 h동안 암실에서 반응시켜 ABTS 라디칼을 형성하였고 그 후 흡광도 값이

1.0이 되도록 희석한 후 실험에 사용하였다. 추출물 50  $\mu$ L와 희석한 ABTS 용액 1 mL를 혼합하여 암실에서 30 min간 반응시킨 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 L-ascorbic acid(AA)를 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/100 g)로 나타내었다.

### 7. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicag, IL, USA)을 이용하였다. 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 다중검정범위(Duncan's multiple range test)를 사용하여  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Gastrodin과 gastrodigenin 분석법 검증

천마의 gastrodin과 gastrodigenin 분석법의 유효성을 검증하기 위해 특이성, 직선성, 검출한계, 정량한계, 정밀성 및 정확성을 평가하였다. 표준용액과 천마 추출물에서 gastrodin과 gastrodigenin의 머무름시간은 각각 2.46분과 3.53분으로 일치하였고 근접 피크의 간섭없이 단일 피크로 검출되었으며, UV spectrum  $\lambda$  max가 동일함을 확인함으로써 특이성을 검증하였다(date not shown). Gastrodin과 gastrodigenin의 검량선을 작성한 결과 각각  $y=7,246.2x+2,385.9$ 와  $y=11,360x+3,791.3$ 로 나타났고 상관계수(correlation coefficient,  $R^2$ )값은 모두 1.0000로 우수한 직선성을 보였다(Table 1). Gastrodin과 gastrodigenin 검량선의 기울기와 y절편을 이용하여 검출

**Table 1. Validation parameters of the developed UPLC analysis for gastrodin and gastrodigenin**

		Gastrodin	Gastrodigenin
Regression equation		$y=7,246.2x+2,385.9$	$y=11,360x+3,791.3$
Correlation coefficient ( $R^2$ )		1.0000	1.0000
LOD <sup>1)</sup> ( $\mu$ g/mL)		0.95	1.14
LOQ <sup>2)</sup> ( $\mu$ g/mL)		2.89	3.47
Intra-day (n=6)	Mean $\pm$ S.D. (mg/100 g, DW)	57.07 $\pm$ 0.91	420.92 $\pm$ 8.06
	RSD <sup>3)</sup> (%)	1.60	1.92
Inter-day (n=6)	Mean $\pm$ SD (mg/100 g, DW)	55.30 $\pm$ 1.32	414.53 $\pm$ 10.39
	RSD (%)	2.38	2.51

<sup>1)</sup> Limit of detection.

<sup>2)</sup> Limit of quantification.

<sup>3)</sup> Relative standard deviation.

한계와 정량한계를 계산한 결과는 검출한계는 0.95, 1.24  $\mu\text{g/mL}$ , 정량한계는 2.89, 3.47  $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다(Table 1). 정밀성을 확인한 결과 gastrodin과 gastrodigenin의 일내분석 결과는 각각 55.21~57.61, 410.46~428.85 mg/100 g DW를 나타내었으며 상대표준편차(RSD) 값이 5% 이내의 우수한 정밀성을 나타냈다(Table 1). 정확성 검증을 위해 gastrodin 표준용액 0.5, 1.0 및 2.0 mg, gastrodigenin 표준용액 2, 4 및 8 mg을 시료에 첨가한 후 분석한 결과 회수율은 각각 97.22~98.85% 및 97.99~99.65% 범위였으며, RSD는 5% 이하로 양호한 정확성을 나타냈다(Table 2).

## 2. 열처리에 따른 gastrodin과 gastrodigenin 함량 변화

천마의 대표 기능성분으로는 gastrodin과 gastrodigenin 성분으로 알려져 있으며, 두 성분은 천마 생약의 품질관리 성분으로도 설정되어 있다. Gastrodin은 항산화 활성, 기억력 향상, 항염증, 혈압강하 등의 효능, gastrodigenin은 강력한 항산화 효과가 있음이 보고되었다(Park & Kang 2020). 열처리 온도와 시간에 따른 천마의 gastrodin과 gastrodigenin

함량 변화를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 무처리 천마의 gastrodin과 gastrodigenin 함량 각각 56.17 및 500.78 mg/100 g DW으로 분석되었다. 열처리 온도와 시간이 증가할수록 gastrodin 함량은 91.15~310.27 mg/100 g DW으로 유의적으로( $p<0.05$ ) 증가하는 경향을 보였다. 또한, gastrodigenin 함량도 열처리 조건에 따라 559.66~830.02 mg/100 g DW으로 유의적으로( $p<0.05$ ) 증가하였다. Choi & Jang(2021)은 gastrodin과 gastrodin의 aglycon인 gastrodigenin은 열처리와 효소처리에 의해 변환되며, 0, 30, 60 및 90°C의 온도에서 추출물 제조 시 gastrodin 함량은 추출 온도가 높을수록 증가하였고, gastrodigenin 함량은 30과 60°C의 특정 온도에서 증가하는 것으로 보고하였다. Choi 등(2011)은 천마 절단 및 증자처리 유무와 건조방법(동결, 열풍, 원적외선 건조)에 따라 gastrodin과 gastrodigenin 함량 차이는 큰 것으로 보고하였다. 특히, 절단 천마를 증자처리 후 열풍 및 원적외선 건조하였을 때 gastrodin 함량은 증가하고 gastrodigenin 함량은 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에서의 gastrodin 함량 현상은 열처리에 의한 parishin 등과 같은 성분의 가수분해

Table 2. Recovery of gastrodin and gastrodigenin for the validation of analytical method

Compound	Original ( $\mu\text{g/g}$ , DW)	Spiked amount ( $\mu\text{g}$ )	Recovery rate (%)	RSD <sup>1)</sup> (%)
Gastrodin	572.51 $\pm$ 14.68	500	97.43 $\pm$ 3.48	3.57
		1,000	97.22 $\pm$ 2.40	2.47
		2,000	98.85 $\pm$ 2.27	2.29
Gastrodigenin	4,293.33 $\pm$ 117.23	2,000	99.65 $\pm$ 2.05	2.06
		4,000	99.91 $\pm$ 3.24	3.24
		8,000	97.99 $\pm$ 2.43	2.48

<sup>1)</sup> Relative standard deviation.

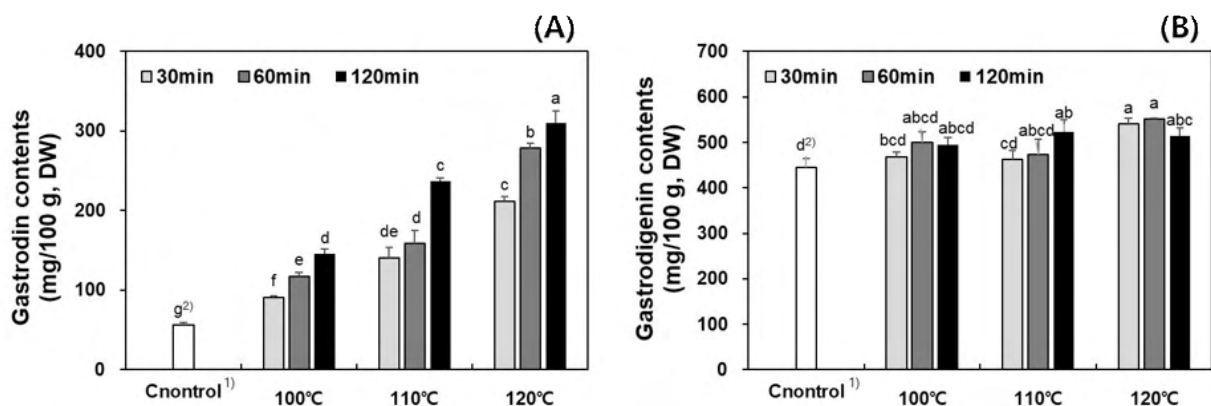


Fig. 1. Effect of heat treatment on the gastrodin (A) and gastrodigenin (B) contents in *Gastrodia elata* Blume. <sup>1)</sup> Raw material. <sup>2)</sup> The different letters in the same bar are significantly different ( $p<0.05$ ).



로 인한 것으로 생각되며, gastrodigenin 함량 증가 요인도 gastrodin에 결합된 당이 열처리에 의한 분해인 것으로 추정된다. 추후 parishin, parishin 유도체, gastrodigenin 표준품을 이용한 열분해 특성 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 열처리에 따른 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 변화

열처리에 따른 천마의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 무처리 천마의 총 폴리페놀 함량은 1,364 mg/100 g DW이었고, 열처리 온도와 시간이 증가할수록 총 폴리페놀 함량은 1,444~1,798 mg/100 g DW 범위로 유의적으로( $p<0.05$ ) 증가하는 경향을 보였다. 이는 열처리에 의한 결합형 페놀성분의 유리형으로의 전환, 고분자 페놀성분의 저분자 페놀성분으로의 분해와 추출 효율의 향상으로 인한 결과로 생각된다(Lee 등 2009; Hwang 등 2013). Hwang 등 (2011b)의 연구에 의하면 열처리한 더덕과 도라지의 총 폴리페놀 함량은 무처리구(0.60 및 0.59 mg GA eq/g)에 비해 각각 0.92~6.31 및 0.99~7.34 mg GA eq/g 범위로 증가하였다고 보고하였고, 표고버섯(Choi 등 2006), 야콘(Hwang 등 2013), 과채류(Kim 등 2008) 등 농산물도 열처리에 따라 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

열처리에 따른 천마의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3과 같이 나타났다. 100°C에서 천마를 열처리 시 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 무처리구에 비해 유의적으로( $p<0.05$ ) 감소하였고, 110°C 열처리 시에는 유사하였으며, 120°C에서는 증가하는 경향을 나타냈다. 100°C의 온도에서 열처리 시 항산화 활성이 감소한 것은 열처리에 의해 생성되는 항산화 성분에 비해 비타민 C와 같은 열에 민감한 항산화 성분의 파괴량이 상대적으로 많아 나타난 것으로 생각된다. 한편 120°C의 높은 온도에서 항산화 활성

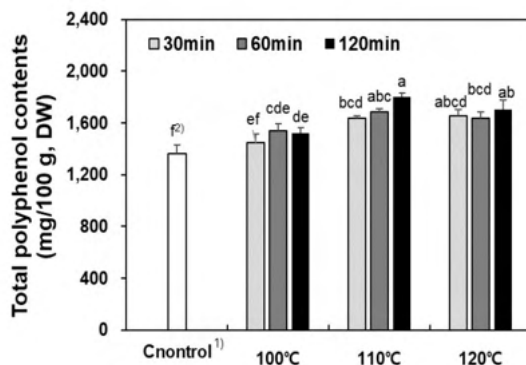


Fig. 2. Effect of heat treatment on the total polyphenol contents in *Gastrodia elata* Blume. <sup>1)</sup> Raw material. <sup>2)</sup> The different letters in the same bar are significantly different ( $p<0.05$ ).

이 증가하는 이유는 열처리에 의한 페놀성분의 증가뿐만 아니라 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고된 갈변반응 물질이 생성되었기 때문인 것으로 생각된다(Jeong 등 2004; Hwang 등 2011b).

### 요약 및 결론

본 연구는 열처리에 따른 천마의 gastrodin과 gastrodigenin 및 항산화 활성 변화를 살펴보기 위하여 100~120°C에서 30~120 min간 열처리하였다. Gastrodin과 gastrodigenin 함량 분석은 분석법 검증을 실시한 다음 분석을 진행하였다. 항산화 활성 평가는 총 폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 살펴보았다. 분석법 검증을 통해 gastrodin과 gastrodigenin의 피크가 근접 피크의 간섭없이 단일 피크로 분리되어 우수한 직선성을 보였다. 검출한계는 각각

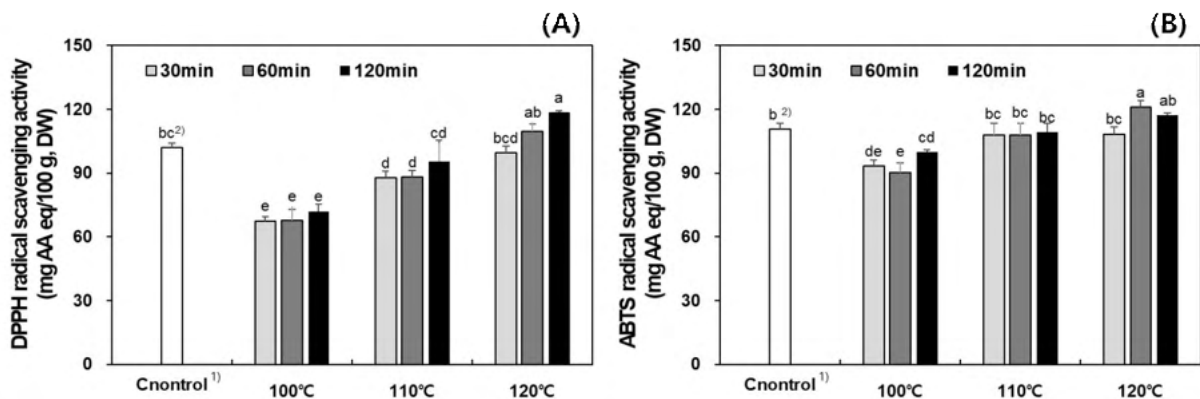


Fig. 3. Effect of heat treatment on the DPPH (A) and ABTS radical scavenging activity in *Gastrodia elata* Blume. <sup>1)</sup> Raw material. <sup>2)</sup> The different letters in the same bar are significantly different ( $p<0.05$ ).

0.95, 0.14  $\mu\text{g/mL}$ , 정량한계는 각각 2.8, 3.47  $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다. 또한 일내 및 일간 정밀성 분석 결과 상대표준편차 값이 5% 이내, gastrodin과 gastrodigenin의 회수율은 각각 97.22~98.85% 및 97.99~99.91% 범위로 양호한 정확성을 나타내었다. 열처리 조건에 따라 gastrodin과 gastrodigenin 함량은 각각 91.15~310.27 및 559.66~830.02 mg/100 g DW으로 유의적으로( $p<0.05$ ) 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 열처리 온도와 시간이 증가할수록 1,444~1,798 mg/100 g DW으로 유의적으로( $p<0.05$ ) 증가하는 경향을 나타냈고, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 120°C에서 열처리 시 증가하는 경향을 보였다. 본 연구 결과는 천마의 gastrodin, gastrodigenin 함량과 항산화 효과가 증가된 열수추출물 제조 및 소재화를 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 2023년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:RS-2022-RD009980)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## References

- Choi J, Jang G. 2021. Development of processing technologies for convenience foods using *Angelica gigas* Nakai and *Gastrodia elata* Blume. p.38. *Rural Development Administration*. Report No. TRKO20210010069
- Choi SR, Jang I, Kim CS, You DH, Kim JY, Kim YG, Ahn YS, Kim JM, Kim YS, Seo KW. 2011. Changes of components and quality in *Gastrodiae* Rhizoma by different dry methods. *Korean J Med Crop Sci* 19:354-361
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Chu HN, Kim JS, Kim KO, Jeong JK. 2012. Effect of functional components. antioxidant activity and sensory characteristics of *Gastrodiae rhizoma* by different drying condition. *Korean J Herbol* 27:139-145
- Doh ES, Yoo JH, Kil KJ. 2015. Antioxidant activity and component change of steaming-drying and fermented *Gastrodiae rhizoma*. *Korean J Herbol* 30:11-18
- Hwang BS, Kwon SH, Kim JY, Kim GC, Hwang IG. 2019. Antioxidant activity of deodeok (*Codonopsis lanceolata*) sprout. *Korean J Food Nutr* 32:630-635
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. 2011a. Chemical composition and antioxidant activity of deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:798-803
- Hwang IG, Kim HY, Park BR, Han HM, Yoo SM. 2013. Effect of heat treatment on the antioxidant properties of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Korean J Food Nutr* 26:857-864
- Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee J, Jeong HS. 2011b. Biological activities of Maillard reaction products (MRPs) in a sugar - amino acid model system. *Food Chem* 126:221-227
- Hwang IG, Woo KS, Kim DJ, Hong JT, Hwang BY, Lee YR, Jeong HS. 2007. Isolation and identification of an antioxidant substance from heated garlic (*Allium sativum* L.). *Food Sci Biotechnol* 16:963-966
- Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J Agric Food Chem* 52:3389-3393
- Kang KB, Jun JB, Yoo G, Kwon E, Yun JW, Kang BC, Kim SH, Sung SH, Jang YP, Yang H. 2017. Simultaneous determination of gastrodin and gastrodigenin in *Gastrodia elata* by HPLC-UV. *Korean J Pharmacogn* 48:232-236
- Kim CS, Kim HJ, Seo SY, Kim HJ, Lee WH. 2018. Effect of immature rhizome productivity according to harvest times-based treatment method for seed production of *Gastrodia elata*. *Korean J Plant Resour* 31:372-377
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40:166-170
- Kim MH, Kim JG, Choi JH. 2014. Antioxidant activity and changes in major functional components of fermented *Gastrodia elata* Blume. *Korean J Food Nutr* 27:684-691
- Kim YS, Kim HR, Park EH, Song YE, Kim CS, Ha WB, Woo HJ, Han YH, Lee JH. 2022. Anti-obesity effects of *Gastrodia elata* extracts on high fat diet-induced obese mice. *J Korean Med Rehabil* 32:1-8
- Kwon KB, Kim HR, Kim YS, Park EH, Choi HB, Ryu DG. 2022. Neuroprotective and anti-oxidant effects of

- Gastrodiae rhizoma* extracts against hydrogen peroxide-induced cytotoxicity in SH-SY5Y cells. *J Physiol Pathol Korean Med* 36:209-212
- Lee KH, Rhee KH, Kim BS, Choi YH, Kim CH. 2013. Sleep inducing effect of *Gastrodia elata* fermented with lactic acid bacteria. *Korean J Pharmacogn* 44:281-285
- Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. 2009. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:490-495
- Lee SH, Jeong YS, Song J, Hwang KA, Cho SM, Hwang IG. 2018. Changes in  $\gamma$ -aminobutyric acid of bitter melon (*Momordica charantia* L.) with different cultivation regions, harvest time and maturation stages, with method validation. *Korean J Food Nutr* 31:408-415
- Park GH, Kim MY, Lee YJ, Shin CS, Lee J, Jeong HS. 2019. Antioxidant components and activities of *Euonymus sieboldiana* leaves according to harvesting time and heating methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:551-556
- Park JP, Kang SA. 2020. Antioxidant effect and blood pressure control ability of *Lactobacillus* fermented *Gastrodia elata* Bl. in hypertension model rats (SHR). *Korean J Food Nutr* 33:493-504
- 
- Received 10 October, 2023  
Revised 08 November, 2023  
Accepted 15 November, 2023

## 포말건조 조건에 따른 애플망고 분말의 건조 가공 특성

오현빈 · 백채완 · 곽태호\* · 장현욱\*\* · 김하윤\*\* · †조용식\*\*\*

국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 연구원, \*국립한국농수산대학교 농수산융합학부 학부생,  
\*\*국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사, \*\*\*국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구관

### Drying Characteristics of Mango Powder according to Foam-Mat Drying Conditions

Hyeonbin Oh, Chae-wan Baek, Taeho Kwak\*, Hyun-Wook Jang\*\*, Ha-Yun Kim\*\* and †Yong Sik Cho\*\*\*

Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*Undergraduate Student, Major in Agricultural and Fishery Processing, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 56874, Korea

\*\*Associate Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Senior Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

### Abstract

This study explored a method to enhance the drying process usability of local mangoes by producing foam-mat dried powder under varying drying temperatures (50, 60, 70°C) and foam thicknesses (3, 6, 9 mm). The drying process period ranged from 60 to 390 minutes based on the set conditions, with higher temperatures and thinner foams accelerating drying. Powder chromaticity ( $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ ) demonstrated a declining trend with increasing drying temperature and foam thickness, exhibiting notable variance in chroma values. The water absorption index varied significantly, between 3.08 to 4.24, under different drying conditions, although the water solubility index remained consistent across foam-dried samples. Powder moisture content ranged from 2.53% to 3.83%, with hygroscopicity escalating with temperature and foam thickness. Vitamin C structure was compromised during the hot air drying process, especially at temperatures above 60°C. Electronic nose analysis distinguished foam-dried powder from freeze-dried powder; however, a thicker foam yielded a scent profile closer to that of freeze-dried powder. The findings provide fundamental data on mango foam drying, which is expected to improve processing and storage tech for local mangoes.

Key words: drying kinetics, e-nose, foam mat drying, mango, powder

## 서 론

망고(*Mangifera indica* L.)는 율무과에 속하는 다년생의 열대과수로, 인도가 원산지이며 아시아 지역에서 주로 재배되는 아열대과수이다. 망고는 단맛이 강하고 기호성이 좋은 향을 보유하고 있어 전세계적으로 선호되고 있으며 100여개 국가에서 5,500만 톤이 재배되고 있다(Maldonado-Celis 등 2019). 또한 비타민C, 카로티노이드, 페놀 화합물 등의 항산화물질이 포함되어 있으며, 그 중 mangiferin은 망고에 들어있는 폴리페놀류의 일종으로 항당뇨, 항염증 등의 생리활성에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Mei 등 2021).

망고는 수분함량이 높아 과육이 물러지기 쉬우며, 수확 직후 다양한 수확후질병에 노출되고 보관 및 운송에 의한 손상으로 인해 수명이 짧아진다(Tefera 등 2007). Watanawan 등 (2014)은 10~18°C에서 망고를 보관할 경우 저장기한은 2주 정도이며 그 이후로는 급격한 품질 저하가 발생한다고 보고한 바 있다. 이러한 품질 저하를 방지하기 위한 수단으로써 망고의 건조 및 냉동 연구가 진행되었다(Akther 등 2020; Mugodo & Workneh 2021; Zongo 등 2022). 한편으로 가공기술을 활용하여 망고의 저장성을 높이기 위해 잼(Basu & Shivhare 2010), 젤리(Oh 등 2022) 등 다양한 형태의 망고 가공품이 연구되었다.

† Corresponding author: Yong Sik Cho, Senior Researcher, Fermented and Processed Food Division, Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3630, Fax: +82-63-3843, E-mail: yscho@korea.kr

과일을 분말의 형태로 가공하는 것은 과일 특유의 질감이 상실되고 향의 감소하는 등 여러 단점을 갖고 있으나 수분의 제어를 통해 저장 안정성이 증가하고, 저장 공간이 획기적으로 감소함에 따라 운송비용이 크게 절감되며 베이커리, 프리믹스 등의 건조품 가공으로도 활용 범위를 확장시킬 수 있는 등 다양한 이점을 가지고 있다(Caparino 등 2012). 분말 가공을 위한 탈수 공정에는 주로 열풍건조가 활용되는데, 높은 건조 온도로 인하여 과육의 색, 향, 성분 등 품질이 열화되는 단점이 있다(Zhu 등 2022). 특히 망고와 같이 당도가 높은 과일에서는 당 성분에 의해 표면에서의 수분 이동이 급감하여 건조 효율이 감소되므로 분말 제조 방법의 개선이 요구된다(Salahi 등 2015).

포말건조는 액체에 기포제 및 안정제를 혼합하여 안정적인 거품을 만들고 트레이에 얇게 펼쳐 40~80℃의 열풍으로 탈수시키는 방법이다(Varhan 등 2019). 거품으로 인해 형성된 다공성 구조가 열풍에 노출시키는 표면적을 증가시켜 열 및 수분 이동 효율을 향상시키고 건조 시간 및 에너지 소모를 감소시키며, 재수화율이 좋고 열풍에 의한 영양성분의 파괴를 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다(Brar 등 2020). 이러한 이점으로 인해 포말건조는 특히 열에 의한 변성에 약하거나, 점성이 강하고 높은 당 함량을 갖고 있는 식품에 적용하기 적합한 건조방법이다(Hardy & Jideani 2017). 포말건조한 건조물의 품질은 기포제의 종류 및 함량, 발포제 두께, 열풍 온도, 풍속, 시간 등 다양한 변수에 의해 영향을 받으므로, 포말건조 조건에 따른 건조 가공 특성을 분석하여 포말건조 건조물의 품질 변화를 최소화하고 건조 효율을 높이기 위한 연구가 요구된다(Qadri 등 2020).

따라서 본 연구에서는 포말건조 시 건조 온도 및 발포제 두께를 다르게 하여 제조한 망고 분말의 특성 차이를 규명하여 포말건조의 효율을 높이고 분말의 품질 저하를 감소시키는 방안을 탐색하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 연구에서 사용한 망고는 한국 전라남도에서 2022년 수확한 '홍망고' 품종의 냉동 과육을 구매하여 사용하였다. 망고는 껍질을 제거하고 제핵하여 pulp를 얻었으며, 가정용 블렌더를 이용하여 30초간 마쇄하여 퓨레를 얻었다. 균질화한 망고 퓨레의 수분함량은 82.59±1.37%, 당도는 17.8±0.38 Brix였다. Methylcellulose(Dyne materials, Gyeonggi-do, Korea), Sodium chloride(Daejung chemicals, Gyeonggi-do, Korea), tris(2-carboxyethyl) phosphine hydrochloride(TCEP), metaphosphoric acid(MPA)를 구매하여 사용하였다.

### 2. 발포제 제조

망고 퓨레는 25℃에서 해동한 후 300 g을 준비하였다. 포말건조를 위한 발포제를 만들기 위해 Sangamithra 등(2015)의 방법에 따라 기포제로서 메틸셀룰로오스를 이용하였다. 증류수 300 g에 메틸셀룰로오스 9 g(퓨레 대비 3%, w/w)를 50℃ hot plate에서 교반하며 혼합하였고, 이를 기포제로 활용하기 위해 퓨레와 1:1로 혼합하였다. 혼합물은 hand mixer(HM680, DeLonghi, Treviso, Italy)를 이용해 5단에서 15분간 whipping하여 거품밀도가 0.41±0.1 g/mL, 거품팽창률이 160±5%인 거품을 획득하였다. 테프론 시트 위에 두께를 각각 3 mm, 6 mm, 9 mm가 되도록 거품을 평평하게 펼치고 가나슈 틀(203.2 mm×203.2 mm)로 성형하여 직육면체 형태의 발포체를 제조하였다.

### 3. 건조분말 제조

발포체의 건조는 3.5 m/s의 풍속으로 공기 순환이 일어나는 식품용 열풍건조기(LOD-S600B, L'equip, Hwaseong, Korea) 이용하였다. 열풍건조 온도는 50℃, 60℃, 70℃에서 수행되었으며 분말 제조의 자세한 operating 조건은 Table 1에 표현하였다. 대조구로서 망고 퓨레에 3% 메틸셀룰로오스를 첨가한 후 거품을 내지 않고 동결건조한 분말(F)을 제조하였다.

### 4. 건조 특성

포말건조 분말의 건조 특성을 조사하기 위하여 시간별 수분 비율 및 건조율을 계산하였다. 시간별 수분 비율은 Sehrawat 등(2018)의 방법에 따라 30분 간격으로 건조기에

Table 1. Sample description and drying conditions

Samples	Drying conditions	
	Thickness (mm)	Temperature (°C)
F <sup>1)</sup>	-	-
A50	3	50
A60	3	60
A70	3	70
B50	6	50
B60	6	60
B70	6	70
C50	9	50
C60	9	60
C70	9	70

<sup>1)</sup> F=Freeze-dried powder of mango puree with 3% methylcellulose (w/w).

서 시료를 꺼낸 후 데시케이터에서 10분간 방냉하고 무게를 측정 후 상압가열건조법을 이용해 수분 정량하여 아래와 같은 식을 사용하여 구하였다(Eq. 1). 열풍건조에 의한 발포체의 무게 변화가 0.1 g 미만으로 나타날 때 건조를 종료하고, flake를 blender를 이용하여 30초간 분쇄하고 100 mesh 체를 통과시켜 포말건조 분말을 획득하였다.

$$\text{Moisture ratio (MR, \%)} = \frac{M_t}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Drying rate (DR)} = \frac{M_t - M_0}{t} \quad (2)$$

t는 건조시간, M0는 초기 수분함량, Mt는 t시간 건조 후 수분함량을 의미한다.

### 5. 유효수분확산계수

열풍건조한 발포체의 유효수분확산계수(effective moisture diffusivity,  $D_{eff}$ )는 Li 등(2021)에서 제시한 방법에 따라, 샘플의 수축에 따른 영향이 매우 적다는 가정하에 Fick의 두 번째 법칙에 의해 유도된 식(Eq. 3)에 따라서 계산되었으며, 이를 선형식으로 단순화하여(Eq. 4) t에 대한  $\ln(MR)$ 의 기울기값을 통해  $D_{eff}$ 를 계산하였다(Eq. 5).

$$MR = \frac{8}{\pi^2 M_0} e^{\left(-\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right)} \quad (3)$$

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) + \left(-\frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2}\right)t \quad (4)$$

$$D_{eff} = -\frac{4L^2}{\pi^2} k \quad (5)$$

여기에서, L은 거품의 반 두께(Half-thickness), k는 t에 대한  $\ln(MR)$  선형식의 기울기이다.

### 6. 색도

분말을 투명 petri dish(Φ35×10 mm)에 눌러 담아 채우고 밀봉한 후 색차계(Ultrascan pro, Hunterlab, VA, USA)를 사용하여 L\*값(명도), a\*값(적색도), b\*값(황색도)을 측정하였다. 색의 비교를 위하여 Akther 등(2020)의 방법을 따라  $\Delta E$  값, Hue 및 Chroma를 각각 Eq. 6, Eq. 7 및 Eq. 8에 따라 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_{sample} - L^*_{standard})^2 + (a^*_{sample} - a^*_{standard})^2 + (b^*_{sample} - b^*_{standard})^2} \quad (6)$$

$$\text{Hue } (^{\circ}) = \arctan(b^*/a^*) \quad (7)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (8)$$

이때  $L^*_{sample}$ ,  $a^*_{sample}$ ,  $b^*_{sample}$ 은 시료 각각의 색도값이며,  $L^*_{standard}$ ,  $a^*_{standard}$ ,  $b^*_{standard}$ 는 동결건조 시료의 색도값이다.

### 7. 수화 특성

분말의 수화특성을 조사하기 위하여 수분흡수지수(water Absorption Index, WAI), 수분용해지수(water Solubility Index, WSI), 수분함량 및 흡습성을 측정하였다. 수분흡수지수 및 수분용해지수 측정은 Hossain 등(2021)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 건조분말 0.5 g에 20 mL 증류수를 첨가하여 3,000×g에서 20분간 원심분리하였고 침전물의 무게를 통해 수분흡수지수를 계산하였다. 상등액은 미리 무게를 구한 수기에 분리하여 105℃에서 4시간 동안 건조시킨 고형분 무게로 수분용해지수를 계산하였다. 수분함량은 AACC method(2009)에 따라 측정하였다. 105℃ 상압가열건조법을 이용하여 계산하였다. 흡습성은 Bhusari 등(2014)의 방법을 이용하여, 시료 1 g을 petri dish에 고르게 퍼서 놓고 Sodium chloride 포화용액으로 상대습도 75%로 조정된 chamber에 일주일간 방치하여 시료 무게 대비 수분에 의한 무게변화를 측정하였다.

### 8. 비타민 C 분석

포말건조 분말의 비타민C 분석은 Kim 등(2023)의 방법에 따라 수행하였다. 즉, 분말 시료 0.5 g을 칭량하여 50 mL centrifuge tube에 담아 5 mM TCEP가 포함된 5% MPA 용액 25mL를 가하여 vortexing하였다. 2,000×g에서 10분간 원심분리한 상등액을 최종 부피가 25 mL가 되도록 정용하였고 0.2 μm syringe filter(nylon, Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC 분석은 Photodiode array detector(PDA)가 장착된 Shimadzu HPLC system(Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하였다. Column으로 Mightsil RP-18 GP column (4.6×250 mm, 5 μm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고 컬럼 오븐의 온도는 25℃를 유지하였다. 이동상은 0.1% Trifluoroacetic acid in water 를 0.6 mL/min 속도로 흘려주었고 시료는 10 μL를 주입하여 254 nm에서 분석하였다.

### 9. 전자코 분석

애플망고 분말의 향변화를 알아보기 위하여 Lee 등(2021)의 방법을 변형하여 전자코 시스템(HERACLES Neo, Alpha Mos, Toulouse, France)를 사용하여 분석하였다. 각 조건별 처리하여 제조한 애플망고 분말 2 g을 정밀하게 달

아 전자코 분석용 20 mL headspace vial에 넣은 후 분석하였으며, 5회 반복 후 분석 결과를 판별 분석(Discriminant function analysis)하여 시료간의 차이를 비교하였다.

10. 통계 처리

실험 결과는 SPSS(IBM SPSS Statistics version 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 일원배치 분산분석 후 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다 ( $p < 0.05$ ).

결과 및 고찰

1. 건조 특성

건조 시간에 따른 수분 비율 및 건조 속도 변화는 Fig. 1에 나타나있다. 15분 간격으로 수분비율을 측정하고 결과 3 mm, 6 mm, 9 mm 두께에 따라 건조 완료 시간은 각각 50도에서 105분, 210분, 390분; 60도에서 75분, 180분, 360분; 70도에서 60분, 150분, 270분으로 나타났다. 발포체의 건조 완료시간은 건조 온도가 높을수록, 두께가 작을수록 건조

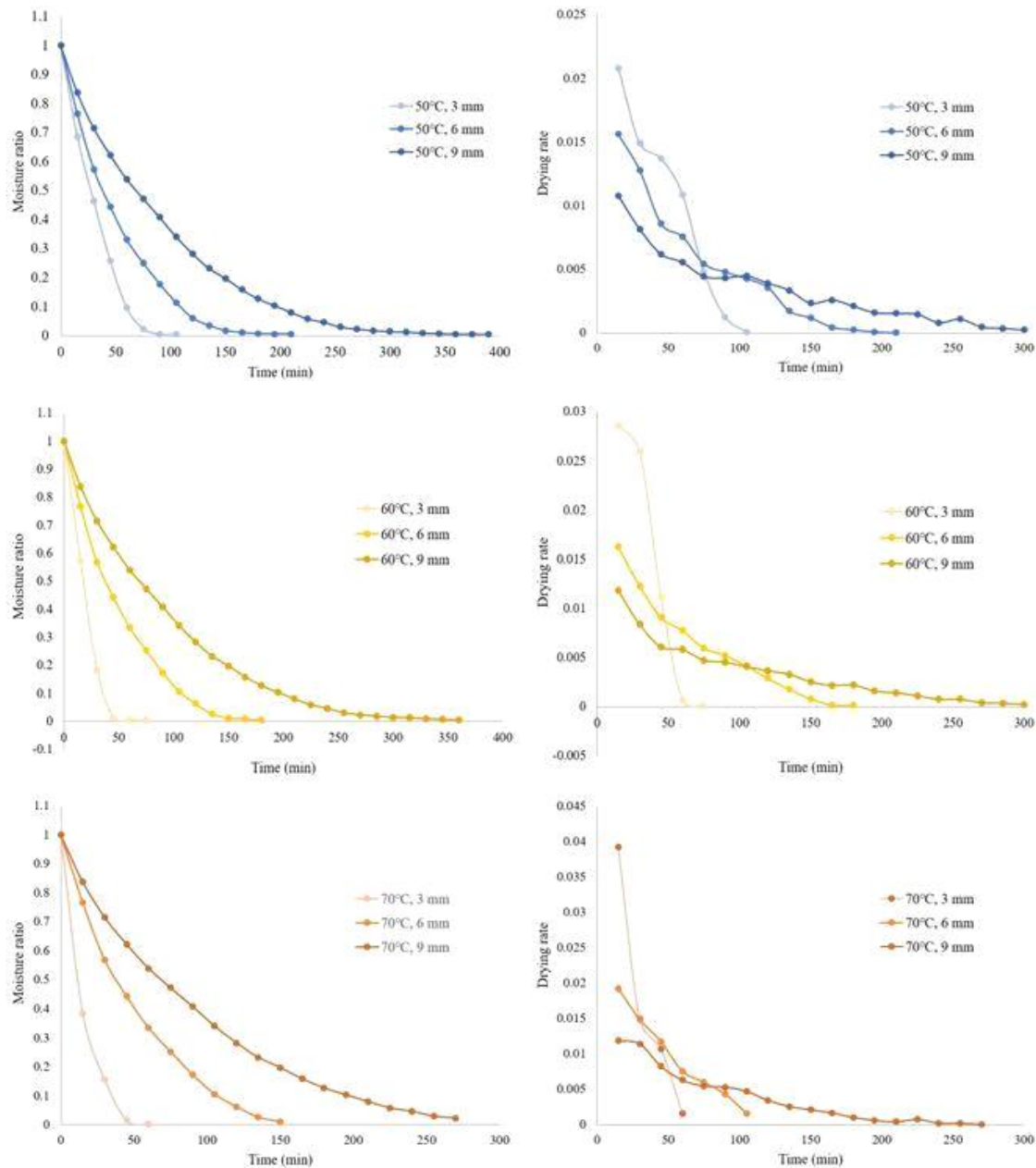


Fig. 1. Drying characteristics versus time graphs of foam-mat dried mango powder.

완료시간이 빨라졌다. 이러한 경향은 발포체의 중심으로 열이 더 빠르게 침투하여 발포체 내의 증기압이 빠르게 증가하여 표면으로 수분이 빠르게 확산되기 때문으로 추정된다 (Salahi 등 2015). 파파야(Kandasamy 등 2014) 연구에서도 유사한 건조 특성이 보고된 바 있다. 한편 건조 속도는 두께에 상관없이 모든 시간에서 전형적인 감률건조곡선의 형태가 나타났으며, 이는 대부분의 식품 건조에서 항률 건조 구간이 매우 짧고 감률 건조 구간이 건조 기간의 대부분을 차지하기 때문으로 해석된다(Delfiya 등 2022).

## 2. 유효수분확산계수

유효수분확산계수( $D_{eff}$ )는 식품의 건조 과정에서 모세관 현상, 유체역학적 흐름, 표면에서의 물질 전달 등 수분 확산의 다양한 요인들에 대한 상호작용을 표현하는 지표이다.  $D_{eff}$ 는 공정 온도, 수분 함량, 두께, 밀도, 공극률, 식품 성분 사이의 상호 작용에 영향을 받으며, 식품의 건조 동역학, 물질 전달 설계 및 최적화에 중요한 역할을 한다(Kamali 등 2022). 포말건조 시료의  $D_{eff}$ 는 Table 2와 같다.  $D_{eff}$ 는 건조 온도 및 발포체 두께에 따라 증가하였고,  $D_{eff}$ 를 도출하기 위한 선형식(Eq. 4)의  $R_2$ 값은 0.9526~0.9879의 범위를 보였다. 건조 온도 증가에 따른  $D_{eff}$ 의 증가는 발포체 내부의 수증기압 증가로 인한 수분 확산 속도의 변화로 추측된다. 한편 발포체 두께에 따라  $D_{eff}$ 가 증가하는 것은 발포체 내부의 수분 이동이 균일하다는 가정하에 두께에 비례하여 수분 이동량이 많이 발생하기 때문으로 추정되며 이러한 결과는 새우 (Azizpour 등 2014), 메론 과육(Salahi 등 2015), 야콘 주스 (Franco 등 2015) 등과 유사하였다.

**Table 2. Effective moisture diffusivity of foam-mat dried mango powder**

Samples <sup>1)</sup>	$D_{eff}$ (m <sup>2</sup> /s)	R <sup>2</sup>
A50	$8.83 \times 10^{-10}$	0.9590
A60	$1.34 \times 10^{-9}$	0.9526
A70	$1.53 \times 10^{-9}$	0.9670
B50	$1.68 \times 10^{-9}$	0.9787
B60	$1.98 \times 10^{-9}$	0.9652
B70	$2.44 \times 10^{-9}$	0.9769
C50	$2.02 \times 10^{-9}$	0.9879
C60	$2.24 \times 10^{-9}$	0.9806
C70	$2.94 \times 10^{-9}$	0.9798

<sup>1)</sup> Samples defined in Table 1.

## 3. 색도

포말건조의 색도는 열풍에 의한 분말의 품질 변화를 가장 쉽게 확인할 수 있는 지표이다. 포말건조 분말의 색도는 Table 3과 같으며 외관은 Fig. 2에 나타나 있다. 원료로 사용된 퓨레의 색도는 L\*값이 56.92, a\*값이 20.23, b\*값이 42.09로 나타났으며(data not shown), 발포체 제조 시 기포 발생에 따라 L\*값이 증가하고 a\*값이 감소하는 경향을 보였다. 한편 동결건조 분말과 비교하여 포말건조 분말의 L\*, a\*, b\*값은 건조 두께에 따라 감소하는 경향을 보였고, 건조 온도에 따라 a\* 및 b\*값의 감소가 확연하게 나타났다. 색차 값은 같은 온도에서 건조 두께에 따라 확연하게 증가하는 경향을 보였다. 6 mm, 9 mm 두께일 때는 온도에 따라 증가하는 경향을 보인 반면, 3 mm 두께에서는 온도에 따른 경향성을 보이지 않았는데 이는 얇은 두께에서 상대적으로 건조

**Table 3. Color values of foam-mat dried mango powder**

Sample <sup>1)</sup>	L	a	b	$\Delta E$	Chroma	Hue angle
F	82.65±0.06 <sup>a</sup>	11.35±0.01 <sup>b</sup>	41.79±0.13 <sup>a</sup>	-	74.81±0.04 <sup>e</sup>	43.30±0.13 <sup>a</sup>
A50	80.65±0.09 <sup>c</sup>	11.89±0.03 <sup>a</sup>	38.79±0.02 <sup>c</sup>	3.64±0.06 <sup>e</sup>	72.96±0.05 <sup>e</sup>	40.57±0.01 <sup>c</sup>
A60	78.55±0.21 <sup>f</sup>	10.90±0.09 <sup>c</sup>	38.39±0.31 <sup>d</sup>	5.34±0.37 <sup>e</sup>	74.16±0.01 <sup>f</sup>	39.91±0.32 <sup>d</sup>
A70	77.01±0.13 <sup>b</sup>	11.95±0.08 <sup>a</sup>	38.25±0.08 <sup>d</sup>	6.69±0.10 <sup>d</sup>	72.65±0.09 <sup>b</sup>	40.07±0.10 <sup>d</sup>
B50	81.11±0.00 <sup>b</sup>	10.41±0.03 <sup>c</sup>	39.83±0.04 <sup>b</sup>	2.66±0.04 <sup>i</sup>	75.35±0.02 <sup>b</sup>	41.17±0.04 <sup>b</sup>
B60	79.96±0.00 <sup>d</sup>	9.94±0.01 <sup>f</sup>	37.66±0.02 <sup>e</sup>	5.12±0.02 <sup>f</sup>	75.21±0.01 <sup>c</sup>	38.95±0.02 <sup>e</sup>
B70	78.44±0.01 <sup>f</sup>	9.88±0.01 <sup>f</sup>	36.37±0.02 <sup>f</sup>	7.02±0.02 <sup>b</sup>	74.80±0.00 <sup>e</sup>	37.69±0.02 <sup>f</sup>
C50	80.55±0.02 <sup>c</sup>	10.74±0.02 <sup>d</sup>	39.76±0.03 <sup>b</sup>	2.98±0.02 <sup>h</sup>	74.88±0.03 <sup>d</sup>	41.19±0.04 <sup>b</sup>
C60	79.63±0.01 <sup>e</sup>	9.06±0.03 <sup>h</sup>	36.20±0.02 <sup>f</sup>	6.75±0.03 <sup>c</sup>	75.95±0.03 <sup>a</sup>	37.31±0.03 <sup>e</sup>
C70	77.97±0.02 <sup>e</sup>	9.49±0.01 <sup>g</sup>	36.31±0.06 <sup>f</sup>	7.44±0.06 <sup>a</sup>	75.35±0.02 <sup>b</sup>	37.53±0.06 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup> Samples defined in Table 1.

<sup>2)</sup> <sup>a-i</sup>Values with the same superscripts within a column are not significantly different.



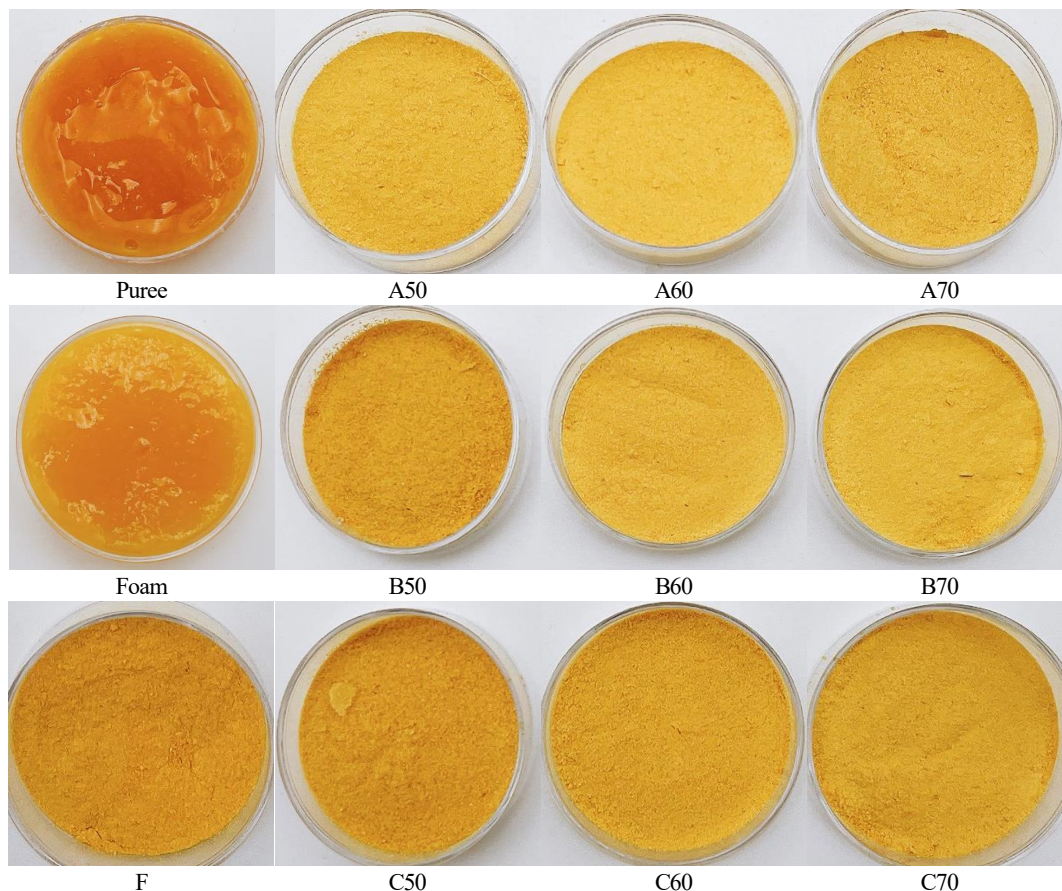


Fig. 2. Photographs of foam-mat dried mango powder.

시간의 차이가 적기 때문으로 해석된다. Hue 값은 72.96~75.95의 범위를 보였으며 건조 온도에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 이는 “orange”에 해당된다. 한편 Chroma 값은 건조 온도 및 두께에 따라 감소하는 경향을 나타내었고 모든 값이 대조구에 비해 낮게 나타났다. Guiamba 등(2015) 및 Chen 등(2004)의 연구 결과에서 보이듯 망고 과육의 색은 all-trans- $\beta$ -carotene 등의 카로티노이드 계열 색소에 기반하는데, Demiray & Tulek(2017)은 포말건조의 조건에 따라  $\beta$ -carotene의 감소가 일어났으며 이러한 결과가 건조 분말의 색상에 영향을 줄 수 있을 것으로 보고하였다. 본 연구결과에서  $b^*$ 의 감소 및 Chroma 값의 변화 또한 이에 영향을 받은 것으로 예측된다.

#### 4. 수화 특성

포말건조 조건을 다르게 한 분말의 수화 특성은 Table 4와 같다. 수분흡수지수는 건조 온도 및 두께의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며 동결건조 시료에 비해서는 모든 포말건조 시료가 낮게 나타났다. 반면 수분용해지수는 건조

조건에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 용해도가 건조 조건보다는 첨가된 기포제의 영향을 크게 받기 때문으로 해석된다. 붉은 수수 추출물(Susanti 등 2021)에서도 유사한 결과를 보인 바 있다. 건조 완료 시점의 수분함량은 2.53~3.83%의 범위를 보였고 발포체의 두께에 따라서 소폭 증가하는 경향을 보였으나, 건조 온도에 따라서는 감소하는 경향을 보였다. 이는 건조 온도 증가에 따른 수분 평형의 변화에 의한 것으로 보여지며 라임 주스(Dehghannya 등 2019), 화이트 치즈(Izadi 등 2020)의 결과와 유사하였다. 흡습성은 높은 습도 환경에서 분말이 수분을 얼마나 흡수하는지를 의미하는 지표로 분말의 다공성 및 무정형 구조와 관련이 있다(Ng & Sulaiman 2018). 흡습성은 14.09~21.03%의 범위를 보였으며 모든 포말건조 시료에서 동결건조 분말에 비해 낮게 나타났다. 건조 온도가 증가할수록 흡습성이 증가하는 경향을 보였으며 6 mm, 9 mm 두께에 비해 3 mm 두께일 경우 흡습성이 매우 낮게 나타났다. Schuck 등(2012)에 의하면 흡습성이 15.1~20.0%의 범위에서는 매우 흡습성이 높은 것으로 평가되는데, 포말건조 시 혼합되는 기포제 및 안

**Table 4. Hydration properties of foam-mat dried mango powder**

Sample <sup>1)</sup>	Water absorption index	Water solubility index	Moisture content (%)	Hygroscopicity (%)
F	4.54±0.08 <sup>a</sup>	0.87±0.01 <sup>a</sup>	3.17±0.16 <sup>b</sup>	24.56±0.74 <sup>a</sup>
A50	3.08±0.11 <sup>f</sup>	0.71±0.01 <sup>cd</sup>	3.50±0.10 <sup>b</sup>	14.09±0.88 <sup>e</sup>
A60	3.87±0.09 <sup>cd</sup>	0.69±0.02 <sup>de</sup>	2.56±0.04 <sup>d</sup>	18.38±0.75 <sup>e</sup>
A70	4.00±0.11 <sup>bc</sup>	0.68±0.01 <sup>e</sup>	2.53±0.12 <sup>d</sup>	16.74±0.98 <sup>d</sup>
B50	3.82±0.10 <sup>cd</sup>	0.74±0.01 <sup>b</sup>	3.71±0.21 <sup>ab</sup>	16.75±0.70 <sup>d</sup>
B60	3.66±0.11 <sup>de</sup>	0.71±0.00 <sup>bcd</sup>	2.62±0.10 <sup>d</sup>	16.31±0.89 <sup>d</sup>
B70	4.24±0.14 <sup>b</sup>	0.70±0.01 <sup>cde</sup>	3.11±0.15 <sup>c</sup>	21.03±0.75 <sup>b</sup>
C50	3.53±0.30 <sup>e</sup>	0.72±0.02 <sup>bc</sup>	3.83±0.27 <sup>a</sup>	14.18±0.86 <sup>e</sup>
C60	3.77±0.06 <sup>cde</sup>	0.70±0.01 <sup>cde</sup>	3.61±0.12 <sup>ab</sup>	17.00±1.08 <sup>cd</sup>
C70	4.01±0.09 <sup>bc</sup>	0.68±0.02 <sup>e</sup>	2.73±0.05 <sup>d</sup>	20.81±0.90 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Samples defined in Table 1.

<sup>2)</sup> <sup>a-f</sup>Values with the same superscripts within a column are not significantly different.

정제의 영향으로 많은 포말건조 분말에서 비슷한 범위의 흡습성을 보인다(Hossain 등 2021; Li 등 2021).

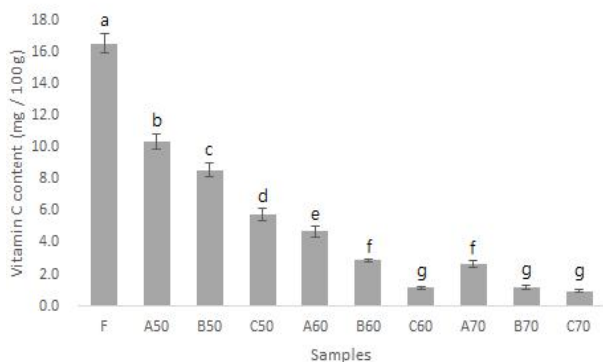
## 5. Vitamin C

식품원료의 가공에서 비타민 C의 변화는 영양학적 변화의 기본적인 파라미터로 작용한다(Hernández 등 2006). 포말건조에 따른 비타민 C 분석 결과는 Fig. 3과 같다. Liu 등 (2013)이 보고한 망고의 비타민C 함량(23.80 mg/100 g)과 비교하여 본 연구에서 원료로 사용된 망고의 비타민C의 함량은 21.39 mg/100 g으로 유사한 반면, 동결건조 분말 및 포말건조 분말의 비타민C 함량은 전체적으로 망고 퓨레의 비타민 C 함량에 비해 낮게 나타났는데, 낮은 비타민 C 함량은 기포제 첨가에 의한 건조 중량 상승 및 퓨레의 장기간 냉동 보관에 의한 것으로 보여진다(Zhang 등 2018). 한편 동결건조 분말과 비교하여 발포제 두께에 관계없이 60°C 이상

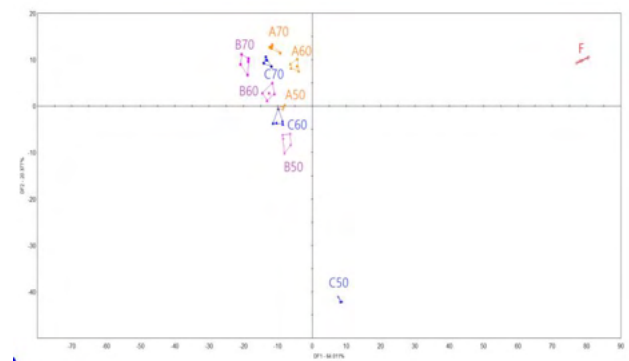
에서 포말건조하였을 때는 매우 많은 비타민 C의 손실을 보였다. 포말건조에 따른 비타민 C의 감소는 여러 선행 연구(Kandasamy 등 2014; Kumar 등 2022)에서 보이는 현상이며, 포말건조 분말의 비타민C 손실을 줄이기 위해서는 60°C 이하에서의 건조가 바람직한 것으로 판단된다.

## 6. 전자코 분석

향기성분에 대한 판별 분석(Discriminant function analysis) 결과는 Fig. 4와 같다. 분석결과 시료군은 DF1 64.01%, DF2 20.38%의 두 차원으로 구별이 되었다. DF1 기준으로 동결건조 시료(F) 및 포말건조 시료가 확연하게 분리되었다. 이는 포말건조 시 열풍에 의해 망고의 주요 향기성분인 delta-3-calene 등의 휘발성 물질이 쉽게 휘발되었기 때문으로 추측된다(Lebrun 등 2008). DF2 기준으로는 포말건조 시료 중에서 건조 온도가 높아질수록 양의 방향으로 분포되었으며,



**Fig. 3. Vitamin C content of foam-mat dried mango powder.** Samples defined in Table 1.



**Fig. 4. Discriminant function analysis of foam-mat dried mango powder.** Samples defined in Table 1.

이는 열풍 온도에 따른 향기성분 변화와 관련이 있는 것으로 보여진다. 포말건조 시료 중에서는 DF1 기준으로 C50이 발포체 두께가 증가할수록 동결건조 시료에 더 가까워졌으며 이는 발포체 무게 대비 직접적으로 열풍에 닿는 면적이 작아지기 때문에 향기성분이 상대적으로 덜 휘발되는 것으로 추측된다.

## 요약 및 결론

본 연구는 국내산 망고의 가공 활용성을 증대시키기 위한 방법의 일환으로, 건조 온도(50, 60, 70℃) 및 발포체 두께(3, 6, 9 mm)를 다르게 하여 포말건조 분말을 제조하고, 건조 조건이 분말의 품질에 주는 영향을 분석하였다. 발포체의 건조 완료시간은 건조 조건에 따라 60~390분까지의 범위를 보였으며 건조 온도가 높고 두께가 작을수록 건조가 빠르게 완료되었다. 분말의 색도를 나타내는 L\*, a\*, b\*값은 건조 온도 및 발포체 두께에 따라 감소하는 경향을 보였고 채도를 나타내는 chroma 값에서 큰 차이를 보였다. 수분흡수지수는 건조 조건에 따라 3.08~4.24의 범위에서 유의적인 차이를 보였으나 수분용해지수는 포말건조 시료간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분말의 수분함량은 2.53~3.83%의 범위를 보였고 흡습성은 건조 온도 및 발포체 두께에 따라 증가하였다. 비타민C는 열풍건조 과정 중 구조가 파괴되어 60℃ 이상의 건조 온도에서 특히 많은 손실을 보였다. 포말건조 분말의 전자코 분석 결과 동결건조 분말과는 확연히 구분되었으나 발포체 두께가 증가할수록 동결건조 분말의 향에 더 유사해지는 경향을 보였다. 본 연구를 통해 망고의 포말건조 방법에 대한 기초적인 자료를 제공하며 국내산 망고의 가공 및 저장 기술 개선에 기여할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관과유과제 연구사업(과제번호: PJ01593002)의 연구비 지원으로 수행된 과제로 이에 감사드립니다.

## References

- AACC. 2009. AACC International Approved Methods of Analysis. 11<sup>th</sup> ed. AACC International
- Alkther S, Sultana A, Badsha MR, Rahman MM, Alim MA, Amin AM. 2020. Physicochemical properties of mango (Amropali cultivar) powder and its reconstituted product as affected by drying methods. *Int J Food Prop* 23: 2201-2216
- Azizpour M, Mohebbi M, Khodaparast MHH, Varidi M. 2014. Optimization of foaming parameters and investigating the effects of drying temperature on the foam-mat drying of shrimp (*Penaeus indicus*). *Dry Technol* 32: 374-384
- Basu S, Shivhare US. 2010. Rheological, textural, microstructural and sensory properties of mango jam. *J Food Eng* 100:357-365
- Bhusari SN, Muzaffar K, Kumar P. 2014. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technol* 266: 354-364
- Brar AS, Kaur P, Kaur G, Subramanian J, Kumar D, Singh A. 2020. Optimization of process parameters for foam-mat drying of peaches. *Int J Fruit Sci* 20: S1495-S1518
- Caparino OA, Tang J, Nindo CI, Sablani SS, Powers JR, Fellman JK. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *J Food Eng* 111: 135-148
- Chen JP, Tai CY, Chen BH. 2004. Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). *J Chromatogr A* 1054:261-268
- Delfiya DSA, Prashob K, Murali S, Alfiya PV, Samuel MP, Pandiselvam R. 2022. Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. *J Food Process Eng* 45:e13810
- Demiray E, Tulek Y. 2017. Degradation kinetics of  $\beta$ -carotene in carrot slices during convective drying. *Int J Food Prop* 20:151-156
- Dehghannya J, Pourahmad M, Ghanbarzadeh B, Ghaffari H. 2019. Heat and mass transfer enhancement during foam-mat drying process of lime juice: Impact of convective hot air temperature. *Int J Therm Sci* 135: 30-43
- Franco TS, Perussello CA, Ellendersen LDSN, Masson ML. 2015. Foam mat drying of yacon juice: Experimental analysis and computer simulation. *J Food Eng* 158: 48-57
- Guiamba IRF, Svanberg U, Ahrné L. 2015. Effect of infrared blanching on enzyme activity and retention of  $\beta$ -carotene and vitamin C in dried mango. *J Food Sci*

- 80:E1235-E1242
- Hardy Z, Jideani VA. 2017. Foam-mat drying technology: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57:2560-2572
- Hernández Y, Lobo MG, González M. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chem* 96:654-664
- Hossain MA, Mitra S, Belal M, Zzaman W. 2021. Effect of foaming agent concentration and drying temperature on biochemical properties of foam mat dried tomato powder. *Food Res* 5:291-297
- Izadi Z, Mohebbi M, Shahidi F, Varidi M, Salahi MR. 2020. Cheese powder production and characterization: A foam-mat drying approach. *Food Bioprod Process* 123:225-237
- Kamali R, Dadashi S, Dehghannya J, Ghaffari H. 2022. Numerical simulation and experimental investigation of foam-mat drying for producing banana powder as influenced by foam thickness. *Appl Food Res* 2:100075
- Kandasamy P, Varadharaju N, Kalemullah S, Maladhi D. 2014. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *J Food Sci Technol* 51:2526-2534
- Kim JY, Yang HS, Kang HJ, Choe J, Hwang IG. 2023. Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory potential in whole, flesh, and peels of *Codonopsis lanceolata* roots. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 52:26-39
- Kumar A, Kandasamy P, Chakraborty I, Hangshing L. 2022. Analysis of energy consumption, heat and mass transfer, drying kinetics and effective moisture diffusivity during foam-mat drying of mango in a convective hot-air dryer. *Biosyst Eng* 219:85-102
- Lebrun M, Plotto A, Goodner K, Ducamp MN, Baldwin E. 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biol Technol* 48:122-131
- Lee SJ, Kim SH, Gwon HM, Kim SY, Yeo SH. 2021. Comparison of flavors of farm-made 'Kujippong' (*Cudrania tricuspidata*) fermented vinegar using electronic nose and electronic tongue. *Korean J Food Preserv* 28: 820-827
- Li TS, Sulaiman R, Rukayadi Y, Ramli S. 2021. Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. *Food Hydrocoll* 116:106492
- Liu FX, Fu SF, Bi XF, Chen F, Liao XJ, Hu XS, Wu JH. 2013. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food Chem* 138:396-405
- Maldonado-Celis ME, Yahia EM, Bedoya R, Landázuri P, Loango N, Aguillón J, Restrepo B, Guerrero Ospina JC. 2019. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds. *Front Plant Sci* 10:1073
- Mei S, Ma H, Chen X. 2021. Anticancer and anti-inflammatory properties of mangiferin: A review of its molecular mechanisms. *Food Chem Toxicol* 149: 111997
- Mugodo K, Workneh TS. 2021. The kinetics of thin-layer drying and modelling for mango slices and the influence of differing hot-air drying methods on quality. *Heliyon* 7:e07182
- Ng ML, Sulaiman R. 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. *LWT* 88:80-86
- Oh HB, Shim HJ, Baek C, Jang HW, Hwang Y, Cho YS. 2022. Application of response surface methodology for optimization of applemango jelly processing. *Korean J Food Nutr* 35:473-480
- Qadri OS, Srivastava AK, Yousuf B. 2020. Trends in foam mat drying of foods: Special emphasis on hybrid foam mat drying technology. *Crit Rev Food Sci Nutr* 60: 1667-1676
- Salahi MR, Mohebbi M, Taghizadeh M. 2015. Foam-mat drying of cantaloupe (*Cucumis melo*): Optimization of foaming parameters and investigating drying characteristics. *J Food Process Preserv* 39:1798-1808
- Sangamithra A, Venkatachalam S, John SG, Kuppuswamy K. 2015. Foam mat drying of food materials: A review. *J Food Process Preserv* 39:3165-3174
- Schuck P, Jeantet R, Dolivet A. 2012. Analytical Methods for Food and Dairy Powders. pp.167-190. Wiley-Blackwell
- Sehrawat R, Nema PK, Kaur BP. 2018. Quality evaluation and drying characteristics of mango cubes dried using low-pressure superheated steam, vacuum and hot air drying methods. *LWT* 92:548-555
- Susanti DY, Sediawan WB, Fahrurrozi M, Hidayat M. 2021. Foam-mat drying in the encapsulation of red sorghum extract: Effects of xanthan gum addition on foam

- properties and drying kinetics. *J Saudi Soc Agric Sci* 20:270-279
- Tefera A, Seyoum T, Woldetsadik K. 2007. Effect of disinfection, packaging, and storage environment on the shelf life of mango. *Biosyst Eng* 96:201-212
- Varhan E, Elmas F, Koç M. 2019. Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physico-chemical properties of fig powder. *J Food Process Eng* 42:e13022
- Watanawan C, Wasusri T, Srilaong V, Wongs-Aree C, Kanlayanarat S. 2014. Near infrared spectroscopic evaluation of fruit maturity and quality of export Thai mango (*Mangifera indica* L. var. Namdokmai). *Int Food Res J* 21:1109-1114
- Zhang Y, Zhao JH, Ding Y, Xiao HW, Sablani SS, Nie Y, Wu SJ, Tang XM. 2018. Changes in the vitamin C content of mango with water state and ice crystals under state/phase transitions during frozen storage. *J Food Eng* 222:49-53
- Zhu J, Liu Y, Zhu C, Wei M. 2022. Effects of different drying methods on the physical properties and sensory characteristics of apple chip snacks. *LWT* 154:112829
- Zongo PA, Khalloufi S, Mikhaylin S, Ratti C. 2022. Pulsed electric field and freeze-thawing pretreatments for sugar uptake modulation during osmotic dehydration of mango. *Foods* 11:2551

---

Received 27 October, 2023  
Revised 27 November, 2023  
Accepted 04 December, 2023

## 쌀(백미, 현미) 시료로부터 고해상도 질량 분석 기반의 페놀산 유도체 동정 및 정량 평가

라혜민 · 권령하 · 김주형 · 김소아 · 조수목\* · †김현웅\*\*  
국립농업과학원 농식품자원부 연구원, \*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구관,  
\*\*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구사

### Identification and Quantification of Phenolic Acid Derivatives from Three Korean White and Brown Rice Samples Based on High-Resolution Mass Spectrometry

Hyemin Na, Ryeong Ha Kwon, Ju Hyung Kim, So Ah Kim, Soo-Muk Cho\* and †Heon-Woong Kim\*\*

Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*Senior Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Associate Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

#### Abstract

Reported positive ion fragmentation of phenolic acid derivatives in rice (*Oryza sativa* L.) were summarized based on the literature. A total of eight phenolic acids (4 derivatives of ferulic acid, 3 derivatives of sinapic acid and *p*-coumaric acid) were isolated and identified from rice (raw and steamed) using UPLC-DAD-QToF/MS. Results revealed that 6-*O*-feruloylsucose was the major component with 3'-*O*-sinapoylsucose being tentatively identified in *Oryza sativa* L. for the first time as a new hydroxycinnamoyl derivative in rice grains. In our study, raw brown rice had the highest phenolic acid contents with Samkwang showing higher phenolic acid content than Saemli and Sindongjin (12.41 vs. 7.89 and 3.10 mg/100 g dry weight, respectively). Of all varieties, brown rice had higher phenolic acid contents than white rice. These contents decreased considerably when rice was steamed whereas, *p*-coumaric acid and ferulic acid contents were increased. Additionally, contents of rice (raw and steamed) can be used as a fundamental report for new rice varieties.

Key words: white rice, brown rice, phenolic acid, UPLC-DAD-QToF/MS

#### 서론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 전세계적으로 소비되는 주요 곡물 중 하나로서 도정 여부에 따라 크게 백미 및 현미로 분류된다. 백미는 비타민, 아미노산, 미네랄, 섬유질 등의 영양성분을 포함하여 기초 영양 대사에 도움을 줄 수 있다(Liu 등 2019). 반면에, 현미는 낮은 감각적 품질로 인해 거의 소비되지 않았으나, 백미의 영양성분 이외에도 페놀산, 플라보노이드 및 감마오리자놀 등의 기능 성분을 함유하고 있어 전곡의 섭취는 암, 당뇨, 심혈관질환과 같은 성인병의 예방에

도움을 줄 수 있다(Xu 등 2001; Anderson JW 2003; Panlasigui & Thompson 2006; Kim 등 2020). 특히, 페놀산은 대부분 식품에 포함된 2차 대사 산물로서 건강 증진에 대한 관심이 증가함에 따라 페놀산은 식품 섭취에서 필요한 성분으로 인식되고 있다.

쌀 페놀산의 기존 연구에 따르면, 국외에서는 인도, 브라질 및 일본의 품종별 및 도정 처리별 쌀 페놀산의 조성 및 함량 평가 연구가 수행되었으며, vanillic acid, ferulic acid, sinapic acid, *p*-coumaric acid 등의 성분이 보고되었다. 특히, *p*-coumaric acid 및 ferulic acid은 주요 화합물로 확인되

† Corresponding author: Heon-Woong Kim, Associate Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3570, Fax: +82-63-238-3842, E-mail: ksharrier@korea.kr

었으며, 이들 성분을 포함한 백미 및 현미의 총 페놀산 함량 (mg/100 g, 건조중)은 각각 0.13~51.20 mg과 2.6~65.9 mg 범주를 나타냈다(Tian 등 2005; de Mira 등 2009; Setyaningsih 등 2016a). 추가적으로 이들 성분의 배당체가 확인되었으며 특히, 한 개 이상의 ferulic acid 및 sinapic acid가 sucrose에 결합된 성분이 보고되었다. 하지만 기존의 쌀 페놀산 함량 평가 연구는 주로 비색법을 사용한 총 페놀화합물 함량 및 *p*-coumaric acid 및 ferulic acid 등의 주요 성분 함량만이 보고되었으며(Huang & Ng 2012; Setyaningsih 등 2016b), sinapoyl-sucrose 및 feruloyl-sucrose의 자세한 정성 및 정량 정보는 확인되지 않았다.

일반적으로 쌀은 열처리를 거친 밥, 떡, 가공 쌀 제품 형태로 소비된다. 밥은 주된 쌀의 소비 형태로, 쌀을 찌는 과정에서 페놀화합물의 함량은 생것 대비 몇 배 감소하였으며(Chmiel 등 2018; Liu 등 2020), 열처리 방법에 따라 차이가 있으나, 전반적인 곡류 페놀화합물 함량의 감소가 확인되었다(Ragaee 등 2014). 하지만 기존의 곡류 연구는 총 페놀화합물 함량 정보에 국한되어 있으며, 다양한 품종의 백미와 현미의 개별 페놀산 조성 및 함량에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구는 국립농업과학원에서 2018년에 발간한 RDA 기능성분 DB 2.0 페놀산편과 국내외 연구 문헌을 참고하여 쌀에 함유된 페놀산의 정보를 수집하였으며(Kim 등 2018), 이를 기반으로 UPLC-DAD-QToF/MS 분석의 구조 동정을 거쳐, 국내 쌀 품종 3종에 대한 백미와 현미의 개별 페놀산 조성 및 함량을 평가하여 비교하였으며, 국내 품종 소비를 촉진하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용된 쌀은 세 품종으로 삼광, 새일미, 신동진 품종의 백미와 현미로 국내에서 재배된 쌀 생것 및 밥을 동결건조 후 분말화 하여 test sieve(mesh 600  $\mu$ m, Chunggye sieve, Gunpo, Korea) 처리하여 분석시료로 사용하였다. 사용한 쌀 중 신동진 백미 및 현미는 유가농협(Daegu, Korea), 새일미 백미 및 현미는 각각 의령농협(Uiryong, Korea) 및 화천프레시(Hwacheon, Korea), 오대 백미 및 현미는 (주)이푸른(Namyangju, Korea) 및 철원미곡(Cheorwong, Korea)에서 2021년 수확한 제품을 구매하였다. 밥 처리조건은 국가표준 식품성분표 및 Ren 등(2016)을 참고하여 3번 세수 후 30분 침지하여 1 kg의 쌀에 1,500 mL의 증류수를 넣은 후 40분간 밥솥(CR-1713R, CUCKOO, Siheung, Korea)을 사용하여 조리하였다. 개별 페놀화합물 유도체 확인을 위한 ferulic acid

및 *p*-coumaric acid는 Extrasynthese(Cenay cedex, France)에서 구매하였으며 내부표준정량법을 위해 사용된 2,4,5-trimethoxycinnamic acid(페놀산 내부표준품)은 Sigma-Aldrich Co. 제품을 사용하였다. 추출 및 이동상 용매로 사용된 acetonitrile, methanol, water는 Fisher Scientific에서, formic acid는 Junsei Chemical Co.로부터 구입하였다.

### 2. 페놀산 추출

페놀산 추출은 Kim 등(2019)의 방법을 참고하였으며, 쌀 생것 및 밥의 건조분말 시료 1 g을 페놀산용(methanol:water:formic acid=80:15:5, v/v/v) 혼합용매 10 mL과 함께 50 mL 용량 conical tube에 넣고 상온에서 30분 동안 진탕 추출하였다. 추출액을 원심분리(2,898 $\times$ g, 10 $^{\circ}$ C, 15 min)한 후 0.2  $\mu$ m syringe filter(Whatman International, Maidstone, Kent, UK)로 여과하였으며 시료 내 불순물을 제거하고 페놀화합물을 효율적으로 분리하기 위해 HyperSep C18(Thermo Scientific, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다(Lee 등 2018a). 해당 SPE 칼럼에 methanol 3 mL, water 6 mL 순으로 흘려주어 활성화 시킨 뒤 상기 여과액 0.5 mL과 water 6.5 mL을 섞어 loading 하였다. 내부표준물질 용액(2,4,5-trimethoxycinnamic acid, 25 ppm) 0.5 mL와 water 6.5 mL을 섞은 후 loading 하였으며 water 6 mL을 흘려 세척 하였다. 그 후 1% formic acid in methanol 5 mL을 흘려 흡착된 페놀산 성분을 최대한 용출하였으며, 용출액을 질소가스로 완전히 농축하였다. 농축액을 0.25 mL의 해당 추출 용매로 재용해하여 0.2  $\mu$ m syringe filter로 여과하여 UPLC-DAD-QToF/MS로 분석하였다.

### 3. UPLC-DAD-QToF/MS 분석

쌀로부터 개별 페놀산을 동정 및 정량하기 위해 CORTECS UPLC T3(2.1 $\times$ 150 mm I.D., 1.6  $\mu$ m; Waters, Wexford, Ireland) 칼럼 및 CORTECS UPLC T3 VanGuard<sup>TM</sup>(2.1 $\times$ 50 mm I.D., 1.6  $\mu$ m; Waters) 보호 칼럼과 더불어 액체크로마토그래피(ExionLCTM AD, AB SCIEX)와 연결된 Q-ToF 질량분석기(X500R QTOF, AB SCIEX, Framingham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다(Lee 등 2018a; Kim 등 2019). 검출 파장은 210~600 nm(대표파장: 페놀산 320 nm)에서 수행되었으며, 컬럼 오븐온도는 30 $^{\circ}$ C, 유속은 0.35 mL/min 이었다. 이동상으로는 페놀산 분석을 위해 용매 A(water:formic acid=99.5:0.5, v/v)와 용매 B(acetonitrile:formic acid=99.5:0.5, v/v)를 사용하였다. 용매 구배조건에 있어 B를 5%로 시작하여 5분까지 7%, 10분까지 10%, 18분까지 15%, 32분까지 20%, 40분까지 75%로 증가시켰고 2분 동안 유지하였다. 이어서 45분까지 50%로 급격하게 증가시키고 2분

동안 유지한 후 60분까지 다시 2%로 감소시키고 5분 동안 안정화하였다(총 60분). 특히 페놀산 개별 성분의 함량은 내부표준물질(2,4,5-trimethoxycinnamic acid, 50 ppm)의 면적과 각 성분의 면적을 1:1로 비교한 상대적 값을 적용시켰으며, 이는 mg/100 g, 건조중으로 표기하였다. 또한 질량분석기를 이용한 페놀화합물 질량패턴분석은 positive ion mode로 진행하였다. 질량분석조건으로, spray voltage은 5,500 V, declustering potential은 80 V, collision energy는 15 V로 각각 설정하였다. Ion source gas 및 desolvation 온도는 50°C 및 500°C로 설정하였으며, 질량 스캔 범위는 페놀산은  $m/z$  100~1,000으로 설정하였다. 페놀화합물 개별 성분은 관련 문헌과 이전의 기능성분 data base을 참고하여, 각 성분의 질량단편이온 패턴 분석결과와 비교하여 구조 동정되었다.

#### 4. 통계 처리

실험은 3회 반복하여 실시하였으며, 시료 간의 평균과 표준편차를 산출하고 처리 간의 유의적인 차이를 검증하기 위하여 One-way ANOVA로 분석하였다. Duncan's multiple range test로 유의수준 5%에서 시료 간의 차이를 분석하였고

( $p=0.05$ ), 통계분석은 SPSS통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 27.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 국내 재배된 현미 및 백미의 페놀산 유도체 분리 및 동정

국내에서 재배된 백미 및 현미의 3품종(신동진, 삼광, 새일미)의 시료로부터 UPLC-DAD-QToF/MS를 이용한 고해상도 질량 분석 결과와 페놀산 data base 및 이전의 문헌에서 제시된 쌀의 페놀산 질량 이온 및 UV 스펙트럼, 분자량 및 용출 시간 등을 비교하여 총 hydroxycinnamic acid 계열 8종(ferulic acid 유도체 4종, sinapic acid 유도체 3종, *p*-coumaric acid)의 페놀산 성분을 구조 동정하였다(Table 1, Fig. 1). 양이온 모드로 분석 시, 모분자 확인에 도움이 되는 첨가 이온  $H^+$ (1 Da),  $Na^+$ (23 Da) 및  $K^+$ (39 Da)가 확인되었으며 그 중  $Na^+$ 가 크게 관찰되었다(Lee 등 2018b). 아글리콘에 해당하는 ferulic acid 및 sinapic acid는 각각  $177[Fe+H-H_2O]^+$ ,

**Table 1. Characterization of eight phenolic acids from Korean rice samples (white and brown) using UPLC-DAD-QToF/MS**

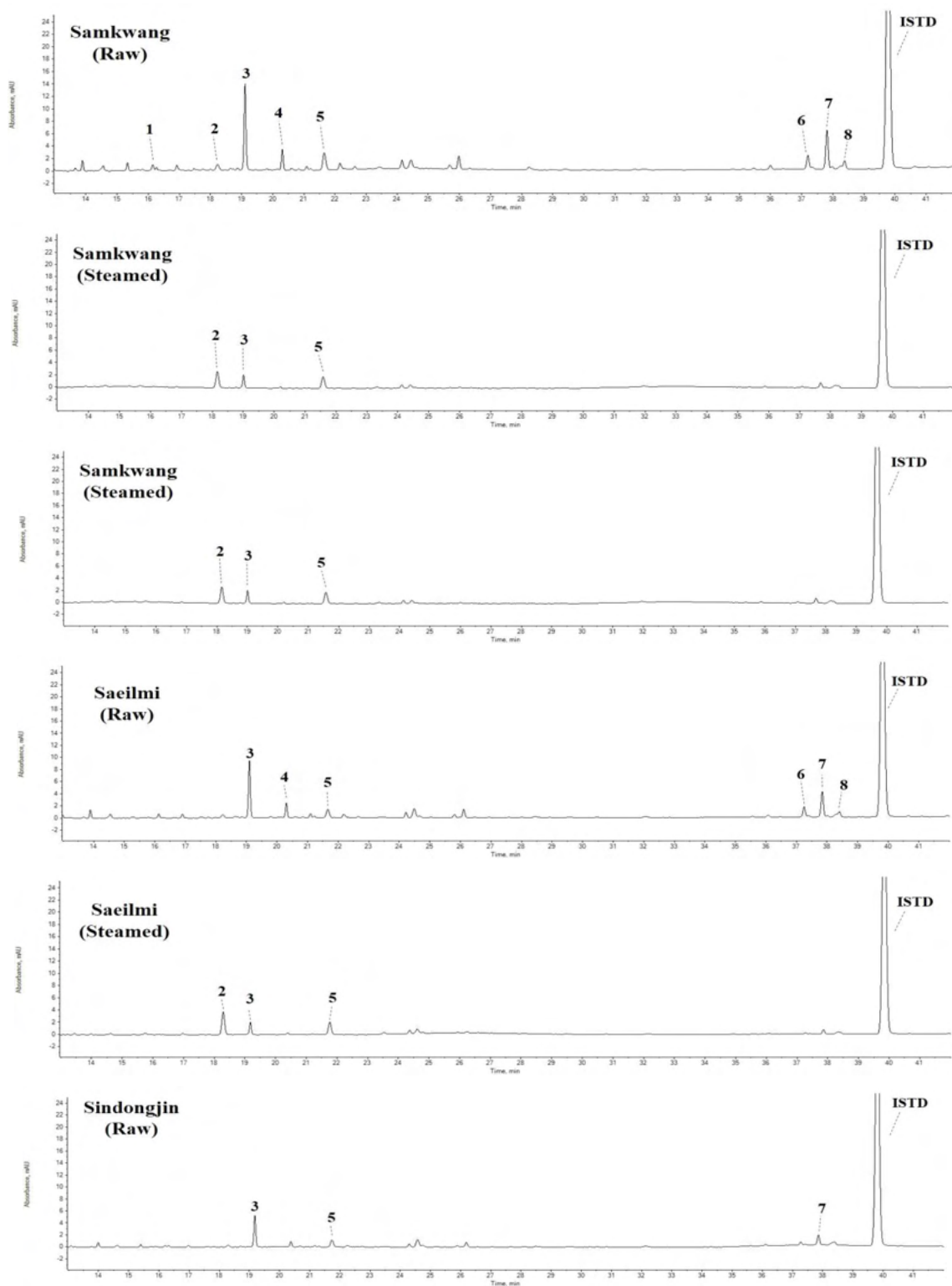
Peak No.	Individual phenolic acids	RT (min)	Molecular formula	ESI(+)-QToF/MS (experimental ions, $m/z$ )			
				$[M+H]^+$	Error (ppm)	$[M+Na]^+$	Fragmentation of $[M+H]^+$
1 <sup>1)</sup>	3'-O-Sinapoylsucrose	16.19	$C_{23}H_{32}O_{15}$	549	0.2	571	$369[M+H-Fruc-H_2O]^+$ , $207[Sin+H-H_2O]^+$ , $175[Sin+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $147[Sin+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$
2	<i>p</i> -Coumaric acid	18.21	$C_8H_8O_3$	165	-0.1	187	$147[M+H-H_2O]^+$ , $119[M+H-H_2O-CO]^+$
3	6-O-Feruloylsucrose	19.16	$C_{22}H_{30}O_{14}$	519	0.7	541	$357[M+H-Fruc]^+$ , $339[M+H-Fruc-H_2O]^+$ , $195[Fruc+H]^+$ , $177[Fruc+H-H_2O]^+$ , $145[Fe+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $117[Fe+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$
4	6-O-Sinapoylsucrose	20.36	$C_{23}H_{32}O_{15}$	549	-1.5	571	$387[M+H-Fruc]^+$ , $369[M+H-Fruc-H_2O]^+$ , $207[Sin+H-H_2O]^+$ , $175[Sin+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $147[Sin+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$
5 <sup>2)</sup>	Ferulic acid	21.72	$C_{10}H_{10}O_4$	195	0.1	217	$177[Fruc+H-H_2O]^+$ , $145[Fe+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $117[Fe+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$
6	3',6-Di-O-Sinapoylsucrose	37.25	$C_{34}H_{42}O_{19}$	755	1.6	777	$387[M+H-Sin-Fruc$ or $Glu]^+$ , $387[M+H-Sin-Fruc$ or $Glu-H_2O]^+$ , $207[Sin+H-H_2O]^+$ , $175[Sin+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $147[Sin+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$
7	3'-O-Sinapoyl-6-O-Feruloylsucrose	37.86	$C_{33}H_{40}O_{18}$	725	0.5	747	$369[M+H-Fer-Fruc]^+$ , $207[Sin+H-H_2O]^+$ , $177[Fruc+H-H_2O]^+$ , $175[Sin+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $145[Fe+H-H_2O-CH_3OH]^+$
8	3',6-Di-O-Feruloylsucrose	38.43	$C_{32}H_{38}O_{17}$	695	1.9	717	$357[M+H-Fruc]^+$ , $339[M+H-Fruc-H_2O]^+$ , $195[Fruc+H]^+$ , $177[Fruc+H-H_2O]^+$ , $145[Fe+H-H_2O-CH_3OH]^+$ , $117[Fe+H-H_2O-CH_3OH-CO]^+$

All samples analyzed in positive ESI-ionization mode ( $m/z$ ,  $[M+H]^+$ ) using UPLC-DAD-QToF/MS;  $[M+Na]^+$  and  $[M+K]^+$  adducts presented. Each peak determined by comparing elution order, UV spectra, and mass fragmentation.

<sup>1)</sup> New compound tentatively identified in rice samples.

<sup>2)</sup> Further confirmed in comparison with authentic standards.





**Fig. 1.** UPLC chromatogram of 8 hydroxycinnamoyl derivatives (wavelength at 320 nm) from brown rices. 1: 3'-*O*-Sinapoylsucrose, 2: *p*-Coumaric acid, 3: 6-*O*-Feruloylsucrose, 4: 6-*O*-Sinapoylsucrose, 5: Ferulic acid, 6: 3',6-Di-*O*-sinapoylsucrose, 7: 3'-*O*-Sinapoyl-6-*O*-feruloylsucrose, 8: 3',6-Di-*O*-Feruloylsucrose, ISTD (internal standard): 2,4,5-Trimethoxycinnamic acid 50 ppm.

$145[\text{Fer}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_3\text{OH}]^+$ ,  $117[\text{Fer}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_3\text{OH}-\text{CO}]^+$  및  $207[\text{Sin}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}]^+$ ,  $175[\text{Sin}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_3\text{OH}]^+$ ,  $147[\text{Sin}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_3\text{OH}-\text{CO}]^+$ 의 특징적인 양이온 질량 패턴을 나타냈다. 또한, Verardo 등(2016) 및 Nakano 등(2019)의 연구에서도 쌀겨와 현미의 주요 페놀산인 6-*O*-feruloylsucose 및 6-*O*-sinapoylsucose와 이 성분들의 유도체인 3',6-di-*O*-feruloylsucose, 3',6-di-*O*-sinapoylsucose 및 3'-*O*-sinapoyl-6-*O*-feruloylsucose 등의 mono- and di-hydroxycinnamoyl glycoside가 보고되었다.

Mono-hydroxycinnamoylsucose 유도체(peak 1, 3 및 4)는 앞서 언급한 ferulic acid와 sinapic acid에 sucrose가 결합된 단편 질량 이온 패턴이 검출되었으며 이전 논문의 MS 이온 패턴과 NMR을 비교하여 확인되었다. Peak 3은 쌀에서 분리된 주요 페놀산으로 모분자 이온  $m/z$  519[M+H]<sup>+</sup> 및 ferulic acid 유도체의 특징적인 이온이 확인되어 feruloyl glycoside로 추정되었다. 또한, fructose가 제거된  $357[\text{M}+\text{H}-\text{Fruc}]^+$  및  $\text{H}_2\text{O}(18 \text{ Da})$ 이 잘려 나간  $339[\text{M}+\text{H}-\text{Fruc}-\text{H}_2\text{O}]^+$ ,  $321[\text{M}+\text{H}-\text{Fruc}-2\text{H}_2\text{O}]^+$ 의 단편 질량 이온 패턴이 검출되었으며 Tian 등(2004)의 연구결과와 유사하게 ferulic acid(peak 5)보다 앞서 용출되었다. 따라서, glucose의 6-OH 위치에 ferulic acid가 결합한 6-*O*-feruloylsucose로 추정하였다. Peak 1 및 4는 모분자 이온  $m/z$  549[M+H]<sup>+</sup>이 확인된 이성질체로, peak 3과 유사한 단편 질량 이온 패턴이 검출되었으나 모분자 이온에서 30 Da 차이를 확인했다(Fig. 2). 이에 따라, ferulic acid의 5-OH 위치에 methoxyl group(30 Da)이 결합된 sinapic acid 및 특정 단편 이온이 확인되었다. Peak 3(19.16 min) > peak 4(20.36 min) > peak 5(21.72 min) 순으로 용출되었고, 이는 이전 연구에서 확인된 용출 순서와 유사하여 peak 4는 6-*O*-sinapoylsucose로 추정된다(Tian 등 2004). 반면에 Peak 1은 당의 결합 위치가 다른 peak 4의 이성질체로, 3',6-di-*O*-sinapoylsucose에서 유도될 수 있다. 또한, 양이온 질량 패턴에서 peak 1은 모분자 ( $549[\text{M}+\text{H}]^+$ )에서 glucose가 제거된  $m/z$  369[M+H - Glu -

$\text{H}_2\text{O}]^+$ 가 크게 검출되었으며 peak 4의 경우 아글리콘인 sinapic acid와 관련된 단편 이온이 크게 확인되었다(Fig. 2). 따라서 이전 문헌과 이온 패턴을 비교하였을 때 3'-*O*-sinapoylsucose(siniriose A6)로 추정되었으며 쌀에서 처음 확인된 신규 화합물로 중국 약재인 Renshen-Yangrongng pill과 *Polygala tenuifolia*의 뿌리에서 보고된바 있다(Xu 등 2018; Jiang 등 2023).

Di-hydroxycinnamoylsucose acid 유도체(peak 6-8)는 peak 1, 3 및 4에서 파생된 화합물로 각각  $m/z$  755[M+H]<sup>+</sup>, 725[M+H]<sup>+</sup> 및 695[M+H]<sup>+</sup>으로 모분자 이온이 확인되었다(Table 1). 각 성분의 단편 질량 이온 패턴을 확인하여 sucrose에 두 개의 ferulic acid 그리고/또는 sinapic acid가 결합된 성분으로 추정되었으며, 기존 연구의 용출시간 및 NMR과 비교하였다(Nakano 등 2019). 따라서, Peak 6-8은 3',6-di-*O*-sinapoylsucose, 3-*O*-sinapoyl-6-*O*-feruloylsucose, 3',6-di-*O*-feruloylsucose로 구조 동정되었다.

## 2. 국내 재배된 현미 및 백미의 페놀산 유도체 조성 및 함량 비교

국내산 쌀에서 분리된 페놀산은 주로 ferulic acid 및 sinapic acid 기반의 화합물로 확인되었고, 총 페놀산(mg/100 g, 건조중)의 경우 품종(삼광, 새일미 및 신동진)에 따라 생것 기준으로 현미 및 백미에서 각각 12.41, 7.89, 3.10 및 0, 0.48, 0.85의 함량을 나타냈다(Table 2). 시료 내 개별 유도체에 대한 정량을 위해 추출 전처리 시 안정적인 내부표준물질 2,4,5-trimethoxycinnamic acid를 이용하였으며, 함량 계산 시 relative response factor를 고려하지 않았다(Ju 등 2018).

페놀산 함량은 삼광(현미, 생것)에서 12.41 mg으로 가장 높았으며, 대부분의 백미에서는 거의 검출되지 않았다. 또한 품종 및 가공조건에 따른 유의적인 차이가 있었다(Table 2). 일본산 고시히카리 및 타까나리 품종에서 확인된 주요 성분

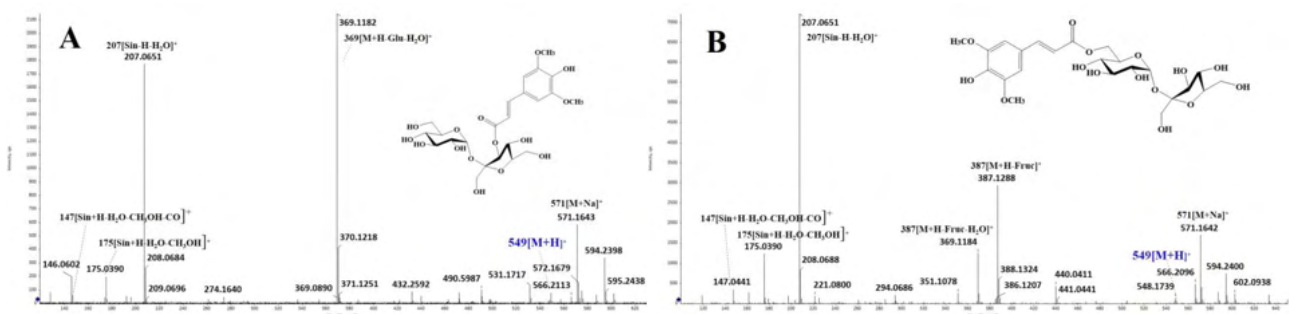


Fig. 2. Postive fragmentation of the 2 hydroxycinnamoyl derivatives identified from rice samples (white and brown). A. 3'-*O*-sinapoylsucose (new), B. 6-*O*-sinapoylsucose. Glu: glucose, Fruc: fructose, Sin: sinapic acid.

**Table 2. Contents of phenolic acids in Korean rice samples (white and brown) of three cultivars (mg/100 g, dry weight)**

Peak No.	Phenolic acids (mg/100 g dry weight)											
	Brown Rice						White Rice					
	Samkwang		Saecilmi		Sindongjin		Samkwang		Saecilmi		Sindongjin	
	Raw	Steamed	Raw	Steamed	Raw	Steamed	Raw	Steamed	Raw	Steamed	Raw	Steamed
1 <sup>1)</sup>	0.36±0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2	0.69±0.02 <sup>d</sup>	1.75±0.02 <sup>b</sup>	n.d.e	2.61±0.01 <sup>a</sup>	n.d.	1.18±0.06 <sup>c</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3 <sup>2)</sup>	5.00±0.10 <sup>a</sup>	0.74±0.02 <sup>d</sup>	3.47±0.20 <sup>b</sup>	0.76±0.01 <sup>d</sup>	1.83±0.07 <sup>c</sup>	0.72±0.01 <sup>d</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.61±0.06 <sup>c</sup>	n.d.
4	0.96±0.03 <sup>a</sup>	n.d.	0.77±0.08 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
5	1.63±0.04 <sup>a</sup>	1.08±0.02 <sup>b</sup>	0.82±0.03 <sup>c</sup>	1.13±0.01 <sup>b</sup>	0.63±0.03 <sup>d</sup>	0.96±0.01 <sup>bc</sup>	n.d.	n.d.	0.48±0.02 <sup>de</sup>	0.47±0.01 <sup>de</sup>	0.45±0.01 <sup>ef</sup>	n.d.
6	0.79±0.06 <sup>a</sup>	n.d.	0.65±0.06 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
7	2.37±0.12 <sup>a</sup>	n.d.	1.77±0.15 <sup>b</sup>	n.d.	0.64±0.03 <sup>c</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8	0.61±0.02 <sup>a</sup>	n.d.	0.41±0.02 <sup>b</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	12.41±0.41	3.57±0.05	7.89±0.54	4.50±0.03	3.10±0.13	2.86±0.09	0.00	0.00	0.48±0.02	0.47±0.01	1.07±0.06	0.00

Each value calculated as means±S.D. (n=3) using internal standard (2,4,5-trimethoxycinnamic acid).

<sup>1)</sup> New compound tentatively identified in rice samples.

<sup>2)</sup> Further confirmed in comparison with authentic standards.

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

<sup>a-d</sup>1: 3'-*O*-Sinapoylsucrose, 2: *p*-Coumaric acid, 3: 6-*O*-Feruloylsucrose, 4: 6-*O*-Sinapoylsucrose, 5: Ferulic acid, 6: 3',6-Di-*O*-Sinapoylsucrose, 7: 3'-*O*-Sinapoyl-6-*O*-feruloylsucrose, 8: 3',6-Di-*O*-Feruloylsucrose, n.d.: not detected.

6-*O*-feruloylsucrose 및 3'-*O*-sinapoyl-6-*O*-feruloylsucrose는 본 연구 결과와 유사하였으나, 3',6-di-*O*-feruloylsucrose 및 3',6-di-*O*-sinapoylsucrose와 같은 미량성분의 함량에 대해서는 보고되지 않았다(Nakano 등 2019). 또한 sucrose에 결합한 hydroxycinnamic acid의 수에 따라 mono- 타입(peaks 1, 3 및 4)이 di- 타입(peaks 6-8)보다 함량이 높게 나타났다.

본 연구에서 현미는 백미에 비해 약 10배 이상 함량이 높았으며 국내산 백미에서 분리된 페놀산은 0.13~0.15 mg/100 g(건조중)으로 보고되었다(Park 등 2012). 또한, *p*-coumaric acid 및 ferulic acid는 각각 현미(0~1.18 및 0), 백미(0.63~1.63 및 0~0.48)에서 Vichapong 등(2010)이 제시한 함량(mg/100g, 건조중)과 유사하였다(*p*-coumaric acid 및 ferulic acid, 백미: 각각 0.22 및 1.18; 현미: 각각 0.86 및 3.53). 반면, 타이완에서 재배된 쌀의 페놀산 함량(mg/100 g gallic acid equivalents, 건조중)은 백미 및 현미에서 각각 6~22 mg 및 24~45 mg(Huang & Ng 2012)이며, 중국산 백미에서는 34.31~51.20 mg/100 g(건조중)으로 본 연구 결과와 차이가 있다(Yu 등 2016). Alves 등(2016)에 의하면 페놀산 유도체는 대부분 쌀에 결합된 형태이며 추출 용매 및 과정에 의해 함량에 영향을 준다.

현미(생것)에서 ferulic acid 기반 화합물은 전체에서 70% 이상 차지하고 있으며 특히, 6-*O*-feruloylsucrose (peak 3) 및 3'-*O*-Sinapoyl-6-*O*-feruloylsucrose(peak 7)는 현미의 주요 페놀산으로 각각 40%, 20%의 비중으로 확인되었다. 쌀에서 확인된 미량성분인 3',6-di-*O*-sinapoylsucrose(peak 6) 및

3',6-di-*O*-feruloylsucrose(peak 8)는 개별 함량을 처음 제시하였다. 또한, 3'-*O*-sinapoylsucrose(peak 1)은 쌀에서 처음 구조 동정된 화합물로 삼광(현미, 생것)에서 0.36 mg 확인되었으며 다른 품종에서는 확인되지 않았다.

가공처리에 따른 쌀의 기능성분의 함량은 열처리가 10분 이상이 되면 초기의 페놀산 함량에 비해 절반으로 줄었으며 그 이후로 점점 감소한다고 보고된바 있다(Setyaningsih 등 2016b). 유사하게 삼광 및 새일미는 각각 12.41 mg에서 3.57 mg로, 7.89 mg에서 4.50 mg로 절반 이상 손실이 있었으나 신동진은 3.10 mg에서 2.86 mg로 큰 함량 변화를 나타내지 않았다. 특히 현미는 밥 짓는 과정 중 *p*-coumaric acid (peak 2)와 ferulic acid (peak 5)의 함량이 증가하였으며 그 외의 다른 유도체들은 함량이 급격히 감소하였다. 이는 현미에서 ferulic acid, *p*-coumaric acid 및 free glucose는 증가하였으나 총 페놀산 함량은 줄었다는 Zeng 등(2019)의 결과와 유사하였다. 이처럼 불용성 페놀산인 ferulic acid 및 *p*-coumaric acid가 가열 처리 동안 세포벽의 열파괴로 인해 축적되는 현상으로 판단된다(Lou 등 2014).

현미로 밥을 짓는 중 ferulic acid(peak 5)의 함량은 증가 또는 유지되었으나 sucrose가 결합된 주요 화합물인 6-*O*-feruloylsucrose(peak 3)의 함량은 급격히 감소했으며 미량성분인 3'-*O*-Sinapoyl-6-*O*-feruloylsucrose(peak 7) 및 3',6-di-*O*-feruloylsucrose(peak 8)는 검출되지 않았다. 이와 유사하게 sinapoyl-sucrose 유도체인 6-*O*-sinapoylsucrose(peak 4) 및 3',6-di-*O*-sinapoylsucrose(peak 6)도 검출되지 않았다. 이는

열처리 과정에서 sucrose가 제거되는 Woo 등(2009)의 결과와 일치하며 당이 제거되어 아글리콘의 함량이 증가한 것으로 판단된다. 백미의 경우 생것과 밥에서 페놀산이 거의 검출되지 않았으며 도정 과정에서 미강이 제거되어 페놀산이 손실되었다(Kim 등 2004).

쌀은 전 세계 인구의 절반이 주식으로 섭취하며 소비되는 칼로리의 1/5 이상을 제공하므로 소비 빈도 및 섭취량이 상당하다(Vlachos & Arvanitoryannis 2008). 따라서, 페놀산의 함량이 미량임에도 품종 및 가공처리에 따른 구체적인 함량 정보는 매우 중요하다. 페놀산은 오랫동안 항균, 항바이러스, 항염, 항암과 관련하여 사람들로 부터 많은 관심을 받아 왔으며 최근 기능성 검증의 범위가 확대되고 있다. 본 연구에서는 ferulic acid 및 sinapic acid 유도체가 주로 확인되었으며 배당체에 해당하는 feruloyl-sucrose 및 sinapoyl-sucrose 유도체를 포함하여 총 8개의 페놀산 화합물을 정성 및 정량하였다. 그 중 6-O-feruloylsucrose는 전체 함량의 약 40%를 차지하는 주요 성분으로 기존 연구 결과와 유사하게 쌀을 대표하는 주요 페놀산으로서 보고되었다(Tian 등 2004). 백미는 현미에서 도정 중 미강이 제거됨에 따라 페놀산이 손실되었다. 백미에서 제거된 미강은 페놀산 고함유 소재로 화장품 및 사료로 활용될 수 있다. 추후 쌀에서 분리된 페놀산 유도체를 중심으로 수확시기, 재배 방법, 저장·유통 및 가공 조건에 따른 변화 연구가 추가적으로 필요하며, 국내 육성종이거나 보급되고 있는 쌀을 대상으로 페놀산 고함유 자원을 선별하고 외국에서 재배되는 우수 품종과 비교가 필요하다.

## 요약 및 결론

쌀에서 보고된 페놀산의 이전 문헌과 기능성분 페놀산 data base를 바탕으로 ToF/MS를 통해 검출된 양이온 질량 이온 패턴을 비교하여 개별 페놀산 유도체의 조성 및 함량 정보를 제공하고자 하였다. 국내산 쌀 3품종(삼광, 새일미, 신동진)에서 hydrociannamic acid 8종을 분리·동정하였다. 개별 유도체는 아글리콘인 ferulic acid, sinapic acid 그리고 *p*-coumaric acid와 sucrose의 3'-OH와 6-OH 위치에 ferulic acid 및 sinapic acid가 결합된 화합물이다. 이들 중 6-O-feruloylsucrose와 3'-O-Sinapoyl-6-O-feruloylsucrose는 쌀의 주요 페놀산이며 이미 보고된 페놀산 유도체 이외에 3'-O-sinapoylsucrose(siniriose A6)가 확인되었고 이는 쌀에서 처음 보고된 새로운 화합물이다. 총 페놀산 함량(mg/100 g, 건조중)은 3품종(삼광, 새일미 및 신동진)에 따라 생것 기준으로 현미 및 백미에서 각각 12.41, 7.89, 3.10 및 0, 0.48, 1.07의 함량을 나타냈다. 또한 밥을 짓는 과정 중 대다수의 페놀

산 유도체들의 함량은 감소했으나 *p*-coumaric acid 및 ferulic acid의 함량은 특이적으로 유지되거나 증가하였다. 미량성분인 3',6-di-O-sinapoylsucrose 및 3',6-di-O-feruloylsucrose의 쌀에서 확인되는 개별 함량을 처음으로 제공했다. 백미는 현미 도정 중 미강이 손실되면서 대부분의 페놀산이 제거되었다. 따라서 백미에서 제거된 페놀산 고함유 소재인 미강을 화장품, 동물의 사료 등으로 활용할 수 있다. 쌀의 페놀산 유도체 정보는 향후 정확한 구조 동정 및 함량 평가를 돕고 나아가 기능성 소재로서의 활용 가능성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 농업과학기반기술 연구사업(과제번호: PJ016718012023) 전문연구원 및 학·연협동과정 지원사업에 의해 수행한 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

## References

- Alves GH, Ferreira CD, Vivian PG, Monks JLF, Elias MC, Vanier NL, de Oliveira M. 2016. The revisited levels of free and bound phenolics in rice: Effects of the extraction procedure. *Food Chem* 208:116-123
- Anderson JW. 2003. Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proc Nutr Soc* 62:135-142
- Chmiel T, Saputro IE, Kusznierevicz B, Bartoszek A. 2018. The impact of cooking method on the phenolic composition, total antioxidant activity and starch digestibility of rice (*Oryza sativa* L.). *J Food Process Preserv* 42:e13383
- de Mira NVM, Massaretto IL, Pascual CSCI, Marquez UML. 2009. Comparative study of phenolic compounds in different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *J Food Compos Anal* 22:405-409
- Huang SH, Ng LT. 2012. Quantification of polyphenolic content and bioactive constituents of some commercial rice varieties in Taiwan. *J Food Compos Anal* 26: 122-127
- Jiang XL, Zhu Y, Ma GF, Liu P, Chen LL. 2023. Qualitative and quantitative analysis of major components of Renshen-Yangrong Pill by UPLC-LTQ/Orbitrap/MS and UPLC-MS/MS. *J Pharm Biomed Anal* 227:115276

- Ju WT, Kwon OC, Kim HB, Sung GB, Kim HW, Kim YS. 2018. Qualitative and quantitative analysis of flavonoids from 12 species of Korean mulberry leaves. *J Food Sci Technol* 55:1789-1796
- Kim HW, Lee SH, Asamenew G, Lee MK, Lee S, Park JJ, Choi Y, Lee SH. 2019. Study on phenolic compounds in lettuce samples cultivated from Korea using UPLC-DAD-QToF/MS. *Korean J Food Nutr* 32:717-729
- Kim JB, Kim HW, Lee MK, Lee SH, Asamenew G, Lee S, Kim YJ, Lee SH, Choi Y, Park JJ, Yoo SM, Han GJ. 2018. RDA DB 2.0: Phenolic Acids. National Institute of Agricultural Sciences
- Kim MY, Park HY, Lee YY, Lee BW, Kim MH, Lee JY, Lee JH, Kang MS, Koo BC, Kim HJ. 2020. Antioxidant and anti-adipogenic effects of colored and brown rice extracts depending on cultivars. *Korean J Food Nutr* 33:149-158
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36:930-936
- Lee MK, Kim HW, Lee SH, Asamenew G, Kim YJ, Lee S, Jung HA, Yoo SM, Kim JB. 2018a. Profiles of phenolic acid derivatives from tuberous roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) using UPLCDAD-QToF/MS. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1284-1293
- Lee SH, Kim HW, Lee MK, Asamenew G, Kim YJ, Lee S, Cha YS, Yoo SM, Kim JB. 2018b. Characterization of flavonoids from used parts of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) and dragon fruit (*Hylocereus undatus*) using UPLC-DAD-QToF/MS. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1274-1283
- Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. 2019. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. *Food Chem* 280:59-64
- Liu Y, Ragaee S, Marcone MF, Abdel-Aal ESM. 2020. Composition of phenolic acids and antioxidant properties of selected pulses cooked with different heating conditions. *Foods* 9:908
- Lou SN, Lin YS, Hsu YS, Chiu EM, Ho CT. 2014. Soluble and insoluble phenolic compounds and antioxidant activity of immature calamondin affected by solvents and heat treatment. *Food Chem* 161:246-253
- Nakano H, Takai T, Kondo M. 2019. Identification of quantitative trait loci for the concentrations of phenylpropanoid glycosides in brown rice. *ACS Omega* 4:17317-17325
- Panlasigui LN, Thompson LU. 2006. Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects. *Int J Food Sci Nutr* 57:151-158
- Park SY, Ha SH, Lim SH, Jung JY, Lee SM, Yeo Y, Kim JK. 2012. Determination of phenolic acids in Korean rice (*Oryza sativa* L.) cultivars using gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry. *Food Sci Biotechnol* 21:1141-1148
- Ragaee S, Seetharaman K, Abdel-Aal ESM. 2014. The impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Crit Rev Food Sci Nutr* 54:837-849
- Ren C, Kim JM, Park S, Jeong OB, Shin M. 2016. Effect of storage conditions, rice, cooker and oil types on the changes of resistant starch contents of cooked rice. *Korean J Food Cookery Sci* 32:9-15
- Setyaningsih W, Hidayah N, Saputro IE, Palma M, Barroso CG. 2016a. Profile of phenolic compounds in Indonesian rice (*Oryza sativa*) varieties throughout post-harvest practices. *J Food Compos Anal* 54:55-62
- Setyaningsih W, Saputro IE, Palma M, Barroso CG. 2016b. Profile of individual phenolic compounds in rice (*Oryza sativa*) grains during cooking processes. *AIP Conf Proc* 1755:130012
- Tian S, Nakamura K, Cui T, Kayahara H. 2005. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. *J Chromatogr A* 1063:121-128
- Tian S, Nakamura K, Kayahara H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *J Agric Food Chem* 52:4808-4813
- Verardo V, Gómez-Caravaca AM, Marconi E, Segura-Carretero A, Garrido-Frenich A, Fernández-Gutiérrez A. 2016. Determination of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds in raw and parboiled rice bran. *RSC Adv* 6:50786-50796
- Vichapong J, Sookserm M, Srijesdaruk V, Swatsitang P, Srijaranai S. 2010. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant

- activities in rice varieties. *LWT Food Sci Technol* 43: 1325-1330
- Vlachos A, Arvanitoyannis IS. 2008. A review of rice authenticity/adulteration methods and results. *Crit Rev Food Sci Nutr* 48:553-598
- Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Lee JS, Jeong HS. 2009. Characteristics of sucrose thermal degradation with high temperature and high pressure treatment. *Food Sci Biotechnol* 18:717-723
- Xu B, Qu C, Zheng W, Xi Y, Zhao X, Li H, Liu J, Zhang X. 2018. UHPLC-MS/MS method for simultaneous determination of Radix Polygalae glycolipids and organic acids in rat plasma and application in a pharmacokinetic study. *J Chromatogr B* 1100-1101: 165-173
- Xu Z, Hua N, Godber JS. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and  $\gamma$ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *J Agric Food Chem* 49:2077-2081
- Yu L, Li G, Li M, Xu F, Beta T, Bao J. 2016. Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. *Food Chem* 197:776-782
- Zeng Z, Hu X, McClements DJ, Luo S, Liu C, Gong E, Huang K. 2019. Hydrothermal stability of phenolic extracts of brown rice. *Food Chem* 271:114-121
- 

Received 09 November, 2023

Revised 01 December, 2023

Accepted 04 December, 2023

## 자몽종자 추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 이화학적 및 미생물학적 특성 조사

이교연 · 한채연\* · 박채은\* · †최성길\*\*

경상국립대학교 농업생명과학연구원 학술연구교수, \*경상국립대학교 응용생명과학부 응용생명과학전공(BK21) 석사과정생,  
\*\*경상국립대학교 농업생명과학연구원 응용생명과학부(BK21) 식품공학부 교수

### Effect of Grapefruit Seed Extract Addition on Physicochemical and Microbial Characteristics of Onion (*Allium cepa* L.) Puree

Kyo-Yeon Lee, Chae-Yeon Han\*, Chae-Eun Park\* and †Sung-Gil Choi\*\*

Academic Research Professor, Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

\*Master Student, Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

\*\*Professor, Institute of Agriculture and Life Sciences, Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

#### Abstract

This research aimed to examine the effects of grapefruit seed extract (GSE) at various concentrations on the microbial safety and physicochemical characteristics of onion puree (0.01~0.1%). The onion puree was kept at 4°C for 14 days. The results of the study indicated that the addition of GSE did not cause any significant changes in the sample's brix degree and viscosity in onion puree ( $p < 0.05$ ). However, as the concentration of GSE increased, the pH level decreased. On the other hand, as GSE was added, the lightness of the onion puree increased, while the redness and yellowness decreased. Compared to pure onion puree, the GSE-incorporated onion puree had higher levels of total flavonoid and total polyphenol content, indicating that it helps to maintain antioxidant activities. Based on the microbial safety test, aerobic bacteria, yeast, and mold were absent until day 14 of storage. In conclusion, the study suggests that the addition of GSE to onion puree increases its antioxidant activity and shelf-life.

Key words: onion, puree, grapefruit seed extract, physicochemical characteristic, microbial safety

#### 서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 백합과(Liliaceae)에 속하는 다년생 식물로 전 세계 연간 약 6,600만톤이 생산되며, 국내 생산량은 2021년 1,576천톤이다(Kim 등 2022). 양파는 불확실한 영농 환경 때문에 경영 불확실성이 큰 품목 중 하나로 과잉 생산된 경우 가격하락으로 폐기되고 있어 일정한 수요가 일어날 수 있도록 지속가능한 방안모색이 필요한 실정이다(Jeong 등 2023). 양파는 특유의 향기와 맛으로 인해 식품의 조리 및 가공 중 중요한 식품소재로서 널리 이용되고 있다(Lee 등 2022). 수분함량이 약 91%이며 이외에도 탄수화물(14.1~

14.8%), 단백질(1.5~2.6%), 지방(0.4~0.7%) 및 총 당류(2.3~4.7%)를 함유하고 있으며(Lee 등 2021), 신선중량(fresh weight, FW) 100 g을 기준으로 비타민 C(5.7~6.5 mg), Ca(25.7~46.9 mg), P(30.3~50.6 mg) 및 K(129.0~140.0 mg) 등이 함유되어 있다(Bhattacharjee 등 2013). 양파에 함유된 다양한 생리활성을 부여하는 flavonoid계 화합물에는 quercetin 4'-glucoside, quercetin 4',7-diglycoside, quercetin 3,7-diglycoside, quercetin 3,4'-diglycoside, quercetin, isorhamnetin monoglycoside, kaempferol monoglycoside 등이 있으며(Lee 등 2016), 이중 quercetin의 2당 및 단당 배당체와 그 aglycone인 quercetin이 80%를 차지한다(Leighton 등 1992). 또한, 항산화, 항고혈압, 항균작용 등의

† Corresponding author: Sung-Gil Choi, Professor, Institute of Agriculture and Life Sciences, Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea. Tel: +82-55-772-1906, Fax: +82-55-772-1909, E-mail: sgchoi@gnu.ac.kr

생리활성과 중금속 제거, 혈중콜레스테롤 감소, 성인병 예방, 알레르기 반응억제 등 약리작용이 확인됨에 따라 소비자들의 관심이 증가되고 있다(Lee 등 2008; Park 등 2009; Choi & Surh 2014). 그러나 양파는 향신료 및 조미료 외에도 용도가 다양하고 소비량이 증가하고 있는데 반해 저장성이 떨어지는 단점을 가지고 있어 양파 이용범위를 확대시키고, 부가가치를 향상시키기 위하여 다양한 가공식품에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다(Jeong 등 2023).

식품을 보존하기 위한 방법으로는 살균, 건조, 저온처리, 화학 첨가물 첨가 등을 비롯하여 각종 저장 조건을 변화시키는 방법이 이용되고 있는데, 특히 가공식품의 경우에는 보존료를 첨가하는 방법이 널리 사용되고 있다. 현재 사용되어지고 있는 보존료는 대부분 화학적 합성품으로 그 안전성에 대한 문제점 및 우려가 제기되고 있는 실정이다. 따라서 안정성이 높은 천연 보존료를 찾아내려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 천연 보존료로 개발될 가능성이 있는 것으로는 향신료, 정유성분, 고분자 화합물, 식물의 추출물 등이 대표적이다. 자몽 종자 추출물(grapefruit seed extract, DF-100)은 대표적인 천연 보존료로 알려져 있으며, 각종 식품에 대한 항균 및 항산화 작용이 뛰어나고 독성변패 산물의 생성을 억제하여 식품의 신선도 및 유통기간을 연장시켜준다. 자몽종자추출물은 천연 식품 보존제로서 LD값이 2,900 mg/kg로 독성이 거의 없고, 부식성이 없으며, 열에 매우 안정한 천연 유기 혼합물로서 환경오염이 되지 않는 안전한 천연 항균제이다(Park 등 2006). 추출물의 성분 중 ascorbic acid, ascorbyl palmitate, naringin 및 토코페롤 등이 미생물의 세포벽 및 세포막의 기능을 약화시키고 효소 활성을 저해하며 DNA, RNA에서 비롯되는 세포 증식 기작을 억제하여 미생물에 대한 살균 효과가 크다고 보고되고 있다(Cho 등 1990; Chin 등 2005).

퓨레(Puree)는 과일이나 채소를 갈아서 걸쭉하게 만든 농축물을 말하며 상대적으로 보관 기간이 짧은 과일 및 채소류의 저장성 향상을 가능하게 한다(Park 등 2021). 퓨레 또는 페이스트 등은 가공 중간 소재로 가공원료 또는 첨가물로 편리하게 이용되고 있으며 대부분 외국에서 수입되고 있는 실정임을 감안할 때 양파 가공제품의 다양화는 물론 가공용 중간 소재의 개발에 관한 체계적인 연구가 요구되고 있는 실정이다.

양파가공에 관한 연구로는 건조방법에 따른 양파를 첨가한 딸기잼(Kim & Chun 2001), 양파분말을 첨가한 기능성 스펀지 케이크(Chun SS 2003), 양파분말 첨가 식빵(Bae 등 2003), 양파 음료 제조를 위한 기능성 성분 추출 최적화(Hou & Go 2004), 동결건조 양파분말을 첨가한 두부(Kang 등 2007), 양파즙의 항산화능과 항균작용(Jung & Park 2013), 양

파분말을 첨가한 국수(Kim 등 2016), 양파분말을 첨가한 마요네즈(Lee 등 2022) 등의 연구들이 수행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 천연 보존제로 알려진 자몽종자추출물 첨가에 따른 양파퓨레의 품질특성 및 저장성 향상에 미치는 영향을 조사함으로써 과학적 기초자료 제시 및 양파의 부가가치 극대화 및 양파 소비 확대에 이바지 하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 양파는 경상남도 창녕군에서 2023년에 재배 및 수확한 황룡볼 품종으로 경남농업기술원 양파연구소(Changnyeong, Korea)에서 제공받아 실험에 사용하였다. 자몽종자추출물(grapefruit seed extract, DF-100)은 ES 식품원료(esfood Co., Ltd., Gunpo, Korea)에서 제조된 것을 구입하여 실험에 사용하였으며, 추출물은 수용성/액상 타입이고, 원료 및 함량은 자몽종자추출물 100%(글리세린 50%, 나린진 0.48%)이다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), potassium persulfate, acetic acid, 2,4,6-tripyridyl-1,3,5-triazine(TPTZ), FeCl<sub>3</sub>, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid(Trolox), ascorbic acid, methanol은 Sigma-Aldrich(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo, USA)사에서 구입하여 실험에 사용하였다.

### 2. 자몽종자추출물 첨가 양파퓨레 제조

양파의 껍질을 제거하고 수세한 후 표면의 물기를 제거한 후, 8등분으로 절단하여 믹서기(HMF-630WG, Hanil, Electric, Wonju, Korea)에 100 g씩 취하고 60초간 분쇄를 진행하였다. 자몽종자추출물은 각각 0%(대조구), 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가하여 분쇄하기 직전에 첨가하여 분쇄를 진행하였다. 분쇄 직후 각각의 시료는 0.07 mm Ny/PE 필름(15 × 20 cm)에 밀봉하여 4±1 °C에서 14일동안 저장하며 양파퓨레의 품질특성 및 미생물특성을 조사하였다.

### 3. 당도 및 pH

자몽종자추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 당도 변화는 Abbe refractometer(501-DS, ATAGO Co, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였고, pH측정은 pH Meter(pH-200L, Istek, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

### 4. 점도

자몽종자추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 점도를 측정하기 위하여 용기에 시료 30 mL를 담고, Brookfield viscometer



(DV II+, Brookfield engineering labs, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 25°C에서 Probe는 LV-4 spindle, spindle speed는 10 rpm, spindle increment는 10 rpm으로 하여 상대점도를 측정하였다.

### 5. 색도 및 갈변도

자몽종자추출물 첨가에 따른 양파퓨레의 색도 변화를 조사하기 위하여 색차계(CR-400, Minolta, Japan)를 사용하였으며, 표준백색판(L=93.6, a=0.31, b=0.32)으로 보정하였다. 각 시료는 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 자몽종자추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 갈변도 측정은 시료 2 g에 증류수 20 mL를 가하고 10% trichloroacetic acid 10 mL를 가한 후 상온에서 2시간 동안 방치한 후 여과하여 분광광도계(UV-1800, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim 등 2015).

### 6. 시료 추출물 제조

각각의 시료 20 g에 동일한 양의 80% 메탄올을 넣고 균질기(Wiggen Hauser, D-50, Berlin, Germany)를 사용하여 15,000 rpm에서 1분간 균질화시켰다. 이를 Shaker(n-Biotech, NB-303, Inchen, Korea)를 이용하여 250 rpm으로 4°C에서 2시간 동안 추출한 후 원심분리기(FLETA 5, Hanil, Korea)를 이용하여 1,026×g에서 20분간 원심분리하고 회수한 상등액을 여과지(Whatman No. 2, GE healthcare, Chicago, IL, USA)로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다.

### 7. 총 플라보노이드 함량 및 총 폴리페놀 함량

자몽종자추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 총 플라보노이드 함량을 분석하기 위하여 여과액 100 µL와 99% diethylene glycol 900 µL를 혼합한 후 1 N NaOH 20 µL를 첨가하여 37°C 항온수조에서 20분 동안 반응시켰다. 이를 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 플라보노이드 함량은 mg rutin equivalent(RE)/kg DW로 나타내었다(Lee 등 2019a).

총 폴리페놀 함량의 경우 여과액 1 mL와 증류수 9 mL를 혼합하여 1 mL의 Folin & Ciocalteu's phenol reagent를 첨가한 후 실온의 암실에서 5분간 반응한다. 그 후 7% sodium carbonate 10 mL와 증류수 4 mL를 첨가하여 총량을 25 mL로 하였다. 이를 실온 암실에서 2시간 동안 방치한 다음 분광광도계를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid equivalent(GAE)/kg DW로 나타내었다(Singleton & Rossi 1965).

### 8. 항산화 활성

자몽종자추출물 첨가에 따른 양파 퓨레의 항산화활성은 DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성 및 FRAP 활성을 측정하였다. DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성은 Blois MS(1958)의 방법을 수정하여 여과액 100 µL는 DPPH 용액(OD:1.000) 900 µL와 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응 후 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이를 mg butylated hydroxyanisole equivalent(BHAE)/kg로 나타내었다.

2-2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거능은 Biglari 등(2008)의 방법을 수정하여 실험을 진행하였다. 여과액 20 µL와 ABTS 용액 980 µL를 혼합 후 실온 암실에서 6분 동안 반응한 후 분광광도계를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 mg ascorbic acid equivalent(AAE)/kg DW로 나타내었다.

FRAP(ferric ion reducing antioxidant power) 측정은 Benzie와 Strain(1996)의 방법을 수정하여 실험을 진행하였다. 여과액 50 µL와 FRAP 용액 1.5 mL를 혼합 후 실온 암실에서 30분간 방치한 후 분광광도계를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP 환원력은 mg Fe(II)/kg DW로 나타내었다.

### 9. 미생물 수

저장기간에 따른 자몽종자추출물 첨가 양파 퓨레의 일반 세균수, 효모 및 곰팡이 그리고, 대장균군 수를 측정하였다. 멸균된 stomacher bag에 시료를 넣은 후, 0.85% 멸균생리식염수로 10배 희석하고 자동균질기(Stomacher LS-1250A, BNF Korea, Gimpo, Korea)를 이용하여 120초간 균질화하였다. 이후 10배씩 단계별 희석하여 시료를 준비하였으며 희석한 시료 1 mL를 일반세균 Petrifilm™ aerobic count plate(3M Co., St. Paul, MN, USA)에 접종하였다. 배지를 35°C에서 배양 후 집락을 계수하여 확인하였고, 검출된 미생물 수는 시료 1 g 당 log colony forming unit(log CFU/g)으로 나타내었다. 효모 및 곰팡이는 상기의 방법과 동일하게 실시한 후 Petrifilm™ yeast and mold count plate(3M Co., St. Paul, MN, USA)를 이용하여 120시간 동안 25°C에서 배양 후 집락을 계수하여 확인하였다. 대장균군은 상기의 방법과 동일하게 실시한 후 Petrifilm™ coliform count plate(3M Co., St. Paul, MN, USA)를 이용하여 24시간 동안 35°C에서 배양 후 집락을 계수하여 확인하였다.

### 10. 통계처리

각 실험결과는 3번 반복실험의 평균 ± 표준편차로 나타내었고, 통계처리는 Windows용 SAS 9.4 version(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 분산분석

(analysis of variance)을 실시한 후, Duncan의 다중 범위 검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 당도, pH 및 점도

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 당도 및 pH 변화를 측정된 결과는 Table 1에 나타내었다. 당도의 경우, 자몽종자추출물 첨가 양파퓨레 제조 직후 대조구의 당도는 6.90이었으며, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구는 각각 6.90, 6.92, 6.90으로 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한 저장기간 14일차까지 저장하며 당도를 측정된 결과에서도 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 자몽종자추출물 첨가 양파퓨레의 제조 직후 대조구 샘플의 pH는 5.68이었으며, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구는 각각 4.96, 4.92, 4.82로 나타나 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 낮아지는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레를 저장 중 pH를 조사한 결과 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 0~14일 저장기간에 따른 pH는 대조구에서 5.68~5.20, 자몽종자추출물 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가구에서 각각 4.96~4.85, 4.92~4.76 및 4.82~4.68로 나타났다. Park & Chang(2003)은 자몽종자추출물 분말제재를 첨가한 김치에서 자몽종자추출물 분말제재 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. 또한, Kang 등(2013)은 자몽종자 추출

물 첨가가 떡볶이떡 품질 개선에 미치는 영향을 조사한 결과에서 자몽종자 추출물 첨가에 의해 pH가 감소하였으며 저장기간이 증가함에 따라 pH가 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였다.

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 점도를 측정된 결과, 0일차 및 7일차에서는 대조구 및 자몽종자추출물 첨가구 모두 유의적으로 차이가 없는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 저장기간 14일차에서는 모든 시료에서 점도가 감소하는 것으로 나타났다. 과채류 퓨레의 유변학적 특성(rheological behaviour)에 영향을 미치는 다양한 요인은 온도, 농도, 입자크기, 수분함량, 총 가용성 고형분함량 등이 알려져 있다고 보고하였고(Balestra 등 2011), 이러한 퓨레는 수용성 당, 펙틴 물질 및 부유 고형물 간의 복잡한 상호작용의 결과로 비뉴턴 유체처럼 거동한다고 보고하였다(Ahmed 등 2004).

### 2. 색도 및 갈변도

변색 및 갈변은 과채류 가공 시 입자크기 감소로 인하여 산소와의 접촉이 용이해지면서 주로 발생하는 현상으로 색도는 외관상 품질을 평가하는 데 중요한 요인 중의 하나이다(Choi 등 2022). 자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 색도 및 갈변도를 측정하였고 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 0일차에서 밝기를 나타내는 L값은 대조구가 80.28, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서 각각 83.13, 84.37, 88.10으로 나타났다. 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 밝기가 유의적으로 증가하는

**Table 1. Brix degree, pH and viscosity according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations**

Concentration of GSE (%)	Storage time (day)	°Brix	pH	Viscosity (cps)
0	0	6.90±0.00 <sup>a1)</sup>	5.68±0.00 <sup>a</sup>	5,656.79±50.00 <sup>a</sup>
	7	6.90±0.06 <sup>a</sup>	5.34±0.06 <sup>b</sup>	5,656.79±60.00 <sup>a</sup>
	14	6.90±0.00 <sup>a</sup>	5.20±0.10 <sup>c</sup>	4,159.00±200.00 <sup>b</sup>
0.03	0	6.90±0.00 <sup>a</sup>	4.96±0.01 <sup>d</sup>	5,493.00±20.00 <sup>a</sup>
	7	6.90±0.04 <sup>a</sup>	4.94±0.01 <sup>d</sup>	5,493.00±20.00 <sup>a</sup>
	14	6.90±0.05 <sup>a</sup>	4.85±0.01 <sup>e</sup>	4,200.00±521.00 <sup>b</sup>
0.05	0	6.92±0.04 <sup>a</sup>	4.92±0.00 <sup>d</sup>	5,317.00±20.00 <sup>a</sup>
	7	6.91±0.05 <sup>a</sup>	4.82±0.01 <sup>e</sup>	5,317.00±20.00 <sup>a</sup>
	14	6.90±0.05 <sup>a</sup>	4.76±0.01 <sup>f</sup>	4,108.00±561.00 <sup>b</sup>
0.1	0	6.90±0.04 <sup>a</sup>	4.82±0.01 <sup>e</sup>	5,192.00±20.00 <sup>a</sup>
	7	6.90±0.00 <sup>a</sup>	4.76±0.00 <sup>f</sup>	5,192.00±20.00 <sup>a</sup>
	14	6.90±0.00 <sup>a</sup>	4.68±0.01 <sup>g</sup>	3,983.00±666.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Means±S.D. (n=5) in a column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

**Table 2. Color value and Browning degree according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations**

Concentration of GSE (%)	Storage time (day)	Color value			Browning index (420 nm)
		L*	a*	b*	
0	0	80.28±0.01 <sup>11)</sup>	1.88±0.04 <sup>c</sup>	21.93±0.02 <sup>c</sup>	0.25±0.02 <sup>c</sup>
	7	76.88±0.03 <sup>k</sup>	2.43±0.02 <sup>b</sup>	23.80±0.01 <sup>b</sup>	0.31±0.01 <sup>b</sup>
	14	76.08±0.06 <sup>l</sup>	3.79±0.05 <sup>a</sup>	24.50±0.02 <sup>a</sup>	0.40±0.02 <sup>a</sup>
0.03	0	83.13±0.02 <sup>g</sup>	0.63±0.01 <sup>f</sup>	20.47±0.00 <sup>f</sup>	0.14±0.01 <sup>e</sup>
	7	83.08±0.01 <sup>h</sup>	1.02±0.05 <sup>c</sup>	21.27±0.02 <sup>c</sup>	0.17±0.01 <sup>d</sup>
	14	80.31±0.01 <sup>i</sup>	1.32±0.01 <sup>d</sup>	21.64±0.01 <sup>d</sup>	0.18±0.02 <sup>d</sup>
0.05	0	84.37±0.01 <sup>d</sup>	0.40±0.02 <sup>i</sup>	18.43±0.01 <sup>i</sup>	0.09±0.01 <sup>e</sup>
	7	83.27±0.01 <sup>e</sup>	0.04±0.04 <sup>h</sup>	18.80±0.01 <sup>h</sup>	0.10±0.00 <sup>g</sup>
	14	84.24±0.02 <sup>f</sup>	0.55±0.03 <sup>g</sup>	18.94±0.01 <sup>g</sup>	0.12±0.00 <sup>f</sup>
0.1	0	88.10±0.02 <sup>a</sup>	-1.89±0.01 <sup>l</sup>	12.03±0.01 <sup>l</sup>	0.03±0.00 <sup>j</sup>
	7	86.84±0.01 <sup>b</sup>	-1.36±0.02 <sup>k</sup>	13.87±0.01 <sup>k</sup>	0.05±0.01 <sup>i</sup>
	14	85.78±0.01 <sup>c</sup>	-0.90±0.02 <sup>j</sup>	13.98±0.01 <sup>j</sup>	0.07±0.01 <sup>h</sup>

<sup>1)</sup> Means±S.D. (n=5) in a column followed by same letter (<sup>a-l</sup>) are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 적색도를 나타내는 a값의 경우에는 대조구가 1.88, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서 각각 0.63, 0.40, -1.89로 유의적으로 감소하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 황색도를 의미하는 b값은 대조구 21.93으로 나타났고, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서 각각 20.47, 18.43, 12.03으로 유의적으로 감소하는 경향으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 전체적으로 자몽종자추출물 첨가량이 증가함에 따라 밝기가 증가하고 적색도 및 황색도가 감소하는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 색도 변화에서도 자몽종자추출물 무첨가구(대조구)에서 밝기가 가장 많이 감소하여 저장 14일차에서 76.08로 나타났고 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 80.31, 84.24, 85.78로 나타났다. a값은 저장 14일차 대조구에서 3.79로 가장 높았고, 다음으로 저장 7일차 대조구가 2.43으로 높게 나타났다. 저장 14일차 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 1.32, 0.55, -0.90으로 나타났다. b값에서도 저장 14일차 대조구가 24.50으로 가장 높았고, 저장 7일차가 23.80으로 다음으로 높은 황색도를 나타내었다. 저장 14일차 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 21.64, 18.94, 13.98로 나타났다. 저장기간에 따른 양파퓨레의 색도에서 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 a값과 b값의 증가를 억제하는 것으로 나타났다. 일반적으로 식품의 색도 중 명도를 나타내는 L값과 적색도를 나타내는 a값은 갈변도의 지표로 이용되며 L값의 감소와 a값의 증가는 갈변현상을 의미한다(Erenturk 등

2005).

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 갈변도를 측정한 결과, 0일차에서 대조구 0.25, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 0.14, 0.09, 0.03으로 나타났다. 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 갈변도가 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 저장기간에 따른 양파퓨레의 갈변도를 분석한 결과에서도 저장 14일차 대조구가 0.40으로 가장 높은 갈변도를 나타내었고, 다음으로 저장 7일차 대조구가 0.31로 높은 갈변도를 나타내었다. 반면에, 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 낮은 갈변도를 가지는 것으로 나타났다. 저장기간 0~14일차에서 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 양파퓨레의 갈변도는 각각 0.14~0.18, 0.09~0.12, 0.03~0.07로 나타나 자몽종자추출물 첨가량 0.1%에서 가장 낮은 갈변도를 나타내었다. Park 등(1998)은 저장 중 절단 양파의 갈변도를 조사한 결과에서 유의적으로 증가하였다고 보고하였고, Son 등(1996)은 첨가물 종류에 따른 양파농축액의 항갈색화 효과를 조사한 결과에서 대조구에서 저장기간이 증가함에 따라 양파농축액의 갈변도가 증가는 경향을 보였다고 보고하였다. 여러 연구들에 의하면 양파의 갈변을 방지하기 위해서는 citric acid와 같은 첨가물을 첨가하거나(Son 등 1996; Park 등 1998, Kee & Park 2000), 전처리로 데치기 공정에 의한 효소 불활성화를 통해 갈변 억제 및 미생물 억제를 통해 식품의외관과 저장에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다(Choi 등 2022).

### 3. 총 플라보노이드함량 및 총 폴리페놀함량

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 총 플라보노이드 함량 및 총 폴리페놀 함량을 각각 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 총 플라보노이드 함량의 경우, 0일차에서 대조구가 928.28 mg RE/kg, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 1,491.41, 1,800.00, 2,072.73 mg RE/kg으로 나타났다. 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 유의적으로 총 플라보노이드함량이 증가하는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 저장기간에 0~14일차 동안 자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 총 플라보노이드 함량을 조사한 결과, 저장기간이 증가할수록 대조구 및 0.03% 첨가구에서는 급격하게 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 대조구의 경우에는 928.28~300.00 mg RE/kg으로 저장기간이 증가할수록 총 플라보노이드 함량이 3일차 이후부터 감소하여 5일차부터 급격하게 감소하는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 또한, 저장기간에 0~14일차에서 자몽종자추출물 0.03% 첨가구는 1,491.41~622.00 mg RE/kg으로 나타났으며, 초기 총 플라보노이드함량은 대조구보다 1.6배 높았으나 저장 3일차부터 급격하게 감소하는 패턴을 보여 저장 14일차에는 2.4배 감소하였다. 저장기간에 0~14일차 동안 자몽종자추출물 0.05% 및 0.1% 첨가구는 각각 1,800.00~1,585.00 mg RE/kg, 2,072.73~1,994.00 mg RE/kg으로 나타났다. Lachman 등(2003)은 저장기간 및 저장온도에 따른 황색과 적색 양파에서 저장기간이 증가함에 따라 퀘세틴 함량이 감소하여 플라보노이드 함량이 감소하였다고 보고하였다. Shin 등(2014)은 일반적으로 양파는 채소 중에서 가장 높은 총 플라보노이드 함량을 가지며, 주성분으로는 퀘르세틴(quercetin)으로 알려져 있다고 보고하였다. 양파의 플라보노이드의 생합성은 기상 조건, 재배지 및 수확시기와 같은 다양한 재배 조건에 의해 영향을 받으며 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀함량에 직접적인 영향을 미친다고 알려져 있습니다(Lu 등 2011).

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 총 폴리페놀함량을 측정한 결과, 0일차에서 대조구는 1.08 mg GAE/kg, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 1.55, 1.85, 2.33 mg GAE/kg으로 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀함량이 증가하는 것으로 나타났다. 저장기간 0~14일차에서 대조구는 1.08~0.24 mg GAE/kg으로 저장기간이 증가함에 따라 급격하게 감소하여 14일차에 4.5배 감소하였다. 자몽종자추출물 0.03% 첨가구에서도 1.55~0.46 mg GAE/kg으로 저장기간 3일차 이후부터 감소하여 14일차에는 3.4배 감소하는 것으로 나타났다. 자몽종자추출물 첨가 0.05% 및 0.1%는 각각 1.85~1.35 mg GAE/kg, 2.33~2.17 mg GAE/kg으로 나타났다. 식품에 존재하는 폴리페놀 화합물들에 존재하는 aromatic phenolic ring이 free

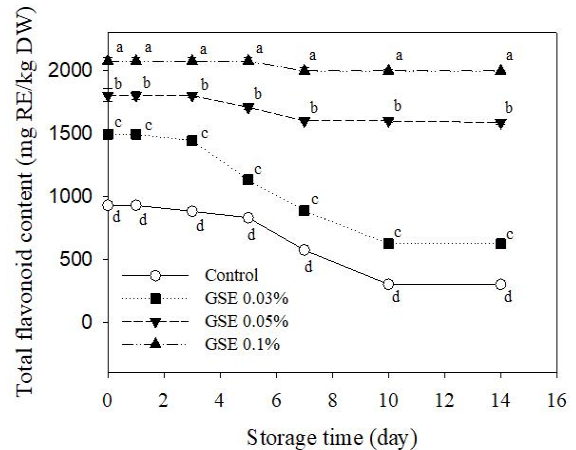


Fig. 1. Total flavonoid content (according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations. Different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

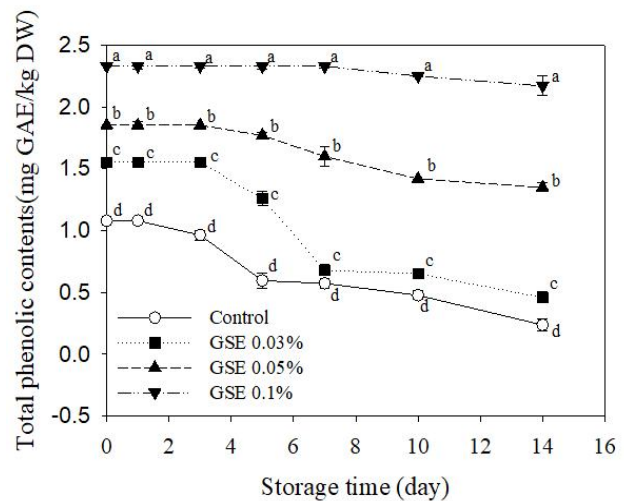


Fig. 2. Total phenolic content according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations. Different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ).

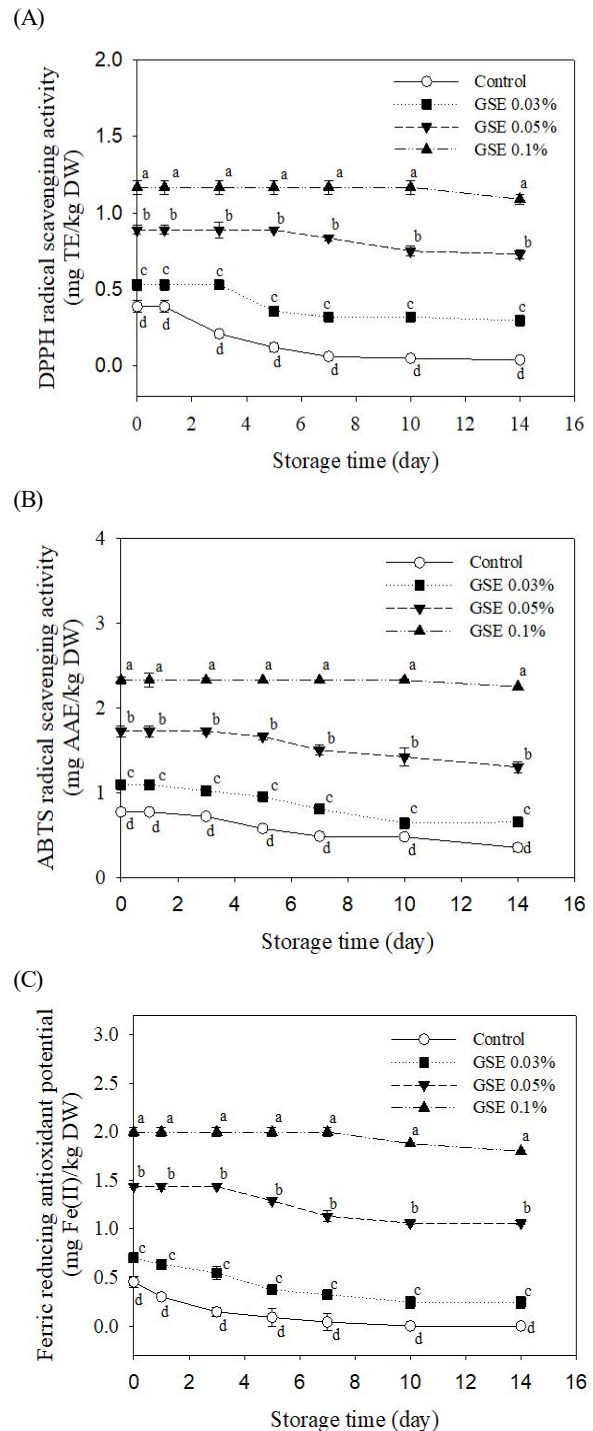
radical을 안정화시켜 우수한 항산화력을 가진다고 알려져 있다(Lee 등 2022). 페놀성 물질들은 hydroxyl (-OH)기를 가져 단백질 또는 기타 거대 분자들과 결합하고, 특히 단백질과 결합하는 특성은 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발시켜 항산화, 항암 등 다양한 생리활성에 관여한다고 알려져 있다(Lee 등 2019b). Prakash 등(2007)은 양파의 주요 폴리페놀 물질은 ferulic acid, gallic acid, protocatechuic acid, kaempferol, quercetin이라고 보고하였다.

#### 4. 항산화활성

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 항산화활성은 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 FRAP을 분석하였으며, 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 먼저, DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, 0일차에서 대조구는 0.39 mg TE/kg, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 0.53, 0.89, 1.17 mg TE/kg으로 나타났다. 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거활성이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 저장기간 0~14일차에서 대조구는 0.38~0.04 mg TE/kg로 저장 3일차부터 감소하여 저장 14일차에는 9.5배 감소한 것으로 나타났다. 자몽종자추출물 0.03% 첨가구에서는 0.53~0.30 mg TE/kg으로 나타났으며, 저장 5일차 이후부터 감소하여 저장 14일차에는 1.76배 감소하였다. 자몽종자추출물 0.05% 첨가구 및 0.1% 첨가구는 각각 0.89~0.73 mg TE/kg 및 1.17~1.09 mg TE/kg으로 나타났다. 자몽종자추출물 0.05% 첨가구에서는 저장기간 5일차 이후부터 감소하는 경향을 보였고, 0.1% 첨가구에서는 저장기간 10일차 이후부터 약간 감소하는 것으로 나타났다.

ABTS 라디칼 소거능은 0일차에서 대조구는 0.77 mg AAE/kg, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 1.09, 1.72, 2.33 mg AAE/kg으로 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 ABTS 라디칼 소거활성이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 저장기간 0~14일차에서 대조구는 0.77~0.35 mg AAE/kg로 2.2배 감소하였다. 자몽종자추출물 0.03% 첨가구에서는 1.09~0.65 mg AAE/kg으로 1.67배 감소하였다. 자몽종자추출물 0.05% 및 0.1%는 각각 1.72~1.30 mg AAE/kg 및 2.33~2.25 mg AAE/kg으로 나타났다. 자몽종자추출물 0.1% 첨가의 경우 저장 0~10일차까지 활성이 유지되다가 14일차에 0.08 mg AAE/kg 감소하였다.

FRAP은 0일차에서 대조구는 0.45 mg Fe(II)/kg, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구에서는 각각 0.70, 1.44, 1.99 mg Fe(II)/kg으로 추출물 첨가량이 증가할수록 유의적으로 활성이 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 저장기간 0~14일차에서 대조구는 0.45~0.00 mg Fe(II)/kg으로 저장기간 10일차부터 활성이 없어지는 것으로 나타났다. 자몽종자추출물 0.03% 첨가구에서도 0.70~0.25 mg Fe(II)/kg으로 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 자몽종자추출물 0.05% 및 0.1%에서는 각각 1.44~1.06 mg Fe(II)/kg, 1.99~1.80 mg Fe(II)/kg으로 나타났다. Stratil 등(2006)은 과채류는 저장 또는 보존하는 동안 항산화 화합물 함량의 변화의 관찰은 매우 중요한 자료이며, 여러 가지 항산화 실험방법을 통하여 항산화 활성을 측정함으로써 정확한 데이터를 얻을 수 있으며 다른 연구와의 비교분석 효과를 높여 매우 중요하다



**Fig. 3. Antioxidant activity according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations.** Different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ). (A), DPPH radical scavenging activity, (B) ABTS radical scavenging activity, (C) FRAP (ferric reducing antioxidant power) assay.

다고 보고하였다. Scott G(1997)은 3가 환원력은 총 페놀 함량 과도 밀접한 관련이 있으며, 이는 페놀의 링 구조에서 hydroxy 그룹의 수소 원자를 공여에서 기인한다고 보고하였다. Bahorun 등(2004)는 양파에 존재하는 퀘세틴 배당체는 다른 페놀계 물질에 비해 라디칼 소거활성이 높지만 환원 활성이 상대적으로 낮다고 보고하였다.

## 5. 미생물 수

자몽종자추출물 첨가량을 달리한 양파퓨레의 저장기간에 따른 일반세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이의 변화를 측정할 결과는 Fig. 4와 같다. 대장균군은 모든 시료에서 불검출되었고, 일반세균의 경우 저장기간 0일차에서 대조구는 3.31 log CFU/g 수준이었고, 자몽종자추출물을 0.03%, 0.05%, 0.1% 첨가한 시험구는 불검출이었다. 대조구의 경우 저장기간이 지남에 따라 3.31~4.50 log CFU/g의 범위로 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 반면에 자몽종자추출물 첨가구에서는 저장기간 0~14일차 동안 일반세균이 모두 불검출되었다. 효모의 경우, 저장기간 0일차에서 대조구 및 자몽종자추출물 첨가구에서 불검출되었다. 그러나, 대조구는 저장기간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였고 저장 14일차에는 4.00 log CFU/g 수준까지 검출되었다. 자몽종자추출물 첨가구에서는 저장기간 0~14일차 동안 모두 불검출되었다. 곰팡이의 경우 저장기간 0일차에서 모두 불검출이었다. 저장기간 10일차까지 대조구 및 자몽종자추출물 첨가구에서 모두 불검출되었다. 그러나, 저장기간 14일차에서 대조구에서만 2.00 log CFU/g 수준에서 검출되었다. Kang 등(2013)은 떡볶이떡 및 떡국떡 저장 시 천연추출물인 자몽종자추출물이 미생물 안정성에 미치는 효과에 대하여 연구한 결과에서 추출물 첨가구에서 저장 30일차까지 총균수가 저감화된 것을 확인하였다고 보고하였다. 자몽종자추출물은 부패성 및 병원성 미생물에 대한 살균 효과를 가지는 것으로 알려져 있으며 다량의 토코페놀을 함유하여 악취와 부패취를 없애는 데에도 유용한 물질로 잘 알려져 있다(Park & Kim 2006). 자몽종자추출물에 함유된 naringin 등의 flavonoid 성분은 미생물의 세포벽 및 세포막의 기능을 약화시키고 효소 활성을 저해하며 DNA/RNA에서 비롯되는 세포증식기작을 억제하고, 미생물에 대한 살균효과가 커서 500 ppm 정도의 낮은 희석배율로도 Salmonella 제거에 효과가 있다고 알려져 있으며, 대장균, 포도상구균, 콜레라균 등의 식중독 균에 모두 항균스펙트럼을 가지고 있다고 보고되고 있다. 또한, 금속 킬레이트화(chelation) 효과, 항돌연변이 유발 효과, 유리기(free radical) 봉쇄 효과, 항염증 효과, 항아테롬형성(antiatherogenic) 효과, 치아 우식 원인균인 streptococcus mutans 성장을 억제하는 효과 등 다양한 기능성을 가지고 있다(Yang 등 2011).

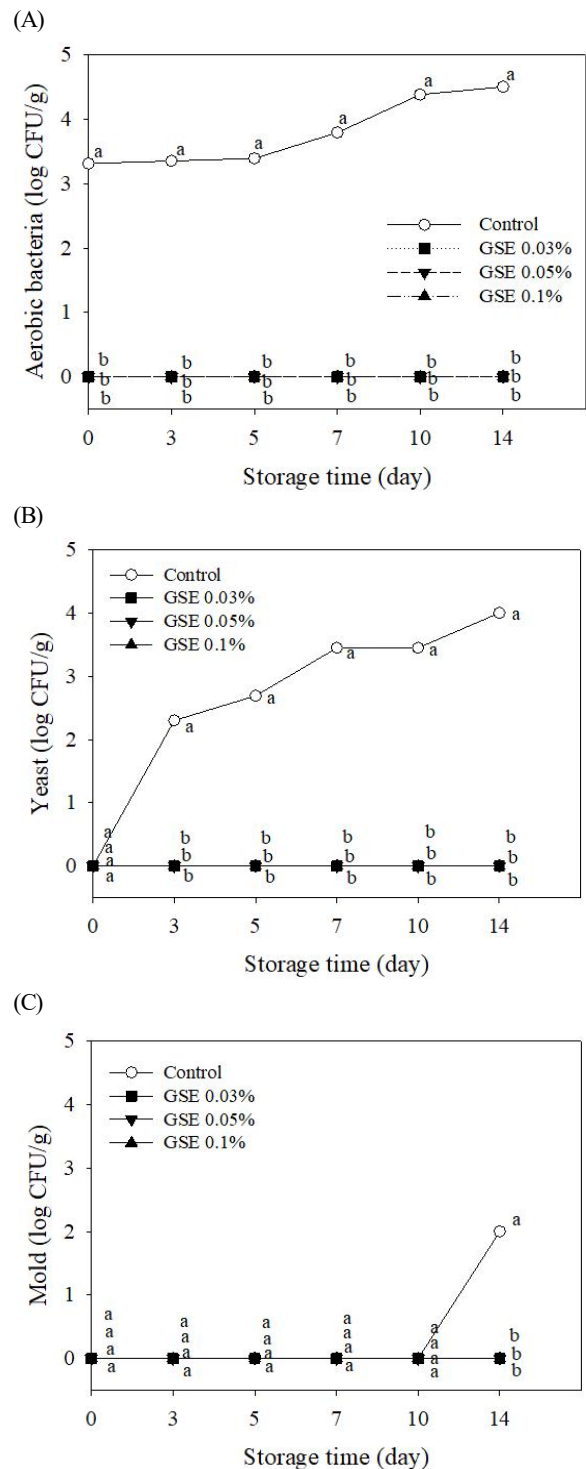


Fig. 4. The number of aerobic bacteria, mold and yeast according to storage time of onion puree added with grapefruit seed extract (GSE) at different concentrations. Different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ). (A), Aerobic bacteria (log CFU/g), (B) Mold (log CFU/g), (C) Yeast (log CFU/g).

## 요약 및 결론

자몽종자추출물 첨가량을 달리하여 제조한 양파퓨레의 이화학적 및 미생물학적 특성을 조사하였다. 자몽종자추출물 첨가량에 따른 양파퓨레의 당도의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았으며( $p < 0.05$ ), pH는 첨가량이 증가할수록 증가하였고 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 점도는 첨가량에 따른 유의적 차이는 없었으며, 저장기간 14일차에서 모든 시료에서 감소하는 것으로 나타났다. 색도는 전체적으로 자몽종자추출물 첨가량이 증가함에 따라 L값이 증가하고 a값 및 b값이 감소하는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 양파퓨레의 색도에서 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 a값과 b값의 증가가 억제되는 것으로 나타났다. 갈변도에서도 첨가량이 증가할수록 갈변도가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 총 플라보노이드함량, 총 폴리페놀함량 및 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 FRAP)은 자몽종자추출물 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 또한, 자몽종자추출물 0~0.05% 첨가구에서는 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 0.1% 첨가구에서는 저장 10일차까지 그 활성이 유지되었고 저장 14일차에 약간 감소하는 경향을 보였다. 자몽종자추출물을 첨가한 시료군의 일반세균, 효모 및 곰팡이는 저장기간 14일차까지 모두 불검출되었다. 이는 자몽종자추출물의 뛰어난 항균효과 특성으로 인해 나타난 효과로 판단된다. 본 연구결과를 통해 양파퓨레에 자몽종자추출물 첨가는 이화학적특성에 영향을 주지 않으면서 저장 중 미생물 생장을 억제시키고 건강 기능성 효과를 가져 첨가제로써 양파퓨레의 품질특성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단되며 최적 첨가량은 0.1%가 가장 적절한 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 지역특화 작목기술 개발 연구사업의 지원에 의해 수행된 연구 과제(PJ016168012022)이며, 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(NRF-2021R1A6A3A01086896)의 지원을 받아 수행된 연구이다. 또한, 교육부의 재원으로 한국 기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터(2022R1A6C101B724)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다. 이에 감사드립니다.

## References

Ahmed J, Shivhare US, Singh P. 2004. Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics

of the paste. *Food Chem* 84:605-611

- Bae JH, Woo HS, Choi HI, Choi C. 2003. Quality characteristics of the white bread added with onion powder. *Korean J Food Sci Technol* 35:1124-1128
- Bahorun T, Luximon-Ramma A, Crozier A, Aruoma OI. 2004. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J Sci Food Agric* 84:1553-1561
- Balestra F, Cocci E, Marsilio G, Dalla Rosa M. 2011. Physico-chemical and rheological changes of fruit purees during storage. *Procedia Food Sci* 1:576-582
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Bhattacharjee S, Sultana A, Sazzad MH, Islam MA, Ahtashom MM, Asaduzzaman. 2013. Analysis of the proximate composition and energy values of two varieties of onion (*Allium cepa* L.) bulbs of different origin: A comparative study. *Int J Nutr Food Sci* 2:246-253
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Biglari F, AlKarkhi AFM, Easa AM. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem* 107:1636-1641
- Chin KB, Kim WY, Kim KH. 2005. Physicochemical and textural properties, and antimicrobial effects of low-fat comminuted sausages manufactured with grapefruit seed extract. *Korean J Food Sci Anim Resour* 25:141-148
- Cho S, Seo IW, Choi JD, Joo IS. 1990. Inhibitory effects of grapefruit seed extract (DF-100) on growth and toxin production of *Penicillium islandicum*. *J Korean Agric Chem Soc* 33:169-173
- Choi B, Surh J. 2014. Effects of heat treatment on the quality of the onion juices prepared with sulfur-applied onion. *Korean J Food Sci Technol* 46:189-197
- Choi JY, Kim J, Kim J, Jeong S, Gwak DH, Kang S, Han SJ, Kim HJ, Moon KD. 2022. Quality characteristics of dried onion and garlic slices according to thermal and nonthermal treatment methods. *Korean J Food Preserv* 29:34-48
- Chun SS. 2003. Development of functional sponge cakes with onion powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:62-66
- Erenturk S, Sahin Gulaboglu MS, Gultekin S. 2005. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *J Food Eng* 68:513-518

- Hou WN, Go EK. 2004. Extractive optimization of functional components for processing of onion health promotion drink. *Korean J Food Sci Technol* 36:403-409
- Jeong JH, Lee CM, Kim SH, Choi YR, Lee DH, Lee CY, Choi BK, Huh CK. 2023. Enhancing the quality, characteristics, and antioxidant activity of Korean soy sauce made using lactic acid bacteria fermentation-based onion extract. *Korean J Food Sci Technol* 55:258-265
- Jung K, Park CS. 2013. Antioxidative and antimicrobial activities of juice from garlic, ginger, and onion. *Korean J Food Preserv* 20:134-139
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. 2013. Effect of grapefruit seed extracts and acid regulation agents on the qualities of Topokkidduk. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:948-956
- Kang NS, Kim JH, Kim JK. 2007. Quality characteristics of soybean curd mixed with freeze dried onion powder. *Korean J Food Preserv* 14:47-53
- Kee HJ, Park YK. 2000. Effects of antibrowning agents on the quality and browning of dried onions. *Korean J Food Sci Technol* 32:979-984
- Kim A, Kang SW, Heo HJ, Chun JY, Choi SG. 2015. Effect of heat treatment on quality characteristics and antioxidant activity of Korean traditional actinidia (*Actinidia arguta*) cultivars puree. *Korean J Food Preserv* 22:408-420
- Kim MY, Chun SS. 2001. Effects of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17:316-322
- Kim S, Lee CM, Jeong JH, Choi YR, Lee D, Lee C, Huh CK. 2022. Fermentation of onion extract by lactic acid bacteria enhances its physicochemical properties. *Korean J Food Sci Technol* 54:445-454
- Kim YS, Park NY, No HK. 2016. Quality and shelf life of noodles containing onion powder. *Korean J Food Preserv* 23:218-224
- Lachman J, Proněk D, Hejtmánková A, Dudjak J, Pivec V, Faitová K. 2003. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Hortic Sci* 30:142-147
- Lee JO, Lee SA, Kim KH, Choi JJ, Yook HS. 2008. Quality characteristics of cookies added with hot-air dried yellow and red onion powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:342-347
- Lee KY, Han CY, Pyo MJ, Choi SG. 2022. Effect of onion powder on quality characteristics, antioxidant activities and oxidative stability of perilla oil mayonnaise. *Korean J Food Nutr* 35:417-425
- Lee KY, Kim AN, Rahman MS, Bae WY, Heo HJ, Choi SG. 2019a. Effect of superheated steam treatment on physicochemical characteristics and microbial reduction of mugwort (*Artemisia argyi* H.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:1272-1279
- Lee KY, Kim AN, Rahman MS, Choi SG. 2019b. Effect of red beet (*Beta vulgaris* L.) powder addition on physicochemical and microbial characteristics of tofu. *Korean J Food Preserv* 26:659-666
- Lee MH, Chang YH, Jeong IH. 2021. Fermentation characteristics of anchovy *Engraulis japonicus* sauce amended with onion. *Korean J Fish Aquat Sci* 54:714-723
- Lee YG, Cho JY, Kim YM, Moon JH. 2016. Change in flavonoid composition and antioxidative activity during fermentation of onion (*Allium cepa* L.) by *Leuconostoc mesenteroides* with different salt concentrations. *J Food Sci* 81:C1385-C1393
- Leighton T, Ginther C, Fluss L, Harter WK, Cansado J, Notario V. 1992. Molecular characterization of quercetin and quercetin glycosides in *Allium* vegetables. Their effects on malignant cell transformation. In Huang MT, Ho CT, Lee CY (Eds.), Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II: Antioxidants and Cancer Prevention. pp.220-238. American Chemical Society
- Lu X, Wang J, Al-Qadiri HM, Ross CF, Powers JR, Tang J, Rasco BA. 2011. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion (*Allium cepa*) and shallot (*Allium oschaninii*) using infrared spectroscopy. *Food Chem* 129:637-644
- Park H, Oyunzul G, Suh SW, Park YS, Jang JK, Chung MS, Choi YJ, Shim KS. 2009. Investigation of functional ingredients from onion according to the extraction methods, heat treatment, and storage period. *Food Eng Prog* 13:92-98
- Park HK, Kim SB. 2006. Antimicrobial activity of grapefruit seed extract. *Korean J Food Nutr* 19:526-531
- Park HW, Cha HW, Kim SH, Park HR, Lee SA, Kim YH. 2006. Effects of grapefruit seed extract pretreatment and packaging materials on quality of dried persimmons. *Korean J Food Preserv* 13:168-173
- Park WH, Park SB, Cha SH, Han IB, Bak SL, Hyun TK, Jang KI. 2021. Quality and antioxidant characteristics of apple puree containing peel and added vitamin C. *J Korean Soc*



- Food Sci Nutr* 50:992-1000
- Park WP, Chang DK. 2003. Kimchi quality affected by the addition of grapefruit seed extract powder. *Korean J Food Preserv* 10:288-292
- Park WP, Cho SH, Lee DS. 1998. Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 30:278-282
- Prakash D, Singh BN, Upadhyay G. 2007. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). *Food Chem* 102:1389-1393
- Scott G. 1997. Antioxidants in Science, Technology, Medicine and Nutrition. pp.80-92. Albion Publishing
- Shin JH, Kim HW, Lee M, Lee SH, Lee YM, Jang HH, Hwang KA, Cho YS, Kim JB. 2014. Content and distribution of flavanols, flavonols and flavanones on the common vegetables in Korea. *Korean J Environ Agric* 33:205-212
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16:144-158
- Son JY, Son HS, Cho WD. 1996. Effects of some antibrowning agent on onion juice concentrate. *J Korean Soc Food Nutr* 25:529-534
- Stratil P, Klejdus B, Kubáň V. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables: Evaluation of spectrophotometric methods. *J Agric Food Chem* 54:607-616
- Yang SK, Kim JJ, Kim SJ, Oh SW. 2011. Synergistic effect of grapefruit seed extract, EDTA and heat on inactivation of *Bacillus cereus* spore. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1469-1473
- 
- Received 06 November, 2023  
Revised 29 November, 2023  
Accepted 05 December, 2023

## 효소처리에 의한 초당옥수수 추출물의 이화학적 및 항산화 특성의 변화

인병호 · 장다빈\* · 이재준\* · 이원종\* · 윤아름\* · 김성규\*\* · †이경행\*\*\*  
한국교통대학교 식품영양학과 대학원생, \*한국교통대학교 식품영양학전공 학부생,  
\*\*클래식영농조합법인 대표, \*\*\*한국교통대학교 식품영양학전공 교수

### Changes in Physicochemical and Antioxidant Properties of by Enzyme-Treated Super Sweet Corn Extracts

Byung-Ho In, Da-Bin Jang\*, Jae-Jun Lee\*, Won-Jong Lee\*,  
Ah-Reum Yoon\*, Sung-Kyu Kim\*\* and †Kyung-Haeng Lee\*\*\*

Graduate School Student, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

\*Student, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

\*\*CEO, Classicfarms, Koesan 28002, Korea

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

#### Abstract

To improve usability of super sweet corn, extracts were prepared with hydrolytic enzyme and changes in physicochemical and antioxidant properties were analyzed. Soluble solids and reducing sugars contents were higher in all enzyme treatment groups than in the control. When enzyme treatment time increased, contents of soluble solids and reducing sugars were also increased. There was no significant difference in lightness between treatment groups, with redness showing the highest value in the control and yellowness showing the highest value in the invertase treatment group. Free sugar content in the control was the lowest. However free sugar content in the enzyme combination treatment group was increased by more than four times compared to that in the control. Contents of ascorbic acid, flavonoids and polyphenols were higher in the enzyme treatment group than in the control. In particular, the enzyme combination treatment group showed the highest content. DPPH and ABTS radical scavenging abilities were significantly higher in all enzyme treatment groups than in the control. Radical scavenging abilities of cellulase treatment group and enzyme combination treatment group showed high activity. The activity increased when enzyme treatment time increased. The combined enzyme treatment method for super sweet corn was suitable for food processing.

Key words: super sweet corn, enzyme treatment, physicochemical property, antioxidant activity

#### 서론

옥수수(*Zea mays* L.)는 밀, 쌀과 함께 세계 3대 식량 작물로서 2020년 기준 가장 많이 생산되고 있는 곡물로 주로 사료용, 감미료용, 간식용 등 다양한 용도로 소비되고 있다 (FAO 2022). 옥수수는 72%가 전분이며 그 외 단백질, 지방, 식이섬유 등으로 구성되어 있고, 필수지방산인 리놀렌산이

많이 함유되어있다(Park 등 2019).

초당옥수수(Super sweet corn, *Zea mays saccharata* Sturt.)는 단옥수수의 일종으로 일반 옥수수보다 당도가 높으며, 낱알의 껍질이 얇아 씹을 때 과일과 같은 아삭한 식감을 준다 (Park 등 2022). 옥수수는 일반적으로 전분 생합성(starch biosynthesis)을 통해 생육 및 저장 중 당을 전분으로 합성하는데 이때 ADP-glucose pyrophosphorylase 효소의 작용에 의

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

해 조절된다(Ballicora 등 2003). 그러나 초당옥수수는 전분 생합성 조절 효소인 ADP-glucose pyrophosphorylase의 활성을 억제하는 shrunken-2(sh2) 돌연변이 유전자를 보유하고 있어 당이 전분으로 합성되는 것을 억제하여 높은 자당 함량을 지닌다(Abe & Adelegan 2019).

이러한 특성은 초당옥수수에 높은 단맛과 일반 옥수수와는 다른 특유의 식감을 부여하며 Back 등(2020)은 저연령층에서 선호하는 간식용 옥수수로서 향후 소비시장이 점진적으로 증가할 것으로 전망되어 아동 영양 간식용 소재로서의 개발 전망이 밝다고 하였다.

그러나, 초당옥수수는 당함량이 높고 여름철의 높은 온도에서 수확되는 환경에 있어 변질되기 쉬운 작물로 저장 중 저장온도가 높으면 초당옥수수 내 당 성분이 전분으로 빠르게 변화되어 저장 또는 유통과정 중 감미가 빠르게 떨어지고, 과피의 경도는 증가하여 씹는 질감 또한 나빠져 품질이 저하하게 된다. 또한 높은 당 함량으로 인해 발생하는 미생물 및 병충해 피해에 취약하기 때문에 소비기한이 일반 옥수수보다 짧다는 단점을 가지고 있다(Yang 등 2007). 따라서 이와 같은 초당옥수수의 단점을 보완할 수 있는 다양한 가공기술 및 새로운 제품개발의 필요성이 대두되었다.

식품가공기술 중 식품산업에서 효소처리 기술은 감미도를 상승시키거나 점도의 변화, 수율향상 및 조직감 조절 등의 목적으로 다양하게 사용되고 있다(Lee 등 2021). 이와 같은 효소처리 기술은 초당옥수수의 단점을 보완할 수 있을 것으로 기대되며 특히 효소처리를 통하여 감미도를 증대시켜 식품소재로서의 활용 가능성을 넓힐 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 현재까지는 국내에서는 초당옥수수에 효소처리 기술을 적용한 연구나 제품은 찾아볼 수 없다.

따라서, 본 연구에서는 초당옥수수의 활용도 등을 증진시키기 위하여 알곡에 cellulase, pectinase, amylase, invertase 및 이들 효소들의 병용처리로 초당옥수수 추출물을 제조하고 이들의 이화학적 및 향산화 활성 변화를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 초당옥수수는 2023년도 7월에서 8월에 충청북도 괴산군 불정면 농가에서 구입하여 알곡과 속대를 분리하여 알곡만을 시료로 사용하였다. 초당옥수수의 효소처리를 위하여 사용한 효소는 cellulase, pectinase, amylase, invertase를 사용하였다.

### 2. 초당옥수수 효소처리 시료 제조

초당옥수수 효소처리 시료 제조는 Lee 등(2021)의 방법을 참조하여 초당옥수수 알곡에 가수분해 효소와 물(DW, distilled water)을 첨가하여 Table 1의 조성에 따라 제조하였다. 이때의 효소처리균은 무처리균인 대조균, cellulase 처리균(Cellucast 1.5 L(700 EGU/g), Novozymes, Bagsvaerd, Denmark), pectinase 처리균(Pectinex Ultra SP-L(3,000 PGNU/g), Novozymes, Bagsvaerd, Denmark), amylase 처리균(AMG 300L BrewQ(300 AGU/g), Daejongzymes, Korea), invertase처리균(Inverlyve P(400 IGIU/g), Daejongzymes, Korea) 및 cellulase, amylase와 invertase 효소 병용처리균으로 하였다. 즉 마쇄한 초당옥수수 알곡에 가수분해효소와 물을 첨가하여 1시간, 3시간, 5시간 동안 각각 55℃에서 80 rpm의 조건으로 교반하면서 효소처리를 진행하였다. 그 후 3,041×g에서 30분간 원심분리하고 여과를 3회 반복하여 정용하였으며 효소 불활성화를 위하여 90℃에서 30분간 처리하여 실험시키고 원심분리하여 상등액을 시료로 사용하였다.

### 3. 가용성 고형분 및 환원당 함량 측정

초당옥수수 알곡에 각각의 효소를 시간별로 처리하고 추출한 추출물의 가용성 고형분 함량 측정은 굴절 당도계(PAL-2, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법(Chae 등

Table 1. Formula for preparation of the super sweet corn enzyme-treated sample

Sample	Control	Cellulase	Pectinase	Amylase	Invertase	Cellulase+amylase+invertase
Super sweet corn (g)	100	100	100	100	100	100
Cellulase (mL)		24				24
Pectinase (mL)			24			
Amylase (mL)				24		24
Invertase (g)					1.2	1.2
Water (mL)	300	276	276	276	298.8	250.8
Total	400	400	400	400	400	400

2000)을 이용하여 측정하였다.

#### 4. 색도 측정

초당옥수수 알곡에 각각의 효소를 시간별로 처리하고 추출한 추출물의 색도는 색차계(Model CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였으며 각 시료당 3회 측정하여 평균값을 나타내었다. 측정에 사용된 표준 백색판의 L\*, a\*, b\* 값은 각각 95.02, 0.04, 0.26이었다.

#### 5. 유리당 함량 측정

초당옥수수 알곡에 각각의 효소를 시간별로 처리하고 추출한 추출물의 유리당 함량은 0.45 µm membrane filter를 통과시키고 Yu 등(2020)의 방법에 따라 HPLC(Waters, Millipore Co-Operative, Milford, MA, USA)로 측정하였으며 column은 SupelcosilTM LC-NH2(5 µm, 25 cm×4.6 mm), Detector는 RI detector(waters 410), 이동상은 acetonitrile : water(75:25, v/v), column 온도는 40℃로 하여 측정하였다.

#### 6. 항산화 성분 측정

초당옥수수 알곡에 각각의 효소를 시간별로 처리하고 추출한 추출물의 항산화 성분인 ascorbic acid, flavonoid 화합물 및 polyphenol 화합물의 함량 측정을 위하여 다음과 같이 측정하였다. Ascorbic acid의 함량은 각 효소처리 시료 0.2 mL에 10% trichloroacetic acid(TCA) 0.8 mL를 가하고 원심분리기에서 3,000 rpm으로 5분간 원심분리시킨 후 여과하고 여액 0.5 mL에 2% metaphosphoric acid와 10% phenol reagent를 혼합하여 상온에서 10분간 방치 후 UV-Vis spectrophotometer (Uvikon XL 70, Sacoman, Ales, France)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다(Park 등 2008). Flavonoid 화합물의 함량은 각 효소처리 시료 0.1 mL에 80% ethanol 0.9 mL를 가하여 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 각각 가하고 상온에서 40분간 방치 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였으며 표준물질로는 quercetin(Sigma-Aldrich)을 사용하였다(Moreno 등 2000). Polyphenol 화합물은 각 효소처리 시료 1 mL에 phenol reagent 0.5 mL와 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL, 증류수 7.5 mL를 차례대로 혼합하여 30분간 방치 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다(AOAC법 1995).

#### 7. 항산화 활성 측정

초당옥수수 알곡 효소처리 시료의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능을 측

정하였다.

DPPH radical 소거능은 각 효소처리 시료를 12배 희석하여 시료 2 mL에 0.2 mM DPPH 2 mL 첨가 및 혼합 후 상온에서 30분간 반응하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois MS 1958). ABTS radical 소거능은 ABTS 시약(2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM과 Potassium persulfate 2.6 mM을 제조한 후 하루 동안 암소에 방치한 시약의 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 증류수로 희석한 후 희석된 ABTS 시약 1 mL에 3배 희석한 효소처리 시료 0.05 mL를 첨가하고 상온에서 90분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re 등 1999).

#### 8. 통계처리

모든 실험의 분석 데이터는 SPSS 26.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 실험군 간 차이를 one-way ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test로 실험군 간 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 초당옥수수 효소처리 시료의 가용성 고형분 및 환원당 함량 측정

초당옥수수 알곡에 효소처리하여 제조한 각 시료의 가용성 고형분 및 환원당 함량 측정값은 Table 2와 같다. 가용성 고형분은 무처리군인 대조군은 2.00~2.30 °brix로 모든 효소처리 군들과 비교하였을 때 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었고 효소처리 시간을 증가시키에 따라 가용성 고형분의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 특히 효소처리군 증병용처리군은 1시간 처리 시 7.40 °brix로 모든 실험군에서 유의적으로 가장 높았고 3시간 처리시 8.90 °brix로 효소처리 시간이 증가함에 따라 가용성 고형분 함량이 증가하였고 그 후에는 유의적인 차이는 없어 대체적으로 3시간 내외에 가장 많은 변화를 보였고 이는 효소반응이 3시간 내외까지 활발히 일어나고 그 이후부터는 서서히 일어난 것으로 판단되었다.

환원당 함량의 경우 대조군은 시간별로 각각 1.86%, 1.95% 및 2.85%의 함량을 나타내어 시간이 증가함에 따라 환원당의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 효소처리군에서는 cellulase 처리군이 대조군보다 높은 함량을 보였지만 다른 효소처리군에 비해 처리시간 내내 낮은 함량을 나타내었다. 반면 amylase 처리군은 1시간 처리 시 12.95%로 대조군 대비 약 14배 이상 증가함을 알 수 있었다. 특히 효소 병용처리군은 amylase 처리군보다 그 함량이 효소처리 시간별로 각각 14.73%, 19.52% 및 17.34%로 다른 처리군에 비하여 유의적으

**Table 2. Changes in soluble solid, reducing sugar content of enzyme-treated super sweet corn extracts**

	Treatment	Treatment time		
		1 hr	3 hr	5hr
Soluble solid (°brix)	Control	2.13±0.15 <sup>fB1)</sup>	2.00±0.00 <sup>fB)</sup>	2.30±0.00 <sup>fA)</sup>
	Cellulase	6.00±0.00 <sup>bC)</sup>	6.07±0.06 <sup>bB)</sup>	6.40±0.00 <sup>bA)</sup>
	Pectinase	5.30±0.00 <sup>cC)</sup>	5.63±0.06 <sup>cB)</sup>	5.73±0.06 <sup>cA)</sup>
	Amylase	3.80±0.00 <sup>d)</sup>	4.50±0.00 <sup>d)</sup>	4.90±0.00 <sup>d)</sup>
	Invertase	2.50±0.00 <sup>e)</sup>	2.70±0.00 <sup>e)</sup>	2.70±0.00 <sup>e)</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	7.40±0.00 <sup>a)</sup>	8.90±0.00 <sup>a)</sup>	8.90±0.00 <sup>a)</sup>
Reducing sugar (%)	Control	1.86±0.02 <sup>eC)</sup>	1.95±0.15 <sup>fB)</sup>	2.85±0.03 <sup>fA)</sup>
	Cellulase	1.95±0.01 <sup>eC)</sup>	3.28±0.02 <sup>eB)</sup>	3.66±0.05 <sup>eA)</sup>
	Pectinase	5.63±0.07 <sup>dB)</sup>	7.30±0.29 <sup>dA)</sup>	7.62±0.09 <sup>eA)</sup>
	Amylase	12.95±0.23 <sup>bC)</sup>	15.26±0.24 <sup>bB)</sup>	16.26±0.30 <sup>bA)</sup>
	Invertase	7.61±0.03 <sup>cA)</sup>	7.64±0.06 <sup>cA)</sup>	7.33±0.04 <sup>dB)</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	14.73±0.15 <sup>aC)</sup>	19.52±0.23 <sup>aA)</sup>	17.34±0.06 <sup>aB)</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-f</sup>) and a row (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

로 가장 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었다. 이는 효소처리로 인하여 전분 등의 분해로 환원당의 함량이 증가하여 가용성 고형분 및 환원당 함량이 높게 나타나는 것으로 생각되며 특히 이들의 함량은 효소첨가량이 단독처리군보다 많아 더욱 높게 나타났을 것으로 판단되었다.

Gu 등(2006)의 가수분해조건에 따른 녹두의 특성 변화를 조사한 연구에서 가용성 고형분 함량과 환원당 함량은 무처리군보다 효소처리 시 함량이 높은 경향을 나타내어 연구결과와 유사하나, 단일효소 처리와 효소 병용처리 간의 큰 차이가 없어 효소의 종류에 따른 연구결과와는 다른 결과를 보였으며 이와 같은 결과는 초당옥수수와 녹두 간의 구성물질들의 차이와 효소의 종류 및 효소처리 조건 등에 차이가 있기 때문인 것으로 사료되었다.

## 2. 색도

초당옥수수 알곡에 효소처리하여 제조한 각 시료의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

명도(lightness)의 경우 대조군과 비교하여 cellulase 처리군, pectinase 처리군, invertase 처리군이 낮은 것으로 나타났고 amylase 처리군과 효소 병용처리군이 대조군과 비슷한 값을 보였으며 효소처리 시간에 따른 명도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 적색도(redness)의 경우 대조군과 비교하여 효소처리에 의해 감소하는 경향을 나타내었으며 효소처리 시간에 따른 증감의 경향은 없는 것으로 보였다. 황색도(yellowness)의 경우, 대조군, amylase 처리군, 효소 병용처리군이 낮은 값을 나타내었고 invertase 처리군이 가장 높은 값을

나타내었으며 효소처리 시간에 따른 변화는 효소처리 시간이 증가함에 따라 대체적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

Lee 등(2015)은 단일효소와 복합효소를 이용한 고추 추출액 제조 시 명도, 적색도 및 황색도 모두 큰 차이를 보이지 않은 경향을 나타내었으며, Kim 등(2015)은 효소 처리를 이용하여 단삼 추출물 제조 시 효소 처리 시 명도가 증가하는 경향을 나타내고 적색도와 황색도의 경우 처리 효소에 따라 증감하는 경향을 나타내어 다른 결과를 보이는 것으로 보아 원료와 처리 효소에 의한 차이를 보이는 것으로 사료되었다.

## 3. 유리당 함량 측정

초당옥수수 알곡에 효소처리하여 제조한 각 시료의 유리당 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 유리당 함량 측정은 glucose, fructose, sucrose, maltose가 검출되었으며, 처리 효소에 따라 검출되는 유리당의 종류 및 함량에 차이를 보였다. 대조군의 경우 1시간 처리 시 glucose, sucrose만 검출되었지만, 3시간 및 5시간 처리 시 fructose가 추가로 검출되었다. 대조군의 유리당 함량은 처리시간 내내 검출되는 유리당 총 함량이 효소 처리군에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 처리 효소에 따른 유리당 함량은 효소 병용처리군이 가장 많았고 다음으로는 cellulase 처리군, amylase 처리군, invertase 및 pectinase 처리군의 순으로 나타났다. 효소 병용처리군의 경우 glucose, fructose 및 maltose가 검출되었으며 시간별로 총 유리당 함량은 7.37%, 7.93% 및 6.99%의 함량을 나타내었다. 본 실험에 사용되었던 기질과 작용부위(Kang 등 2015)는 cellulase의 경우, cellulose의 β-1,4 결합을 가수분해하므로써

Table 3. Hunter's color value of enzyme-treated super sweet corn extracts

	Treatment	Treatment time		
		1 hr	3 hr	5 hr
L (lightness)	Control	45.13±0.02 <sup>cb1)</sup>	45.73±0.05 <sup>ba</sup>	45.71±0.02 <sup>ba</sup>
	Cellulase	42.09±0.02 <sup>cc</sup>	42.29±0.06 <sup>db</sup>	42.51±0.09 <sup>da</sup>
	Pectinase	43.07±0.06 <sup>db</sup>	44.77±0.04 <sup>ca</sup>	44.67±0.05 <sup>ca</sup>
	Amylase	45.99±0.02 <sup>aAB</sup>	45.97±0.04 <sup>ab</sup>	46.04±0.03 <sup>aA</sup>
	Invertase	40.50±0.04 <sup>fc</sup>	41.18±0.02 <sup>eb</sup>	42.05±0.07 <sup>ca</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	45.87±0.09 <sup>bb</sup>	46.01±0.03 <sup>aA</sup>	45.71±0.03 <sup>bc</sup>
a (redness)	Control	1.04±0.03 <sup>ab</sup>	1.07±0.01 <sup>aA</sup>	0.94±0.02 <sup>ac</sup>
	Cellulase	0.69±0.01 <sup>db</sup>	0.79±0.02 <sup>da</sup>	0.80±0.01 <sup>ca</sup>
	Pectinase	0.91±0.03 <sup>ca</sup>	0.91±0.01 <sup>ba</sup>	0.86±0.02 <sup>bb</sup>
	Amylase	0.99±0.02 <sup>ba</sup>	0.87±0.01 <sup>cb</sup>	0.84±0.02 <sup>bc</sup>
	Invertase	-0.24±0.01 <sup>cc</sup>	0.17±0.03 <sup>eb</sup>	0.49±0.01 <sup>ca</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	0.91±0.02 <sup>ca</sup>	0.93±0.02 <sup>ba</sup>	0.76±0.02 <sup>db</sup>
b (yellowness)	Control	-1.03±0.02 <sup>ea</sup>	-1.52±0.02 <sup>fc</sup>	-1.41±0.01 <sup>fb</sup>
	Cellulase	0.95±0.01 <sup>ba</sup>	0.69±0.02 <sup>bb</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>
	Pectinase	0.16±0.03 <sup>ca</sup>	-0.53±0.01 <sup>cb</sup>	-0.57±0.02 <sup>cc</sup>
	Amylase	-1.31±0.02 <sup>fc</sup>	-1.11±0.01 <sup>db</sup>	-1.08±0.01 <sup>ca</sup>
	Invertase	2.94±0.02 <sup>aA</sup>	1.85±0.04 <sup>ab</sup>	0.86±0.03 <sup>ac</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	-0.94±0.01 <sup>db</sup>	-1.18±0.02 <sup>cc</sup>	-0.75±0.02 <sup>da</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-f</sup>) and a row (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

glucose의 함량이 높아졌으며 pectinase는 pectin 물질의  $\alpha$ -1,4 결합을 가수분해하지만 실험에 사용한 초당옥수수내 pectin 물질의 양이 적은 것으로 판단되었고 amylase는 전분의  $\alpha$ -1,4 결합을 가수분해함으로써 maltose의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. Invertase의 경우, sucrose를 가수분해하여 sucrose는 없어지고 대신 glucose와 fructose가 증가하는 것으로 판단되었다.

Lee 등(2008)의 녹차 생엽에 효소처리 조건에 따른 녹차 추출물 조사에 관한 연구에서 녹차 생엽에 복합효소 처리 시 무처리군에 비해 glucose와 fructose의 함량이 증가하는 결과를 보아 유사한 경향을 나타냈으나, sucrose의 함량도 함께 증가하여 연구결과와 다소 다른 결과를 보였다. 이처럼 효소 처리에 따른 유리당의 구성 및 함량 차이는 시료의 종류, 효소의 종류 및 처리조건에 따라 차이를 내는 것으로 판단되었다.

#### 4. 초당옥수수 효소처리 시료의 항산화 성분 측정

초당옥수수 알곡에 효소처리하여 제조한 시료의 ascorbic acid, flavonoid 화합물, polyphenol 화합물의 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같다.

Ascorbic acid의 함량의 경우 대조군은 1시간 추출시 7.18

mg%, 5시간 추출시에도 7.18 mg%로 추출시간에 따른 큰 변화는 없는 것으로 나타났다. 그러나 효소처리군들 중에서 효소 병용처리군은 1시간 처리 시 9.96 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었다. Invertase 처리군과 효소 병용처리군이 효소 처리 시간이 증가함에 따라 유의적으로 함량이 높아졌고 다른 실험군의 경우, 시간에 따른 함량변화에 대한 증감의 경향을 보이지는 않았다.

Flavonoid 화합물의 함량은 대조군은 1시간 추출시 51.18 mg%였으며 추출시간이 증가할수록 증가하여 3시간 추출시에는 142.30 mg%의 함량을 보였다. 효소처리군의 경우, 대조군과 비교할 때 모든 효소처리 실험군에서 함량이 유의적으로 증가함을 알 수 있었다. 특히 cellulase 처리군과 효소 병용처리군은 300 mg% 이상의 함량으로 대조군에 비하여 가장 많은 함량을 나타내어 효소처리에 의해 flavonoid 화합물의 함량이 증가함을 알 수 있었다.

Polyphenol 화합물의 함량은 대조군은 1시간 추출시 19.12 mg%였으며 추출시간이 증가함에 따라 27.13 mg%였으며 모든 효소처리 실험군에서 대조군과 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었다. 특히 cellulase 처리군과 효소 병용처리군이 flavonoid 화합물의 함량에서와 마찬가지로

Table 4. Changes in free sugar contents of enzyme-treated super sweet corn extracts

Time	Treatment	Free sugar (%)				
		Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Total
1 hr	Control	0.34±0.00 <sup>f</sup>	-	1.37±0.00 <sup>b</sup>	-	1.71±0.00 <sup>c</sup>
	Cellulase	3.65±0.03 <sup>b</sup>	-	1.37±0.01 <sup>b</sup>	-	5.02±0.04 <sup>b</sup>
	Pectinase	1.09±0.01 <sup>c</sup>	0.50±0.00 <sup>b1)</sup>	-	-	1.59±0.02 <sup>f</sup>
	Amylase	0.82±0.00 <sup>e</sup>	-	1.47±0.01 <sup>a</sup>	1.01±0.00	3.29±0.01 <sup>c</sup>
	Invertase	1.04±0.01 <sup>d</sup>	0.77±0.03 <sup>a</sup>	-	-	1.81±0.05 <sup>d</sup>
	Cellulase+Amylase+Invertase	5.53±0.03 <sup>a</sup>	0.74±0.02 <sup>a</sup>	-	1.10±0.01	7.37±0.05 <sup>a</sup>
3 hr	Control	0.41±0.00 <sup>f</sup>	0.18±0.13 <sup>b</sup>	1.22±0.01 <sup>c</sup>	-	1.81±0.17 <sup>d</sup>
	Cellulase	3.38±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.12 <sup>b</sup>	1.37±0.01 <sup>b</sup>	-	4.83±0.16 <sup>b</sup>
	Pectinase	1.26±0.01 <sup>c</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	-	-	1.84±0.02 <sup>d</sup>
	Amylase	0.89±0.01 <sup>e</sup>	-	1.45±0.01 <sup>a</sup>	1.13±0.01	3.47±0.03 <sup>c</sup>
	Invertase	1.07±0.00 <sup>d</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	-	-	1.83±0.03 <sup>d</sup>
	Cellulase+Amylase+Invertase	5.97±0.08 <sup>a</sup>	0.75±0.01 <sup>a</sup>	-	1.21±0.07	7.93±0.18 <sup>a</sup>
5 hr	Control	0.45±0.01 <sup>f</sup>	0.30±0.04 <sup>c</sup>	1.13±0.00 <sup>c</sup>	-	1.87±0.05 <sup>e</sup>
	Cellulase	3.75±0.01 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>c</sup>	1.25±0.03 <sup>b</sup>	-	5.24±0.05 <sup>b</sup>
	Pectinase	1.39±0.01 <sup>c</sup>	0.62±0.00 <sup>b</sup>	-	-	2.01±0.00 <sup>d</sup>
	Amylase	0.99±0.01 <sup>e</sup>	0.08±0.11 <sup>d</sup>	1.35±0.01 <sup>a</sup>	1.26±0.01	3.68±0.13 <sup>c</sup>
	Invertase	1.17±0.00 <sup>d</sup>	0.80±0.00 <sup>a</sup>	-	-	1.97±0.00 <sup>de</sup>
	Cellulase+Amylase+Invertase	4.86±0.05 <sup>a</sup>	0.76±0.01 <sup>a</sup>	-	1.37±0.01	6.99±0.04 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-f</sup>) were significantly different ( $p<0.05$ ).

로 대조군보다 높은 함량을 보였으며 Shahidi & Yeo(2016)는 발효, 발아, 로스팅, 압출 등 식품 가공 절차 중에 세포벽 매트릭스에서 방출될 수 있다고 하여 본 결과를 뒷받침해 주었다.

Yoo 등(2013)의 효소 처리 가공이 당근의 항산화 활성 변화에 미치는 영향에 관한 연구에서는 효소 처리 시 총 flavonoid 화합물 함량과 총 polyphenol 화합물 함량이 증가하는 결과를 보아 유사한 경향을 나타내었다. Lee 등(2021)은 병풀에 효소 처리 시 항산화 성분 함량이 증가하였고 효소를 병용처리하여 사용 시 가장 높은 항산화 성분 함량을 보인다고 하여 효소 처리로 인하여 식물체내 조직이 연화되어 추출과정 중 효소 처리군의 추출능이 증가하는 것으로 판단되었다.

##### 5. 초당옥수수 효소처리 시료의 항산화 활성 측정

초당옥수수 알곡에 효소처리하여 제조한 추출물의 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능을 측정된 값은 Table 6 과 같다.

DPPH 라디칼 소거능 측정값의 경우 대조군은 추출 시간 별로 각각 41.59%, 44.30% 및 50.75%로 추출시간의 증가에 따라 소거능도 증가하는 경향이였다. 효소처리군은 대조군 과 비교하여 모든 실험군에서 유의적으로 높은 라디칼 소거

능을 나타냈으며, 1시간 처리 시 cellulase 처리군이 59.38%로 가장 높은 활성을 나타냈으며 다음으로 효소 병용처리군, invertase 처리군의 순으로 나타났다. 효소 처리 시간에 따른 변화에서는 대조군과 마찬가지로 처리시간이 증가함에 따라 라디칼소거능도 높아지는 경향이였고 처리시간 내내 효소처리군이 높은 활성을 보였다.

ABTS 라디칼 소거능은 대조군이 39.47~47.31%였으며 모든 효소처리 실험군에서 대조군 대비 활성이 증가하는 경향을 나타내었으며 cellulase 효소처리군이 63.57~67.74%로 가장 높은 활성을 나타냈다. 또한, 효소 처리 시간이 증가함에 따라 활성이 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 효소처리에 의해 flavonoid 화합물을 비롯한 항산화 성분들의 함량이 증가하기 때문인 것으로 사료되었다.

Kim 등(2023)의 효소처리 농도 및 시간에 따른 섬썩부쟁이 추출물 특성에 관한 연구에서 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 효소 처리 시 증가하는 결과를 나타내어 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, 효소 처리한 섬썩부쟁이 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능이 효소의 농도가 높아짐에 따라 유의적으로 높아지는 경향을 나타냄에 따라 효소의 농도에 따른 변화를 알 수 있었으며

**Table 5. Ascorbic acid, flavonoids and polyphenols contents of enzyme-treated super sweet corn extracts**

	Sample	Treatment time		
		1 hr	3 hr	5 hr
Ascorbic acid (mg %)	Control	7.18±0.79 <sup>c1)</sup>	7.70±0.30 <sup>b</sup>	7.18±0.79 <sup>b</sup>
	Cellulase	7.70±1.31 <sup>bc</sup>	7.36±1.67 <sup>b</sup>	7.36±1.50 <sup>b</sup>
	Pectinase	5.11±0.29 <sup>dB</sup>	8.57±1.04 <sup>bA</sup>	7.53±0.90 <sup>bA</sup>
	Amylase	7.18±1.67 <sup>cA</sup>	4.76±0.59 <sup>cB</sup>	7.36±1.08 <sup>bA</sup>
	Invertase	9.43±0.79 <sup>abB</sup>	13.94±1.08 <sup>aA</sup>	12.90±1.59 <sup>aA</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	9.96±0.30 <sup>aB</sup>	8.92±1.08 <sup>bB</sup>	12.38±0.79 <sup>aA</sup>
Flavonoid (mg %)	Control	51.18±5.13 <sup>fC</sup>	74.89±4.45 <sup>dB</sup>	142.30±10.96 <sup>dA</sup>
	Cellulase	397.85±8.98 <sup>aA</sup>	301.56±22.55 <sup>aB</sup>	308.22±15.40 <sup>bB</sup>
	Pectinase	115.63±7.15 <sup>dB</sup>	174.89±34.50 <sup>bA</sup>	103.04±14.28 <sup>cB</sup>
	Amylase	87.48±7.15 <sup>cC</sup>	134.89±13.52 <sup>cB</sup>	171.92±19.42 <sup>dA</sup>
	Invertase	166.00±4.44 <sup>cC</sup>	299.33±18.19 <sup>aA</sup>	243.04±22.37 <sup>cB</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	300.07±20.04 <sup>bC</sup>	308.22±26.94 <sup>aB</sup>	392.67±30.55 <sup>aA</sup>
Polyphenol (mg %)	Control	19.12±0.29 <sup>fC</sup>	20.50±0.90 <sup>eB</sup>	27.13±0.52 <sup>eA</sup>
	Cellulase	57.60±1.16 <sup>aAB</sup>	53.51±3.33 <sup>bB</sup>	59.77±1.67 <sup>bA</sup>
	Pectinase	46.40±3.42 <sup>c</sup>	48.71±1.21 <sup>c</sup>	50.43±1.94 <sup>c</sup>
	Amylase	40.38±1.49 <sup>dB</sup>	51.77±0.85 <sup>bcA</sup>	54.10±4.14 <sup>eA</sup>
	Invertase	31.83±0.32 <sup>eC</sup>	36.07±0.35 <sup>dA</sup>	34.90±0.41 <sup>dB</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	52.05±0.92 <sup>bC</sup>	65.73±2.37 <sup>aB</sup>	70.77±1.91 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-c</sup>) and a row (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 6. Antioxidant activities of enzyme-treated super sweet corn extracts**

	Sample	Treatment time		
		1 hr	3 hr	5 hr
DPPH radical scavenging activity (%)	Control	41.59±0.01 <sup>dC1)</sup>	44.30±0.30 <sup>eB</sup>	50.75±0.49 <sup>eA</sup>
	Cellulase	59.38±1.40 <sup>aB</sup>	70.49±0.86 <sup>bA</sup>	71.46±1.32 <sup>bA</sup>
	Pectinase	46.54±0.91 <sup>cB</sup>	65.23±0.10 <sup>cA</sup>	66.32±0.54 <sup>cA</sup>
	Amylase	48.23±0.48 <sup>cB</sup>	61.68±0.63 <sup>dA</sup>	62.46±0.37 <sup>dA</sup>
	Invertase	55.26±1.86 <sup>bB</sup>	60.96±1.53 <sup>dA</sup>	61.55±1.14 <sup>dA</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	56.02±0.54 <sup>bC</sup>	83.63±0.45 <sup>aA</sup>	75.63±0.08 <sup>aB</sup>
ABTS radical scavenging activity (%)	Control	42.08±0.42 <sup>dB</sup>	39.47±0.70 <sup>dB</sup>	47.31±2.17 <sup>dA</sup>
	Cellulase	63.57±0.83 <sup>aB</sup>	64.12±0.95 <sup>aB</sup>	67.74±1.93 <sup>aA</sup>
	Pectinase	54.29±1.16 <sup>b</sup>	54.41±1.43 <sup>b</sup>	55.69±0.89 <sup>c</sup>
	Amylase	43.72±0.53 <sup>dC</sup>	51.09±0.41 <sup>cB</sup>	53.51±1.05 <sup>cA</sup>
	Invertase	48.79±2.02 <sup>cB</sup>	52.58±2.57 <sup>bcAB</sup>	54.02±0.84 <sup>cA</sup>
	Cellulase+amylase+invertase	48.95±1.01 <sup>cB</sup>	62.91±1.16 <sup>aA</sup>	60.88±1.11 <sup>bA</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-c</sup>) and a row (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

본 결과와 일치하는 경향이였다.

한편, 초당옥수수의 분석한 각각의 항산화 성분들과 항산화 활성들에 대한 상관분석(Table 7)에서는 polyphenol 화합

물과 DPPH 라디칼 소거능간의 r값이 0.752로 가장 높은 것으로 나타났으며 polyphenol 화합물과 ABTS 라디칼 소거능간에도 높은 상관관계(0.716)를 보이는 것으로 나타났다.



**Table 7. Correlation coefficients among antioxidant compounds and antioxidant activity in enzyme-treated super sweet corn extracts**

	Ascorbic acid	Flavonoids	Polyphenols	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging
Ascorbic acid	1.000				
Flavonoids	0.386	1.000			
Polyphenols	0.023	0.356	1.000		
DPPH radical scavenging	0.279	0.526	0.752	1.000	
ABTS radical scavenging	0.054	0.542	0.716	0.665	1.000

이상의 결과로 보아 초당옥수수의 활용도 증진을 위해 알곡에 가수분해 효소를 처리하였고 그 결과, 가용성 고형분, 유리당, 항산화 성분 등 생리적 기능성 물질들의 함량 증가와 라디칼 소거능도 증가시킬 수 있었으며 초당옥수수 알곡에의 효소처리시 단독보다는 병용처리하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

### 요약 및 결론

초당옥수수의 활용도 등을 증진시키기 위하여 알곡에 cellulase, pectinase, amylase, invertase 및 이들 효소들의 병용 처리로 초당옥수수 추출물을 제조하고 이화학적 및 항산화 활성 변화를 분석하였다. 가용성 고형분과 환원당 함량은 대조군에 비해 모든 효소처리군들이 높은 함량을 보였고 효소 처리 시간이 증가함에 따라 가용성 고형분 및 환원당의 함량이 증가하였다. 특히 효소 병용처리군이 가장 높은 함량을 보였다. 색도의 경우, 명도는 처리기간 큰 차이를 보이지는 않았고 적색도는 대조군이 높은 값을, 황색도는 invertase 처리군이 가장 높은 값을 나타내었다. 유리당 함량은 대조군이 가장 낮은 함량을 보였고 효소 병용처리시 유리당의 함량이 대조군에 비해 약 4배 이상 증가하였다. 항산화 성분의 함량에서는 ascorbic acid, flavonoid 화합물, polyphenol 화합물 모두 대조군에 비하여 효소처리군이 높은 함량을 보였으며 특히 효소 병용처리군이 가장 높은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능에서도 대조군에 비하여 모든 효소처리군에서 유의적으로 높은 라디칼 소거능을 나타냈으며 cellulase 처리군과 효소병용처리군이 높은 활성을 나타내었고 효소처리 시간이 증가할수록 활성도 증가하였다.

### 감사의 글

본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구

재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업(2021RIS-001)과 2021년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(No. 2021R1A6A1A03046418).

### References

- Abe A, Adelegan CA. 2019. Genetic variability, heritability and genetic advance in Shrunken-2 super-sweet corn (*Zea mays L. saccharata*) populations. *J Plant Breed Crop Sci* 11:100-105
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemist International
- Baek SB, Son BY, Kim JT, Bae HH, Go YS, Kim SL. 2020. Changes and prospects in the development of corn varieties in Korea. *Korean J Breed Sci* 52:93-102
- Ballicora MA, Iglesias AA, Preiss J. 2003. ADP-glucose pyrophosphorylase, a regulatory enzyme for bacterial glycogen synthesis. *Microbiol Mol Biol Rev* 67:213-225
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chae SK, Kang KS, Ma SJ, Bang GW, Oh MH, Oh SH. 2000. Standard Food Analysis. pp.299-301, 403-404. Jigumunhwasa
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2022. World food and agriculture - Statistical yearbook 2022. Available from <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2211en> [cited 16 October 2023]
- Gu YA, Jang SY, Park NY, Mun CR, Kim OM, Jeong YJ. 2006. Property changes of mung bean depending on hydrolysis conditions. *Korean J Food Preserv* 13:563-568
- Kang IJ, Kang MH, Kim MS, Park SS, Byun EH, Yoo SH, Hook HS, Lee KH, Lee MK, Lee YT, Lee OH, Lee JS, Lim

- SS, Lim JY, Jeon WJ, Jung SJ, Jung YH, Jung HJ. 2015. Food Chemistry. pp.202-204. Life Science
- Kim SH, Hwang IW, Chung SK, Seo YJ, Kim JS, Jeong YJ, Kim MY. 2015. Physicochemical properties of *Salvia miltiorrhiza* Bunge following treatment with enzymes. *Korean J Food Preserv* 22:699-707
- Kim SH, Yoon SR, Jeong YJ. 2023. Quality characteristics of *Aster glehni* extract depending on the concentration and time of enzyme treatment. *Korean J Food Preserv* 30: 654-662
- Lee JY, Choi GH, Lee KH. 2015. Physicochemical and sensory properties of red pepper extract treated with enzyme complex. *Korean J Food Nutr* 28:628-634
- Lee KH, Joo GY, Kim CY, Han KJ, Jang DB, Yun JH, Yu KW, Bae YJ. 2021. Physicochemical quality change of enzyme-treated *Centella asiatica* and preparation of jam using enzyme-treated *Centella asiatica*. *Korean J Food Nutr* 34:612-620
- Lee LS, Cha HS, Park JD, Yi SH, Kim SH. 2008. High quality green tea extract production from enzyme treated fresh green tea leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1025-1029
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park AR, Lee KY, Kim TH, Choi JG, Lee HY, Choi SJ, Kwon SB, Kim HY. 2019. Study of nutrient analysis by specie of domestically cultivated popcorns. *J Food Hyg Saf* 34: 438-446
- Park SB, Park WH, Cha SH, Han IB, Bak SL, So YS, Hyun TK, Lee SY, Jang KI. 2022. Quality characteristics of super sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt.) jam, based on the addition of varying amounts of sucrose. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:381-388
- Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics, and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17:251-256
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Shahidi F, Yeo J. 2016. Insoluble-bound phenolics in food. *Molecules* 21:1216
- Yang SK, Hong SB, Lee SS. 2007. Planting time for the economic yield of a super sweet corn hybrid in the southern part of Korea. *Korean J Crop Sci* 52:325-333
- Yoo JK, Lee JH, Cho HY, Kim JG. 2013. Change of antioxidant activities in carrots (*Daucus carota* var. *sativa*) with enzyme treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:262-267
- Yu KW, Bae YJ, Bae YJ, Joo GY, Kim CY, Yun JH, Lee KH. 2020. Qualities analysis of domestic soybean cultivars. *Korean J Food Nutr* 33:666-671

---

Received 15 November, 2023  
 Revised 05 December, 2023  
 Accepted 06 December, 2023

# RAW264.7 대식세포에서 표고버섯과 다시마 혼합 추출액의 항염증 효과

김수봉\* · 강순아\*\*,\*\*

호서대학교 벤처대학원 융합공학과 박사과정 학생, \*호서대학교 보건산업연구소 연구원  
\*\*호서대학교 벤처대학원 융합공학과 교수, \*\*\*호서대학교 보건산업연구소 소장

## Anti-Inflammatory Effects of Shiitake Mushroom and Kelp Mixture Extracts in RAW264.7 Cell

Soo Bong Kim\* and †Soon Ah Kang\*\*,\*\*

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

\*Researcher, Institute of Health Industry, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

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

\*\*\*Director, Institute of Health Industry, Hoseo University, Seoul 06724, Korea

### Abstract

We investigated the anti-inflammatory effects of shiitake mushroom and kelp (SMK) mixture extracts in lipopolysaccharide (LPS)-stimulated murine RAW 264.7 cells. Treatment of RAW 264.7 cells with LPS significantly increased NO (nitric oxide) production, pro-inflammatory cytokines (tumor necrosis factor (TNF)- $\alpha$ , interferon (IFN)- $\gamma$ , interleukin (IL)-6, and IL-1 $\beta$ ), and inflammation-related genes (COX-2 and inducible nitric oxide synthase (iNOS)). In cytotoxicity testing using RAW 264.7 cells, SMK mixture extracts in the range of 1-16  $\mu$ g/mL did not inhibit cell proliferation. However, SMK mixture extracts significantly inhibited NO production in a dose-dependent manner ( $p < 0.05$ ). SMK treatment significantly decreased TNF- $\alpha$ , IL-6, IFN- $\gamma$ , and IL-1 $\beta$  levels compared to the LPS group, and similarly, pro-inflammatory cytokine mRNA levels also decreased. SMK mixture extracts reduced the mRNA expression of COX-2 and iNOS in RAW 264.7 cells compared to LPS ( $p < 0.05$ ). The above results show that SMK mixture extracts suppressed the inflammatory response induced by LPS. In particular, the extracts were shown to regulate the inflammatory response by suppressing the expression of inflammatory cytokines and inflammation-related enzymes.

Key words: anti-inflammatory effect, shiitake mushroom and kelp mixture, RAW 264.7 cells

### 서론

염증은 생체의 방어기작으로 발병 요인에 의하여 감염 혹은 상처반응 시에 일어나는 반응으로(Wang 등 2002), 다양한 장기들에 영향을 줌으로써 비만, 당뇨, 심혈관질환, 천식, 치매, 암 등을 유발하는 요인이 된다(Hotamisligil GS 2017). 과량 생산되는 염증 매개 물질은 과한 면역반응을 일으키면서 질환을 악화시키게 되므로 염증 관련 유전자들의 활성력을 억제한다면 염증 매개 물질들의 생성을 억제하면서 질병을 억제할 수 있다. 이에 다양한 식품소재 혹은 약용작물의 염증 관련 인자를 억제할 수 있는 효능 연구가 진행되고 있다.

법제한 소리쟁이의 NO 생성을 억제하며 전 염증성 사이토카인의 발현을 감소하는 항염증 효과 연구(Kim & Kang 2019), 쪽으로부터 생성되는 청대 추출물의 염증 유발 사이토카인 감소 효과 및 염증 조절 효과(Jang & Kang 2022), 복분자의 면역기능 활성 효과(Jo JK 2013), 미나리 과에 속하는 회향의 에틸아세테이드 층의 항염증 효과(Yang 등 2014) 등의 다양한 소재 연구가 진행되고 있다.

버섯은 일반적으로 탄수화물, 지질, 단백질, 비타민 및 무기질과 같은 영양소가 골고루 함유되어 있으며, 맛과 향을 내므로 식용으로 이용되어왔다. 최근에는 버섯의 영양성분 및 약효성분이 분석되면서 또한, 단백질 및 아미노산이 풍부

† Corresponding author: Soon Ah Kang, Professor, Dept. of Convergence Science and 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

하게 함유되어 있어서 관심이 높은 식품 원료이다(Hong 등 1989). 특히, 표고버섯(*Shiitake Mushroom: Lentinus edodes*)은 참나무 혹은 밤나무 등에 기생하며 특유의 맛을 내면서 향이 강하다(Oh 등 2015). 해조류인 다시마(*Laminaria japonica; kelp, sea tangle*)는 독특한 맛과 향을 가지고 있고, 정미성분이 풍부하여 다양한 국물을 우려내는 조미 재료로 많이 활용하고 있다. 다시마는 열량이 매우 낮고 비타민과 칼슘, 마그네슘, 칼륨 및 인산 등 무기질, 식이섬유소가 풍부하며 요오드의 함량이 다른 해조류에 비하여 높아 건강기능성 식품 소재로 많이 알려져 있다(Shin 등 2011).

식품 소재인 표고버섯의 기능성은 항산화 효과 및 항암 효능(Qi 등 2013), 항균 효과(Kim 등 2002; Han 등 2015), 혈당 강하 효과 및 비만 예방효과(Cho & Bang 2004) 등의 연구 결과가 보고되었다. 다시마에 함유된 알긴산은 수용성 식이 섬유 혈중 콜레스테롤 및 혈중 중성지방 저하 효과, 체내 나트륨의 과다 흡수 억제 효과, 중금속 흡수 방지 및 배출 효과가 있고 (Kang HJ 1994; Kim 등 2000) 후코이단 성분이 풍부하여 항암 작용 및 항혈액응고작용 등 다양한 활성을 갖고 있다(Nakashima 등 1987; Haroun-Bouhedja 등 2000; Kim 등 2011). 일반적으로 육수의 재료로 사용하는 다시마와 표고버섯을 혼합한 조미 농축액을 첨가하여 제조한 돌산갓김치의 품질특성(Oh 등 2015), 다시마, 버섯, 갓을 첨가한 김치의 항산화 효과(Ha & Kang 2018), 다시마 첨가 배추김치의 항산화 효과 및 지질산화작용 억제(Ku 등 2007) 등이 있다. 해조류는 특히, 다시마, 미역, 청각 등은 리그닌, 섬유소, 알긴산이 풍부하고, 항산화력이 강한 소재로 알려져 있다(Cho 등 1993). 이에 본 연구에서는 표고버섯과 다시마 혼합추출액을 첨가한 김치의 항염증 연구를 위한 기초연구자료로 활용하기 위하여 표고버섯과 다시마 혼합추출액의 RAW264.7 대식세포에서의 항염증효과를 연구하여 항염증 기능성김치의 개발에 도움을 주고자하며 또한 다양한 육수로 사용 시 항염증 기능성 소재로의 활용성을 높이고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 준비

본 실험에 사용한 다시마와 표고버섯은 2023년 3월에 완제품 형태로 대형할인판매점에서 구매하여 그라인더로 분쇄하여 60 mesh를 통과한 분말을 사용하였고 실험 전까지  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다. 다시마와 표고버섯 물 추출액은 다시마분말 50 g과 표고버섯 분말 50 g에 2 L의 3차 증류수를 넣고 실온에서 24시간 추출한 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman, Tokyo Roshi Kaisha, Ltd, Tokyo, Japan)로 여과한 후  $65^{\circ}\text{C}$ 에서 농축, 동결 건조과정을 통하여 분말화하였다(Kim SJ 2012;

Park 등 2018). 다시마와 표고버섯 물 추출물은 동결건조 분말을 농도별로 DPBS(Dulbecco's Phosphate buffered saline, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)에 희석하여 여과한 후, 실험에 사용하였다.

### 2. RAW 264.7 세포 배양

대식세포 RAW 264.7는 American Type Culture Collection (ATCC, Rockville, MD, USA)에서 분양받아 사용하였다. 세포 배양을 위한 배지는 Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액에 10% fetal bovine serum(FBS, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)과 100 U/mL농도의 penicillin-streptomycin(PS, Welgene Inc., Gyeongsan, Korea)을 혼합하여 사용하였다. 배양기에서 배양조건은  $37^{\circ}\text{C}$ , 5%  $\text{CO}_2$ 에서 실시하였다(Amrouche 등 2006; Lee 등 2014).

### 3. 세포독성분석

대식세포 RAW 264.7를 well 당  $3 \times 10^5$  cells/mL를 96 well plate에 배양하였고 각 well 당 시료를 20  $\mu\text{L}$  씩 첨가하고  $37^{\circ}\text{C}$ , 5%  $\text{CO}_2$  incubator에서 24시간 배양시켰다. 배양 후에는 MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) 용액을 50  $\mu\text{L}$ 씩 첨가하고 4시간 incubation한 후 MTT 용액을 제거한 다음 dimethyl sulfoxide(DMSO)를 150  $\mu\text{L}$ 씩 분주한 후 Wallac Victor3 1420 Multilabel Counter(Perkin-Elmer, Wellesley, MA, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 4. Nitric oxide(NO) 생성 농도 측정

RAW 264.7 세포의 NO 생성량 측정은 Griess reagent (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 Luna automated cell counter(Logos Biosystems, Anyang, Korea)로 세포의 수를 측정하였다. 96-well plate의 각각의 well당  $3 \times 10^5$  cells/mL 농도로 분주한 후 24시간 배양 후 lipopolysaccharide (LPS, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 2  $\mu\text{g}/\text{mL}$  씩 투여한 후 0.2  $\mu\text{m}$  필터(GVS Filtration Inc., Bloomer, WI, USA)로 여과한 시료를 0.1 mg/mL 농도로 48시간 처리하였다. Griess 용액을 배양 상층액에 각각 처리한 후, Wallac Victor3 1420 Multilabel Counter(Perkin-Elmer, Wellesley, MA, USA)로 550 nm에서 흡광도(OD)를 분석하였다(Livak & Schmittgen 2001).

### 5. 전염증성 사이토카인 분비량 측정

세포배양액 내의 전염증성 사이토카인 분비량을 측정하기 위하여 enzyme-linked immunosorbent assay kit(BioLegend, San Diego, CA, USA)의 microplate에 anti-mouse TNF- $\alpha$ , IFN-

γ, IL-6, IL-1β mAb를 분주한 후 24시간 코팅하였다. 세척용액은 0.05% Tween 20을 함유한 phosphate buffered saline-Tween(PBST) 용액으로 세척하고 10% FBS로 블러킹 시킨다. PBST 용액으로 세척 후 2시간이 지난 후 다시 PBST 용액으로 세척한 후 제조사에서 제공한 실험방법에 의하여 Optical density는 Wallac Victor3 1420 Multilabel Counter (Perkin-Elmer, Wellesley, MA, USA)를 이용하여 450 nm에서 측정하였다(Livak & Schmittgen 2001).

### 6. 염증관련 사이토카인 mRNA 발현 측정

RAW 264.7를 well 당  $3 \times 10^5$  cell/mL의 농도로 96 well plate에 배양하였고 37°C, CO<sub>2</sub> incubator에서 배양을 24시간 진행 후 배지는 제거하고 염증 유발인자인 1 µg/mL LPS를 투여한 후 0.2 µm 필터로 여과한 시료를 48시간 동안 첨가하였다(Livak & Schmittgen 2001; Song 등 2017). Real Time-Quantitative Polymerase Chain Reaction(RT-qPCR) 방법은 배지 제거 후 Trizol(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) 용액을 활용하여 RNA 분리과정 후 NanoDrop ND-1000(NanoDrop Technologies Inc., Wilmington, DE, USA) 미량 분광광도계를 활용하여 사이토카인을 정량하였다. NanoDrop ND-1000은 미량의 핵산과 단백질 농도를 빠르고 정확하게 측정하는 미량 분광광도계로서 1 µL의 샘플을 고정밀도와 재현성있게 측정할 수 있으며, 220~750 nm의 전 스펙트럼을 사용한다. 정량되어진 RNA는 Superscript II reverse transcriptase(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)로 역전사반응을 거쳐 cDNA를 합성하였다. cDNA와 사이토카인 각각의 primer, SYBR green(Solis biodyne, Tartu, Estonia) 시약을 혼합 후 thermal cycler BioRad CFX-96 real time system(BioRad, Hercules, CA, USA) 기기를 활용하여 사이토카인 유전자 발현을 분석하였다.

### 7. 통계처리

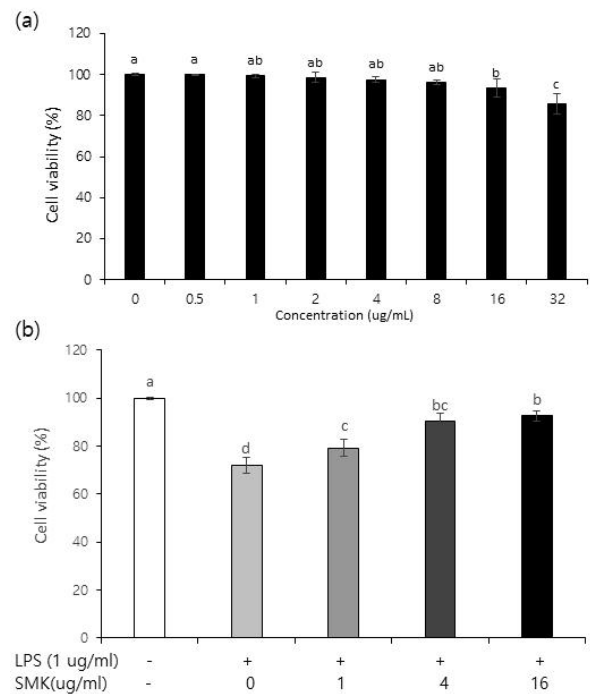
모든 실험에 대한 결과는 평균±standard deviation(SD)로 표시하였고, RT-qPCR 결과값은 평균±standard error(SE)로 표시하였다. 모든 실험에 대한 통계처리는 SPSS v18 statistical software package(SPSS Inc., Westlands, Hong Kong)를 이용하여 군간의 분산분석은 one-way analysis of variance(ANOVA)로 하였고 Con 군과 LPS 군의 유의성 검증은 Student *t*-test로 검증하였고 LPS 군과 시료 처리군간의 검증은 Duncan's 다중검정법으로 *p* value가 <0.05일 때 유의성을 판별하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 세포 생존율 측정

Raw 264.7 대식세포에서 다시마와 표고버섯 혼합 추출물

(SMK)을 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 µg/mL 농도별로 각각 처리한 후 세포 생존율 측정 결과 93~100%로 나타났다. SMK의 농도가 1 µg/mL에서  $99.47 \pm 0.80\%$ , 4 µg/mL에서  $97.54 \pm 1.25\%$ , 16 µg/mL에서  $93.27 \pm 4.53\%$ 로 생존율을 보이면서 세포 증식을 유도하였다. 따라서 이 농도 범위에서는 세포에 독성을 나타내지 않으면서 세포 염증성 인자의 억제작용에 효과적일 것으로 보였다(Fig. 1A). 또한 LPS와 SMK 추출물을 동시에 처리한 경우, LPS만 처리하면  $72.10 \pm 2.80\%$ 의 생존율을 보이지만 SMK 추출물을 농도별로 처리하였을 때 LPS 처리에 의한 세포독성을 SMK에 의하여 억제하는 것으로 확인되었다(Fig. 1B). LPS 처리에 의하여 활성화된 TLR4는 NF-κB를 유도하여 TNF-α, IL-6, IL-1β 및 COX-2의 전사를 촉진한다고 보고되었다(Lu 등 2008). 따라서 세포 생존율 실험 결과를 바탕으로 1, 4, 16 µg/mL의 SMK 농도 범위를 항염증 효과 실험의 농도로 선정하였다.



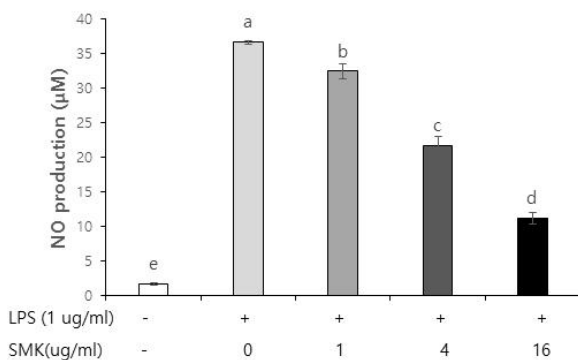
**Fig. 1.** Effect of shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK) on RAW 264.7 cell viability (A) and SMK on LPS-induced RAW 264.7 cell (B). LPS: treated with LPS (1 µg/mL). shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK): treated with various concentrations (1, 4, and 16 µg/mL) of with LPS (1 µg/mL). <sup>a-d</sup>Means with the different letters on the bars are significantly different (*p*<0.05) by Duncan's multiple range tests.

## 2. NO 생성량 분석

Raw 246.7 세포에 LPS를 처리하면 NO 생성능력은 대조군에 비교하여 통계적으로 유의하게 증가하였고( $p<0.05$ )(Fig. 2), SMK 농도별 처리에 의하여 LPS에 의하여 증가한 NO 생성능력을 농도 의존적으로 감소시켰다( $p<0.05$ ). 이런 결과는 Raw 264.7 세포에서 LPS에 의하여 유도된 염증을 다시마 물 추출물의 NO 생성 억제효과 연구(Hwang 등 2017; Jung 등 2019)와 유사한 억제효과 결과를 보였다. L-아르기닌으로부터 iNOS에 의하여 합성되는 NO는 면역계 시스템에서 가장 활발하게 다기능적으로 역할을 한다(Bogdan C 2001). NO의 생성을 증가시키는 다양한 유도물질 중 하나인 LPS는 iNOS와 전염증성 사이토카인을 활성화시켜 NO 생성을 증가시켰다(Korhonen 등 2005). 본 연구 결과에서 LPS 처리에 의하여 NO 생성량이 증가하였고 이는 전염증성 사이토카인을 활성화시키면서 증가시킬 수 있으므로 LPS로 유도한 후 다시마와 표고버섯 혼합 추출물(SMK)이 전염증성 사이토카인에 미치는 영향을 보고자 하였다.

## 3. 전염증성 사이토카인 분비량 측정

LPS처리에 의하여 대식세포에서 면역조절을 하는 여러 인자들의 분비를 자극하여 발현되는 pro-inflammatory 사이토카인 TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IFN- $\gamma$  및 IL-6의 분비량 변화 결과는 Fig. 3에 보여주었다. TNF- $\alpha$ 는 염증질환에 가장 중요한 조절 인자로서 세포의 성장과 분화과정에 중요한 조절 작용을 하는데 다량 분비되면 세포 독성을 가져오는데 대식세포에 LPS



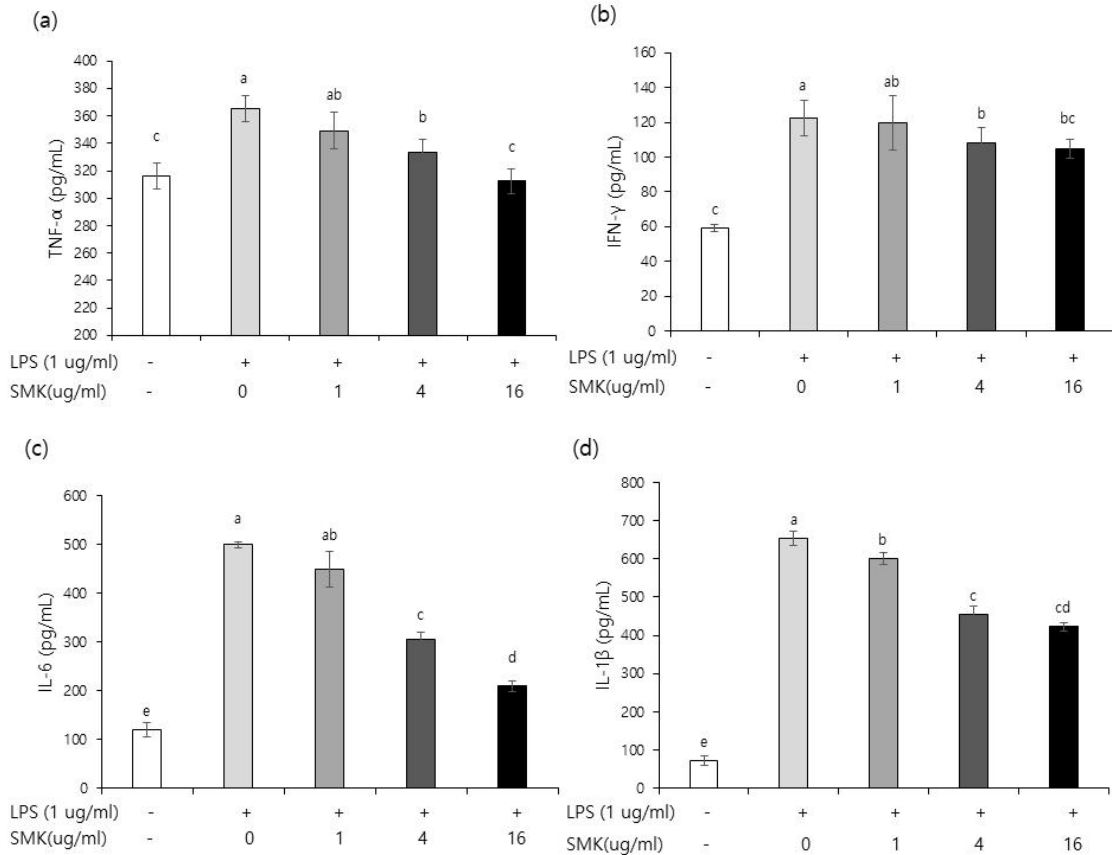
**Fig. 2.** Effect of shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK) on NO production in LPS-induced RAW 264.7 cell. LPS: treated with LPS (1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK): treated with various concentrations (1, 4, and 16  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) of with LPS (1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). <sup>a-e</sup>Means with the different letters on the bars are significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncun's multiple range tests.

를 처리한 군에서 LPS를 처리하지 않은 군에 비하여 유의하게 높아졌다( $p<0.05$ )(Fig. 3). SMK 농도별 처리에 의하여 LPS에 의하여 증가한 TNF- $\alpha$ 의 함량을 농도 의존적으로 감소시켰다(4  $\mu\text{g}/\text{mL}$ : 333.47 $\pm$ 9.54  $\text{pg}/\text{mL}$ , 16  $\mu\text{g}/\text{mL}$ : 312.58 $\pm$ 9.05  $\text{pg}/\text{mL}$ )( $p<0.05$ )(Fig. 3A). 그리고 LPS(122.32 $\pm$ 10.35  $\text{pg}/\text{mL}$ )는 LPS 미처리군(59.35 $\pm$ 2.12  $\text{pg}/\text{mL}$ )에 비해 IFN- $\gamma$ 의 함량을 증가시켰다( $p<0.05$ )(Fig. 3B). SMK 4와 16  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도에서 LPS에 의하여 증가된 IFN- $\gamma$  전염증성 사이토카인 수준을 농도 의존적으로 감소시켰다(Fig. 3B). 대식세포는 LPS 혹은 lipoteichoic acid에 의한 자극에 의하여 활성화되면서 면역반응 혹은 염증반응에 중요한 역할을 한다(Liu 등 2019). 염증반응은 국소적 반응으로 상처 혹은 감염 등으로 손상된 조직에 염증 매개인자 즉, TNF- $\alpha$ 와 IL-6들이 만들어지면서 부종, 발열, 통증 등 반응을 유발한다(Yi 등 2017).

LPS는 대조군(Con)에 비하여 IL-6 및 IL-1 $\beta$  농도를 유의하게 증가시켰다( $p<0.05$ )(Fig. 4). SMK는 4와 16  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도에서 LPS에 의하여 증가된 IL-6 사이토카인 수준을 농도 의존적으로 감소시켰다(Fig. 4A). 또한 SMK는 LPS로 염증이 유도된 대식세포에서 IL-1 $\beta$ 의 분비량을 농도 의존적으로 감소시켰다(Fig. 4B). 따라서, SMK는 LPS로 유도된 대식세포에서 IL-6와 IL-1 $\beta$ 의 농도를 감소시키는 결과를 보였다. Hwang 등 (2017)의 연구에서는 LPS 처리에 의해 RAW264.7 대식세포에서 염증관련 사이토카인 TNF- $\alpha$  수치를 증가하였고, IL-6과 IL-1 $\beta$  수치 역시 대조군에 비해 유의적인 증가를 보였고, 해조류 추출물 중 다시마보다 톳을 발효시킨 군에서 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 농도가 유의적인 감소를 보였다. Kang 등(2014)의 연구에서는 LPS로 염증 유도된 대식세포에서 생산이 증가된 IL-6, IL-1 $\beta$ 와 TNF- $\alpha$  수치를 다시마 뿌리 에탄올 추출물에 의하여 유의적으로 낮추었다. Hwang 등(2022) 연구에서는 우선 TNF- $\alpha$ 의 경우 RAW 264.7 대식세포에 LPS로 염증을 유도 후 자외선 조사한 표고버섯 추출물을 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도로 처리 시 TNF- $\alpha$  농도가 65% 억제하였다고 하였다. 이렇게 다양한 표고버섯의 항염증 활성화와 다시마의 활성화 연구를 바탕으로 본 연구에서의 다시마와 버섯의 혼합추출물 SMK는 LPS로 유도된 대식세포의 염증반응에서 전염증성 사이토카인의 농도를 감소시킴을 증명시켜주었다.

## 4. 전염증성 사이토카인 mRNA 발현

본 연구 결과 대식세포에서 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 즉 전염증성 사이토카인과 iNOS와 COX-2의 mRNA 발현 결과는 LPS 처리군이 미처리한 Con 군에 비교하여 유의적인 증가 현상을 보였다( $p<0.05$ )(Fig. 4). LPS와 SMK를 함께 처리했을 때, TNF- $\alpha$ 의 mRNA 발현 정도는 LPS 처리군보다 LPS+16  $\mu\text{g}/\text{mL}$  군이 62.1% 감소하였다. SMK의 농도가 높을수록 항염증 효과가



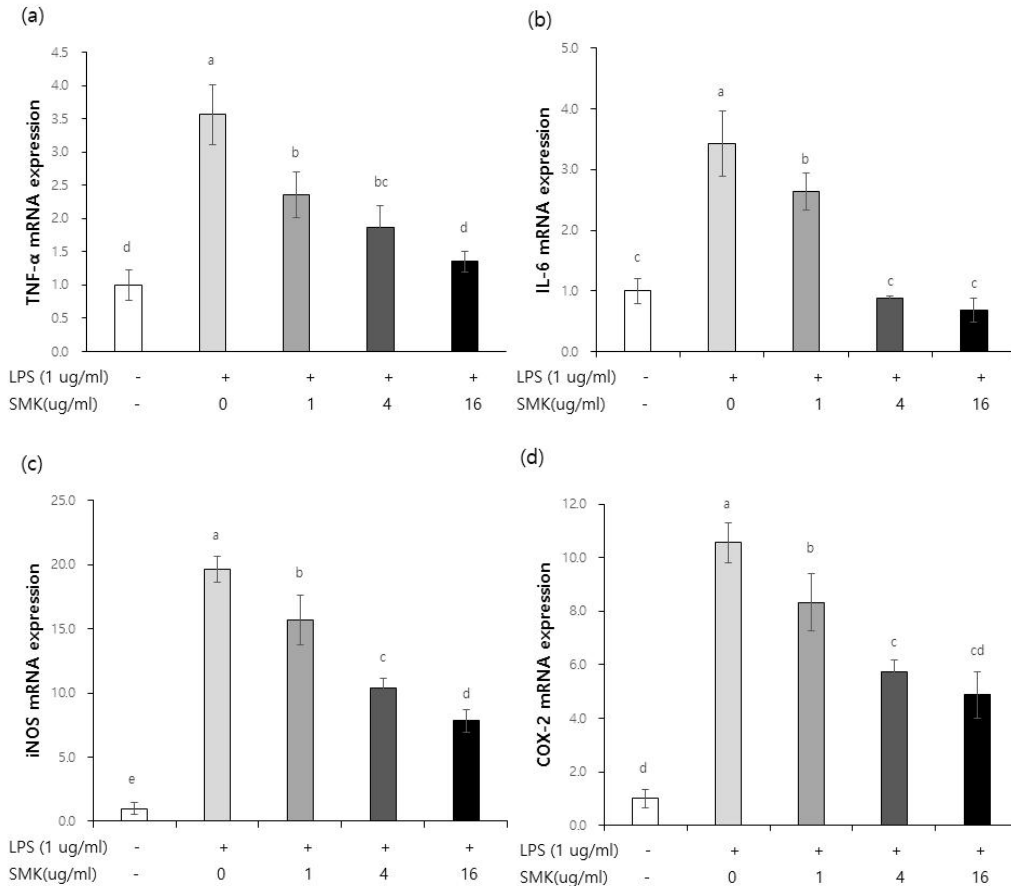
**Fig. 3.** Effect of shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK) on pro-inflammatory cytokines TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$ , IL-6 and IL-1 $\beta$  expression level in LPS-induced RAW 264.7 cell. LPS: treated with LPS (1  $\mu$ g/mL). shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK): treated with various concentrations (1, 4, and 16  $\mu$ g/mL) of with LPS (1  $\mu$ g/mL). <sup>a-c</sup>Means with the different letters on the bars are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncun's multiple range tests.

농도 의존적으로 향상되었다. 또한 IL-6의 mRNA 발현 수준도 TNF- $\alpha$ 와 비슷하게 LPS 처리군보다 LPS+16  $\mu$ g/mL 군이 80.2% 감소하였다. 염증관련 효소인 iNOS의 mRNA 발현 수준은 LPS 처리군보다 LPS+16  $\mu$ g/mL 군이 60.1% 감소하였다. 염증관련 매개효소인 COX-2의 mRNA 발현 수준결과는 LPS 처리군보다 LPS+16  $\mu$ g/mL 군이 53.9% 감소하였다. 염증의 발현을 조절하는 주요 전사 인자인 NF- $\kappa$ B 활성화는 iNOS 및 COX-2의 생성을 매개하는데, COX-2는 정상 세포에서는 매우 낮은 활성이지만 염증반응 시 발현이 급격한 증가로 세포 염증반응을 일으키며 조직을 손상시킨다(Chen 등 2017; Huang 등 2020).

Hwang 등(2022)의 연구에서는 LPS로 유도시킨 대식세포에서 TNF- $\alpha$  mRNA 발현은 LPS 처리군에서 5.8배 증가하였으나 자외선 조사한 표고버섯 추출물이 1.8배를 보였고, IL-6 mRNA 발현은 LPS 처리군에서 4배 증가하였으나 자외선 조사한 표고버섯 추출물이 2.8배를 보였고, IL-1 $\beta$  mRNA

발현은 LPS 처리군에서 16.6배 증가하였으나 자외선 조사한 표고버섯 추출물이 1.2배를 보였다. 가장 의미있게 감소시킨 사이토카인은 IL-1 $\beta$ 였다. 이런 결과는 자외선 조사 표고버섯의 비타민 D2가 염증매개물질 발현을 저해하는 것으로 보고하였다. Lee JY(2011) 연구에서 다시마의 친유성 화합물의 항염증 효과 즉, NO와 PGE2의 생성 억제효과, iNOS와 COX-2 mRNA 발현 억제, 단백질 발현 억제효과, TNF- $\alpha$ , interleukin-1 $\beta$ , interleukin-6의 생성 억제효과를 보였다.

동의보감에서는 다시마 혹은 미역을 염증과 관련된 질환을 치료하는데 사용했다고 한다. 다시마 추출물의 항염증 활성을 쥐의 부종과 충혈 등 다양한 방법으로 실험 시 methylene chloride 추출물이 해열, 진통, 충혈억제, 혈류억제 효과가 높게 나타났고 에탄올 추출물이 부종 억제 효과가 높게 나타났다(Kang JY 2008). 만성염증반응은 다양한 장기 손상을 초래하며 대사질환을 유발하여 비만, 암, 당뇨병, 천식, 심혈관질환 등을 유발하게 된다(Hotamisligil GS 2017). TNF- $\alpha$ 는 생물



**Fig. 4.** Effect of shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK) on mRNA expression of TNF- $\alpha$ , IL-6, iNOS and COX-2 in LPS-induced RAW 264.7 cell. LPS: treated with LPS (1  $\mu$ g/mL). shiitake mushroom and kelp mixture extracts (SMK): treated with various concentrations (1, 4, and 16  $\mu$ g/mL) of with LPS (1  $\mu$ g/mL). The mRNA expression levels were calculated based on 18S rRNA, which was used as a control (no treatment fold ratio=1). <sup>a-e</sup>Means with the different letters on the bars are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncun's multiple range tests.

학적 활성도 있고, 면역 및 염증성 반응, 숙주방어 등에 중요한 조절 역할을 한다. TNF- $\alpha$ 의 농도가 낮을 때는 세포의 면역 방어 활성을 보이지만 과도한 TNF- $\alpha$  생성은 열을 발생하며 NO 생성 및 IL-1 $\beta$ 와 IL-6의 발현을 통하여 일부 사이토카인 매개로 하는 염증반응의 증폭을 촉진한다(Hernandez 등 2020). 본 연구에서 SMK의 농도가 높을수록 전 염증성 사이토카인인 TNF- $\alpha$ 와 IL-6 mRNA 발현 감소 및 염증관련 효소인 iNOS와 COX-2의 mRNA 발현 감소 현상은 만성염증을 유도하는 다양한 대사성질환을 예방할 수 있는 생리활성이 뛰어난 항염증 기능성 소재로의 가능성을 보였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 다양한 소재의 맛과 기능을 촉진하는 다시

마와 표고버섯의 혼합 추출물(SMK)의 항염증 효과를 분석하기 위해 진행되었다. RAW 264.7 대식세포를 이용하여 세포 독성 실험을 진행한 결과, SMK는 1~16  $\mu$ g/mL 범위에서 대식세포에서 세포 증식을 억제하지 않았다. Raw 264.7 대식세포에 LPS 단독 처리군은 LPS 처리하지 않은 Con 군에 비교하여 NO 생성이 증가하였으나 SMK를 1, 4, 16  $\mu$ g/mL 농도 별 병행으로 처리했을 때 NO 생성이 유의하게 감소하였다. 전염증성 사이토카인(TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$ , IL-6, IL-1 $\beta$ ) 분비량은 LPS 군에 비교하여 SMK를 처리하였을 때 유의적으로 감소하였으며, TNF- $\alpha$ , IL-6의 mRNA 발현수준도 감소하였다. 염증관련 효소인 iNOS와 COX-2의 mRNA 발현수준도 LPS 처리한 군에 비교하여 유의적인 감소를 보였다. 이상의 결과를 통해 다시마와 표고버섯의 혼합추출물은 RAW 264.7 대식세포에서 염증반응을 억제하였고, 특히 전염증성 사이토카인



분비량과 염증관련 효소인 iNOS와 COX-2의 발현을 억제하면서 다시마와 표고버섯의 혼합추출물이 염증반응을 조절하는 결과를 보여주었다.

## 감사의 글

이 논문은 2022년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(202201850001).

## References

- Amrouche T, Boutin Y, Prioult G, Fliss I. 2006. Effects of bifidobacterial cytoplasm, cell wall and exopolysaccharide on mouse lymphocyte proliferation and cytokine production. *Int Dairy J* 16:70-80
- Bogdan C. 2001. Nitric oxide and the immune response. *Nat Immunol* 2:907-916
- Chen X, Zhao X, Wang H, Yang Z, Li J, Suo H. 2017. Prevent effects of lactobacillus fermentum HY01 on dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. *Nutrients* 9:545
- Cho YJ, Bang MA. 2004. Effects of dietary sea tangle on blood glucose, lipid and glutathione enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Cult* 19:419-428
- Cho YS, Ha BS, Park SK, Chun SS. 1993. Contents of carotenoids and chlorophylls in dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). *Korean J Diet Cult* 8:153-157
- Ha SH, Kang SA. 2018. Effect of addition of mushroom and sea tangle extracts and mustard leaf on anti-oxidant properties of kimchi. *Korean J Food Nutr* 31:471-477
- Han SR, Kim MJ, Oh TJ. 2015. Antioxidant activities and antimicrobial effects of solvent extracts from *Lentinus edodes*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1144-1149
- Haroun-Bouhedja F, Ellouali M, Sinquin C, Boisson-Vidal C. 2000. Relationship between sulfate groups and biological activities of fucans. *Thromb Res* 100:453-459
- Hernandez J, Ashley D, Cao R, Abraham R, Nguyen T, To K, Yegiazaryan A, David Akinwale A, Tiwari RK, Venketaraman V. 2020. Cyclic peptide [R<sub>4</sub>W<sub>4</sub>] in improving the ability of first-line antibiotics to inhibit *Mycobacterium tuberculosis* inside *in vitro* human granulomas. *Front Immunol* 11:1677
- Hong JS, Kim YH, Kim MK, Kim YS, Sohn HS. 1989. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*. *Korean J Food Sci Technol* 21:58-62
- Hotamisligil GS. 2017. Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature* 542:177-185
- Huang CF, Huang JJ, Mi NN, Lin YY, He QS, Lu YW, Yue P, Bai B, Zhang JD, Zhang C, Cai T, Fu WK, Gao L, Li X, Yuan JQ, Meng WB. 2020. Associations between serum uric acid and hepatobiliary-pancreatic cancer: A cohort study. *World J Gastroenterol* 26:7061-7075
- Hwang MS, Pyo J, Kim HJ, Do SG, Song ID, Kim KM. 2022. Anti-inflammatory and anti-allergic effects of *Lentinula edodes* extract by UV irradiation. *J Life Sci* 32:368-374
- Hwang Y, Chae I, Lee Y. 2017. Anti-inflammatory effects of fermented *Laminaria japonica* and *Hizikia fusiforme* water extracts with probiotics in LPS-stimulated RAW264.7 macrophage cell line. *J East Asian Soc Diet Life* 27:1-8
- Jang SJ, Kang SA. 2022. Anti-inflammatory effect of Chung-Dae in LPS-treated RAW 264.7 cells. *Korean J Food Nutr* 35:116-126
- Jo JK. 2013. Immune enhancement effect of *Rubus coreanus* Miquel extract in RAW264.7 cells. Master's Thesis, Kyung Hee Univ. Seoul. Korea
- Jung KI, Kim BK, Kang JH, Oh GH, Kim IK, Kim M. 2019. Antioxidant and anti-inflammatory activities of water and the fermentation liquid of sea tangle (*Saccharina japonica*). *J Life Sci* 29:596-606
- Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Bark SW, Park WM, Kim BR, Ahn NK, Choi YU, Ahn DH. 2014. Anti-inflammatory activity of an ethanol extract of *Laminaria japonica* root on lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW 264.7 cells. *Korean J Food Sci Technol* 46:729-733
- Kang HJ. 1994. Effects of sodium alginate and cellulose on lipoprotein composition and lipid metabolism in rats. Master's Thesis, Pusan National Univ. Busan. Korea
- Kang JY. 2008. Anti-inflammatory activities of *Undaria pinnatifida* and *Laminaria japonica* (Phaeophyta). Master's Thesis, Pukyong National Univ. Busan. Korea
- Kim H, You J, Jo Y, Lee Y, Park I, Park J, Jung MA, Kim YS, Kim S. 2013. Inhibitory effects of *Lentinus edodes* and rice with *Lentinus edodes mycelium* on diabetes and obesity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:175-181
- Kim HJ, Kwon MJ, Song YO. 2000. Effects of solvent fractions of Korean cabbage kimchi on antioxidative enzyme activities and fatty acid composition of phospholipid of rabbit fed 1% cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:900-907

- Kim JH, Lee DS, Lim CW, Park HY, Park JH. 2002. Antibacterial activity of sea-mustard, *Laminaria japonica* extracts on the cariogenic bacteria, *Streptococcus mutans*. *Korean J Fish Soc* 35:191-195
- Kim SH, Kang SA. 2019. Anti-inflammatory effects of beopje processed curly dock (*Rumex crispus* L.) in LPS-induced murine RAW264.7 cell lines. *Korean J Food Nutr* 32: 408-416
- Kim SJ. 2012. Preventive effects of beopje ginger and taemyeongcheong on *in vivo* gastritis and colitis. Master's Thesis, Pusan National Univ. Busan. Korea
- Kim YS, Kang CO, Kim MH, Cha WS, Shin HJ. 2011. Contents of water extract for *Laminaria japonica* and its antioxidant activity. *KSBB J* 26:112-118
- Korhonen R, Lahti A, Kankaanranta H, Moilanen E. 2005. Nitric oxide production and signaling in inflammation. *Curr Drug Targets Inflamm Allergy* 4:471-479
- Ku HS, Noh JS, Kim HJ, Cheigh HS, Song YO. 2007. Antioxidant effects of sea tangle added Korean cabbage kimchi *in vitro* and *in vivo*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1497-1502
- Lee JY, Jun DY, Yoon YH, Ko JY, Woo KS, Woo MH, Kim YH. 2014. Anti-inflammatory effect of flavonoids kaempferol and biochanin A-enriched extract of barnyard millet (*Echinochloa crus-galli* var. *frumentacea*) grains in LPS-stimulated RAW264.7 cells. *J Life Sci* 24:1157-1167
- Lee JY. 2011. Anti-inflammatory effect of lipophilic compounds from *Laminaria japonica* in the LPS-treated RAW 264.7 macrophages. Master's Thesis, Pukyong National Univ. Busan. Korea
- Liu M, Mu H, Peng W, Zhao L, Hu W, Jiang Z, Gao L, Cao X, Li N, Han J. 2019. Time-dependent C5a and C5aR expression in dental pulp cells following stimulation with LTA and LPS. *Int J Mol Med* 44:823-834
- Livak KJ, Schmittgen TD. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta CT}$  method. *Methods* 25:402-408
- Lu YC, Yeh WC, Ohashi PS. 2008. LPS/TLR4 signal transduction pathway. *Cytokine* 42:145-151
- Nakashima H, Kido Y, Kobayashi N, Motoki Y, Neushul M, Yamamoto N. 1987. Purification and characterization of an avian myeloblastosis and human immunodeficiency virus reverse transcriptase inhibitor, sulfated polysaccharides extracted from sea algae. *Antimicrob Agents Chemother* 31: 1524-1528
- Oh SK, Kim KW, Park WM, Kim NH, Bae SO, Choi MR. 2015. Quality characteristics of dolsan leaf mustard kimchi added with seasoning of sea tangle and *Lentinus edodes*. *J Life Sci* 25:557-567
- 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
- Qi Y, Zhao X, Lim YI, Park KY. 2013. Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:655-662
- Shin TS, Xue Z, Do YW, Jeong SI, Woo HC, Kim NG. 2011. Chemical properties of sea tangle (*Saccharina japonica*) cultured in the different depths of seawater. *Clean Technol* 17:395-405
- Song GH, Park ES, Lee SM, Kim TY, Park KY. 2017. An Atopic Preventive Drink (APD) reduces Th2 cytokines in LPS-treated Raw 264.7 cells. *TANG Humait Med* 7:e15
- Wang Y, Vodovotz Y, Kim PKM, Zamora R, Billiar TR. 2002. Mechanisms of hepatoprotection by nitric oxide. *Ann NY Acad Sci* 962:415-422
- Yang IJ, Yu HY, Lee DU, Shin HM. 2014. Anti-inflammatory effects of the fruits of *Foeniculum vulgare* in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *J Life Sci* 24:981-987
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. 2017. Antioxidant and anti-inflammatory activity of extracts from kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gonglodes*). *J Korean Oil Chemists Soc* 34:189-202

---

Received 06 November, 2023  
 Revised 05 December, 2023  
 Accepted 07 December, 2023

## 한국산 오디 품종별 안토시아닌 배당체 성분 분석

김소아 · 권령하 · 김주형 · 라혜민 · 이지혜\* · 조수목\*\* · †김현웅\*\*\*

국립농업과학원 농식품자원부 연구원, \*국립농업과학원 농업생물부 농업연구사,  
\*\*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구관, \*\*\*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구사

### Analysis of Anthocyanin Glycosides in Korean Mulberry Fruit Cultivars

So Ah Kim, Ryeong Ha Kwon, Ju Hyung Kim, Hyemin Na,  
Ji Hae Lee\*, Soo-Muk Cho\*\* and †Heon-Woong Kim\*\*\*

Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*Associate Researcher, Dept. of Agricultural Biology, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*Senior Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Associate Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea

### Abstract

Mulberry fruit is a superior source of polyphenols, especially anthocyanin, and has a long history of use as an edible fruit and traditional medicine. The anthocyanin composition of mulberry fruit from 15 Korean cultivars was analyzed by ultra-performance liquid chromatography diode array detector with quadrupole time of flight/mass spectrometry (UPLC-DAD-QToF/MS) based on a cyanin internal standard. The four glycosides were identified by comparison with authentic standards and published reports. The major anthocyanin was cyanidin 3-O-glucoside (71.7%), followed by cyanidin 3-O-rutinoside (26.6%). The minor components (total of 1.7%) were pelargonidin 3-O-glucoside and pelargonidin 3-O-rutinoside. The total anthocyanin content (mg/100 g, dry weight) of mulberry fruit varied by cultivar and ranged from 471.5±4.0 (Su Hong) to 4,700.2±54.0 (Gwa Sang2). Among the 15 cultivars examined, Gwa Sang2 showed the highest level of cyanidin 3-O-glucoside (3,133.4±32.6), which was 9-fold higher than that of Su Hong (351.5±3.4). In conclusion, anthocyanin profiles, including pelargonidin 3-O-glucoside and pelargonidin 3-O-rutinoside, were reported for the first time from 15 Korean mulberry fruit cultivars. The results will contribute valuable information on pharmaceutical properties, breeding superior mulberry cultivars, and food industries.

Key words: mulberry, fruit, anthocyanin, *Morus alba* L., UPLC-DAD-QToF/MS

### 서 론

오디(mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로 ‘상십자’, ‘상실’, ‘상심’, ‘흑심’으로도 불리며 동아시아에서 자양·강장제, 빈혈, 고혈압 등의 치료제로 널리 사용되어 왔다(Kim 등 1998; Bao 등 2016). 국내에서는 전북 부안, 고창, 정읍을 비롯한 전남 남원, 경북 상주 등을 중심으로 여러 지역에서 재배되고 있으며 최근에는 주스, 와인, 식초, 잼 등의 제품으로 개발되어

다양한 식품소재로도 활용되고 있다(Kim 등 2003; Sung 등 2015; Kim 등 2016). 오디는 당, 유기산, anthocyanin, flavonoid, phenolic acid, resveratrol, 1-deoxynojirimycin 및  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA) 등 여러가지 생리활성 물질을 함유하고 있으며(Zhang 등 2018), 지금까지 항산화(Mehmood Abbasi 등 2016; Krishna 등 2018), 항당뇨(Yan & Zheng 2017), 항염증(Jung 등 2019), 항노화(Turgut 등 2016) 및 항동맥경화(Chan 등 2015) 등 건강 기능성이 다양하게 규명되었다.

안토시아닌은 베리류, 포도, 적색 양배추, 자색고구마 등

† Corresponding author: Heon-Woong Kim, Associate Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, NIAS, RDA, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3570, Fax: +82-63-238-3841, E-mail: ksharrier@korea.kr

에 함유되어 있는 페놀화합물 중 하나로, 식물 내에서 주로 배당체 형태로 존재하며 산, 알칼리 또는 효소에 의해 가수 분해되어 anthocyanidin과 sugars로 쉽게 분리된다(Choung MG 2004). 주요 anthocyanidin 6종(cyanidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin)을 기반으로 하여 당의 결합 위치 및 종류, hydroxyl groups(-OH)와 methoxy group(-OCH<sub>3</sub>)의 결합 위치와 수에 따라 여러 종류의 안토시아닌이 생성된다(Khoo 등 2017). 오디는 대표적인 안토시아닌의 주요 소재로, 국내에서 주로 재배되는 베리류 중 복분자 및 블랙라즈베리에 비해 안토시아닌 함량이 낮았으나, 블랙베리, 블루베리 및 라즈베리보다 각각 약 1.3배, 2.4배 및 6배 높은 수준이었다(Bae 등 2015; Yang & Choi 2017). 또한, 주성분으로는 cyanidin 3-O-glucoside와 cyanidin 3-O-rutinoside가 7:3 비율로 분포하고 있으며(Pawlowska 등 2008; Qin 등 2010), cyanidin 3-O-glucoside의 함량은 포도의 21배, 흑미의 3배 이상에 달한다고 밝혀졌다(Kim HB 2003; Jeong 등 2017). 이러한 안토시아닌 조성 및 함량에 근거하여 항산화(Chen 등 2021), 항당뇨(Yan 등 2016), 신경보호(Bhuiyan 등 2011) 및 콜레스테롤 저하(Yuan & Zhao 2017) 등의 효과가 알려져 있다. 또한 발 부종 염증 및 암세포 증식 억제에 관한 효능이 보고된 바 있으며(Hassimotto 등 2013; Cho 등 2017), 이 밖에도 망막변성 마우스 모델에서 오디로부터 분리한 cyanidin 3-O-glucoside를 장기투여 한 결과, 망막손상 감소 및 시력 개선 효과가 있음이 밝혀졌다(Lee 등 2014).

국가 · 품종별 함량(mg/100 g, 생체중) 비교에 따르면 중국, 한국 및 이탈리아산 오디는 안토시아닌 총량에 있어 각각 19.0~193.0, 13.7~206.6 및 24.7~289.2의 높은 함량을 나타냈으며(Liang 등 2012; Chen 등 2016; Negro 등 2019), 튀니지, 인도 및 터키산은 1.4~10.1, 12.1~19.4 및 0.3~83.0으로 상대적으로 낮은 함량이 확인되었다(Özgen 등 2009; Aljane & Sdiri 2016; Krishna 등 2020). 이처럼 품종별 총 안토시아닌 함량은 상당한 차이를 보였으며, 실제로 한국산 품종의 경우 대성, 수원노상, 청일은 각각 206.6, 159.9, 57.4 순으로 총 함량이 나타났다(Bae & Suh 2007; Choi 등 2012).

현재 질량분석에 의한 개별 안토시아닌 동정은 오디에 cyanidin 계열이 주를 이루고 있으며, 미량으로 존재하는 pelargonidin 계열에 대한 국내 연구는 아직 부족한 실정이다. Pawlowska 등(2008) 및 Kim & Lee(2020)의 연구에서, MS 기반으로 pelargonidin 계열의 안토시아닌 조성 및 함량 분석이 이루어졌으나, 기존의 국내 연구 대부분은 LC 수준으로 함량이 평가되었으며(Kim 등 2010; Lee & Choi 2013; Choi 등 2015a; Kim 등 2019a; Jang 등 2022), 다양한 품종별 안토시아닌 개별 화합물의 함량을 비교하는데에는 미흡한 수준이다.

이에 본 연구는 고해상도 질량분석(UPLC-DAD-QToF/MS)

을 통하여 한국산 오디 15종에 대한 안토시아닌 배당체 특성을 평가하였으며, 이를 토대로 오디의 우수자원 선별 및 품종 육성을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용된 오디는 2023년 농촌진흥청 국립농업과학원에서 재배된 15품종(과상2호, 대당상실생, 대성, 대심, 상춘, 수원, 수향, 수홍, 심강, 심홍, 영천상, 익수, 청수, 청일, 홍조)을 수집하여 사용하였다. 각 시료는 수확 후 즉시 동결 건조 및 분말화하여 -70°C에서 보관하며 분석 시료로 사용하였다. 개별 안토시아닌 유도체 확인을 위해 사용된 cyanidin 3-O-glucoside, cyanidin 3-O-rutinoside, pelargonidin 3-O-glucoside, pelargonidin 3-O-rutinoside 및 정량분석에 사용된 내부표준물질 cyanidin 3,5-di-O-glucoside(cyanin)는 Extrasynthese(Genay Cedex, France)로부터 구입하였다. 추출 및 이동상 용매로 사용된 acetonitrile, methanol, water(Thermo Fisher Scientific, Fair Lawn, NJ, USA)는 모두 MS 등급을 사용하였으며, formic acid는 Junsei Chemical(Tokyo, Japan)에서 구입하였다.

### 2. 안토시아닌 추출물의 제조

안토시아닌 추출은 Kim 등(2012) 및 Kim 등(2019b)으로부터 제시된 방법을 참고하였으며, 균질화된 분말시료 0.2 g을 추출용매(water:formic acid=95:5, v/v) 10 mL와 혼합하여 40분 동안 교반하였다. 상기 추출액은 2,016×g에서 15분간 원심분리(Gyrozen Co., Daejeon, Korea)한 후, 분리된 상층액을 0.45 µm syringe filter(PVDF, 25 mm, Whatman International, Maidstone, Kent, UK)를 이용하여 여과하였다. 안토시아닌의 선택적인 부분 정제를 위해 HyperSep Retain-PEP 카트리지(Thermo Scientific, Bellefonte, PA, USA)에 methanol 3 mL, water 6 mL를 순서대로 흘려주어 활성화 시켰으며, 상층액 0.5 mL 및 내부표준물질(cyanin, 125 ppm) 1 mL를 각각 loading 하였다. 카트리지 내 불순물 제거를 위하여 water 6 mL를 흘려 washing 하였고, methanol 12 mL로 흡착된 안토시아닌 성분을 최대한 용출하였다. 용출액은 N<sub>2</sub> 가스로 완전히 농축한 다음 0.5 mL의 추출용매로 재용해하여, 0.2 µm syringe filter(PVDF, 13 mm)로 여과한 후 UPLC-DAD-QToF/MS로 분석하였다. 각 성분은 내부표준물질(cyanin)과 비교하여 상대적 인 값을 나타내었고, 품종별로 3회 반복 시행하여 얻어진 결과를 평균값 및 표준편차로 표시하였다.

### 3. UPLC-DAD-QToF/MS 분석

오디로부터 개별 안토시아닌 유도체를 분리하기 위해

diode array detector(DAD)가 장착된 UPLC(Waters, ACQUITY UPLC™ system, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 컬럼은 CORTECS UPLC T3(2.1×150 mm I.D., 1.6 μm; Waters, Wexford, Ireland)를 사용하였고, 보호 컬럼은 CORTECS UPLC T3 VanGuard™(2.1×50 mm I.D., 1.6 μm; Waters)를 사용하였다. 검출 파장은 250~500 nm(대표파장 515 nm) 범위로 설정하였으며, 컬럼 오븐 온도는 30°C, 시료 주입량은 1 μL로 하였다. 이동상으로는 A(5% formic acid in water)와 B(5% formic acid in water/acetonitrile, 1:1, v/v)를 사용하였으며, 유속은 0.3 mL/min 이었다. 이동상 구배조건은 B를 10%로 시작하여 28분까지 50%, 33분까지 90%로 증가시킨 후 38분까지 5분간 유지하였으며, 43분까지 다시 10%로 감소시키고 50분까지 안정화하였다(총 50분). 구조 동정을 위하여 QToF-MS(Xevo, G2-S QToF, Waters MS Technologies, Manchester, UK)로 positive ion mode에서 질량 분석을 수행하였다. 이에 대한 최적화 조건으로 capillary, sampling cone 및 extraction cone의 전압을 각각 3,500 V, 40 V 및 4.0 V로 설정하였고, ion source 및 desolvation 온도는 120°C 및 500°C로 하였다. 그밖에 desolvation gas는 1,050 L/hr, cone gas는 50 L/hr로 흘려주었으며, 질량의 스캔 범위는  $m/z$  50~1,200으로 하였다. 검출된 개별 성분의 동정은 기존 연구결과의 질량 패턴 정보를 참고하여 진행하였으며, 이들의 함량(mg/100 g, dry weight)은 전처리 과정에서 투입된 내부표준물질(cyanin)의 면적과 각 성분별 면적을 1:1로 비교하여 산출하였다.

#### 4. 통계처리

본 실험은 3회 반복 실시하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver. 20.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하였다. 처리 간의 차이 유무를 One-way ANOVA로 분석하고, 유의수준 5%에서 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의성을 검정하였다( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 1. 품종별 오디 내 안토시아닌 분석

각 peak의 질량 이온 및 흡광 패턴, 머무름 시간 및 표준품 일치 여부 등을 분석하여 오디로부터 총 4종의 안토시아닌 개별성분을 확인하였다(Table 1, Fig. 1). 분리된 안토시아닌은 cyanidin 및 pelargonidin을 기본 구조로 하여, 각각의 아글리콘 구조에 glucose(Glu,  $m/z$  162)와 rutinose(Rut,  $m/z$  308)가 3-OH 위치에서 결합하는 패턴이 확인되었으며, 이는 기존에 보고된 연구와 유사하게 glucose > rutinose의 순서로 용출되었다(Pawlowska 등 2008; Zhang 등 2011).

각 peak별 UV 및 MS spectrum을 확인한 결과, peak 1 및 2는 최대 흡수파장( $\lambda_{max}$ )이 515 nm로 나타났으며,  $m/z$  287 [ $C_{15}H_{11}O_6$ ]<sup>+</sup>의 fragment ion이 검출되어 cyanidin( $C_{15}H_{11}O_6$ ) 계열의 안토시아닌으로 확인되었다. Peak 1에서는  $m/z$  449[M]<sup>+</sup>, 287[M - Glu]<sup>+</sup>, peak 2에서는  $m/z$  595[M]<sup>+</sup>, 449[M - Rham]<sup>+</sup>,

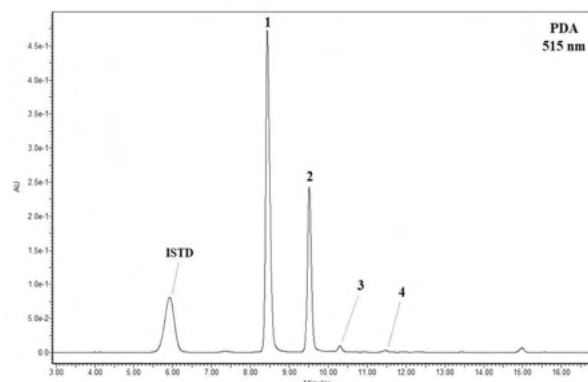


Fig. 1. HPLC chromatograms (wavelength at 515 nm) of individual anthocyanins extracted from Korean mulberry fruit (Gwa Sang2). Compound names are presented according to peak number in Table 1. Internal standard (ISTD): cyanidin 3,5-di-*O*-glucoside (cyanin) 250 ppm.

Table 1. Identified four anthocyanins and their mass and UV spectrometric data from mulberry fruits

Peak No. <sup>1)</sup>	RT (min)	Identification	UV spectrum (nm)	MW <sup>2)</sup>	Fragment ions pattern ( $m/z$ )
1	8.43	Cyanidin 3- <i>O</i> -glucoside	280, 515	449	449[M] <sup>+</sup> , 287[M - Glu] <sup>+</sup>
2	9.51	Cyanidin 3- <i>O</i> -rutinoside	280, 517	595	595[M] <sup>+</sup> , 449[M - Rham] <sup>+</sup> , 287[M - Rut] <sup>+</sup>
3	10.31	Pelargonidin 3- <i>O</i> -glucoside	276, 502	433	433[M] <sup>+</sup> , 271[M - Glu] <sup>+</sup>
4	11.48	Pelargonidin 3- <i>O</i> -rutinoside	277, 502	579	579[M] <sup>+</sup> , 433[M - Rham] <sup>+</sup> , 271[M - Rut] <sup>+</sup>

All samples analyzed in positive ESI-ionization mode ( $m/z$ , [M]<sup>+</sup>) using UPLC-DAD-QToF/MS.

<sup>1)</sup> The elution order of anthocyanins from HPLC chromatogram.

<sup>2)</sup> MW: molecular weight.

287[M-Rut]<sup>+</sup>의 패턴이 검출되었으며, Veberic 등(2015)이 제시한 질량 패턴을 토대로 peak 1은 cyanidin 3-*O*-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>21</sub>O<sub>11</sub>)로, peak 2는 이에 rhamnose(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub><sup>+</sup>)가 결합된 cyanidin 3-*O*-rutinoside(C<sub>27</sub>H<sub>31</sub>O<sub>15</sub>)로 동정하였다. Peak 3 및 4는 *m/z* 271[C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>5</sub>]<sup>+</sup>에서 아글리콘 이온이 검출되었으며 500 nm에서 최대흡수파장을 나타내어 pelargonidin(C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>5</sub>) 계열의 안토시아닌으로 추정되었다(Qin 등 2010). 또한 이들 화합물은 각각 모분자 이온이 *m/z* 433[M]<sup>+</sup> 및 *m/z* 579[M]<sup>+</sup>으로 확인되었으며 peak 1 및 2와 유사하게 당 분자가 잘려나가는 단편이온 패턴이 관찰되어 pelargonidin 3-*O*-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>21</sub>O<sub>10</sub>)와 pelargonidin 3-*O*-rutinoside(C<sub>27</sub>H<sub>31</sub>O<sub>14</sub>)로 추정되었다. 본 연구에서 관찰된 안토시아닌은 기존 연구의 결과와 유사하였으며(Jin 등 2015; Li 등 2023), 표준품 일치 여부 확인을 통해 확정되었다(Fig. 2).

## 2. 오디 품종에 따른 개별 안토시아닌 함량 비교

국내에서 재배된 오디 15품종(과상2호, 대당상실생, 대성, 대심, 상춘, 수원, 수향, 수홍, 심강, 심흥, 영천상, 익수, 청수, 청일, 홍조) 내 안토시아닌 함량(mg/100 g, dry weight)을 Table 2에 제시하였다. 효과적인 정량분석을 위하여 전처리 시 비교적 안정적이며 시료 내 성분의 peak와 겹치지 않는 내

부표준물질 cyanin을 이용하여 수행하였고, relative response factor를 고려하지 않은 상태로 함량을 평가하였다. 오디 함유 총 안토시아닌 함량은 471.5~4,700.2의 범위를 나타내었고 익수(3,840.5±31.1)와 과상2호(4,700.2±54.0)에서 가장 높은 수준을 보였으며, 가장 낮은 수홍(471.5±4.0)에 비해 약 8~10배 높은 함량으로 유의적인 차이를 보였다. 이는 Choi 등(2015b)이 보고한 지역별 국내 오디(562.0~7,580.0) 및 중국에서 재배한 오디(0~4,840.0)의 총 안토시아닌 함량 범위 내 수준이었으며, 이탈리아 품종(247.0~2,061.0)보다 높게 나타났다(Bao 등 2016; Negro 등 2019). 또한 대성, 익수 및 과상2호와 같이 과실의 크기가 큰 품종은 안토시아닌 함량이 높게 나타난 반면, 과실의 크기가 작은 수홍 및 청일은 그 함량이 가장 낮게 나타난다고 보고된 바 있으며, 이는 본 연구의 결과와 유사하였다(Kim 등 2010; Lee & Choi 2013).

오디 내 안토시아닌은 cyanidin 계열이 전체 함량 중 98.3%의 매우 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 기존 연구 결과에서도 오디를 대표하는 주요 성분으로 보고되었다(Ştefanuţ 등 2011). 개별 안토시아닌 cyanidin 3-*O*-glucoside 및 cyanidin 3-*O*-rutinoside는 351.5~3,133.4 및 101.5~1,497.1의 함량 분포를 보였으며, 총 안토시아닌 함량의 66.7~74.7%(평균 71.7%) 및 21.5~31.9%(평균 26.6%)를 차지하였다(Kamiloglu

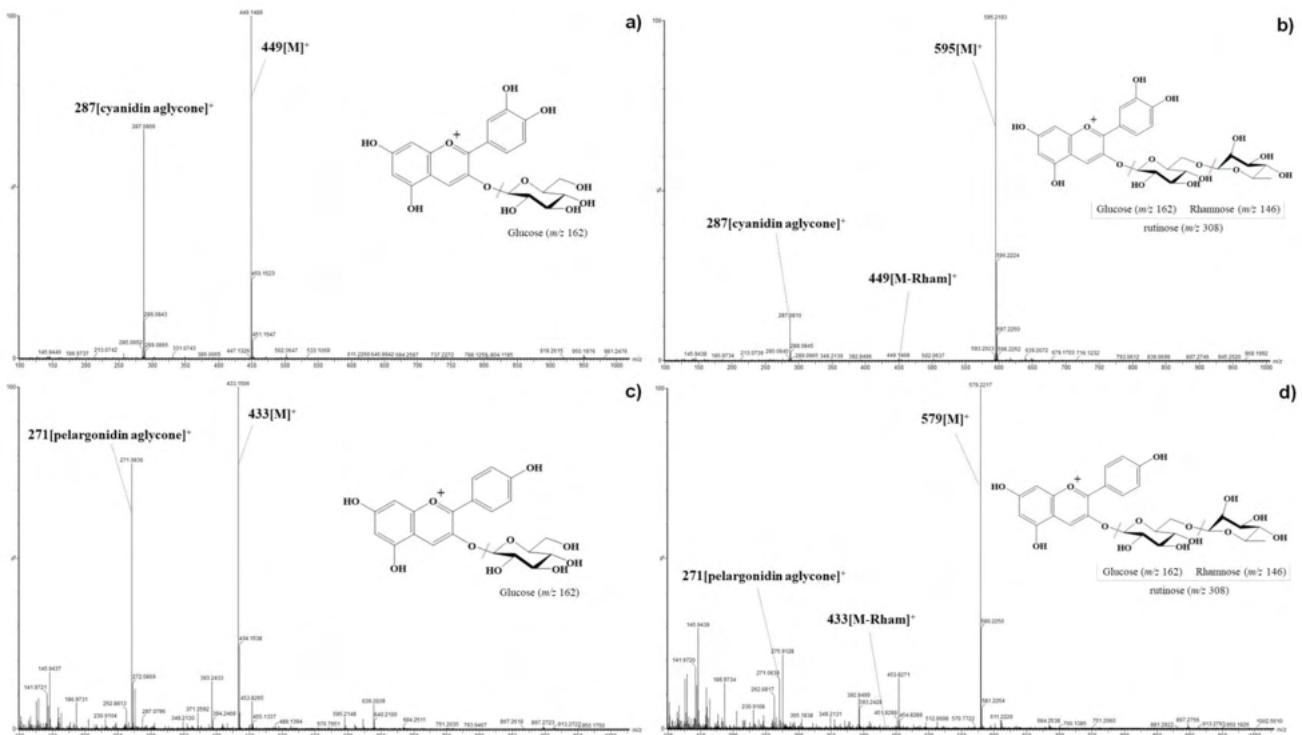


Fig. 2. Positive mass fragmentation (*m/z*, [M]<sup>+</sup>) from Korean mulberry fruit(Gwa Sang2). A) Cyanidin 3-*O*-glucoside (*m/z* 449); B) cyanidin 3-*O*-rutinoside (*m/z* 595); C) pelargonidin 3-*O*-glucoside (*m/z* 433); D) pelargonidin 3-*O*-rutinoside (*m/z* 579).

**Table 2. Contents of anthocyanins (mg/100 g, dry weight) according to Korean mulberry fruit cultivars**

Peak No.	Anthocyanin glycosides														
	Gwa Sang2	Dae Dang Sang	Dae Sung	Dae Shim	Sang Chon	Su Won	Su Hyang	Su Hong	Shim Gang	Shim Heung	Yeong Cheon Sang	Ik Su	Cheong Su	Cheong II	Hong Jo
1	3,133.4±32.6 <sup>a</sup>	1,208.8±13.2 <sup>a</sup>	2,271.5±10.9 <sup>a</sup>	1,847.9±22.0 <sup>a</sup>	1,219.7±9.2 <sup>a</sup>	1,811.9±18.7 <sup>a</sup>	1,142.9±11.9 <sup>a</sup>	351.5±3.4 <sup>am</sup>	2,114.1±16.5 <sup>d</sup>	2,067.7±17.4 <sup>e</sup>	1,178.1±4.6 <sup>f</sup>	2,760.6±20.7 <sup>b</sup>	2,063.4±15.2 <sup>c</sup>	1,110.1±9.7 <sup>g</sup>	1,934.6±11.0 <sup>f</sup>
2	1,497.1±17.4 <sup>a</sup>	508.3±6.5 <sup>a</sup>	862.4±2.1 <sup>c</sup>	835.1±9.2 <sup>d</sup>	401.8±3.4 <sup>d</sup>	575.7±6.8 <sup>b</sup>	389.7±5.7 <sup>ka</sup>	101.5±0.6 <sup>f</sup>	864.4±10.0 <sup>f</sup>	673.7±4.7 <sup>b</sup>	397.3±3.2 <sup>g</sup>	1,046.2±9.4 <sup>b</sup>	747.6±4.7 <sup>f</sup>	379.5±4.5 <sup>ka</sup>	819.9±0.8 <sup>e</sup>
3	51.4±3.6 <sup>b</sup>	26.8±0.4 <sup>c</sup>	26.0±0.4 <sup>c</sup>	17.4±0.2 <sup>f</sup>	14.1±0.8 <sup>f</sup>	31.8±0.1 <sup>f</sup>	14.2±0.4 <sup>e</sup>	18.5±0.2 <sup>f</sup>	64.8±1.0 <sup>f</sup>	30.5±0.4 <sup>cd</sup>	29.6±2.0 <sup>cd</sup>	26.3±2.0 <sup>f</sup>	52.5±1.9 <sup>b</sup>	28.1±1.5 <sup>ka</sup>	28.5±1.9 <sup>ka</sup>
4	18.4±0.8 <sup>b</sup>	7.3±0.1 <sup>ka</sup>	7.4±0.5 <sup>ka</sup>	5.0±0.5 <sup>e</sup>	2.5±0.2 <sup>f</sup>	6.2±0.2 <sup>f</sup>	3.4±0.2 <sup>b</sup>	N.D. <sup>1)</sup>	19.6±1.0 <sup>f</sup>	6.1±0.5 <sup>f</sup>	7.1±0.3 <sup>c</sup>	7.3±0.8 <sup>ka</sup>	12.3±0.1 <sup>c</sup>	7.0±0.1 <sup>c</sup>	8.0±0.1 <sup>d</sup>
Total	4,700.2±54.0 <sup>a</sup>	1,751.2±19.7 <sup>a</sup>	3,167.3±13.4 <sup>a</sup>	2,705.4±31.5 <sup>a</sup>	1,638.1±11.7 <sup>a</sup>	2,425.5±25.5 <sup>b</sup>	1,550.1±17.3 <sup>ka</sup>	471.5±4.0 <sup>f</sup>	3,062.8±27.7 <sup>d</sup>	2,778.0±21.8 <sup>e</sup>	1,612.1±0.7 <sup>f</sup>	3,840.5±31.1 <sup>b</sup>	2,875.9±18.0 <sup>c</sup>	1,524.7±12.1 <sup>b</sup>	2,791.0±11.2 <sup>f</sup>

All data are calculated as means±S.D. (n=3) using internal standard (cyanin).

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

<sup>1)</sup> N.D.: not detected.

등 2013). 또한 오디 함유 cyanidin 3-*O*-glucoside 및 cyanidin 3-*O*-rutinoside(640.2 및 197.8)는 라즈베리(11.9 및 106.0)와 블루베리(193.3 및 35.3)에 비해 높게 나타나 베리류 중에서도 생리 활성 효과가 우수할 것으로 판단되었다(Lee 등 2015). 그 외 성분은 pelargonidin(1.7%) 계열로 미량 존재하였으며 pelargonidin 3-*O*-glucoside(1.4%) 함량은 14.1~64.8의 범위로 심강, 청수, 과상2호 순으로 낮게 나타났다. 또한 pelargonidin 3-*O*-rutinoside(0.3%)는 심강에서 19.6±1.0으로 가장 높은 함량을 보였으며, 수홍에서는 거의 검출되지 않았다. 이러한 결과는 국내에서 생산되는 오디로부터 안토시아닌 미량 성분 에 대한 함량을 품종별로 처음 제시한 결과이다. Veberic 등 (2015)에 따르면 딸기에서 오디와 동일한 계열의 안토시아닌 (cyanidin 및 pelargonidin)이 확인된 바 있다. 특히 pelargonidin 3-*O*-glucoside는 딸기의 주요 성분으로 전체 안토시아닌 함량 (153~652)의 85.5%를 차지하며, 오디 대비 약 9배 이상으로 나타났다(Cerezo 등 2010; Bae 등 2015). 또한 딸기로부터 분리된 pelargonidin 3-*O*-glucoside 및 pelargonidin 3-*O*-rutinoside는 산화 스트레스를 억제하고, 식후 고혈당증 개선을 위한  $\alpha$ -glucosidase 억제 효과에 대해 보고된 바 있다(Xu 등 2018; Xu 등 2019).

안토시아닌 조성 및 함량은 품종을 포함하여 재배지역 및 방법(Jiang & Nie 2015; Jin 등 2015; Kim 등 2015), 수확시기 (Yang 등 2017)뿐만 아니라 성숙도(Lee & Hwang 2017), 수확 후 조건(Kim 등 2020), 추출방법(Kim & Lee 2017) 등에 따라 차이가 나타나는 것으로 밝혀졌다. 이는 빛, 기후, 토양 등의 환경적 요인이 이차대사산물 합성에 관여하여 과실의 안토시아닌 합성에 영향을 미쳤을 것이라고 사료된다(Sun 등 2023). 따라서 품종간 명확한 비교를 위해서는 향후 여러 가지 요소를 고려하여 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 현재 오디 내 미량성분인 pelargonidin 3-*O*-glucoside와 pelargonidin 3-*O*-rutinoside의 함량 정보를 포함한 안토시아닌 함량변이에 대한 연구가 부족한 상황으로, 국내에서 재

배 및 유통되는 다양한 오디를 평가하는데 어려움이 있다. 이에 따라 오디로부터 미량성분에 대한 정확한 구조 동정 및 정량 평가가 요구되며, 추후 다양한 품종에 따른 비교 연구가 체계적으로 수행되어야 할 것으로 보인다. 또한 오디는 cyanidin 배당체를 다량 함유하고 있는 안토시아닌 고함유 소재로써, 이와 같은 개별 화합물에 대한 구체적인 정보는 우수자원 선별 및 새로운 품종 육성 등과 관련된 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 UPLC-DAD-QToF/MS를 이용하여 국내에서 생산되는 오디 15품종으로부터 총 4종의 개별 안토시아닌 성분을 정성 및 정량 분석하였다. 오디의 평균 안토시아닌 함량(mg/100 g, dry weight)은 2,459.6으로 나타났으며, 품종에 따라 크게 차이를 보였다. 특히 익수(3,840.5±31.1) 및 과상2호(4,700.2±54.0)에서 가장 높게 나타났으며, 수홍(471.5±4.0) 및 청일(1,524.7±12.1)에서 가장 낮은 것으로 확인되었다. 오디의 주요 성분은 cyanidin 3-*O*-glucoside 및 cyanidin 3-*O*-rutinoside로, cyanidin 3-*O*-glucoside의 경우 70% 이상의 가장 높은 함량 비중을 나타내었다. 주요 성분 에 대한 품종별 함량은 351.5~3,133.4 및 101.5~1,497.1 범위를 보였으며, 과상2호, 익수, 대성, 심강 순으로 높은 함량을 보였다. 또한 pelargonidin 3-*O*-glucoside(1.4%) 및 pelargonidin 3-*O*-rutinoside(0.3%)의 평균 함량은 각각 30.7 및 7.8로 나타났다. 본 연구는 오디의 우수자원 선별 및 품종개발에 중요한 자료를 제공할 뿐만 아니라 국내 오디 소비량을 증가시킬 수 있는 지표로도 활용될 가능성이 있다고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 농업과학기술기반기

술 연구사업(과제번호: PJ016757022023) 전문연구원 및 학·연협동과정 지원사업에 의해 수행한 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

## References

- Aljane F, Sdiri N. 2016. Morphological, phytochemical and antioxidant characteristics of white (*Morus alba* L.), red (*Morus rubra* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry fruits grown in arid regions of Tunisia. *J New Sci* 35:1940-1947
- Bae HS, Kim HJ, Kang JH, Kudo R, Hosoya T, Kumazawa S, Jun M, Kim OY, Ahn MR. 2015. Anthocyanin profile and antioxidant activity of various berries cultivated in Korea. *Nat Prod Commun* 10:963-968
- Bae SH, Suh HJ. 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT Food Sci Technol* 40:955-962
- Bao T, Xu Y, Gowd V, Zhao J, Xie J, Liang W, Chen W. 2016. Systematic study on phytochemicals and antioxidant activity of some new and common mulberry cultivars in China. *J Funct Foods* 25:537-547
- Bhuiyan MIH, Kim HB, Kim SY, Cho KO. 2011. The neuroprotective potential of cyanidin-3-glucoside fraction extracted from mulberry following oxygen-glucose deprivation. *Korean J Physiol Pharmacol* 15:353-361
- Cerezo AB, Cuevas E, Winterhalter P, Garcia-Parrilla MC, Troncoso AM. 2010. Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. *Food Chem* 123:574-582
- Chan KC, Huang HP, Ho HH, Huang CN, Lin MC, Wang CJ. 2015. Mulberry polyphenols induce cell cycle arrest of vascular smooth muscle cells by inducing NO production and activating AMPK and p53. *J Funct Foods* 15:604-613
- Chen C, Mohamad Razali UH, Saikim FH, Mahyudin A, Mohd Noor NQI. 2021. *Morus alba* L. plant: Bioactive compounds and potential as a functional food ingredient. *Foods* 10:689
- Chen H, Chen J, Yang H, Chen W, Gao H, Lu W. 2016. Variation in total anthocyanin, phenolic contents, antioxidant enzyme and antioxidant capacity among different mulberry (*Morus* sp.) cultivars in China. *Sci Hortic* 213:186-192
- Cho E, Chung EY, Jang HY, Hong OY, Chae HS, Jeong YJ, Kim SY, Kim BS, Yoo DJ, Kim JS, Park KH. 2017. Anti-cancer effect of cyanidin-3-glucoside from mulberry via caspase-3 cleavage and DNA fragmentation *in vitro* and *in vivo*. *Anticancer Agents Med Chem* 17:1519-1525
- Choi IS, Moon YS, Kwak EJ. 2012. Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol* 30:301-307
- Choi SJ, Jeon H, Lee CU, Yoon SH, Bae SK, Chin YW, Yoon KD. 2015b. Isolation and development of quantification method for cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-rutinoside in mulberry fruit by high-performance countercurrent chromatography and high-performance liquid chromatography. *Nat Prod Sci* 21:20-24
- Choi SW, Lee YJ, Ha SB, Jeon YH, Lee DH. 2015a. Evaluation of biological activity and analysis of functional constituents from different parts of mulberry (*Morus alba* L.) tree. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:823-831
- Choung MG. 2004. Analysis of anthocyanins. *Korean J Crop Sci* 49:55-67
- Hassimotto NMA, Moreira V, Nascimento NG, Souto PCMC, Teixeira C, Lajolo FM. 2013. Inhibition of carrageenan-induced acute inflammation in mice by oral administration of anthocyanin mixture from wild mulberry and cyanidin-3-glucoside. *BioMed Res Int* 2013:146716
- Jang M, Kim JY, Kim GC, Kang HJ, Hwang IG. 2022. Anthocyanin content in mulberry according to cultivars and growing region. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:289-294
- Jeong IH, Oh MS, Jeon JS, Kim HT, Hong SR, Park KH, Yoon MH. 2017. A comparative study on anthocyanin and polyphenol contents in colored agricultural products. *J Food Hyg Saf* 32:371-380
- Jiang Y, Nie WJ. 2015. Chemical properties in fruits of mulberry species from the Xinjiang province of China. *Food Chem* 174:460-466
- Jin Q, Yang J, Ma L, Cai J, Li J. 2015. Comparison of polyphenol profile and inhibitory activities against oxidation and  $\alpha$  glucosidase in mulberry (genus *Morus*) cultivars from China. *J Food Sci* 80:C2440-C2451
- Jung S, Lee MS, Choi AJ, Kim CT, Kim Y. 2019. Anti-inflammatory effects of high hydrostatic pressure extract of mulberry (*Morus alba*) fruit on LPS-stimulated RAW264.7 cells. *Molecules* 24:1425
- Kamiloglu S, Serali O, Unal N, Capanoglu E. 2013. Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) products. *J Berry Res* 3:41-51



- Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res* 61:1361779
- Kim AJ, Lee JA, Kim MJ, Kang MS, Kim HB, Lim JD. 2016. Quality characteristics of sauce for meat prepared with mulberry leaf powder and mulberry fruit powder. *Korean J Food Nutr* 29:513-520
- Kim EO, Lee YJ, Leem HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW. 2010. Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberries from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1467-1475
- Kim HB, Kim AJ, Kim SY. 2003. The analysis of functional materials in mulberry fruit and food product development trends. *Food Sci Ind* 36:49-60
- Kim HB, Kwon OC, Kweon H, Jo YY, Ju WT, Lee JH, Kim YS. 2020. Effect of postharvest conditions on the characteristics of mulberries harvested from various mulberry cultivar *Morus alba*. *Int J Ind Entomol* 40:33-40
- Kim HB. 2003. Quantification of cyanidin-3-glucoside (C3G) in mulberry fruits and grapes. *Korean J Seric Sci* 45:1-5
- Kim HW, Kim JB, Cho SM, Chung MN, Lee YM, Chu SM, Che JH, Kim SN, Kim SY, Cho YS, Kim JH, Park HJ, Lee DJ. 2012. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. *Food Chem* 130:966-972
- Kim HW, Lee SH, Asamenew G, Lee MK, Lee S, Park JJ, Choi Y, Lee SH. 2019b. Study on phenolic compounds in lettuce samples cultivated from Korea using UPLC-DAD-QToF/MS. *Korean J Food Nutr* 32:717-729
- Kim HY, Lee JY, Hwang IG, Han HM, Park BR, Han GJ, Park JT. 2015. Analysis of functional constituents of mulberries (*Morus alba* L.) cultivated in a greenhouse and open field during maturation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1588-1593
- Kim I, Lee J. 2017. Comparison of different extraction solvents and sonication times for characterization of antioxidant activity and polyphenol composition in mulberry (*Morus alba* L.). *Appl Biol Chem* 60:509-517
- Kim I, Lee J. 2020. Variations in anthocyanin profiles and antioxidant activity of 12 genotypes of mulberry (*Morus* spp.) fruits and their changes during processing. *Antioxidants* 9:242
- Kim MJ, Lee JH, Pyo JS, Kim HK. 2019a. Quantitative analysis of cyanidin-3-O-rutinoside and quercetin-3-O-rutinoside from extracts of *Morus alba* fruit. *Korean J Pharmacogn* 50:53-58
- Kim SY, Park KJ, Lee WC. 1998. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. *Korean J Med Crop Sci* 6:204-209
- Krishna H, Singh D, Singh RS, Kumar L, Sharma BD, Saroj PL. 2020. Morphological and antioxidant characteristics of mulberry (*Morus* spp.) genotypes. *J Saudi Soc Agric Sci* 19:136-145
- Krishna PGA, Sivakumar TR, Jin C, Li SH, Weng YJ, Yin J, Jia JQ, Wang CY, Gui ZZ. 2018. Antioxidant and hemolysis protective effects of polyphenol-rich extract from mulberry fruits. *Pharmacogn Mag* 14:103-109
- Lee SH, Jeong E, Paik SS, Jeon JH, Jung SW, Kim HB, Kim M, Chun MH, Kim IB. 2014. Cyanidin-3-glucoside extracted from mulberry fruit can reduce *N*-methyl-*N*-nitrosourea-induced retinal degeneration in rats. *Curr Eye Res* 39:79-87
- Lee Y, Hwang KT. 2017. Changes in physicochemical properties of mulberry fruits (*Morus alba* L.) during ripening. *Sci Hortic* 217:189-196
- Lee Y, Lee JH, Kim SD, Chang MS, Jo IS, Kim SJ, Hwang KT, Jo HB, Kim JH. 2015. Chemical composition, functional constituents, and antioxidant activities of berry fruits produced in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1295-1303
- Lee YJ, Choi SW. 2013. Physicochemical characteristics and analysis of functional constituents of four different mulberry (*Morus alba* L.) fruit juices. *J East Asian Soc Diet Life* 23:768-777
- Li Z, Liu Y, Xiang J, Wang C, Johnson JB, Beta T. 2023. Diverse polyphenol components contribute to antioxidant activity and hypoglycemic potential of mulberry varieties. *LWT* 173:114308
- Liang L, Wu X, Zhu M, Zhao W, Li F, Zou Y, Yang L. 2012. Chemical composition, nutritional value, and antioxidant activities of eight mulberry cultivars from China. *Pharmacogn Mag* 8:215-224
- Mehmood Abbasi A, Shah MH, Guo X, Khan N. 2016. Comparison of nutritional value, antioxidant potential, and risk assessment of the mulberry (*Morus*) fruits. *Int J Fruit Sci* 16:113-134

- Negro C, Aprile A, De Bellis L, Miceli A. 2019. Nutraceutical properties of mulberries grown in southern Italy (Apulia). *Antioxidants* 8:223
- Özgen M, Serçe S, Kaya C. 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Sci Horti* 119:275-279
- Pawlowska AM, Oleszek W, Braca A. 2008. Quali-quantitative analyses of flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. (Moraceae) fruits. *J Agric Food Chem* 56:3377-3380
- Qin C, Li Y, Niu W, Ding Y, Zhang R, Shang X. 2010. Analysis and characterisation of anthocyanins in mulberry fruit. *Czech J Food Sci* 28:117-126
- Ştefănuţ MN, Căta A, Pop R, Moşoară C, Zamfir AD. 2011. Anthocyanins HPLC-DAD and MS characterization, total phenolics, and antioxidant activity of some berries extracts. *Anal Lett* 44:2843-2855
- Sun Z, Zhou Y, Zhu W, Yin Y. 2023. Assessment of the fruit chemical characteristics and antioxidant activity of different mulberry cultivars (*Morus* spp.) in semi-arid, sandy regions of China. *Foods* 12:3495
- Sung GB, Kim YS, Kim KY, Ji SD, Kim NS. 2015. Studies on mulberry tree years and mulberry fruit yield and mulberry popcorn disease and sales price. *J Seric Entomol Sci* 53:19-28
- Turgut NH, Mert DG, Kara H, Egilmez HR, Arslanbas E, Tepe B, Gungor H, Yilmaz N, Tuncel NB. 2016. Effect of black mulberry (*Morus nigra*) extract treatment on cognitive impairment and oxidative stress status of D-galactose-induced aging mice. *Pharm Biol* 54:1052-1064
- Veberic R, Slatnar A, Bizjak J, Stampar F, Mikulic-Petkovsek M. 2015. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *LWT Food Sci Technol* 60:509-517
- Xu Y, Hu D, Li Y, Sun C, Chen W. 2018. An effective method for preparation of high-purity pelargonidin-3-O-glucoside from strawberry and its protective effect on cellular oxidative stress. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 1072:211-220
- Xu Y, Xie L, Xie J, Liu Y, Chen W. 2019. Pelargonidin-3-O-rutinoside as a novel  $\alpha$ -glucosidase inhibitor for improving postprandial hyperglycemia. *Chem Commun* 55:39-42
- Yan F, Dai G, Zheng X. 2016. Mulberry anthocyanin extract ameliorates insulin resistance by regulating PI3K/AKT pathway in HepG2 cells and db/db mice. *J Nutr Biochem* 36:68-80
- Yan F, Zheng X. 2017. Anthocyanin-rich mulberry fruit improves insulin resistance and protects hepatocytes against oxidative stress during hyperglycemia by regulating AMPK/ACC/mTOR pathway. *J Funct Foods* 30:270-281
- Yang J, Wen H, Zhang L, Zhang X, Fu Z, Li J. 2017. The influence of ripening stage and region on the chemical compounds in mulberry fruits (*Morus atropurpurea* Roxb.) based on UPLC-QTOF-MS. *Food Res Int* 100:159-165
- Yang JW, Choi IS. 2017. Comparison of the phenolic composition and antioxidant activity of Korean black raspberry, bokbunja, (*Rubus coreanus* Miquel) with those of six other berries. *CyTA J Food* 15:110-117
- Yuan Q, Zhao L. 2017. The mulberry (*Morus alba* L.) fruit—A review of characteristic components and health benefits. *J Agric Food Chem* 65:10383-10394
- Zhang H, Ma ZF, Luo X, Li X. 2018. Effects of mulberry fruit (*Morus alba* L.) consumption on health outcomes: A mini-review. *Antioxidants* 7:69
- Zhang W, He J, Pan Q, Han F, Duan C. 2011. Separation and character analysis of anthocyanins from mulberry (*Morus alba* L.) pomace. *Czech J Food Sci* 29:268-276

---

Received 10 November, 2023

Revised 05 December, 2023

Accepted 07 December, 2023

## 들깨 가식부위별 최적 추출 조건 확립을 위한 항산화 및 항염증 활성 평가

†김민영 · 김정인 · 김상우 · 김성업 · 오은영 · 이정은 · 이은수 · 안연주\* · 이명희\*\* · 김춘송\*\*

농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 농업연구사

\*농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 산학협동과정 박사과정생

\*\*농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 농업연구관

### Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects on Optimal Extraction Conditions of Different Edible Parts of Perilla (*Perilla frutescens* L.)

†Min Young Kim, Jung In Kim, Sang Woo Kim, Sungup Kim, Eunyoung Oh, Jeongeun Lee, Eunsoo Lee, Yeon Ju An\*, Myoung Hee Lee\*\* and Choon-Song Kim\*\*

Associate Researcher, Upland Crop Breeding Research Division, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

\*Doctor's Student, Upland Crop Breeding Research Division, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

\*\*Research Officer, Upland Crop Breeding Research Division, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

#### Abstract

This study was performed to investigate antioxidant and anti-inflammatory activities of perilla(*Perilla frutescens* L.) seed, flower and leaf according to extraction condition. Perilla seed extracts(PSE), perilla flower extracts(PFE), perilla leaf extracts(PLE) was extracted by stirring extraction (STE, 25°C), shaking extraction (SHE, 80°C), and sonication assisted extraction(SAE, 25°C) with 94% ethanol, 60% ethanol and distilled water, followed by analysis of total polyphenol and flavonoid and testing radical scavenging activities. The highest total polyphenol content (5.47, 9.36, 38.58 mg gallic acid equivalent/g), total flavonoid content(5.77, 8.62, 46.44 mg catechin equivalent/g), ABTS(10.68, 19.46, 63.56 mg trolox equivalent/g) and DPPH(6.51, 7.69, 79.73 mg trolox equivalent/g) radical scavenging activity of PSE, PFE and PLE was observed in the HWE with 60% ethanol. Among the three extraction method, SHE provided the best results for yield, polyphenol, flavonoid content of perilla seed, flower, leaf in comparison to STE or SAE. SHE with 60% ethanol of perilla seed, flower, leaf more effectively inhibited secretion of nitric oxide(NO) and pro-inflammatory cytokine in RAW 264.7 macrophage exposed to LPS compared to other extraction solvent and method. Therefore, these extracts obtained from perilla seed, flower, leaf could be used antioxidant and anti-inflammatory ingredients in the food industry.

Key words: perilla seed, perilla leaf, perilla flower, standardization, functional ingredient

#### 서론

염증은 신체에 다양한 외부자극에 의해 기질의 변화를 유발하는 손상이 발생하였을 때 이에 대응하기 위한 생리적인 방어 작용이지만, 그 정도가 과도하거나 장기화되면 관절염, 천식, 만성 장염 및 위염, 피부염 등의 염증 질환을 유발하게 된다(Kim 등 2016). 일반적으로 염증 반응 시 면역세포는 다양한 염증 발현 단백질을 분비하여 손상 조직의 추가적인 감

염을 막고 조직을 재생하여 정상화하려한다(Nam & Park 2019). 자극원에 의해 특정조직에 손상이 있을 때, 호중구나, 호염구, 호산구, 단핵세포 등의 세포와 IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-8 등의 염증성 cytokine이 발현하여, 농양이 생성되고 통증이 완화된 등 조직이 회복되는 과정으로 진행된다. 또한, inducible nitric oxide synthase(iNOS), cyclo-oxygenase-2(COX-2)같은 효소나, nitric oxide(NO), prostaglandin E2(PGE2) 등의 면역관련 물질을 생성한다(Jeong 등 2014). 그러나 이러한 염증반응이

† Corresponding author: Min Young Kim, Associate Researcher, Upland Crop Breeding Research Division, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea. Tel: +82-55-350-1215, Fax: +82-55-350-3050, E-mail: kmyqwer@korea.kr

원인이 제거되지 않아 만성화되면 림프구나 체액성 면역 유도 cytokine과 세포성 면역유도 cytokine으로 주요 반응 물질이 지속적으로 발현될 수 있다(Feghali & Wright 1997). 본 연구에서 사용한 대식세포는 비정상인 세포, 조직, 세균 등 체내에 존재하는 이상 물질을 흡수하고 소화시켜 제거하는 식세포 작용을 하는 백혈구의 일종이다(Ovchinnikov DA 2008). 대식세포는 interferon gamma(IFN- $\gamma$ ), LPS 등에 자극되어 iNOS 같은 물질과 TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 등의 염증성 cytokine이 발현하기 때문에, 이러한 염증 매개인자들의 효율적인 억제는 식물유래 화합물의 항염증 소재 개발의 중요한 요소로 여겨진다(Mills C 2012).

들깨(*Perilla frutescens* L.)는 동아시아에 자생하는 꿀풀과에 속하는 일년생 초본 식물로(Ahmed & Tavaszi-Sarosi 2019) 목적에 따라 종자를 생산하는 종실용 들깨와 깻잎을 생산하는 잎들깨로 구분되며, 들깨의 잎, 종자, 화방 및 줄기에는 phenolic compounds, flavonoids, essential oils, carotenoids 및 fatty acids 등 다양한 기능성 화합물을 함유하고 있다고 알려져 있다(Kim 등 2022). 본 연구에서 표준화 원료로 사용한 다유 품종은 국립식량과학원에서 개발한 종실 들깨 품종으로 기름 함유율이 높아 착유량이 많으며, 일반 재래종 들깨보다 생산량이 높고 병저항성도 강한 품종으로 개발되어 현재 보급되고 있는 표준품종이다. 들깨 종자는 주로 식용 기름 및 들깨 가루 등에 이용되며, 불포화지방산 중에도  $\alpha$ -linoleic acid를 다량 함유하고 있어 체내에서 심혈관 질환을 예방하고 인지기능개선효과를 가지고 있다고 알려져 있다(Asif M 2011). 잎들깨는 신진채소 및 절임 등에 활용되며 apigenin, luteolin, anthocyanin 등의 플라보노이드 성분과 함께 caffeic acid, rosmarinic acid, ferulic acid 등의 페놀산과 perillaaldehyde, perillaketone 등의 방향성 화합물을 다량 함유하고 있어 항산화, 항염증, 항알레르기 및 치매예방효과가 있다고 보고되었다(Kim 등 2022; Ahn 등 2023). 그 밖에 들깨 화방은 국내에서 예로부터 튀김, 자반, 부각 등의 음식으로 섭취해온 기록(Sung & Seo 2016)이 있어 식품원료로 활용이 가능하지만, 이에 대한 기능성 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 항염증 소재로서 가식부위별 들깨의 산업적 이용성 증대와 원료 표준화를 제시하기 위하여 동일한 품종의 종실, 화방, 잎을 수확하여 추출방법 및 용매에 따른 항산화 활성과 함께 LPS로 유도한 대식세포모델에서의 항염증 효과를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 추출물 제조

본 연구에서 사용된 들깨는 2021년에 경상남도 밀양 소재

의 국립식량과학원에서 생산된 다유(cv. *Dayu*) 품종을 사용하였으며, 종실, 화방, 잎을 수확한 후 동결건조 및 분쇄하여 추출물 제조에 이용하였다. 최적 추출 조건을 확립하기 위하여 종실, 화방, 잎 시료의 중량 대비 10배량의 94% 에탄올(v/v), 60% 에탄올(v/v), 증류수(v/v)를 첨가하여 각각 교반추출, 열수진탕추출, 초음파 추출을 2회 반복하여 진행하였다. 교반추출은 상온(25°C)에서 24시간동안 교반기에서 추출하였고, 열수진탕추출은 80°C 온도의 수욕조에서 2시간 동안 추출하였으며, 초음파추출은 상온(25°C)에서 2시간 동안 추출하고, 이 추출물들을 여과, 감압농축 및 동결건조 하였다. 동결건조한 추출물은 100 mg/mL의 농도로 dimethyl sulfoxide (DMSO)에 용해한 후 증류수 및 배지(DMEM, Gibco Co.)로 희석하여 생리활성 측정용 시료로 사용하였다.

### 2. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(2002)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 정색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉, 10 mg/mL농도의 각 추출물 100  $\mu$ L에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 100  $\mu$ L를 가하였다. 실온에서 30분방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 5, 10, 25 및 50배로 희석하여 사용하였으며, 검량선 작성 후 총 폴리페놀 함량은 시료 1 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

### 3. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(1999)의 방법을 변형하여 분석하였다. 플라보노이드 분석을 위한 10 mg/mL 농도의 추출물 250  $\mu$ L에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75  $\mu$ L를 가한 다음 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O 150  $\mu$ L를 가하여 6분간 방치하고 1 M 수산화나트륨(NaOH) 500  $\mu$ L를 가하여 11분간 방치한 후, 반응액의 흡광도를 510 nm에서 측정하였다. 표준물질로 (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였다.

### 4. ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS cation decolorization assay 방법(Choi 등 2006)에 의하여 측정하였다. 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma-Aldrich Co.)와 2.6 mM potassium persulphate를 하루 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon = 3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL

에 10 mg/mL 농도의 추출액 50  $\mu$ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 trolox(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다. 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 mg t eq/g으로 표현하였다.

### 5. DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Hwang 등(2011)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 10 mg/mL 농도의 추출물 0.2 mL에 0.2 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL를 가하여 실온에서 60분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 mg trolox equivalent(TE)/extract g으로 표현하였다.

### 6. 세포배양 및 독성 측정

본 실험에서 사용된 마우스 유래 대식세포(RAW 264.7 Macrophage cell)는 한국세포주은행에서 분양받아 사용하였다. 각각의 세포는 10% fetal bovine serum(FBS, Hyclone, Loga, UT, USA)와 100 units/mL penicillinstreptomycin를 사용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였으며, 세포밀도가 높아지면 계대배양을 실시하였다. 추출 조건별 들깨 종실, 화방, 잎 추출물의 세포독성은 Ishiyama 등(1996)의 방법에 따라 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay를 이용하여 측정하였다. 즉, RAW 264.7 세포는 96-well plate에 1×10<sup>5</sup> cell/well 농도로 96 well plate에 100  $\mu$ L씩 분주한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 24시간 배양하였다. 시료는 일정 농도가 되도록 DMSO로 희석하여 사용하였으며, 배양에 사용된 배지를 제거하고 배지에 일정 농도로 희석된 시료를 첨가하여 다시 24시간 배양하였다. 배양 완료 후 2 mg/mL 농도의 MTT 시약을 well당 10  $\mu$ L씩 첨가한 다음 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 4시간 후 MTT 시약이 포함된 배지를 제거하고, DMSO 100  $\mu$ L를 가한 후 상온에서 발색시키고, ELISA microplate reader(ELx 808, Bio-Tek Inc., Winooski, VT, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각각의 세포독성은 세포생존률로 표시하였고, RAW264.7 대식세포에서 세포독성을 나타내지 않는 농도범위 내에서 산화질소 및 염증성 사이토카인 억제효과를 분석하여 항염증활성을 평가하였다.

### 7. 산화질소(nitric oxide) 및 염증성 사이토카인(cytokine) 분석

추출 조건 별 들깨 종실, 화방, 잎 추출물의 항염증 활성은 LPS로 활성화된 RAW 264.7 대식세포에서의 산화질소(nitric oxide) 및 염증성 사이토카인(cytokine) 분비 억제능을 분석하였다. 즉, 배양한 RAW 264.7 대식세포를 세포를 2×10<sup>5</sup>

cell/well 농도로 96 well plate에 100  $\mu$ L씩 분주하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 24시간 동안 배양하였다. 전 배양에 사용된 배지를 제거하고 1  $\mu$ g/mL LPS(Lipopolysaccharide; *E. coli* serotype 0111:B4)를 첨가한 배지에 일정 농도로 희석된 추출물을 100  $\mu$ L를 첨가하여 다시 24시간 배양한다. 배양 완료 후 세포로부터 분비된 산화질소(nitric oxide)와 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$  등의 염증성 사이토카인(cytokine)을 ELSIA kit를 이용하여 분석하였다. 산화질소(nitric oxid)는 Griess reagent system(Promega)를 이용하여 정량하였으며, TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$ 은 mouse enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) kit(R&D System Inc.)를 이용하여 정량하였다.

### 8. 통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 가공처리 및 품종간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였으며( $p < 0.05$ ), 추출 조건간의 유의성은 대문자, 가식부위별 유의성은 소문자로 표기하였다. 또한 상관분석은 Metabolanalyst 프로그램을 이용하여 총 폴리페놀, 플라보노이드, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능, 산화질소 및 사이토카인 분비량 간의 상관성을 이변량 상관계수를 이용하여 신뢰구간  $p < 0.01$ 에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

추출방법 및 용매에 따른 가식부위별 들깨의 항산화 성분 변화를 측정한 결과는 Table 1 및 Table 2와 같다. 들깨 종실, 화방 및 잎들깨의 폴리페놀함량은 각각 2.71~5.74, 2.16~9.58 및 12.04~38.59 mg GAE/g 범위로 나타났으며, 플라보노이드 함량은 각각 1.09~7.75, 2.02~8.62, 3.01~46.44 mg CE/g 범위로 나타나 잎들깨가 화방 및 종실에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 들깨 종실, 잎 및 줄기 추출물의 항산화 및 라디칼 소거활성을 분석한 Lin 등(2014)의 연구에서 catechin, apigenin, luteolin, rosmarinic acid, caffeic acid 등의 페놀산과 플라보노이드 계열 화합물이 다량 함유되어있는 잎과 줄기 추출물이 종실 추출물에 비해 총 페놀 화합물 함량이 높게 나타났다는 결과와 유사하였다. 천연물에 함유된 기능성분을 용출하기 위하여 다양한 종류의 추출용매를 사용하게 되는데, 추출용매의 종류와 농도에 따라 기능성분이 용출되는 수율의 차이가 나타나며, 이는 항산화 활성 등 기타 생리활성에도 차이가 발생한다고 보고되어 있다(Tatiya 등

**Table 1. Total polyphenol contents of perilla seed, flower, leaf (cv. Dayu) depending on extraction method and solvents**

Extraction method	Extraction temperature	Extraction solvent	TPC (mg GAE/g) <sup>1)</sup>		
			Perilla seed	Perilla flower	Perilla leaf
Stirring extraction	25 °C	94% EtOH	3.37±0.27 <sup>Cb</sup>	2.16±0.02 <sup>Ic</sup>	24.89±0.30 <sup>Ea</sup>
		60% EtOH	5.50±0.16 <sup>Ac</sup>	5.84±0.13 <sup>Eb</sup>	18.35±0.19 <sup>Fa</sup>
		Water	2.71±0.10 <sup>Dc</sup>	3.08±0.04 <sup>Hb</sup>	12.04±0.48 <sup>Ha</sup>
Shaking extraction	80 °C	94% EtOH	2.64±0.06 <sup>Dc</sup>	4.48±0.08 <sup>Fb</sup>	26.94±0.66 <sup>Da</sup>
		60% EtOH	5.70±0.16 <sup>Ac</sup>	9.58±0.09 <sup>Ab</sup>	38.59±0.74 <sup>Aa</sup>
		Water	2.89±0.04 <sup>Dc</sup>	6.27±0.13 <sup>Db</sup>	28.83±0.63 <sup>Ca</sup>
Sonication assisted extraction	25 °C	94% EtOH	2.76±0.11 <sup>Dc</sup>	4.17±0.03 <sup>Gb</sup>	27.28±0.14 <sup>Da</sup>
		60% EtOH	5.74±0.61 <sup>Ac</sup>	7.87±0.12 <sup>Bb</sup>	31.62±0.32 <sup>Ba</sup>
		Water	4.11±0.03 <sup>Bc</sup>	7.41±0.44 <sup>Cb</sup>	17.51±0.04 <sup>Ga</sup>

Values are mean±S.D. of three replicates.

Different capital letters (<sup>A-I</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among extraction methods and solvents.

Different small letters (<sup>a-c</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among edible parts of perilla.

<sup>1)</sup> Total polyphenol content (mg gallic acid equivalent/g sample).

**Table 2. Total flavonoid contents of perilla seed, flower, leaf (cv. Dayu) depending on extraction method and solvents**

Extraction method	Extraction temperature	Extraction solvent	TFC (mg CE/g) <sup>1)</sup>		
			Perilla seed	Perilla flower	perilla leaf
Stirring extraction	25 °C	94% EtOH	1.09±0.15 <sup>Fb</sup>	2.02±0.16 <sup>Ib</sup>	31.39±1.00 <sup>Da</sup>
		60% EtOH	6.37±0.10 <sup>Bb</sup>	4.78±0.03 <sup>Dc</sup>	12.05±0.09 <sup>Ea</sup>
		Water	1.28±0.04 <sup>Fc</sup>	2.49±0.07 <sup>Hb</sup>	3.01±0.05 <sup>Ga</sup>
Shaking extraction	80 °C	94% EtOH	2.62±0.33 <sup>Dc</sup>	4.17±0.12 <sup>Fb</sup>	34.79±0.79 <sup>Ca</sup>
		60% EtOH	5.77±0.01 <sup>Cc</sup>	8.62±0.32 <sup>Ab</sup>	46.44±0.31 <sup>Aa</sup>
		Water	2.55±0.07 <sup>Dc</sup>	3.35±0.09 <sup>Gb</sup>	37.14±0.58 <sup>Ba</sup>
Sonication assisted extraction	25 °C	94% EtOH	2.56±0.09 <sup>Dc</sup>	4.23±0.11 <sup>Eb</sup>	34.47±0.82 <sup>Ca</sup>
		60% EtOH	7.75±0.22 <sup>Ab</sup>	6.51±0.11 <sup>Cc</sup>	34.45±0.58 <sup>Ca</sup>
		Water	1.71±0.05 <sup>Ec</sup>	7.74±0.45 <sup>Ba</sup>	4.77±0.10 <sup>Fb</sup>

Values are mean±S.D. of three replicates.

Different capital letters (<sup>A-I</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among extraction methods and solvents.

Different small letters (<sup>a-c</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among edible parts of perilla.

<sup>1)</sup> Total flavonoid content(mg catechin equivalent/g sample).

2011). 본 연구에서는 식품 산업적 적용가능성을 높이기 위해 에탄올 농도를 다르게 하여 추출용매로 사용하였는데, 가식부위별 들깨를 94% 에탄올, 60% 에탄올 및 증류수로 추출한 후 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 가식부위에 상관없이 종실, 화방 및 잎 모두 94% 에탄올과 증류수에 비해 60% 에탄올에서 가장 높은 경향을 보였다. 즉, 94% 에탄올을 추출용매로 사용하였을 때 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 2.64~27.28 mg GAE/g 및 1.09~34.79 mg CE/g 범위로 나타났지만, 60% 에탄올을 추출용매로 사용 시

5.50~38.59 mg GAE/g 및 5.77~46.44 mg CE/g으로 증가하였다. Kwon 등(2016)은 비단풀 에탄올 추출물의 플라보노이드 함량이 물추출물보다 높다고 보고하였고, Kim & Kim(2020)은 개똥쑥의 총 플라보노이드 함량은 에탄올 단일용매보다 물과 에탄올을 혼합한 용매에서 더 높다고 보고하였다. 또한, Middleton & Kandaswamin(1992)의 연구에서 플라보노이드계 물질은 화학구조에 따라 물과 에탄올에 대해 용해되는 정도가 다르다고 보고하여, 들깨 종실, 화방 및 잎 등의 시료에 함유된 물질에 따라 추출용매에 대해 용해되는 폴리페놀

및 플라보노이드 등의 항산화 성분의 함량은 다양하게 나타나는 것으로 생각된다. 또한, 식물체로부터의 특정 기능성분을 용출하기 위해서는 추출용매뿐만 아니라 추출방법 및 추출온도도 큰 영향을 미치는데, 용매와의 친화력을 이용하여 분리하는 침출법을 기본으로 특정 물질을 효과적으로 용출하기 위하여 교반추출, 온도와 압력을 조정하는 가열 추출법, 에너지 전달방식을 달리하여 용출하는 방법인 마이크로웨이브, 초임계추출법 등이 사용되기도 한다(Azmir 등 2013). 본 연구에서는 교반추출, 열수추출, 초음파 추출 방법을 이용하여 부위별 들깨의 항산화성분을 비교한 결과, 80°C의 온도에서 2시간 동안 열수추출을 하였을 때 교반 및 초음파 추출에 비해 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높게 나타났다. 즉, 들깨 종실, 화방 및 잎을 60%에탄올로 교반추출하였을 때 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 5.50~18.35 mg GAE/g 및 4.78~12.05 mg CE/g이었고, 초음파 추출하였을 때 5.74~31.62 mg GAE/g 및 6.51~34.45 mg CE/g이었지만, 열수추출 시 5.70~38.59 mg GAE/g 및 5.77~46.44 mg CE/g 범위까지 증가하는 경향을 보였다. 이는 추출 수율의 결과와도 연관이 있는 것으로 판단되는데, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높았던 잎들깨의 경우 교반추출, 열수추출, 초음파추출의 수율이 각각 10.93~17.62%, 12.62~23.17% 및 11.60~16.12% 범위로 열수추출 시 수율이 가장 우수하였다. 이러한 결과는 에탄올 농도 및 추출온도에 따른 블루베리의 항산화성분을 분석한 Jun 등(2019)의 연구에서 추출용매에 관계없이 추출온도가 증가함에 따라 90°C까지 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가했다는 연구 결과와 유사하였으며, 이

는 식물체 조직에 에스터 결합을 하고 있는 결합형 페놀화합물이 가열에 의해서 유리형으로 전환됨에 따라 추출용매에 용출되는 효율이 증가한 것으로 판단된다(Xu & Chang 2009). 종합적으로 들깨 종실, 화방 및 잎을 60%에탄올로 80°C 온도에서 열수추출하였을 때 총 폴리페놀 함량은 5.70, 9.58 및 38.59 mg GAE/g이었고, 총 플라보노이드 함량은 5.77, 8.62 및 46.44 mg CE/g으로 가장 높게 측정되었다. 식물체에 다양하게 분포하는 2차 대사산물인 페놀 화합물과 플라보노이드 화합물은 효과적인 항산화 성분으로서 자유라디칼이 안정한 상태로 유지되는 역할을 하고, 세포 내의 활성산소종을 억제하여 항산화 활성과 함께 항암, 항균, 항염 작용 등의 생리활성을 보유하는 것으로 알려져있어(Nacimi & Alizadeh 2017), ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성과 대식세포에서의 산화질소(NO) 및 사이토카인 억제 효과와 같은 항염증 활성에 영향을 줄 것으로 판단된다.

## 2. 항산화 활성

식물체에 다양하게 함유되어있는 천연물의 항산화 활성은 식품 중 지방 산화를 억제하고 인체 내에서는 세포손상 및 염증 유발 등의 원인이 되는 자유라디칼에 의한 노화를 억제 시켜 질병을 예방하는 역할을 한다(Kim 등 2018). 추출방법 및 용매에 따른 가식부위별 들깨추출물의 항산화 활성은 ABTS 및 DPPH 라디칼을 이용하여 측정하였으며, 분석결과는 Table 3 및 Table 4와 같다. 두 가지의 라디칼 소거활성 측정 방법은 친수성과 친유성 물질 모두 분석이 가능하며 각각 양이온과 음이온의 라디칼을 생성하는 특징을 가지고 있

**Table 3.** ABTS radical scavenging activities of perilla seed, flower, leaf (cv. Dayu) depending on extraction method and solvents

Extraction method	Extraction temperature	Extraction solvent	ABTS (mg TE/g sample) <sup>1)</sup>		
			Perilla seed	Perilla flower	perilla leaf
Stirring extraction	25°C	94% EtOH	1.64±0.59 <sup>Fc</sup>	3.58±0.54 <sup>Fb</sup>	47.86±0.90 <sup>Ea</sup>
		60% EtOH	9.33±0.64 <sup>Bc</sup>	11.27±0.58 <sup>Cb</sup>	33.91±0.97 <sup>Fa</sup>
		Water	6.66±0.54 <sup>Dc</sup>	8.15±0.43 <sup>Db</sup>	17.52±0.06 <sup>Ha</sup>
Shaking extraction	80°C	94% EtOH	4.43±0.72 <sup>Ec</sup>	8.28±0.35 <sup>Db</sup>	53.10±1.14 <sup>Da</sup>
		60% EtOH	10.68±0.58 <sup>Ac</sup>	19.46±0.29 <sup>Ab</sup>	63.56±0.14 <sup>Aa</sup>
		Water	6.48±0.27 <sup>Dc</sup>	13.91±0.33 <sup>Bb</sup>	58.91±1.20 <sup>Ba</sup>
Sonication assisted extraction	25°C	94% EtOH	3.84±0.44 <sup>Ec</sup>	6.59±0.40 <sup>Eb</sup>	55.37±2.23 <sup>Ca</sup>
		60% EtOH	8.50±0.32 <sup>Cc</sup>	13.87±1.00 <sup>Bb</sup>	59.78±1.09 <sup>Ba</sup>
		Water	10.14±0.24 <sup>Ac</sup>	13.73±0.33 <sup>Bb</sup>	24.26±0.47 <sup>Ga</sup>

Values are mean±S.D. of three replicates.

Different capital letters (<sup>A-H</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among extraction methods and solvents.

Different small letters (<sup>a-c</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among edible parts of perilla.

<sup>1)</sup> ABTS radical scavenging activity (mg trolox equivalent/g sample).

**Table 4. DPPH radical scavenging activities of perilla seed, flower, leaf (cv. Dayu) depending on extraction method and solvents**

Extraction method	Extraction temperature	Extraction solvent	DPPH (mg TE/g sample) <sup>1)</sup>		
			Perilla seed	Perilla flower	perilla leaf
Stirring extraction	25 °C	94% EtOH	1.04±0.07 <sup>Fc</sup>	2.92±0.05 <sup>Gb</sup>	39.01±0.49 <sup>Ea</sup>
		60% EtOH	6.28±0.13 <sup>Bb</sup>	6.80±0.15 <sup>Cb</sup>	26.30±0.65 <sup>Fa</sup>
		Water	1.69±0.06 <sup>Eb</sup>	1.17±0.07 <sup>Hb</sup>	5.55±0.61 <sup>Ha</sup>
Shaking extraction	80 °C	94% EtOH	2.81±0.07 <sup>Cc</sup>	5.52±0.14 <sup>Eb</sup>	42.11±0.71 <sup>Da</sup>
		60% EtOH	6.51±0.15 <sup>Ab</sup>	7.69±0.02 <sup>Ab</sup>	79.73±1.31 <sup>Aa</sup>
		Water	2.63±0.04 <sup>Dc</sup>	6.07±0.11 <sup>Db</sup>	57.56±1.17 <sup>Ba</sup>
Sonication assisted extraction	25 °C	94% EtOH	2.84±0.07 <sup>Cc</sup>	5.16±0.11 <sup>Fb</sup>	44.67±0.84 <sup>Ca</sup>
		60% EtOH	6.22±0.15 <sup>Bb</sup>	7.54±0.02 <sup>Bb</sup>	57.72±1.67 <sup>Ba</sup>
		Water	2.82±0.03 <sup>Cb</sup>	2.86±0.05 <sup>Gb</sup>	11.38±0.90 <sup>Ga</sup>

Values are mean±S.D. of three replicates.

Different capital letters (<sup>A-H</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among extraction methods and solvents.

Different small letters (<sup>a-c</sup>) in the same items indicate a significant difference ( $p<0.05$ ) among edible parts of perilla.

<sup>1)</sup> DPPH radical scavenging activity (mg trolox equivalent/g sample).

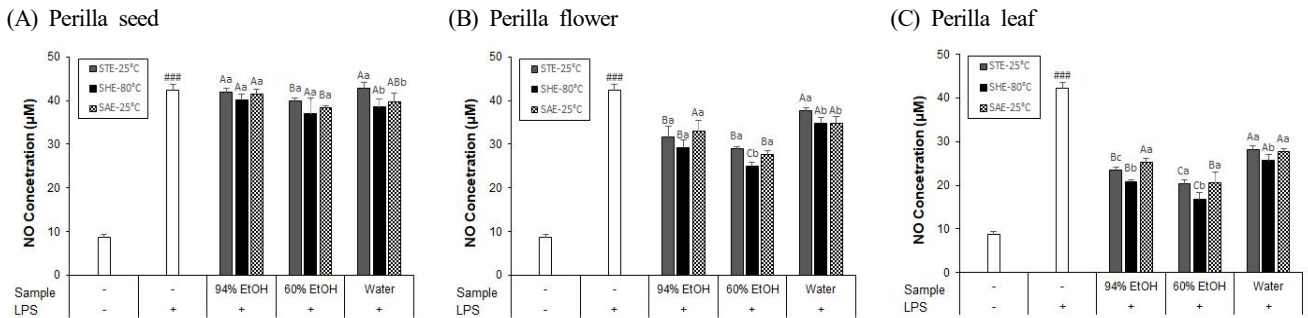
어 항산화 활성 분석에 가장 많이 활용되고 있다(Shin 등 2008). 들깨 종실, 화방 및 잎들깨 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 각각 1.07~7.75, 2.02~8.62 및 3.01~46.44 mg TE/g 범위로 나타났으며, DPPH 라디칼 소거능은 각각 1.04~6.51, 1.17~7.69 및 5.55~79.73 범위로 나타나 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량결과와 마찬가지로 잎들깨가 화방 및 종실에 비해 유의적으로 높게 나타났다. Lin 등(2014)의 연구에서 총 페놀화합물 함량이 종실 및 줄기에 비해 잎에서 가장 높게 측정됨에 따라 라디칼 소거능 및 환원력 또한 높게 나타나는 연구결과와 유사하였으며, 그 밖에도 기능성분이 다량 함유되어있는 깻잎의 품종(Kim 등 2022) 및 재배조건(Hyun 등 2003) 등 다양한 원료에 대해 항산화 활성이 보고된 바 있다. 또한, 추출 방법 및 용매에 따라 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 다양하게 분포함에 따라(Table 1 및 Table 2) 항산화활성에도 영향을 줄 것으로 생각되어 동일한 추출 조건에서의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 그 결과, 가식부위에 상관없이 종실, 화방 및 잎 모두 94% 에탄올과 증류수에 비해 60% 에탄올에서 항산화 활성이 가장 우수한 경향을 보였고, 교반추출 및 초음파추출에 비해 열수추출방법이 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. 즉, 들깨 종실, 화방 및 잎을 60% 에탄올로 80 °C 온도에서 열수추출하였을 때 ABTS 라디칼 소거능은 5.77, 8.62, 46.44 mg TE/g 이었고, DPPH 라디칼 소거능은 6.51, 7.69 및 79.73 mg TE/g 으로 항산화활성이 가장 우수하게 평가 되었다. 추출용매 및 품종별 땅콩추출물의 항산화 활성(Kim 등 2019)에 대한 등의 보고에 따르면 물 추출물보다 70% 에탄올 또는 메탄올 추출물의 총

폴리페놀 함량이 높게 측정됨에 따라 항산화 활성 또한 높게 나타났다고 보고하였으며, Jun 등(2019)은 추출용매에 관계 없이 추출온도가 증가함에 따라 블루베리 열수추출물의 항산화 활성이 증가했다고 발표하였다. 잎들깨에 함유한 주요 페놀 화합물인 로즈말린산, 루테올린, 아피제닌 등의 기능성분과 항산화 활성과의 상관성에 대해 연구한 Ahn 등(2023)의 연구결과로 미루어 볼 때, 60% 에탄올로 열수추출하였을 때 페놀화합물 함량이 높게 나타남에 따라 항산화 활성에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 3. 항염증 활성

산화질소(nitric oxide, NO) 및 tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin-6(IL-6), interleukin-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ ) 등의 염증성 사이토카인은 주로 활성화된 대식세포에서 생성되며, 내피세포와 백혈구에 작용하여 초기 염증반응을 자극하고 조절한다. 산화질소와 사이토카인의 생성은 염증을 악화시키기 때문에 이들의 과발현을 억제하는 것은 염증치료에 중요하다고 알려져 있어, 본 연구에서는 들깨 가식 부위 및 추출 조건별 추출물의 항염증 활성 평가를 위해 LPS로 활성화된 Raw 264.7 대식세포에서의 NO 및 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$  분비 억제능을 평가하였다(Masters 등 2009). 들깨 종실, 화방 및 잎의 추출용매 및 방법에 따라 염증 대사에서 중요한 매개물질인 NO를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. NO 억제능을 분석하기에 앞서 들깨 추출물의 농도를 설정하기 위해 MTT assay를 이용한 세포생존율을 측정된 결과, 모든 조건의 추출물 100  $\mu$ g/mL의 농도에서 90% 이상의 세포생존율을 보여 세포독성이 없

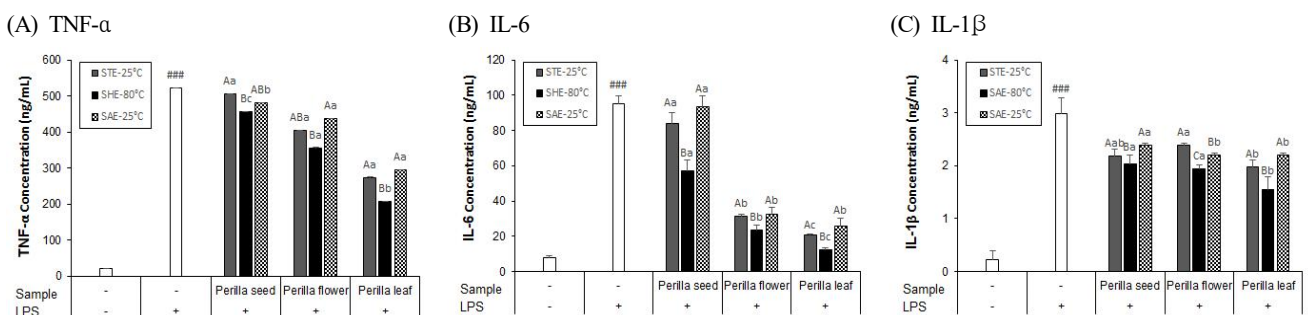




**Fig. 1.** Effect of perilla seed (A), flower (B), leaf (C) extracts on Nitric oxide concentration in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. Values are mean±S.D. of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among extraction methods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among extraction solvents.

음을 확인하고 항염활성 검정 실험을 진행하였다. 가식부위 및 추출 조건별 들깨 추출물이 LPS로 염증을 유도한 대식세포에서 산화질소 생성을 조절하는지 확인한 결과, 정상세포 (8.66  $\mu\text{M}$ )와 비교하여 LPS를 처리한 RAW 264.7 대식세포에서 생성된 NO 함량이 42.25  $\mu\text{M}$  수준으로 증가하였으며, 들깨 종실, 화방 및 잎 추출물과 함께 처리된 세포에서는 추출 용매 및 방법에 상관없이 NO 생성량이 모두 감소하는 것을 확인하였다. 특히 항산화 활성이 가장 우수하였던 열수추출 방법의 60% 에탄올 추출물을 처리하였을 때 RAW 264.7 대식세포가 분비하는 NO 함량이 들깨 종실, 화방 및 잎 추출물의 경우 각각 36.97  $\mu\text{M}$ , 24.87  $\mu\text{M}$ , 16.86  $\mu\text{M}$ 까지 감소하여 가장 효과적인 NO 생성 억제효과를 확인하였다. 또한 추출 방법별 들깨 종실, 화방 및 잎의 60% 에탄올 추출물이 LPS로 염증을 유도한 RAW264.7 대식세포에서 염증성 사이토카인을 조절하는지 확인하기 위해서, RAW264.7 대식세포에 추

출물과 LPS(1  $\mu\text{g/mL}$ )를 동시에 처리한 후 24시간동안 배양하여 TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$  분비능을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 정상세포에서는 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$ 는 20.69, 8.01 및 0.83 ng/mL 검출되었지만, LPS를 처리한 RAW 264.7 대식세포에서는 각각 521.85, 94.94 및 4.66 ng/mL 농도로 사이토카인 분비가 크게 증가하는 것을 확인하였다. 하지만, 들깨 종실, 화방 및 잎 추출물과 함께 처리된 세포에서는 모든 추출 방법에서 세가지 사이토카인 모두 감소하는 경향을 보여 염증성 사이토카인 생성의 억제능을 확인하였다. 특히, 열수추출 방법을 사용한 잎들깨 60% 에탄올 추출물을 처리하였을 때 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$ 의 농도가 각각 207.23, 12.13 및 1.36 ng/mL 까지 감소하여 LPS에 의해 활성화된 RAW 264.7 대식세포에서의 사이토카인 분비를 가장 효과적으로 억제하는 것을 확인 할 수 있었다. Lee & Han(2012) 연구에서 종실 들깨 추출물의 항염증 효과를 연구한 결과 LPS로 활성화된



**Fig. 2.** Effect of Perilla seed, flower, leaf extracts with 60% ethanol according to extraction method on (A) TNF- $\alpha$ , (B) IL-6, (C) IL-1 $\beta$  concentration in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. Values are mean±S.D. of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among edible parts. Different small letters in the same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ) among extraction method.

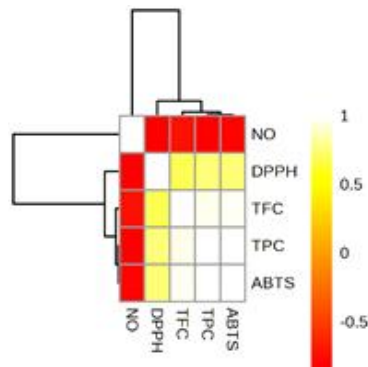
RAW 264.7 대식세포모델에서 들깨 추출물을 처리하였을 때 염증 매개물질인 NO와 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$  등의 사이토카인을 조절하는 NF- $\kappa$ B, iNOS, CO-2 단백질의 발현을 억제함으로써 항염증 효과가 있다고 보고하였다. 또한, 본 연구에서 항산화 및 항염증 효과가 가장 우수하게 나타난 잎들깨 추출물의 경우, 9가지의 잎들깨 품종별 항염증 효과를 비교한 Kim 등(2022)의 연구에서 염증 유도물질인 LPS를 처리한 시험군에서는 IL-6의 농도가 증가하였으나 잎들깨 추출물을 함께 처리하였을 때 모든 품종에서 전반적으로 감소하는 경향을 보였고, 특히 ‘늘보라’ 품종의 추출은 약 40% 이상 감소하여 항염증 효과를 확인하였다고 보고하였다. 그 밖에도 탈지들깨박 추출물의 *in vitro* 및 *in vivo* 항염증 효과 (Chumphukam 등 2018), 깻잎으로부터 추출한 루레올린 분획의 항염증 및 효과(Jeon 등 2014), 깻잎 추출물의 경구투여에 따른 *in vivo* 항산화 및 알러지 개선효과(Ueda) 연구 등 종실 들깨와 잎들깨의 *in vitro* 및 *in vivo* 항염증 활성과 효능의 작용기작 등은 다양하게 보고되었지만, 들깨 화방의 항염증 활성에 대해서는 보고된 바 없고 부위별 들깨의 추출 조건별 항염증 활성에 대한 연구는 부족하다. 따라서 들깨 종실, 화방, 잎의 추출방법과 용매에 따른 항염증 활성 결과는 들깨

를 항염증 소재로서의 산업적 이용성을 증대시키기 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

4. 상관관계분석

가식부위별 추출용매 및 방법에 따른 들깨 추출물의 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드함량, ABTS 라디칼 소거능, DPPH 라디칼 소거능, LPS로 유도한 RAW264.7 세포에서의 산화질소 농도 간의 상관관계를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 총 폴리페놀 함량은 ABTS 라디칼 소거능(0.99\*\*), DPPH 라디칼 소거능(0.75\*\*)과 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, 대식세포가 분비하는 산화질소의 농도(-0.83\*\*)와는 높은 음의 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 총 플라보노이드 함량은 ABTS 라디칼 소거능(0.97\*\*), DPPH 라디칼 소거능(0.69\*\*)과 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, 세포가 분비하는 산화질소의 농도(-0.74\*\*)와는 높은 음의 상관관계를 보였다. 즉, 항산화성분인 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높을수록 항산화 활성의 지표인 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능은 높게 나타났으며, 산화질소의 농도는 낮게 나타나 항염증활성이 우수하게 평가되는 것을 확인할 수 있었다.

(A) Correlation heatmap



(B) Correlation table

	NO	DPPH	TFC	TPC	ABTS
NO	1	-0.83**	-0.74**	-0.83**	-0.81**
DPPH		1	0.69**	0.75**	0.74**
TFC			1	0.95**	0.97**
TPC				1	0.99**
ABTS					1

\*\*  $p < 0.01$ .

(C) Hierarchical clustering heatmap

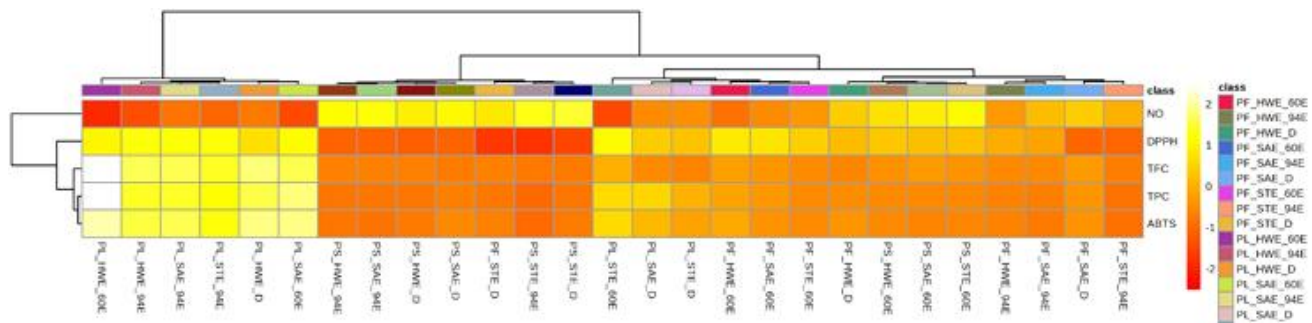


Fig. 3. Correlation coefficients among total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), ABTS and DPPH radical scavenging activity, nitric oxide (NO) concentration of perilla depending on edible parts and extraction condition.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 가식부위별 들깨의 식품 산업적 이용성 증대와 원료표준화를 제시하기 위하여 추출 조건에 따른 항산화 성분과 *in vitro* 항산화 활성 및 항염증 활성을 분석하였다. 품종은 다유(cv. Dayu)를 사용하였으며, 종실, 화방, 잎을 수확한 후 동결건조한 시료에 94% 에탄올(v/v), 60% 에탄올(v/v), 증류수(v/v)를 첨가하여 각각 교반추출, 열수진탕추출, 초음파 추출한 후, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능과 함께 LPS로 활성화시킨 RAW 264.7 대식세포모델에서의 산화질소와 염증성 사이토카인의 분비 억제능을 분석하여 항염증 활성을 평가하였다. 가식 부위에 따른 들깨의 기능성에 대해 분석한 결과, 들깨 종실 및 화방에 비해 잎들깨의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높게 측정됨에 따라 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성과 NO 및 염증성 사이토카인 억제효과가 우수하게 나타나는 경향을 보였다. 또한 추출 조건 최적화를 위하여 추출 용매 및 방법에 따른 항산화 및 항염증 활성을 분석한 결과, 종합적으로 들깨 종실, 화방 및 잎을 60% 에탄올로 80°C 온도에서 열수 추출하였을 때 항산화 성분인 총 폴리페놀 및 플라보노이드가 효과적으로 용출될 뿐만 아니라 자유 라디칼의 일종인 ABTS와 DPPH 라디칼을 효과적으로 소거하였고, LPS로 활성화된 RAW 264.7 대식세포에서 염증 매개물질인 NO와 염증성 사이토카인인 TNF- $\alpha$ , IL-6 및 IL-1 $\beta$ 의 분비를 효과적으로 억제하는 것을 확인하였다. 따라서 이상의 결과를 바탕으로 식용기름, 들깨 가루, 신선채소 등으로 섭취하던 들깨의 다양한 가식부위를 활용하여 항염증 소재를 비롯한 건강기능식품 소재로 개발하기 위한 기초자료로 이용이 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01678501) 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## References

- Ahmed HM, Tavaszi-Sarosi S. 2019. Identification and quantification of essential oil content and composition, total polyphenols and antioxidant capacity of *Perilla frutescens* (L.) Britt. *Food Chem* 275:730-738
- Ahn YJ, Kim JI, Kim S, Kim S, Oh E, Lee J, Lee E, Yoo E, Sung JS, Lee MH, Kim CS, Kim MY. 2023. Functional components and antioxidant activities of perilla leaf genetic resource. *Korean J Food Nutr* 36:379-386
- Asif M. 2011. Health effects of omega-3,6,9 fatty acids: *Perilla frutescens* is a good example of plant oils. *Orient Pharm Exp Med* 11:51-59
- Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MHA, Ghafoor K, Norulaini NAN, Omar AKM. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *J Food Eng* 117:426-436
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Chumphukam O, Pintha K, Khanaree C, Chewonarin T, Chaiwangyen W, Tantipaiboonwong P, Suttajit M, Khantamat O. 2018. Potential anti-mutagenicity, antioxidant, and anti-inflammatory capacities of the extract from perilla seed meal. *J Food Biochem* 42:e12556
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:3010-3014
- Feghali CA, Wright TM. 1997. Cytokines in acute and chronic inflammation. *Front Biosci* 2:12-26
- Hwang CR, Hwang IG, Kim HY, Kang TS, Kim YB, Joo SS, Lee J, Jeong HS. 2011. Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanthe javanica*) ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:316-320
- Hyun KW, Kim JH, Song KJ, Lee JB, Jang JH, Kim YS, Lee JS. 2003. Physiological functionality in Geumsan perilla leaves from greenhouse and field cultivation. *Korean J Food Sci Technol* 35:975-979
- Ishiyama M, Tominaga H, Shiga M, Sasamoto K, Ohkura Y, Ueno KA. 1996. A combined assay of cell viability and *in vitro* cytotoxicity with a highly water-soluble tetrazolium salt, neutral red and crystal violet. *Biol Pharm Bull* 19:1518-1520
- Jeon IH, Kim HS, Kang HJ, Lee HS, Jeong SI, Kim SJ, Jang SI. 2014. Anti-inflammatory and antipruritic effects of luteolin from perilla (*P. frutescens* L.) leaves. *Molecules* 19:6941-6951
- Jeong DH, Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Ahn DH. 2014. Anti-inflammatory activity of *Sargassum micracanthum* water extract. *J Appl Biol Chem* 57:227-234
- Jun HI, Jang SW, Oh HH, Jeong DY, Song GS. 2019.

- Antioxidant activity and anthocyanin analysis of blueberry with different extraction conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:1223-1232
- Kim HY, Lee HG, Seo HY, Seo WD, Lee MJ, Song SY, Kim JI, Choi JY. 2022. Antioxidant activities of Korean perilla leaves (*Perilla frutescens*) by various cultivars. *Korean J Food Nutr* 35:453-463
- Kim JH, Kim HY, Kang SY, Kim JB, Kim YH, Jin CH. 2018. Chemical constituents from *Apios americana* and their inhibitory activity on tyrosinase. *Molecules* 23:232
- Kim KC, Kim JS. 2020. Effect of varying ethanol concentrations on the extraction properties and physiological activity of *Artemisia annua* L. *Korean J Food Sci Technol* 52:130-137
- Kim MJ, Bae NY, Kim KBWR, Park JH, Park SH, Choi JS, Ahn DH. 2016. Anti-inflammatory effect of *Grateloupia imbricata* Holmes ethanol extract on LPS-induced RAW 264.7 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:181-187
- Kim MY, Kim HJ, Kim MH, Lee JY, Lee YY, Lee BK, Lee BW. 2019. Changes in the physiological activities of peanut and defatted peanut extracts according to cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:847-855
- Kwon YR, Lee HR, Hwang SH, Kwon OJ, Youn KS. 2016. Antioxidant activities and physiological properties of *Euphorbia humifusa* extracts prepared using different solvents. *Korean J Food Preserv* 23:252-258
- Lee HA, Han JS. 2012. Anti-inflammatory effect of *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* extract in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Prev Nutr Food Sci* 17:109-115
- Lin ES, Li CC, Chou HJ. 2014. Evaluation of the antioxidant and antiradical activities of perilla seed, leaf and stalk extracts. *J Med Plants Res* 8:109-115
- Masters SL, Simon A, Aksenitjevich I, Kastner DL. 2009. *Horror autoinflammaticus*: The molecular pathophysiology of autoinflammatory disease. *Annu Rev Immunol* 27:621-668
- Middleton E Jr, Kandaswami C. 1992. Effects of flavonoids on immune and inflammatory cell functions. *Biochem Pharmacol* 43:1167-1179
- Mills C. 2012. M1 and M2 macrophages: Oracles of health and disease. *Crit Rev Immunol* 32:463-488
- Naeimi AF, Alizadeh M. 2017. Antioxidant properties of the flavonoid fisetin: An updated review of *in vivo* and *in vitro* studies. *Trends Food Sci Technol* 70:34-44
- Nam JH, Park SJ. 2019. Inhibitory effects of ethanol extract from *Vicia amoena* on LPS (Lipopolysaccharide) induced nitric oxide and prostaglandin E2 production in RAW 264.7 macrophage cell. *Asia-pac J Multimedia Serv Convergent Art Humanit Sociol* 9:443-450
- Ovchinnikov DA. 2008. Macrophages in the embryo and beyond: Much more than just giant phagocytes. *Genesis* 46:447-462
- Shin JH, Lee SJ, Seo JK, Cheon EW, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) peel. *J Life Sci* 18:1745-1751
- Sung Y, Seo SY. 2016. Awareness of temple food for popularizing traditional temple food preference and food research. *Korean J Tour Res* 31:311-330
- Tatiya AU, Tapadiya GG, Kotecha S, Surana SJ. 2011. Effect of solvents on total phenolics, antioxidant and antimicrobial properties of *Bridelia retusa* Spreng. stem bark. *Indian J Nat Prod Resour* 2:442-447
- Xu B, Chang SKC. 2009. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *J Agric Food Chem* 57:4754-4764
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559

---

Received 13 November, 2023

Revised 05 December, 2023

Accepted 07 December, 2023

## 오징어 먹물을 첨가한 식빵의 품질 특성

†김 영 모 · 최 유 미\*

목포과학대학교 외식조리디저트창업과 조교수, \*목포과학대학교 식품영양학과 부교수

### Quality Characteristics of Bread with Cuttlefish Ink Added

†Young-Mo Kim and Yu-Mi Choi\*

Assistant Professor, Dept. of Eat Out Culinary and Start Up, Mokpo Science University, Mokpo 58644, Korea

\*Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Mokpo Science University, Mokpo 58644, Korea

#### Abstract

The aim of this study was to determine the quality characteristics of bread with 2%, 4%, 6%, and 8% cuttlefish ink added. The pH of the dough decreased as the addition percentage increased, and the addition of 8% was the lowest. The pH of the bread and the fermentation expansion power of the dough decreased as the addition percentage increased. Moisture and ash content were positively correlated with the addition percentage, and the crude protein and crude ash content were negatively correlated. As the addition percentage increased, the color of the bread became darker, and the bread volume decreased. The inside and outside color of the bread also decreased as the addition percentage increased. The volume and specific volume of bread decreased as the addition percentage increased. The amino acid analysis indicated glutamic acid was the largest, free amino acid analysis pointed out aspartic acid the highest. The springiness, cohesiveness, gumminess, brittleness, and hardness of the bread were positively correlated with the addition percentage. Overall, it seems possible to develop bakery items using cuttlefish ink as a functional ingredient.

Key words: cuttlefish, bread, texture, color, amino acids

#### 서 론

오징어는 연체동물의 두족목, 십각류에 속하며, 현재 널리 이용되고 있는 수산자원으로 어획량이 많은 나라는 일본이다. 비타민, 무기질 함량이 높은 오징어 먹물은 특유한 기관인 먹즙낭에서 분비되며, 가공 과정 중 버려지는 비식용 부분으로 전체 20%를 차지한다. 최근 일본에서 항암, 항균 등에 효과가 좋은 것으로 알려지면서 오징어 먹물이 첨가된 식품들이 개발되고 있다(Sim JH 2002).

특히 오징어 먹물은 특유한 기관인 먹즙낭에서 분비되는 검은 액체로 대표적인 성분 타우린(2-aminothanesul-fonic acid)은 함황아미노산의 일종으로 오징어, 패류 등 연체동물에 존재하며, 물에 용해되고 에탄올에 불용인 특성을 가지고 있다(Lee 등 1992). 기능적 특성으로는 삼투압 조절, 망막 기

능, 면역 증강 작용, 성장 발달, 뇌 발달, 간 기능 보호와 독성 물질 제거와 지방의 흡수를 도와준다. 특히 체내 혈중 콜레스테롤 수치를 낮춰주며, 중성지방의 농도 등을 저하시키는 매우 다양한 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Park 등 1998; Lim 등 1999; Nam MK 2007). 또한 오징어 먹물에 든 뮤코다당류 일렉신은 암에 걸린 쥐의 실험 결과 매일 0.2 mg 씩 투입한 결과 65%가 살아남아 암세포인 종양을 억제한다고 하였다.

현재까지 보고된 오징어 먹물의 일반적인 선행연구로는 응고제에 따른 오징어 먹물 두부의 품질 특성(Park 등 2006), 오징어 먹물 첨가량에 따른 먹물떡의 기호도 및 품질 특성(Lim 등 1999), 오징어 먹물 두부의 제조 및 이화학적 품질 특성(Park EJ 2007), 시금치주스, 비트주스, 오징어 먹물을 첨가한 생면 파스타의 품질특성에 관한 연구(Sim JH 2002), 오징

† Corresponding author: Young-Mo Kim, Assistant Professor, Dept. of Eat Out Culinary and Start Up, Mokpo Science University, Mokpo 58644, Korea. Tel: +82-61-270-2566, Fax: +82-61-270-2566, E-mail: bliss0816@hanmail.net

어 먹물을 첨가한 yellow layer cake 개발에 관한 연구(Kim 등 2007), 오징어 먹물 첨가량에 따른 두부의 품질 특성 및 저장성(Park & Park 2006), 오징어 가수분해물과 오징어 분말 첨가가 오징어 건면의 품질특성에 미치는 영향(Jang 등 2019), 오징어 가공중 타우린 함량의 변화 및 가공 폐액중의 타우린 함량(Cho 등 2000), 타우린 첨가 김치의 발효 및 이화학적 특성(Yim SB 2004) 등이 보고되었다.

최근 쌀보다 빵 위주의 서구식 식생활로 변화하고 있으며, 오징어 먹물과 같은 기능성 부재료를 식빵에 첨가하여 제조한 녹차가루를 이용한 식빵의 특성 연구(Hwang 등 2001), 꿀을 첨가한 식빵의 품질특성(Kim & Lee 2013), 감자즙을 첨가한 기능성 식빵의 품질 특성(Han 등 2004), 식빵의 품질특성에 미치는 첨제의 영향(Kim YS 2002), 복분자 착즙액을 첨가한 식빵의 품질 특성(Kwon 등 2004), 초석잡 분말 첨가 식빵의 품질 특성의 연구(Jeon 등 2015), 올리브유를 첨가한 식빵의 품질특성에 관한 연구(Lee 등 2005), 클로렐라를 첨가한 식빵의 품질특성(Jeong 등 2006), 꾸지뽕잎 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성(Kim & Ju 2016), 적포도주를 첨가한 식빵의 품질 특성(Lee & Bae 2015), 도토리 우유식빵의 품질특성(Kim & Joo 2019), 검정콩 분말첨가 식빵의 품질 특성(Im & Kim 2003), 흑마늘 가루를 첨가한 식빵의 품질 특성(Ju 등 2010), 흑마늘 추출액을 첨가한 식빵의 품질 특성(Yang 등 2010) 연구들이 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 기능성 물질을 가지고 있는 오징어 먹물을 이용하여 첨가한 식빵의 pH, 일반성분, 부피, 비용적, 굽기손실률, 색도, 조직감, 아미노산 등의 품질 특성을 연구하여 식빵의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

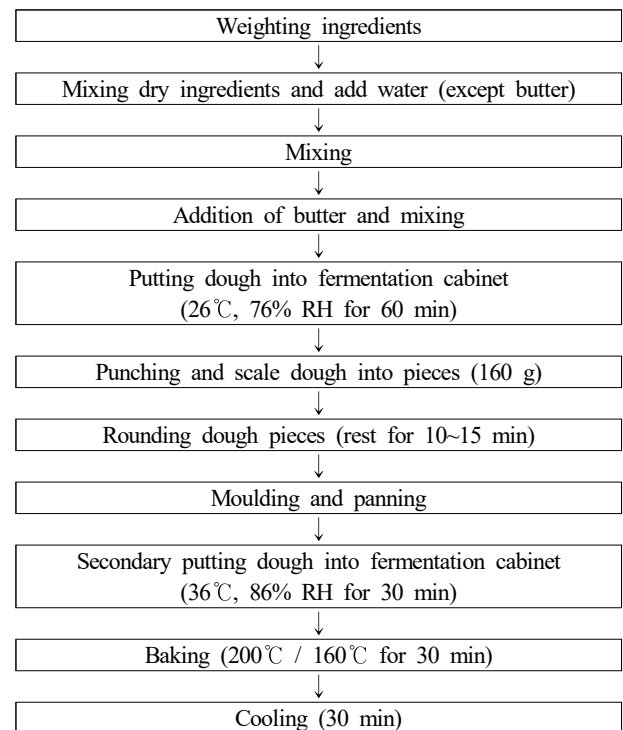
오징어 먹물 첨가 식빵 재료는 강력분(Samyang, Asan, Korea), 설탕(Samyang, Ulsan, Korea), 꽃소금(Namdo, Damyang, Korea), 버터(Elle&vire, Conde sur Vire, France), 생이스트(Jenico, Pyeongtaek, Korea), 달걀(Gwangseong, Gwangju, Korea), 오징어 먹물(Cebesa, Spain)을 구입하여 사용하였다.

### 2. 식빵 제조

식빵 배합표와 제조공정은 Table 1 및 Fig. 1과 같다. 오징어 먹물은 액체형태로 사용하였으며, 대조구, 2%, 4%, 6%, 8% 첨가로 비율을 각각 다르게 하여 직접반죽법(optimized straight-dough method)으로 제조하였다(Finny KF 1984). 수직형 반죽기(YSM-12, Young Song, Seoul, Korea)에 버터를 제외한 모든 재료를 넣고 저속으로 혼합하여 클린업단계에서 버

**Table 1. Formula of bread with different with cuttlefish ink addition amounts**

Ingredients (g)	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
Wheat flour	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Sugar	150	150	150	150	150
Salt	20	20	20	20	20
Butter	250	250	250	250	250
Yeast	40	40	40	40	40
Egg	240	240	240	240	240
Cuttlefish ink	0	20	40	60	80
Water	300	300	300	300	300



**Fig. 1. Process of straight dough baking.**

터를 넣고 최종단계까지 반죽하였다. 믹싱이 끝난 반죽은 자동발효실(Aeromat 1.08, Wachtel, Hilden, Germany)에서 1차 발효 조건(건열 26°C, 습열 76%)으로 60분간 발효하였으며, 160 g으로 분할하여 둥글리기 한 후 중간발효를 10~15분간 하였다. 중간발효 후 반죽을 성형하여 식빵팬(215 mm×95 mm×95 mm)에 넣고 2차 발효 조건(건열 36°C, 습열 86%)으로 30분간 발효를 하였다. 발효가 끝난 후 윗불 200°C, 아랫불 160°C으로 예열된 오븐(THE PICCOLO II-3, Wachtel, Hilden, Germany)에서 30분간 구워 실온에서 냉각한 후 실험

재료로 사용하였다.

### 3. 반죽과 식빵 pH

반죽의 발효 상태 및 효모 활성도를 측정하는 지표인 pH는 첨가비율을 각각 다르게 하여 반죽과 식빵의 pH를 실험하였다. 시료 10 g을 증류수 100 mL와 혼합하여 교반기에 20분간 원심분리한 후 분리된 혼탁액은 상온에서 30분간 정지한 후 상층액만 취하여 pH meter(F-71G, Horiba, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 모든 실험은 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

### 4. 식빵의 일반성분

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 일반성분 함량은 AOAC(2000) 방법에 따라 분석하였다. 수분함량은 상압가열건조법으로 웨잉바틀에 시료 1 g을 dry oven(FO-600M, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에 넣고 105°C에서 24시간 건조시킨 후 함량을 구하여 무게를 측정하여 분석하였다. 조회분은 600°C 직접회화법으로 조지방은 Soxhlet 추출장치로 추출하여 측정하였으며, 조단백질은 Auto-Kjeldahl법으로 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

### 5. 식빵의 외관

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 외관은 단면을 자른 식빵의 높이를 측정하였으며, 삼각대에 카메라(HDR-PJ50, Sony, Japan)를 고정시킨 후 일정한 거리를 유지시켜 카메라의 램프가 터지지 않게 하여 식빵의 외관을 촬영하였다.

### 6. 식빵의 색도

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 색도는 시료를 취하여 색차계(CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 식빵의 내부색(crumb)과 외부색(crust)을 각각 측정하였다. 명도는 L값(lightness), 적색도는 a값(redness), 황색도는 b값(yellowness)을 3회 측정 후 평균값을 구하여 나타내었다.

### 7. 반죽의 무게, 식빵의 무게, 부피, 비용적, 굽기손실률

오징어 먹물을 첨가한 반죽의 무게, 식빵의 무게와 부피, 비용적, 굽기손실률을 측정하였다. 부피는 종자치환법(Campbell 등 1979)을 이용하여 3회 측정 후 평균값을 구하였다. 비용적은 부피를 빵무게로 나누어서 계산하였으며, 굽기손실률은 굽기 전의 중량과 구운 후의 중량 차이로 평균값을 구하였다.

### 8. 식빵의 조직도

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 조직도는 실온에서 냉각한 식빵의 가장자리를 먼저 자른 후 정육면체(6×6×3 cm) 크기

로 정확하게 자른 후 rheo meter(Sun Rheometer Compac-100 II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 prove size 원통형 no.14 Φ50, table speed 120 mm/min, load cell 2 kg, deformation 50%의 측정조건으로 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness), 겹성(gumminess), 부서짐성(brittleness)을 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

### 9. 식빵의 아미노산 분석

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 구성아미노산 분석은 Cohen & Michaud(1993)의 실험방법으로 시료 0.5 g을 시험관에 넣고 6N-HCl 10 mL를 넣은 다음 110°C에서 24시간 가수분해시켜 얻은 액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 분석하였으며, 유리아미노산 분석은 Ohara & Ariyosh(1979)의 실험방법으로 여액 10 mL에 sulfosalicylic acid 25 mg을 혼합하여 4°C에서 4시간 동안 방치시킨 후 원심분리(50,000 rpm, 30 min)하여 단백질 등을 제거한 상등액 0.45 μm membrane filter로 여과하여 분석하였다. 함량은 integrator에 의한 외부표준법으로 계산하였으며, 분석조건 Table 2와 같다.

### 10. 통계처리

통계처리는 SPSS(Statistics Package for the Social Science, Ver. 19.0, IBM., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(One way-ANOVA)을 한 후 Duncan's multiple range test를 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 반죽의 pH

오징어 먹물 첨가 비율을 각각 다르게 첨가한 반죽의 pH

Table 2. HPLC condition for the analysis of amino acids

Item	Condition
Instrument	1,200 Series (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)
Detector	1,200 Series FLD (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)
Column	AccQ-Tag™ (Waters Co, 3.9 mm I.D. × 150 mm L.)
Buffer solution	A: AccQ-Tag Eluent A (Acetate-phosphate buffer) B: AccQ-Tag Eluent B (100% Acetonitrile) C: Water
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	5 μL

결과는 Table 3과 같다. 믹싱 후 반죽의 pH는 전체적으로 오징어 먹물 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났으며, 8% 첨가에서 가장 낮게 나타났다. 1차 발효 후 반죽의 pH는 대조구가 5.38였으며, 2%, 4%, 6%, 8% 오징어 먹물 첨가시 5.34, 5.28, 5.26, 5.03으로 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 pH는 낮게 나타났다. 2차 발효 후는 대조구가 5.07로 나타났고, 2%, 4%, 6% 및 8% 첨가 시는 각각 5.01, 4.96, 4.85 및 4.78로 첨가량이 증가할수록 pH 낮아졌고, 8% 첨가에서 4.78로 가장 낮게 나타났다. 1차 발효, 2차 발효 시 반죽의 pH는 오징어 먹물 첨가량 증가 시 pH는 낮아지는 것으로 나타났다. 꿀을 첨가한 식빵의 연구(Kim & Lee 2013)에서도 본 연구 결과와 같이 첨가량이 증가할수록 반죽과 1차 발효 직후의 pH는 낮아지는 경향으로 나타났으며, 유의적인 차이를 나타내는 결과로 나타났다. 또한 대조구의 pH가 가장 높은 경향으로 나타났으며, 반죽의 pH에 영향을 준 것을 확인할 수 있었다. 사물탕을 첨가한 식빵의 연구(Oh 등 2007)에서도 첨가량에 따라 pH는 증가하는 결과로 나타났으며, 글루텐의 숙성은 pH 5.0~6.0 사이에서 일어난다고 보고하였다(Gélinas 등 1999). 매실 농축액을 첨가한 연구(Park 등 2008)에서도 첨가량에 따라 pH는 낮아지는 결과로 나타났으며, 효모의 종류 및 사용량, 당, 소금, 반죽의 pH 등에 따라 반죽의 발효에 영향을 준다고 하였으며(Lee & Shin 2001), 흑마늘 추출액을 첨가한 연구(Yang 등 2010)에서도 단백질의 함량이 낮은 부재료를 첨가할 경우 반죽의 신장도는 감소된다고 하였다. 오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서도 반죽의 pH는 본

연구 결과와 같이 첨가량에 따라 낮게 나타났으며, 오징어 먹물이 반죽의 pH에 영향을 주어 반죽의 신장도를 감소시킨 것으로 추정된다.

## 2. 반죽 발효 팽창력

오징어 먹물을 첨가한 반죽의 발효 팽창력은 Table 4와 같다. 발효 팽창력의 경우 대조구를 포함하여 첨가구에서 첨가량이 증가할수록 조금씩 낮아지는 경향을 알 수 있었다. 1차 발효의 경우 대조구, 2% 첨가, 4% 첨가, 6% 첨가에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며( $p < 0.05$ ), 전체적으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 알로에를 첨가한 연구(Shin 등 2007)에서도 반죽의 발효 팽창력의 경우 첨가량이 증가할수록 팽창력은 낮게 나타났으며, 본 연구 결과와 같이 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 대조구와 첨가구의 반죽에서 팽창력의 차이가 없는 것은 반죽 물성을 좋게 하여 발효 형성에 영향을 주어 가스누출을 억제하는데 영향을 주었다고 하였다.

## 3. 식빵의 pH

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 pH는 Table 5와 같다. 대조구 6.08, 2% 첨가 6.10, 4% 첨가 5.97, 6% 첨가 5.96, 8% 첨가 5.95로 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하는 결과로 나타났다. 4%, 6%, 8% 첨가에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 사과액종을 첨가한 연구(Im & Cha 2019)에서는 첨가되는 부재료의 종류에 따라 pH는 영향을 받는다고 하였다. 흑마늘 가루를 첨가한 연구(Ju 등 2010)에

Table 3. pH of dough with cuttlefish ink

Component	Cuttlefish ink (%)					
	Control	2	4	6	8	
pH	Mixing	5.52±0.05 <sup>a1)2)</sup>	5.36±0.01 <sup>b</sup>	5.30±0.01 <sup>c</sup>	5.21±0.02 <sup>d</sup>	5.16±0.01 <sup>c</sup>
	First proofing	5.38±0.01 <sup>a</sup>	5.34±0.01 <sup>b</sup>	5.28±0.01 <sup>c</sup>	5.26±0.01 <sup>c</sup>	5.03±0.02 <sup>d</sup>
	Second proofing	5.07±0.01 <sup>a</sup>	5.01±0.00 <sup>b</sup>	4.96±0.01 <sup>c</sup>	4.85±0.01 <sup>d</sup>	4.78±0.02 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-e</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table 4. Fermentation power of dough expansion of bread with cuttlefish ink

Component	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
First proofing (mL)	14.00±0.02 <sup>a</sup>	13.99±0.01 <sup>a</sup>	13.97±0.02 <sup>a</sup>	13.97±0.02 <sup>a</sup>	13.00±0.01 <sup>b</sup>
Second proofing (mL)	21.00±0.00 <sup>a</sup>	20.00±0.01 <sup>b</sup>	18.99±0.01 <sup>c</sup>	17.32±0.55 <sup>d</sup>	15.00±0.01 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-e</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.



Table 5. pH of white bread with cuttlefish ink

Component	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
pH	6.08±0.02 <sup>a1)2)</sup>	6.10±0.02 <sup>a</sup>	5.97±0.02 <sup>b</sup>	5.96±0.00 <sup>b</sup>	5.95±0.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a,b</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

서도 반죽과 식빵의 pH는 첨가량에 따라 감소하는 경로 나타났으며, 본 연구 결과와 같이 시료 간에 유의적인 차이가 있는 경로 나타났다. 클로렐라·홍삼·오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서는 클로렐라, 홍삼보다 오징어 먹물의 pH가 높게 나타났으나 오징어 먹물의 경우 첨가량에 따라 pH는 낮게 나타나는 걸 알 수 있었다.

#### 4. 식빵 일반성분

오징어 먹물의 첨가량을 각각 다르게 제조한 식빵의 일반성분 함량은 Table 6과 같다. 수분함량의 경우 대조구 31.95%, 2% 첨가 31.59%, 4% 첨가 31.70%, 6% 첨가 32.26%, 8% 첨가 32.56%로 나타났다. 회분함량은 대조구 0.80%, 2% 첨가 0.98%, 4% 첨가 1.16%, 6% 첨가 1.25%, 8% 첨가 1.52%로 나타났다. 수분과 회분함량의 경우 첨가량이 늘어날수록 증가하는 경로 나타났으나, 전체적으로 큰 차이를 나타내지는 않았으며, 8% 첨가에서 높게 나타났다. 조지방 함량은 대조구 12.88%, 2% 첨가 12.48%, 4% 첨가 12.42%, 6% 첨가 11.61%, 8% 첨가 11.17%로 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경로 나타났다. 조단백질 함량은 대조구 11.59%, 2% 첨가 12.49%, 4% 첨가 12.42%, 6% 첨가 12.03%, 8% 첨가 10.74%로 나타났으며, 대조구를 포함하여 전체적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p<0.05$ ). 전체적으로 수분과 회분은 첨가량에 따라 증가하는 경로 나타났으나, 조지방과 조단백질은 조금씩 줄어드는 경로 나타나는 것을 알 수 있었다. 클로렐라·홍삼·오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서도 첨가량에 따라 수분, 조단백은 큰 차이를 나타

내지 않았으며, 회분함량은 본 연구 결과와 같이 첨가량 증가에 따라 줄어드는 경로 나타났다. 또한 오징어 건면의 품질특성 연구(Jang 등 2019)에서는 회분의 경우 증가하는 경로 나타났다.

#### 5. 식빵의 외관

오징어 먹물을 첨가한 식빵의 외관사진은 Fig. 2와 같다. 식빵의 내부색은 첨가량 증가에 따라 부피는 조금씩 낮아지기 시작하였으며, 색의 변화가 조금씩 진한 검정으로 변하는 걸 관찰할 수 있었다. 전체적으로 식빵의 부피는 대조구가 가장 높았으나 큰 차이를 나타내지는 않았다. 대조구, 2% 첨가, 4% 첨가, 6% 첨가, 8% 첨가 순으로 낮게 나타났다. 첨가량이 증가할수록 부피도 작아지면서 식빵의 비용적도 낮아지는 경로 나타났다. 녹차가루를 이용한 연구(Hwang 등 2001)에서도 첨가량에 따라 식빵의 부피가 낮게 나타나는 걸 알 수 있었다. 오징어 먹물을 첨가한 케이크의 연구(Kim 등 2007)에서는 첨가량 증가에 따라 케이크의 높이가 낮게 나타났으며, 클로렐라·홍삼·오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서도 전자 현미경 관찰 결과 오징어 먹물의 경우 밀가루의 입자를 뭉치게 하여 제빵성에 영향을 준다고 하였다.

#### 6. 식빵의 색도

오징어 먹물의 첨가량을 각각 다르게 제조한 식빵의 색도는 Table 7과 같다. 식빵의 내부색의 명도는 대조구 77.24로 가장 높게 나왔으며, 첨가량이 증가할수록 감소하는 경로 나

Table 6. The proximate compositions of bread with cuttlefish ink

Component	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
Moisture	31.95±0.10 <sup>bc1)2)</sup>	31.59±0.05 <sup>c</sup>	31.70±0.12 <sup>c</sup>	32.26±0.40 <sup>ab</sup>	32.56±0.31 <sup>a</sup>
Crude ash	0.80±0.07 <sup>d</sup>	0.98±0.08 <sup>cd</sup>	1.16±0.11 <sup>bc</sup>	1.25±0.20 <sup>b</sup>	1.52±0.12 <sup>a</sup>
Crude fat	12.88±0.88 <sup>a</sup>	12.48±0.50 <sup>ab</sup>	12.42±0.25 <sup>ab</sup>	11.61±0.25 <sup>bc</sup>	11.17±0.59 <sup>c</sup>
Crude protein	11.59±0.35 <sup>a</sup>	12.49±2.59 <sup>a</sup>	12.42±2.25 <sup>a</sup>	12.03±0.69 <sup>a</sup>	10.74±1.14 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-d</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

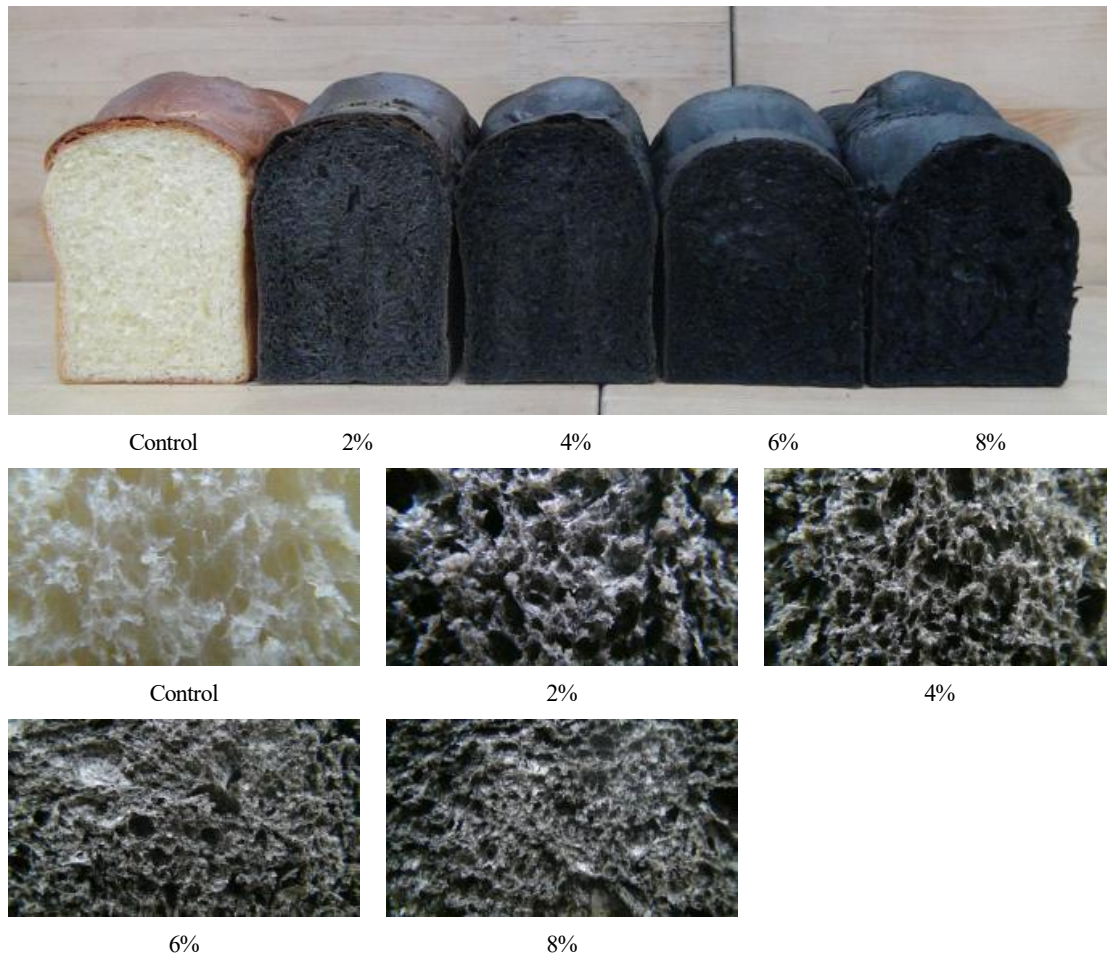


Fig. 2. Photographs of bread with cuttlefish ink concentrations.

타났다. 적색도는 8% 첨가에서 0.12로 낮게 나타났으며, 첨가량에 따라 낮게 나타나는 걸 알 수 있었다. 황색도는 대조구 23.18, 2% 첨가 3.00, 4% 첨가 1.39, 6% 첨가 0.39, 8% 첨가 0.11로 나타났으며, 첨가량에 따라 낮게 나타났다. 식빵의 내부색은 Fig. 2에서 보는바와 같이 전체적으로 색이 조금씩 짙어 지는 것을 알 수 있었다. 식빵의 외부색의 명도는 대조구 60.69, 2% 첨가 35.94, 4% 첨가 29.98, 6% 첨가 27.95, 8% 첨가 27.61로 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 감소하는 걸로 나타났다. 적색도는 대조구 15.87, 2% 첨가 2.66, 4% 첨가 0.99, 6% 첨가 0.39, 8% 첨가 0.36으로 첨가량이 증가할수록 감소하는 걸로 나타났다. 황색도는 대조구가 가장 높게 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 낮아지는 걸로 나타났다. 식빵에 클로렐라·홍삼·오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서도 식빵의 내부색의 명도, 황색도는 첨가량이 증가할수록 감소하는 걸로 나타났으며, 외부색의 명도, 적색도, 황색도는 감소하는 걸로 나타났다. 검정콩 분말첨가 연구(Im

& Kim 2003)에서도 외부색의 명도, 적색도, 황색도는 감소하는 걸로 나타났으며, 첨가 재료가 가지고 있는 검정콩 분말의 색소 원인으로 색도에 영향을 주는 것으로 보고하였으며, 본 연구에서도 오징어 먹물이 가지고 있는 색의 영향으로 색도에 영향을 준 것으로 생각되어 진다. 또한 오징어 먹물을 첨가한 떡의 연구(Park EJ 2007)에서도 첨가량이 증가할수록 명도는 낮아졌으며, 생면 파스타 연구(Sim JH 2002)에서도 명도와 황색도는 감소하고 적색도는 증가하는 걸로 나타났다.

#### 7. 식빵의 무게, 부피, 비용적, 굵기 손실률

오징어 먹물을 첨가한 반죽 무게, 식빵의 무게, 부피, 비용적, 굵기 손실률은 Table 8과 같다. 반죽의 무게는 대조구에서 479.00 g이며, 첨가구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 식빵의 무게에서는 대조구 451.00 g, 2% 첨가 453.00 g, 4% 첨가 453.67 g, 6% 첨가 455.67 g, 8% 첨가 458.33 g으로 나타났다. 식빵의 부피는 대조구가 2,187.16 mL

**Table 7. Hunter's color value of bread with cuttlefish ink**

		Cuttlefish ink (%)				
		Control	2	4	6	8
Crumb	L	77.24±0.97 <sup>a1)2)</sup>	32.25±10.08 <sup>b</sup>	26.35±0.60 <sup>c</sup>	22.32±0.82 <sup>d</sup>	21.86±1.58 <sup>d</sup>
	a	0.21±0.08 <sup>c</sup>	0.70±0.05 <sup>a</sup>	0.41±0.03 <sup>b</sup>	0.19±0.03 <sup>c</sup>	0.12±0.02 <sup>c</sup>
	b	23.18±0.09 <sup>a</sup>	3.00±0.17 <sup>b</sup>	1.39±0.08 <sup>c</sup>	0.39±0.10 <sup>d</sup>	0.11±0.22 <sup>c</sup>
Crust	L	60.69±1.04 <sup>a</sup>	35.94±1.35 <sup>b</sup>	29.98±0.29 <sup>c</sup>	27.95±0.24 <sup>d</sup>	27.61±0.62 <sup>d</sup>
	a	15.87±0.59 <sup>a</sup>	2.66±0.19 <sup>b</sup>	0.99±0.10 <sup>c</sup>	0.39±0.04 <sup>d</sup>	0.36±0.10 <sup>d</sup>
	b	34.62±0.78 <sup>a</sup>	8.10±0.60 <sup>b</sup>	2.87±0.23 <sup>c</sup>	1.16±0.22 <sup>d</sup>	0.95±0.23 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-c</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 8. Specific volume and baking loss of bread with cuttlefish ink**

	Dough weight (g)	Bread weight (g)	Bread volume (mL)	Specific volume(mL/g)	Baking loss (%)
Control	479.00±0.00 <sup>b1)2)</sup>	451.00±0.00 <sup>d</sup>	2,187.16±9.73 <sup>a</sup>	4.84±0.02 <sup>a</sup>	5.85±0.00 <sup>a</sup>
2%	481.67±0.58 <sup>a</sup>	453.00±0.00 <sup>c</sup>	2,181.53±9.73 <sup>ab</sup>	4.81±0.03 <sup>ab</sup>	5.82±0.11 <sup>a</sup>
4%	480.67±0.58 <sup>a</sup>	453.67±0.58 <sup>c</sup>	2,164.66±9.73 <sup>b</sup>	4.77±0.02 <sup>b</sup>	5.62±0.01 <sup>a</sup>
6%	481.33±1.15 <sup>a</sup>	455.67±0.58 <sup>b</sup>	2,136.55±9.73 <sup>c</sup>	4.69±0.03 <sup>c</sup>	5.33±0.10 <sup>b</sup>
8%	481.00±1.00 <sup>a</sup>	458.33±0.58 <sup>a</sup>	2,063.46±9.73 <sup>d</sup>	4.50±0.03 <sup>d</sup>	4.71±0.31 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3)

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-d</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

로 가장 크게 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 조금씩 낮아지는 걸로 나타났다. 비용적은 대조구 4.84, 2% 첨가 4.81, 4% 첨가 4.77, 6% 첨가 4.69, 8% 첨가 4.50으로 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 낮아지는 걸로 나타났다. 굽기 손실률은 첨가구가 높게 나타났으며, 첨가량에 따라 낮아지는 걸로 나타났다. 일반적으로 부재료 첨가에 따라 비용적이 감소하는 경향을 나타내었고 첨가량이 증가할수록 비용적이 같이 낮아지는 걸로 나타나 비용적에 영향을 주는 것을 생각되어진다. 또한, 밀가루에 들어있는 단백질 글루텐은 빵 반죽을 형성하는데 있어 신장성과 탄성에 반죽의 막을 형성하는데 중요한 역할을 한다. 하지만 첨가되는 부재료에 따라서 글루텐의 양이 감소하게 되며, 글루텐의 양이 적어질수록 전체적으로 대조구에 비하여 반죽의 팽창력은 떨어지게 되고 첨가되는 부재료가 가지고 있는 수분의 함량에 따라 글루텐의 형성이 약해지는 이유가 되기도 한다. 이에 첨가되는 부재료의 따라 제품의 부피가 조금씩 감소되는 걸로 보인다. 고구마 잎 분말을 첨가한 연구(Han 등 2015)에서도 식빵의 부피와 비용적이 감소한 이유는 글루텐의 발달 저하와 반죽의 가스 보유력 감소 등으로 사료된다고 하였다. 적포주를 첨가한 연구(Lee & Bae 2015)에서도 본 연구 결과와 같이 식빵의 무게는 증가하였고 부피, 비용적, 굽기 손실률은 첨가량에 따라 낮아

지는 걸로 나타났다. 클로렐라·홍삼·오징어 먹물을 첨가한 연구(Nam MK 2007)에서는 굽기 손실률의 경우 클로렐라가 높았으며, 오징어 먹물의 경우 본 연구 결과와 같이 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률은 낮게 나타나는 걸로 보고되었다.

## 8. 식빵의 아미노산

식빵의 아미노산은 총 15종이 검출되었으며, 결과는 Table 9 및 Table 10과 같다. 구성아미노산은 대조구에서는 glutamic acid가 1,245.60 mg%로 가장 높게 나타났으며, 두번째로는 leucine 397.67 mg%, serine 312.45 mg%, phenylalanine 311.92 mg% 순으로 나타났으며, methionine 73.44 mg%이 가장 낮게 나타나는 걸 알 수 있었다. 2% 첨가에서는 glutamic acid 816.30 mg%, leucine 257.59 mg%, serine 211.19 mg% 순으로 나타났으며, methionine이 65.57 mg%로 가장 낮게 나타났다. 4% 첨가에서는 glutamic acid 1,004.42 mg%, leucine 315.01 mg%, serine 266.15 mg%, phenylalanine 235.61 mg% 순으로 나타났으며, methionine 71.19 mg%로 가장 낮게 나타났다. 6% 첨가에서는 glutamic acid 1,185.97 mg%, leucine 382.52 mg%, serine 319.32 mg%, phenylalanine 287.55 mg%로 나타났으며, 2%, 4% 첨가구와 같이 methionine이 가장 낮게 나타났다. 8% 첨가에서는 glutamic acid 1,280.51 mg%, leucine 432.66

Table 9. The total amino acids content of bread with cuttlefish ink concentrations

Amino acid	Content (mg%)				
	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
Aspartic acid	217.16±7.29 <sup>a</sup>	107.48±6.47 <sup>c</sup>	119.37±8.31 <sup>c</sup>	182.15±15.67 <sup>b</sup>	212.86±10.89 <sup>a</sup>
Glutamic acid	1,245.60±69.01 <sup>ab</sup>	816.30±20.82 <sup>d</sup>	1,004.42±13.78 <sup>c</sup>	1,185.97±5.03 <sup>b</sup>	1,280.51±39.79 <sup>a</sup>
Serine	312.45±5.06 <sup>b</sup>	211.19±7.18 <sup>d</sup>	266.15±6.36 <sup>c</sup>	319.32±2.90 <sup>b</sup>	345.06±4.18 <sup>a</sup>
Histidine	192.76±4.57 <sup>b</sup>	140.47±3.71 <sup>c</sup>	151.43±4.29 <sup>c</sup>	208.57±8.21 <sup>a</sup>	209.75±9.32 <sup>a</sup>
Glycine	275.76±6.37 <sup>b</sup>	179.77±6.92 <sup>e</sup>	217.90±3.22 <sup>d</sup>	255.63±4.87 <sup>c</sup>	318.53±7.28 <sup>a</sup>
Threonine	189.74±8.82 <sup>b</sup>	129.23±3.11 <sup>d</sup>	155.25±5.02 <sup>c</sup>	185.66±4.77 <sup>b</sup>	209.93±8.92 <sup>a</sup>
Arginine	248.04±7.30 <sup>b</sup>	188.42±7.40 <sup>c</sup>	190.58±6.10 <sup>c</sup>	249.68±13.87 <sup>b</sup>	271.78±4.55 <sup>a</sup>
Alanine	221.40±9.10 <sup>a</sup>	125.04±4.17 <sup>e</sup>	139.15±4.08 <sup>d</sup>	186.53±4.16 <sup>c</sup>	207.21±0.93 <sup>b</sup>
Tyrosine	117.69±6.49 <sup>a</sup>	76.10±4.95 <sup>d</sup>	88.48±2.55 <sup>c</sup>	103.85±4.32 <sup>b</sup>	121.45±5.03 <sup>a</sup>
Valine	287.18±41.46 <sup>a</sup>	177.10±11.05 <sup>c</sup>	229.74±9.01 <sup>b</sup>	269.07±11.19 <sup>a</sup>	304.24±8.51 <sup>a</sup>
Methionine	73.44±5.53 <sup>c</sup>	65.57±2.65 <sup>d</sup>	71.19±2.01 <sup>cd</sup>	87.10±2.86 <sup>b</sup>	97.10±0.82 <sup>a</sup>
Phenylalanine	311.92±6.07 <sup>b</sup>	196.97±3.20 <sup>e</sup>	235.61±6.14 <sup>d</sup>	287.55±2.85 <sup>c</sup>	323.05±6.31 <sup>a</sup>
Isoleucine	241.66±3.61 <sup>b</sup>	146.40±5.57 <sup>e</sup>	195.40±5.06 <sup>d</sup>	224.25±4.32 <sup>c</sup>	257.21±4.05 <sup>a</sup>
Leucine	397.67±15.99 <sup>b</sup>	257.59±9.71 <sup>d</sup>	315.01±12.84 <sup>c</sup>	382.52±12.54 <sup>b</sup>	432.66±5.40 <sup>a</sup>
Lysine	169.11±9.65 <sup>b</sup>	91.99±3.06 <sup>d</sup>	122.21±4.47 <sup>c</sup>	162.00±6.68 <sup>b</sup>	181.78±6.21 <sup>a</sup>
TAA <sup>1)</sup>	4,501.58	2,909.62	3,501.89	4,289.85	4,773.12
EAA <sup>2)</sup>	1,863.48	1,205.32	1,475.84	1,806.72	2,015.72
EAA/TAA (%) <sup>3)</sup>	41.40	41.43	42.14	42.12	42.23

<sup>1)</sup> TAA, total amino acid.

<sup>2)</sup> EAA, essential amino acid (Thr+Val+Met+Iso+Leu+His+Lys+Phe).

<sup>3)</sup> EAA/TAA (%), essential amino acid/total amino acid.

Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-c</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

mg%, serine 345.06 mg% 순으로 나타났으며, methionine 97.10 mg%로 가장 낮게 나타났다. 첨가구별로 glutamic acid가 가장 높게 나타났으며, 8% 첨가>6% 첨가>4% 첨가>2% 첨가 순으로 나타났다. 일반적으로 첨가량이 증가할수록 아미노산의 함량은 증가하는 경로를 나타냈다. 총 구성아미노산과 필수아미노산 함량은 2% 첨가, 4% 첨가, 6% 첨가, 8% 첨가 순으로 첨가량이 증가할수록 높게 나타났으며, 첨가구 중에 8% 첨가가 높게 나타났다. 총 구성비율은 8% 첨가에서 높게 나타났다. 전체적으로 대조구를 비롯하여 첨가구별로 감칠맛을 주는 glutamic acid가 높게 나타났으나 함량이 높다고 하여 식빵의 부피가 높게 나타나지는 않았다. 결국 아미노산 함량보다는 첨가되는 부재료의 양에 따라 식빵의 부피에 영향을 주는 것으로 보여진다. 클로렐라를 첨가한 연구(Jeong 등 2006)에서도 glutamic acid 함량이 가장 높게 나타났다. 유리 아미노산은 대조구에서는 aspartic acid가 10.02 mg%로 가장 높게 나타났으며, 두 번째로는 valine 6.72 mg%, glutamic acid 4.85 mg%, arginine 3.42 mg% 순으로 나타났으며, lysine과

histidine이 0.47 mg%로 가장 낮게 나타나는 걸 알 수 있었다. 2% 첨가에서는 aspartic acid 12.48 mg%, glutamic acid 6.52 mg%, valine 6.37 mg%, alanine 4.98 mg% 순으로 나타났으며, histidine이 0.61 mg%로 가장 낮게 나타났다. 4% 첨가에서는 aspartic acid 13.26 mg%, valine 10.21 mg%, glutamic acid 6.76 mg%, alanine 5.14 mg% 순으로 나타났으며, histidine 0.62 mg%로 가장 낮게 나타났다. 6% 첨가에서는 aspartic acid 14.45 mg%, valine 14.10 mg%, glutamic acid 7.66 mg%, alanine 5.75 mg%, arginine 4.77 mg%, tyrosine 4.15 mg%로 나타났으며, histidine 0.62 mg%로 가장 낮게 나타났다. 8% 첨가에서는 aspartic acid 16.89 mg%, valine 16.01 mg%, glutamic acid 8.39 mg%, alanine 6.10 mg% 순으로 나타났으며, histidine이 0.72 mg%로 가장 낮게 나타났다. histidine의 경우 2%, 4%, 6%, 8% 첨가구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 첨가량이 증가할수록 아미노산의 함량은 증가하는 경로를 나타냈다. 총 유리아미노산 함량은 대조구, 2%, 4%, 6%, 8%로 첨가량이 증가할수록 높게 나타났다. 또한 필수아

**Table 10. The free amino acids content of bread with cuttlefish ink concentrations**

Amino acid	Content (mg%)				
	Cuttlefish ink (%)				
	Control	2	4	6	8
Aspartic acid	10.02±0.02 <sup>c</sup>	12.48±0.05 <sup>d</sup>	13.26±0.11 <sup>c</sup>	14.45±0.06 <sup>b</sup>	16.89±0.01 <sup>a</sup>
Glutamic acid	4.85±0.06 <sup>c</sup>	6.52±0.09 <sup>d</sup>	6.76±0.09 <sup>c</sup>	7.66±0.10 <sup>b</sup>	8.39±0.12 <sup>a</sup>
Serine	0.81±0.01 <sup>d</sup>	1.23±0.08 <sup>c</sup>	1.30±0.07 <sup>bc</sup>	1.39±0.08 <sup>b</sup>	1.51±0.06 <sup>a</sup>
Histidine	0.47±0.05 <sup>b</sup>	0.61±0.06 <sup>a</sup>	0.62±0.05 <sup>a</sup>	0.62±0.05 <sup>a</sup>	0.72±0.08 <sup>a</sup>
Glycine	1.06±0.05 <sup>d</sup>	1.22±0.05 <sup>c</sup>	1.32±0.05 <sup>bc</sup>	1.39±0.07 <sup>b</sup>	1.53±0.08 <sup>a</sup>
Threonine	2.37±0.03 <sup>d</sup>	3.19±0.08 <sup>c</sup>	3.31±0.06 <sup>c</sup>	3.50±0.07 <sup>b</sup>	3.74±0.07 <sup>a</sup>
Arginine	3.42±0.06 <sup>d</sup>	4.51±0.06 <sup>c</sup>	4.69±0.10 <sup>b</sup>	4.77±0.06 <sup>b</sup>	5.20±0.09 <sup>a</sup>
Alanine	3.38±0.03 <sup>c</sup>	4.98±0.01 <sup>d</sup>	5.14±0.08 <sup>c</sup>	5.75±0.12 <sup>b</sup>	6.10±0.92 <sup>a</sup>
Tyrosine	2.93±0.05 <sup>c</sup>	3.79±0.02 <sup>b</sup>	3.78±0.07 <sup>b</sup>	4.15±0.11 <sup>a</sup>	4.23±0.08 <sup>a</sup>
Valine	6.72±0.06 <sup>d</sup>	6.37±0.16 <sup>d</sup>	10.21±0.11 <sup>c</sup>	14.10±0.13 <sup>b</sup>	16.01±0.06 <sup>a</sup>
Methionine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Phenylalanine	0.95±0.03 <sup>c</sup>	1.46±0.07 <sup>b</sup>	1.60±0.02 <sup>a</sup>	1.62±0.11 <sup>a</sup>	1.64±0.03 <sup>a</sup>
Isoleucine	1.24±0.07 <sup>c</sup>	1.47±0.06 <sup>b</sup>	1.64±0.07 <sup>a</sup>	1.70±0.07 <sup>a</sup>	1.80±0.14 <sup>a</sup>
Leucine	0.99±0.02 <sup>d</sup>	1.45±0.04 <sup>c</sup>	1.62±0.04 <sup>b</sup>	1.70±0.07 <sup>b</sup>	1.81±0.10 <sup>a</sup>
Lysine	0.47±0.02 <sup>c</sup>	0.72±0.06 <sup>b</sup>	0.75±0.07 <sup>b</sup>	0.83±0.08 <sup>ab</sup>	0.90±0.03 <sup>a</sup>
TAA <sup>1)</sup>	39.68	50	56	63.63	70.47
EAA <sup>2)</sup>	13.21	15.27	19.75	24.07	26.62
EAA/TAA (%) <sup>3)</sup>	33.29	30.54	35.27	37.83	37.77

<sup>1)</sup> TAA, total amino acid.

<sup>2)</sup> EAA, essential amino acid (Thr+Val+Met+Iso+Leu+His+Lys+Phe).

<sup>3)</sup> EAA/TAA (%), essential amino acid/total amino acid.

Mean with different superscripts in the same row (<sup>a-c</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

미노산 함량은 대조구, 2%, 4%, 6%, 8% 첨가 순으로 첨가량이 증가할수록 높게 나타났으며, 8% 첨가에서 가장 높게 나타났다. 총 구성 비율은 6%에서 높게 나타났으며, 2% 첨가에서 낮게 나타나는 경로 나타났다. 오징어 건면의 품질특성 연구(Jang 등 2019)에서는 본 연구 결과와 같이 유리아미노산

은 전체적으로 증가하였으며, 특히 증숙 및 건조처리한 분말에서 함량이 더 증가하여 맛과 풍미가 향상된 제조가 가능하다고 하였으며, 아미노산 총 함량도 대조구보다 첨가구에서 더 높게 나타났다.

**Table 11. Textural characteristics of bread with cuttlefish ink**

Items	Cuttlefish Ink (%)				
	Control	2	4	6	8
Springiness (%)	86.15±1.39 <sup>b1)2)</sup>	87.92±0.21 <sup>a</sup>	88.30±0.53 <sup>a</sup>	88.75±0.79 <sup>a</sup>	89.14±0.72 <sup>a</sup>
Cohesiveness (%)	63.79±1.66 <sup>a</sup>	63.81±2.27 <sup>a</sup>	64.43±2.42 <sup>a</sup>	64.77±1.47 <sup>a</sup>	65.40±2.78 <sup>a</sup>
Gummines (g)	484.30±62.82 <sup>a</sup>	538.51±76.08 <sup>a</sup>	576.45±84.99 <sup>a</sup>	604.97±124.41 <sup>a</sup>	626.34±160.54 <sup>a</sup>
Brittleness (g)	417.71±59.52 <sup>a</sup>	473.42±66.15 <sup>a</sup>	511.17±70.74 <sup>a</sup>	534.48±111.85 <sup>a</sup>	558.19±143.02 <sup>a</sup>
Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	8.05±1.15 <sup>a</sup>	3.24±3.65 <sup>a</sup>	3.15±3.49 <sup>a</sup>	5.68±4.08 <sup>a</sup>	6.19±4.48 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents the mean±S.D. of three determinations (n=3).

<sup>2)</sup> Mean with different superscripts in the same row (<sup>a,b</sup>) are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 9. 식빵의 조직감

오징어 먹물 첨가량을 첨가한 식빵의 조직감인 탄력성, 응집성, 검성, 부서짐성, 경도는 Table 11에서와 같이 전체적으로 첨가량이 증가할수록 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 식빵의 탄력성은 대조구가 86.15%로 나타났으며, 2% 첨가 87.92%, 4% 첨가 88.30%, 6% 첨가 88.75%, 8% 첨가 89.14%로 첨가량이 증가할수록 탄력성이 높아지는 것으로 나타났으며, 첨가구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 응집성은 대조구 63.79%, 2% 첨가 63.81%, 4% 첨가 64.43%, 6% 첨가 64.77%, 8% 첨가 65.40%로 첨가량이 증가할수록 높아지는 걸로 나타났으며, 대조구를 포함하여 전체적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 검성은 대조구에 비하여 첨가구가 더 높게 나타났으며, 첨가량이 증가할수록 증가하는 것을 알 수 있었다. 부서짐성에서도 대조구가 첨가구에 비하여 낮게 나타났으며, 첨가량의 증가에 따라 2% 첨가에서 473.42 g, 4% 첨가에서 511.17 g, 6% 첨가에서 534.48 g, 8% 첨가에서 558.19 g 순으로 높아지는 것을 알 수 있었다. 복분자 착즙액을 첨가한 연구(Kwon 등 2004)에서도 본 연구 결과와 같이 첨가량에 따라 증가하는 걸로 나타났다. 검정콩 분말첨가 연구(Im & Kim 2003)에서도 탄력성, 응집성, 검성, 경도는 첨가량에 따라 증가하는 걸로 나타났다. 오징어 먹물을 첨가한 케이크의 연구(Kim 등 2007)에서도 본 연구 결과와 같이 탄력성은 대조구에 비하여 높게 나타났으며, 응집성도 첨가구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 경도도 대조구보다 첨가구가 더 낮게 나타났다.

### 요약 및 결론

본 연구는 오징어 먹물 2%, 4%, 6%, 8% 첨가 비율을 다르게 하여 식빵의 품질 특성을 연구하고자 하였다. 반죽의 pH는 첨가량이 증가할수록 낮아지는 걸로 나타났으며, 8% 첨가에서 낮게 나타났다. 반죽의 발효 팽창력에서는 첨가량 증가에 따라 낮아지는 걸로 나타났다. 식빵의 pH는 첨가량이 증가할수록 낮아지는 걸로 나타났다. 수분과 회분함량은 첨가량이 늘어날수록 증가하는 걸로 나타났으며, 조회분과 조단백질은 첨가량이 늘어날수록 낮아지는 걸로 나타났다. 식빵의 전체적은 외관은 첨가량 증가에 따라 색이 조금씩 진해지는 것을 알 수 있었으며, 식빵의 부피는 감소하는 걸로 나타났다. 식빵의 내부색과 외부색은 첨가량 증가에 따라 낮아지는 걸로 나타났다. 식빵의 부피는 첨가량이 늘어날수록 감소되었으며, 비용적과 굽기 손실률도 낮아지는 걸로 나타났다. 식빵의 아미노산은 첨가량에 따라 구성아미노산은 glutamic acid가 가장 높게 나타났으며, 유리아미노산은 aspartic acid가 높게 나타났다. 식빵의 조직감은 탄력성, 응집성, 검성, 부서

짐성, 경도는 첨가량 증가에 따라 높게 나타났다. 전반적으로 볼 때 기능성 재료인 오징어 먹물을 이용한 제빵 개발이 가능할 것으로 사료된다.

### References

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17<sup>th</sup> ed. pp.33-36. Association of Official Analytical Chemists
- Campbell AM, Penfield MP, Griswold RM. 1979. The Experimental Study of Food. Houghton Mifflin Harcourt
- Cho SY, Joo DS, Park SH, Kang HJ, Jeon JK. 2000. Change of taurine content in squid meat during squid processing and taurine content in the squid processing waste water. *J Korean Fish Soc* 33:51-54
- Cohen SA, Michaud DP. 1993. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-*N*-hydroxysuccinimidyl carbamate, and its application for the analysis of hydrolysate amino acids via high-performance liquid chromatography. *Anal Biochem* 211:279-287
- Finny KF. 1984. An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem* 61:20-27
- Gélinas P, Mckinnon CM, Pelletier M. 1999. Sourdough-type bread from waste bread crumb. *Food Microbiol* 16:37-43
- Han GP, Lee KR, Han JS, Kozukue N, Kim DS, Kim JA, Bae JH. 2004. Quality characteristics of the potato juice-added functional white bread. *Korean J Food Sci Technol* 36: 924-929
- Han SK, Kang CS, Kim JM, Yang JW, Lee HU, Hwang UJ, Song YS, Lee JS, Nam SS, Lee KB. 2015. Quality characteristics of bread manufactured with sweetpotato leaf powder. *Korean J Food Nutr* 28:571-578
- Hwang YK, Hyun YH, Lee YS. 2001. Study on the characteristics of bread with green tea powder. *Korean J Food Nutr* 14:311-316
- Im DY, Cha GH. 2019. Quality characteristics of white pan bread with apple liquid starter. *Korean J Food Cookery Sci* 35:45-56
- Im JG, Kim YH. 2003. Quality characteristics of bread prepared by the addition of black soybean powder. *J East Asian Soc Diet Life* 13:334-342
- Jang MS, Park JI, Jeong YG, Shim KB. 2019. Effect of squid hydrolysate and squid powder on the quality characteristics of dried noodles with squid. *Korean J Food Preserv*

- 26:620-630
- Jeon KS, Lee NH, Park SI. 2015. Quality characteristics of white pan bread with Chinese artichoke (*Stachys sieboldii* Miq.) powder. *Korean J Culin Res* 21:1-15
- Jeong CH, Cho HJ, Shim KH. 2006. Quality characteristics of white bread added with chlorella powder. *Korean J Food Preserv* 13:465-471
- Ju HW, An HL, Lee KS. 2010. Quality characteristics of bread added with black garlic powder. *Korean J Culin Res* 16: 260-273
- Kim E, Ju HW. 2016. Quality characteristics of white pan bread with *Cudrania tricuspidata* leaf powder. *Culin Sci Hosp Res* 22:173-186
- Kim E, Lee KS. 2013. Quality characteristics of white pan bread with honey. *Korean J Culin Res* 19:147-160
- Kim JM, Joo JI. 2019. Quality characteristics of acorn bread added with milk. *J Korean Soc Food Cult* 34:343-352
- Kim MW, Kim AJ, Lim YH, Kim MH. 2007. The development of yellow layer cake with cuttlefish ink. *Korean J Food Nutr* 20:311-316
- Kim YS. 2002. The effects of arrowroot juice on the quality characteristics of white bread. Master's Thesis, Dong Eui Univ. Busan. Korea
- Kwon KS, Kwon KS, Kim YS, Song GS, Hong SP. 2004. Quality characteristics of bread with rubi fructus (*Rubus coreanus* Miquel) juice. *Korean J Food Nutr* 17:272-277
- Lee SH, Bae JH. 2015. Quality characteristics of white pan bread added with red wine. *J East Asian Soc Diet Life* 25:333-339
- Lee SH, Yun MS, Lee JH, Min SG, Lee SK. 2005. Quality characteristics of white pan bread with olive oil. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48:217-221
- Lee YC, Koo JG, Kim DS, Kim YM. 1992. The isolation of taurine from the oyster shucking juice using ion exchange column chromatography. *Korean J Food Sci Technol* 24: 616-618
- Lee YW, Shin DH. 2001. Bread properties utilizing extracts of mume. *Korean J Food Nutr* 14:305-310
- Lim YH, Kim MW, Kim AJ, Kim MH. 1999. The sensory and texture characteristics of inkyrice cake in according to concentrations of squid ink. *J East Asian Soc Diet Life* 9:468-474
- Nam MK. 2007. Quality characteristics of the bread added chlorella powder, red ginseng powder, cuttlefish ink. Master's Thesis, Daejeon Univ. Daejeon. Korea
- Oh HK, Shin MS, Lim HS. 2007. A study on the quality characteristics of bread with *samultang*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:643-650
- Ohara I, Ariyoshi S. 1979. Comparison of protein precipitants for the determination of free amino acids in plasma. *Agric Biol Chem* 43:1473-1478
- Park EJ, An SH, Park GS. 2006. Quality characteristics of cuttlefish inky tofu prepared with various coagulants. *Korean J Food Cult* 21:653-660
- Park EJ, Park GS. 2006. The characteristics of quality and storage of tofu (soybean curd) according to the concentration of cuttlefish ink. *J East Asian Soc Diet Life* 16:707-716
- Park EJ. 2007. The manufacture and physicochemical characteristics of the tofu with cuttlefish's ink. Ph.D. Thesis, Catholic Univ. Daegu. Korea
- Park TS, Park JE, Chang JS, Son MW, Sohn KH. 1998. Taurine content in Korean foods of plant origin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:801-807
- Park WP, Cho SH, Lee SC, Kim SY. 2008. Quality characteristics of bread added with powder and concentrate of *Prunus mume*. *Korean J Food Preserv* 15:682-686
- Shin DH, Kim DW, Jeoung YN. 2007. Quality characteristics of bread with added aloe (*Aloe vera* Linne). *Korean J Food Nutr* 20:399-405
- Sim JH. 2002. Comparisons of physicochemical and sensory properties in fresh pastas containing spinach juice, beetroot juice and cuttlefish ink. Master's Thesis, Konkuk Univ. Seoul. Korea
- Yang SM, Shin JH, Kang MJ, Kim SH, Sung NJ. 2010. Quality characteristics of bread with added black garlic extract. *Korean J Food Cookery Sci* 26:503-510
- Yim SB. 2004. Chemical and fermentation characteristics of taurine added kimchi. Ph.D. Thesis, Sejong Univ. Seoul. Korea

---

Received 24 August, 2023

Revised 01 December, 2023

Accepted 08 December, 2023

## Antioxidant and Antihypertensive Activities of Grains Grown in South Korea in Relation to Phenolic Compound and Amino Acid Contents

Narae Han, Koan Sik Woo\*, Jin Young Lee\*\*, Jiho Chu\*\*\*, Mihyang Kim\*\*,  
Yu-Young Lee\*\*\*\*, Moon Seok Kang\*\*\*\* and †Hyun-Joo Kim\*\*

*Post-Doctor, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea*

*\*Senior Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea*

*\*\*Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea*

*\*\*\*Associate Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea*

*\*\*\*\*Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea*

### Abstract

Hypertension is characterized by excessive renin-angiotensin system activity, leading to blood vessel constriction. Several synthetic compounds have been developed to inhibit renin and angiotensin-converting enzyme (ACE). These drugs often have adverse side effects, driving the exploration of plant protein-derived peptides as alternative or supplementary treatments. This study assessed the phenolic compound and amino acid content and the antioxidant and antihypertensive activity of 5 South Korean staple crops. Sorghum had the highest phenolic compound content and exhibited the highest antioxidant activity. Millet grains, particularly finger millet (38.86%), showed higher antihypertensive activity than red beans (14.42%) and sorghum (17.16%). Finger millet was found to contain a large proportion of branched-chain, aromatic, and sulfur-containing amino acids, which are associated with ACE inhibition. In particular, cysteine content was positively correlated with ACE inhibition in the crops tested ( $r=0.696$ ,  $p<0.01$ ). This study confirmed that the amino acid composition was more correlated with the antihypertensive activity of grains than the phenolic compound content. Finger millet mainly contained amino acids, which have higher ACE inhibitory activity, resulting in the strongest antihypertensive activity. These findings underscore the antihypertensive potential of select crops as plant-based food ingredients, offering insight into their biological functions.

Key words: angiotensin-converting enzyme, biological activity, finger millet, hypertension, phenolic compounds, sorghum

### Introduction

Grains (including barley, sorghum, millet, and beans) are considered staple foods and sources of nutraceutical nutrients. The essential components of grains are proteins, starch, dietary fiber, non-starch polysaccharides, and phytochemicals (Girard & Awika 2018; Kim et al. 2018). *In vitro* and *in vivo* studies have shown that phytochemicals from grains, such as phenolic acids, flavonoids, carotenoids, amino acids, phytic acids, and lignin, have therapeutic effects against metabolic disorders such as diabetes, hypertension, cancer, and cardiovascular diseases (Masisi et al. 2016). Concerns about metabolic diseases have

influenced the demand for low-calorie foods, thereby increasing human consumption of grains (Queiroz et al. 2018).

Millet is a major source of protein and energy, and finger, Italian, and proso millet are common millet species (Chandra et al. 2016). Millets are gluten-free, have a low glycemic index, and contain numerous phytochemicals, particularly polyphenols (e.g., hydroxybenzoic acid, hydroxycinnamic acid, and flavonoids), that provide nutritional benefits (Singh & Adedeji 2017; Bangar et al. 2021). Sorghum is ranked as the world's 5<sup>th</sup> largest grain crop for human food, animal feed, and biomass production (Dahlberg J 2019). Functional compounds in sorghum, including phenolic acids, flavonoids, policosanols, phytosterols, stilbenes,

† Corresponding author: Hyun-Joo Kim, Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-698-0614, Fax: +82-31-695-0609, E-mail: [tlrtod@Korea.kr](mailto:tlrtod@Korea.kr)



and tannins, may reduce the incidence of inflammation, cancer, obesity, and chronic diseases (Khalid et al. 2022). Red beans are cultivated internationally as food and for medicines (Wang et al. 2022), and red bean-derived polyphenols exhibit antihypertensive, anti-obesity, antioxidant, and immune-regulatory effects (Kitano-Okada et al. 2012; Shi et al. 2017).

Hypertension is a chronic disease caused by several factors, including systemic diseases, diabetes, obesity, and kidney disease (Gharibzahedi & Smith 2021). Systemic hypertension involves excessive activity of the renin-angiotensin system, which leads to blood vessel contraction. Under normal conditions, angiotensinogen is converted to angiotensin I by renin, and angiotensin I is continuously transformed into angiotensin II by angiotensin-converting enzyme (ACE). However, in metabolic disorders, excessive activities of renin and ACE cause high blood pressure, leading to hypertension (Aluko RE 2015). In this respect, negatively modulating renin and ACE activity results in the maintenance of homeostatic angiotensin II levels, which is the primary approach for controlling hypertension and normalizing blood pressure. Several synthetic compounds have been used as renin- and ACE-inhibitory drugs (Chen et al. 2013); however, these drugs are often accompanied by adverse side effects (Abassi et al. 2009). Therefore, recent research has focused on producing plant protein-derived peptides to replace or complement synthetic medicines. Previous studies have reported that seed proteins, such as lentil, pea, and soybean hydrolysates, have ACE inhibitory activity, which is predominantly influenced by the structural properties of the peptide (Aluko RE 2015; Rezvankhah et al. 2022; Mirzaee et al. 2022). Generally, ACE inhibition is attributed to the presence of specific peptides such as proline and hydrophobic, aromatic, and branched-chain amino acids (Aluko RE 2015; Das et al. 2022). Therefore, determining the amino acid composition of various crops is crucial for estimating their antihypertensive activity.

In this study, the bioactive compound contents and biological activities of five crops grown in South Korea were evaluated. In addition, we hypothesized that ACE inhibition would be affected by the amino acid composition; therefore, the inhibitory effect of major individual amino acids detected in the crops on ACE was confirmed.

## Material and Methods

### 1. Plant materials and reagents

Whole grains finger millet (*Eleusine coronana* L. cv. Finger

1 ho), Italian millet (*Panicum italicum* L. cv. Samdachal), proso millet (*P. meliaceous* L. cv. Geumsilchal), sorghum (*Sorghum bicolor* L. var. Sodamchal), and red beans (*Vigna angularis* L. cv. Arari) were obtained from the National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (Miryang, Korea). The cultivars selected were those commonly grown in Korea. The grains were finely ground using a blender and sieved through 100 mesh to obtain uniform-sized particles. The lyophilized samples were stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  before experimentation.

All the chemicals used in this study were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Distilled water was obtained using a Milli-Q Advantage A10 purification system (Merck Millipore, Billerica, MA, USA). Other reagents were of analytical grade and purchased from J.T. Baker Inc. (Phillipsburg, NJ, USA).

### 2. Extraction method

Samples were extracted as previously described by Han et al. (2022a). The ground sample was mixed with 80% ethanol (1:10 w/v) and stirred for 24 h at  $25^{\circ}\text{C}$ . The extract was centrifuged (CR22N, Eppendorf Himac Technologies Co., Ltd., Ibaraki, Japan) at  $10,000\times g$  for 20 min, and the supernatant was collected and evaporated using a rotary evaporator (SB-1200, EYELA Co., Ltd., Tokyo, Japan). For further experiments, the concentrated extract was re-dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO) (1:100, w/v).

### 3. Determination of total phenolic compound and flavonoid contents

A modified Folin-Ciocalteu and aluminum chloride method was used for total phenolic and flavonoid content analysis, according to Han et al. (2022a). For this purpose, the extract was diluted in DMSO to 1 mg/mL, and the analysis was performed in triplicate.

For the total phenolic compound content analysis, the diluted extracts (10  $\mu\text{L}$ ) were mixed with 2% sodium carbonate (200  $\mu\text{L}$ ) and 50% Folin-Ciocalteu reagent (10  $\mu\text{L}$ ), and incubated at  $25^{\circ}\text{C}$  for 30 min. Absorbance was measured at 750 nm using a UV spectrophotometer (Elx 808; Bio-Tec Inc., Winooski, VT, USA). Gallic acid was used as a reference standard, and the content was expressed as mg gallic acid equivalent (GAE) per g of extract ( $y=1.450x - 0.013$ ,  $r^2=0.999$ ).

For the total flavonoid content analysis, the diluted extracts (75  $\mu\text{L}$ ) were mixed with deionized water (300  $\mu\text{L}$ ), 5% sodium

nitrite (22.5  $\mu\text{L}$ ), 10% aluminum chloride (45  $\mu\text{L}$ ), and 1 M sodium hydroxide (150  $\mu\text{L}$ ) and incubated at 25°C for 20 min. Absorbance was measured at 510 nm using a UV spectrophotometer. Catechin was used as a reference standard, and the content was expressed as mg of catechin equivalent (CE) per g of extract ( $y=2.063x-0.002$ ,  $r^2=0.998$ ).

#### 4. Amino acid analysis

Amino acid composition was determined as described by Kim et al. (2022). Briefly, the samples were hydrolyzed using 6 M hydrochloric acid at 110°C for 12 h, digested, and filtered through a 0.22  $\mu\text{m}$  polytetrafluoroethylene filter. The amino acid concentration was analyzed with ninhydrin reagent using an LA8900 amino acid automatic analyzer (Hitachi High-Tech Co., Tokyo, Japan). The ion-exchange column (Hitachi HPLC Packed column, 4.6 mm i.d., 60 mm length, 3  $\mu\text{m}$  particle size) was used, and the analytical visible detector (Hitachi High-Tech Co.) set a 570 and 440 nm for proline. The analytical condition was followed as previously described by Shim et al. (2013). A standard solution comprising 17 amino acids was used as an external standard.

#### 5. Determination of antioxidant capacity

The radical scavenging activity of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid) (ABTS) and ferric-reducing antioxidant power (FRAP) were analyzed as described in our previous study with slight modifications (Han et al. 2022b). The extract was diluted in DMSO to 1 mg/mL and analyzed in triplicate under low light.

For the DPPH assay, the diluted extracts (20  $\mu\text{L}$ ) were mixed with 0.2 mM DPPH solution (200  $\mu\text{L}$ ) and incubated at 25°C for 30 min. Absorbance was measured at 520 nm using a UV spectrophotometer. Trolox was used as the reference standard, and the activity was expressed as mg of trolox equivalent (TE) per g of extract ( $y=-5.580x+1.155$ ,  $r^2=0.999$ ).

For the ABTS assay, the diluted extract (20  $\mu\text{L}$ ) was mixed with 7.4 mM ABTS solution (200  $\mu\text{L}$ ) and incubated at 25°C for 30 min. Absorbance was measured at 734 nm using a UV spectrophotometer. Trolox was used as a reference standard, and the activity was expressed as mg TE per g of extract ( $y=-6.801x+1.365$ ,  $r^2=0.999$ ).

For the FRAP assay, the diluted extract (6  $\mu\text{L}$ ) was mixed with FRAP reagent (180  $\mu\text{L}$ ) and deionized water (18  $\mu\text{L}$ ) and incubated at 25°C for 10 min. Absorbance was measured at 593

nm using a UV spectrophotometer. Iron sulfate was used as the reference standard, and the activity was expressed in mmol per g of extract ( $y=0.422x+0.0637$ ,  $r^2=0.999$ ).

#### 6. ACE inhibition assay

ACE inhibitory activity was analyzed according to the enzymatic methods of Kancabaş & Karakaya (2013) and Kim et al. (2019) to evaluate antihypertensive potential. The grain extracts and amino acid standards were prepared at concentrations of 10 and 5 mg/mL, respectively.

The test sample (10  $\mu\text{L}$ ) was mixed with 8.3 mM N-Hippuryl-His-Leu hydrate (substrate) dissolved in 0.1 M sodium borate buffer (pH 8.3; 30  $\mu\text{L}$ ) and incubated at 37°C for 10 min. Next, 1 unit/mL ACE from rabbit lung dissolved in 0.01 M potassium phosphate buffer (pH 7.3) containing 0.5 M NaCl (10  $\mu\text{L}$ ) was added to the mixture. After 30 min of incubation at 37°C, the reaction was terminated by adding 1 N HCl (50  $\mu\text{L}$ ). The mixture was combined with 300  $\mu\text{L}$  of ethyl acetate and centrifuged at 1,000 $\times$ g for 5 min. The supernatant (250  $\mu\text{L}$ ) was completely evaporated at 80°C and re-dissolved in deionized water (300  $\mu\text{L}$ ). Absorbance was measured at 228 nm using a UV spectrophotometer. Enalapril maleate salt (0.04 mg/mL) was the positive control. The inhibitory effects were calculated as follows:

$$\text{Inhibition rate (\%)} = \left( 1 - \frac{A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}}}{A_{\text{control}} - A_{\text{control blank}}} \right) \times 100,$$

where  $A_{\text{sample}}$  is the absorbance of a mixture consisting of a sample, enzyme, and substrate;  $A_{\text{sample blank}}$  is the absorbance of a mixture without the enzyme;  $A_{\text{control}}$  is the absorbance of a mixture without the sample; and  $A_{\text{control blank}}$  is the absorbance of a mixture without the sample and enzyme. Furthermore, the concentration of amino acid standards that inhibited 50% of ACE activity ( $\text{IC}_{50}$ ) was determined using standard concentrations of 0.02–5 mg/mL.

#### 7. Statistical analysis

All values are presented as the mean and standard deviation of triplicate measurements, calculated using SigmaPlot (version 14.0; Systat Software, San Jose, CA, USA). Samples were compared using Tukey's multiple range test at  $p<0.05$  using SPSS statistical software version 18 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). A heatmap and correlation analysis was applied using

MetaboAnalyst 5.0 (<https://www.metaboanalyst.ca>, accessed on 23 Jul 2023) to the normalized and log-transformed mean values of the relative content of the metabolites to clarify differences between the crops (Pang et al. 2021).

## Result and Discussion

### 1. Functional compounds and antioxidant activities in grains

A representative image of five grains mainly grown in South Korea is shown in Fig. 1. Total phenolic compound and flavonoid contents ranged from 3.04 to 290.18 mg GAE/g and 0.19 to 110.55 mg CE/g, respectively (Table 1). The highest total phenolic and flavonoid contents were detected in sorghum, whereas Italian millet and proso millet contained significantly lower ( $p < 0.05$ ) total phenolic and flavonoid contents than that in the other tested crops. Among the millet varieties, finger millet had, by far, the highest total phenolic (21.52 mg GAE/g) and flavonoid (14.76 mg CE/g) contents. Choi et al. (2007) reported that the total phenolic compound contents in sorghum,

foxtail millet (Italian millet), and proso millet were the equivalent of 138.30, 6.91, and 6.44 mg GAE/g, respectively. This is consistent with our results. In a previous study, the total phenolic compound content of red beans ranged from 2.61 to 15.53 mg GAE/g extract depending on the cultivars (Han et al. 2022b), which is less than that observed in this study. These differences may be due to the genotype, extraction methods, ecological region, cultivation environment, and climatic conditions (Ofosu et al. 2020; Ghimire et al. 2021). Ofosu et al. (2020) found that finger millet had the highest total phenolic compound and flavonoid contents among four varieties of millet grains (1.36 mg ferulic acid equivalent/g and 1.16 mg CE/g, respectively). This agrees with our finding that finger millet had a relatively higher phenolic compound content than Italian and proso millet. Biological activities are associated with antioxidant compounds such as phenolic compounds (Han et al. 2022a). These results indicate that grains that have abundant polyphenols can be used as rich sources of natural antioxidants.

Phenolic compounds present in various grains are secondary metabolites directly associated with antioxidant activity (Ofosu et



Fig. 1. Typical phenotypic characteristic of ‘Finger 1 ho’, ‘Samdachal’, ‘Geumsilchal’, ‘Arari’, and ‘Sodamchal’.

Table 1. Bioactive compounds contents and antioxidant activities of grains

Crops	Total phenolic compounds (mg GAE <sup>2</sup> /g)	Total flavonoids (mg CE/g)	DPPH (mg TE/g)	ABTS (mg TE/g)	FRAP (mM)
Finger millet	21.52±0.31 <sup>bc1)</sup>	14.76±0.15 <sup>b</sup>	14.06±0.55 <sup>c</sup>	37.68±0.73 <sup>b</sup>	117.28±5.48 <sup>bc</sup>
Italian millet	5.05±0.07 <sup>c</sup>	0.43±0.12 <sup>c</sup>	0.43±0.12 <sup>d</sup>	4.33±0.12 <sup>c</sup>	30.28±1.97 <sup>c</sup>
Proso millet	3.04±0.14 <sup>c</sup>	0.15±0.11 <sup>c</sup>	0.97±0.02 <sup>e</sup>	2.33±0.03 <sup>c</sup>	34.72±3.98 <sup>c</sup>
Red bean	28.74±1.43 <sup>b</sup>	16.16±0.33 <sup>b</sup>	19.21±0.28 <sup>b</sup>	36.19±0.34 <sup>b</sup>	202.47±4.08 <sup>b</sup>
Sorghum	290.18±17.95 <sup>a</sup>	110.55±5.41 <sup>a</sup>	110.55±5.41 <sup>a</sup>	407.99±10.95 <sup>a</sup>	1,404.25±90.90 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> All data are presented as the mean±standard deviation of three replicates. Data marked with different letters in the same column indicate significant differences at  $p < 0.05$ .

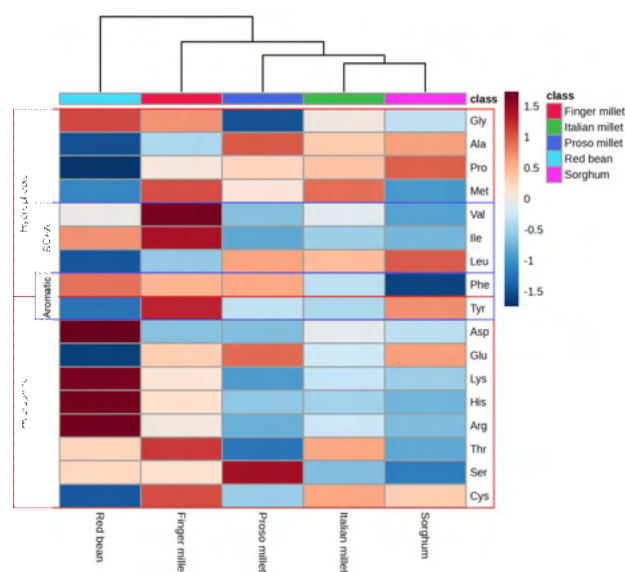
<sup>2)</sup> GAE, gallic acid equivalent; CE: catechin equivalent; DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; ABTS, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid); FRAP, ferric-reducing antioxidant power; TE, trolox equivalent.

al. 2020). DPPH and ABTS radical scavenging activity and ferric reducing ability assay are a wide range of spectrophotometric assay to measure antioxidant capacity of food. In detail, DPPH and ABTS assay is based on the reduction of purple DPPH and blue/green ABTS<sup>•+</sup> by antioxidants, respectively. In contrast, FRAP assay is monitored the reduction of Fe<sup>3+</sup> to Fe<sup>2+</sup> with no free radical involved (Floegel et al. 2011). The antioxidant activity measurements of the grains may be different in accordance with the assay used. Thus, free radical scavenging activity (DPPH and ABTS) and reductive potential (FRAP) assays were performed to compare the antioxidant activity of the grains (Table 1). As with the functional compound content assay, sorghum exhibited the highest DPPH and ABTS radical scavenging activities (162.74 and 407.99 mg TE/g, respectively). In addition, the free radical scavenging activities of Italian and proso millet were significantly lower than that of finger millet ( $p < 0.05$ ). Consistent with the free-radical scavenging activity, sorghum had the highest FRAP (1,404.25 mM), followed by red bean (202.47 mM), finger millet (117.28 mM), proso millet (34.72 mM), and Italian millet (30.28 mM). Our results are consistent with those of a previous study describing phenolic compounds that significantly contributed to antioxidant activity (Ghimire et al. 2021).

## 2. Amino acid composition and antihypertensive property of grains

The distribution of amino acids in the grains is shown in Fig. 2 and Table 2. Red beans contained a relatively high proportion of positively charged amino acids, including lysine (1,286.62 mg/100 g dw), histidine (519.81 mg/100 g dw), and arginine (1,019.50 mg/100 g dw). Branched-chain amino acids including valine (401.03 mg/100 g dw) and isoleucine (267.99 mg/100 g dw) were more prevalent in finger millet than aromatic amino acids such as phenylalanine (377.54 mg/100 g dw) and tyrosine (134.37 mg/100 g dw). Methionine and cysteine, which are sulfur-containing amino acids, were also detected as major constituents of finger millet. Proso millet, Italian millet and sorghum showed relatively higher proportions of alanine, proline, and leucine and lower proportions of valine, isoleucine, aspartic acid, lysine, histidine, and arginine than those in red bean and finger millet.

Previous studies have indicated that grains may reduce oxidative damage and chronic diseases, including obesity, diabetes, and hypertension (Masisi et al. 2016). Our study focused



**Fig. 2. Hierarchical clustering and heatmap of the normalized response of the amino acids in grains.** The levels of amino acid contents correspond to the color scale. A color gradient from red to blue represents a high level (1.901) to a low level (-1.747) of normalized response. BCAA, branched-chain amino acid.

on the antihypertensive potential of grains by investigating the inhibition of ACE by grain extracts (Fig. 3). Antihypertensive activity varied significantly between the crops assessed ( $p < 0.05$ ), which ranked as follows (strongest to weakest): finger millet (38.86%), proso millet (31.39%), Italian millet (28.89%), sorghum (17.16%), and red beans (14.42%). Therefore, millet grains, especially finger millet, had a higher ACE inhibitory activity than sorghum and red beans. Aluko RE (2015) reported that branched chain, aromatic, and hydrophobic amino acids may potentiate ACE inhibition with antihypertensive effects. In our study, we assumed that the improved antihypertensive effect of finger millet resulted from a higher ratio of branched-chain and aromatic amino acids.

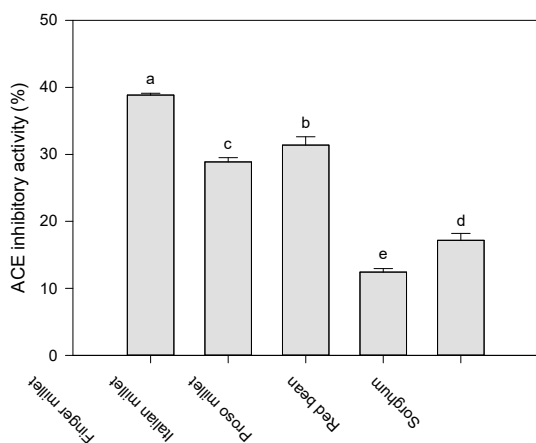
## 3. Antihypertensive property of amino acid standard compounds

Pearson's correlation was used to determine the relative contribution of the tested constituents to biological activity. As shown in Fig. 4, the levels of functional compounds were positively correlated with antioxidant activity ( $p < 0.001$ ) and negatively correlated with antihypertensive activity ( $p < 0.05$ ). The ACE inhibitory effect was positively correlated with most

**Table 2. Amino acid contents in grains**

Crops	Finger millet	Italian millet	Proso millet	Red bean	Sorghum
Asp	379.42±7.88 <sup>d1)</sup>	561.72±10.53 <sup>d</sup>	668.40±16.20 <sup>f</sup>	1,900.02±4.44 <sup>b</sup>	518.23±17.74 <sup>c</sup>
Thr	278.73±6.31 <sup>f</sup>	318.31±6.13 <sup>h</sup>	332.78±10.20 <sup>i</sup>	604.23±4.19 <sup>g</sup>	251.58±9.10 <sup>i</sup>
Ser	339.82±8.52 <sup>e</sup>	382.78±10.15 <sup>g</sup>	713.26±25.63 <sup>e</sup>	863.07±4.33 <sup>e</sup>	358.08±9.66 <sup>g</sup>
Glu	1,396.30±31.68 <sup>a</sup>	1,670.75±30.64 <sup>a</sup>	2,612.67±58.10 <sup>a</sup>	2,960.04±4.21 <sup>a</sup>	1,805.09±66.02 <sup>a</sup>
Gly	230.74±4.85 <sup>g</sup>	245.26±4.94 <sup>j</sup>	239.16±6.44 <sup>j</sup>	638.66±4.17 <sup>fg</sup>	224.56±7.01 <sup>i</sup>
Ala	412.24±7.99 <sup>c</sup>	685.01±13.25 <sup>c</sup>	1,215.84±30.22 <sup>c</sup>	710.86±4.29 <sup>f</sup>	751.14±24.39 <sup>c</sup>
Cys	165.55±1.10 <sup>i</sup>	179.83±9.95 <sup>l</sup>	178.50±2.35 <sup>k</sup>	192.03±4.06 <sup>j</sup>	165.91±0.16 <sup>j</sup>
Val	401.03±7.30 <sup>c</sup>	416.07±9.19 <sup>f</sup>	553.12±6.91 <sup>g</sup>	837.34±3.90 <sup>e</sup>	382.50±18.30 <sup>g</sup>
Met	194.71±7.60 <sup>h</sup>	225.96±5.27 <sup>k</sup>	222.72±14.60 <sup>j</sup>	183.60±2.71 <sup>j</sup>	98.16±6.59 <sup>k</sup>
Ile	267.99±3.42 <sup>f</sup>	306.32±9.36 <sup>h</sup>	426.37±4.63 <sup>h</sup>	650.10±4.13 <sup>fg</sup>	303.56±14.09 <sup>h</sup>
Leu	615.50±14.60 <sup>b</sup>	980.32±19.38 <sup>b</sup>	1,430.30±35.24 <sup>b</sup>	1,269.62±4.53 <sup>c</sup>	1,105.31±42.12 <sup>b</sup>
Tyr	134.37±7.29 <sup>j</sup>	147.36±2.74 <sup>m</sup>	210.62±18.81 <sup>jk</sup>	276.59±5.52 <sup>i</sup>	161.32±5.05 <sup>j</sup>
Phe	377.54±21.30 <sup>d</sup>	463.91±4.87 <sup>e</sup>	671.04±12.78 <sup>f</sup>	956.34±3.78 <sup>d</sup>	449.72±17.21 <sup>f</sup>
Lys	187.06±0.76 <sup>h</sup>	182.22±1.98 <sup>l</sup>	173.33±2.20 <sup>k</sup>	1,286.62±3.069 <sup>c</sup>	154.62±6.76 <sup>j</sup>
His	160.07±0.63 <sup>i</sup>	179.45±5.77 <sup>l</sup>	249.39±3.39 <sup>i</sup>	519.81±3.40 <sup>h</sup>	172.46±12.52 <sup>j</sup>
Arg	242.10±4.36 <sup>g</sup>	277.36±7.49 <sup>i</sup>	333.38±10.53 <sup>i</sup>	1,019.50±4.71 <sup>d</sup>	242.77±14.51 <sup>i</sup>
Pro	405.72±3.36 <sup>c</sup>	552.13±0.28 <sup>d</sup>	756.21±26.53 <sup>d</sup>	672.04±4.79 <sup>fg</sup>	632.96±13.12 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> All data are presented as the mean±standard deviation of three replicates. Data marked with different letters in the same column indicate significant differences at  $p<0.05$ .

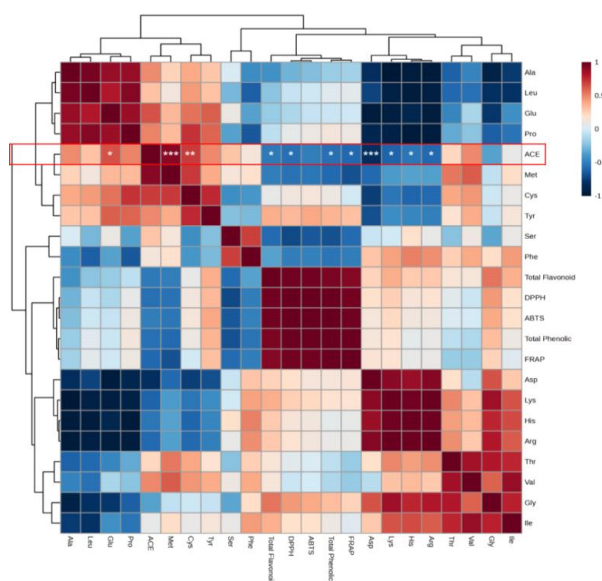


**Fig. 3. Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activity (%) in grains.** Extracts were tested at 10 mg/mL, and the values are presented as the mean ± standard deviation of three replicates. The data marked with different letters are significantly different at  $p<0.05$ .

individual amino acids, except for aspartic acid, lysine, histidine, arginine, and glycine. In particular, the methionine ( $r=0.916$ ,  $p<0.001$ ), cysteine ( $r=0.696$ ,  $p<0.01$ ), and glutamic acid ( $r=0.637$ ,

$p<0.05$ ) levels were highly correlated with ACE inhibition.

Based on previous findings, we hypothesized that the amino acid type would influence the antihypertensive activity. Thus, the inhibition of ACE was evaluated using amino acid standard chemicals (Fig. 5). Among the 17 amino acids detected in the grains, phenylalanine (99.83%), aspartic acid (99.35%), and cysteine (99.67%) exhibited the highest ACE inhibitory activity ( $p<0.05$ ), followed by glutamic acid (87.91%) and histidine (72.87%). The least inhibitory were glycine (1.47%), proline (2.221%), methionine (1.18%), isoleucine (2.49%), leucine (0.00%), and serine (0.69%) (Fig. 5A). As illustrated in Fig. 5B, the  $IC_{50}$  values for phenylalanine, glutamic acid, aspartic acid, histidine, and cysteine were 0.72, 2.09, 2.41, 3.43, and 0.07 mg/mL, respectively. In fact, the  $IC_{50}$  value for cysteine did not significantly differ from that of the positive control ( $p>0.05$ ). To our knowledge, no study has extensively investigated the antihypertensive effects of isolated or purified peptides from millet grains with strong ACE inhibitory activity. Further studies are required to investigate the antihypertensive effects of plant-derived protein hydrolysates and peptides isolated from millet grains.



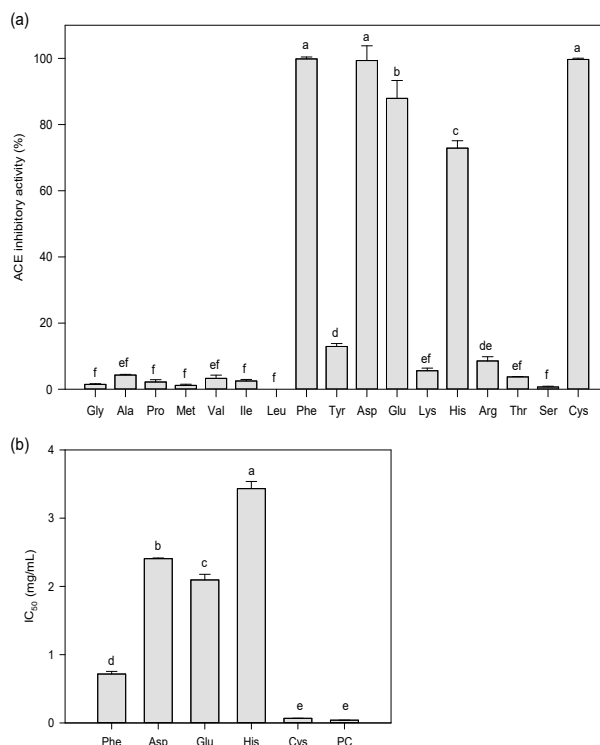
**Fig. 4. Pearson's correlation coefficient matrices from functional compounds contents and biological activities in grains.** Red and blue colors indicate positive and negative correlations, respectively. \*, \*\* and \*\*\* indicate significant correlations between ACE and individual parameters at  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ , and  $p < 0.001$ , respectively.

### Conclusion

This study provides a new perspective on the amino acid composition and antihypertensive activity of grains. Finger millet contains a higher ratio of branched-chain, aromatic, and sulfur-containing amino acids than the other crops, resulting in the strongest antihypertensive activity. Furthermore, sorghum shows potent antioxidant activity with abundant total phenolic compounds. To the best of our knowledge, this is the first study to attempt an antihypertensive activity analysis of amino acid standards, although several studies are available on extracted peptides and protein hydrolysates. Among the 17 amino acids detected in the cereal grains and beans, cysteine, phenylalanine, glutamic acid, aspartic acid, and histidine showed the strongest inhibitory activity against ACE. Our findings provide information on the biological activities of grains grown in South Korea and highlight their potential as plant-based food ingredients with antihypertensive activity.

### Acknowledgements

This research was funded by the Cooperative Research



**Fig. 5. Antihypertensive activity in amino acid standards. (A) Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activity (%) in 17 amino acids treated at 5 mg/mL; (B) IC50 values representing the concentration of phenylalanine, aspartic acid, glutamic acid, and histidine required to cause a 50% inhibition of ACE.** Enalapril maleate salt was used as a positive control (PC). The values are presented as the mean  $\pm$  standard deviation of three replicates. The data marked with different letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

Program for Agriculture Science and Technology Development (RS-2019-RD007816) of the Rural Development Administration, Korea and the 2023 RDA Fellowship Program of the Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

### References

Abassi Z, Winaver J, Feuerstein GZ. 2009. The biochemical pharmacology of renin inhibitors: Implications for translational medicine in hypertension, diabetic nephropathy and heart failure: Expectations and reality. *Biochem Pharmacol* 78: 933-940

Aluko RE. 2015. Structure and function of plant protein-derived

- antihypertensive peptides. *Curr Opin Food Sci* 4:44-50
- Bangar SP, Ashogbon AO, Dhull SB, Thirumdas R, Kumar M, Hasan M, Chaudhary V, Pathem S. 2021. Proso-millet starch: Properties, functionality, and applications. *Int J Biol Macromol* 190:960-968
- Chandra D, Chandra S, Pallavi, Sharma AK. 2016. Review of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn): A power house of health benefiting nutrients. *Food Sci Hum Wellness* 5:149-155
- Chen Y, Meng L, Shao H, Yu F. 2013. Aliskiren vs. other antihypertensive drugs in the treatment of hypertension: A meta-analysis. *Hypertens Res* 36:252-261
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138
- Dahlberg J. 2019. The role of sorghum in renewables and biofuels. In Zhao ZY, Dahlberg J (Eds.), *Sorghum: Methods and Protocols* (Methods in Molecular Biology, 1931). Humana Press
- Das D, Kabir ME, Sarkar S, Wann SB, Kalita J, Manna P. 2022. Antidiabetic potential of soy protein/peptide: A therapeutic insight. *Int J Biol Macromol* 194:276-288
- Floegel A, Kim DO, Chung SJ, Koo SI, Chun OK. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J Food Compos Anal* 24:1043-1048
- Gharibzahedi SMT, Smith B. 2021. Effects of high hydrostatic pressure on the quality and functionality of protein isolates, concentrates, and hydrolysates derived from pulse legumes: A review. *Trends Food Sci Technol* 107:466-479
- Ghimire BK, Seo JW, Yu CY, Kim SH, Chung IM. 2021. Comparative study on seed characteristics, antioxidant activity, and total phenolic and flavonoid contents in accessions of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Molecules* 26: 3964
- Girard AL, Awika JM. 2018. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. *J Cereal Sci* 84:112-124
- Han N, Kim J, Bae JH, Kim M, Lee JY, Lee YY, Kang MS, Han D, Park S, Kim HJ. 2022a. Effect of atmospheric-pressure plasma on functional compounds and physiological activities in peanut shells. *Antioxidants* 11:2214
- Han N, Woo KS, Lee JY, Song SB, Lee YY, Kim M, Kang MS, Kim HJ. 2022b. Comparison of physicochemical characteristics, functional compounds, and physiological activities in adzuki bean cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:428-438
- Kancabaş A, Karakaya S. 2013. Angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity of boza, a traditional fermented beverage. *J Sci Food Agric* 93:641-645
- Khalid W, Ali A, Arshad MS, Afzal F, Akram R, Siddeeg A, Kousar S, Rahim MA, Aziz A, Maqbool Z, Saeed A. 2022. Nutrients and bioactive compounds of *Sorghum bicolor* L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders. *Int J Food Prop* 25: 1045-1062
- Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK, Jeon YH, Ko JY, Woo KS. 2018. Quality and physicochemical characteristics of rice cooked along with various mixed grains and by following different cooking methods. *Korean J Food Nutr* 31:653-667
- Kim HJ, Seo JH, Won DJ, Han N, Lee JY, Kim M, Lee YY, Kang MS. 2022. Comparison of physicochemical properties of seed protein in soybean cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:1048-1055
- Kim MY, Kim HJ, Lee YY, Kim MH, Lee JY, Lee B, Lee BW. 2019. Enzyme inhibitory and anti-proliferation effects of peanut skin extracts depending on cultivar. *Korean J Food Nutr* 32:511-521
- Kitano-Okada T, Ito A, Koide A, Nakamura Y, Han KH, Shimada K, Sasaki K, Ohba K, Sibayama S, Fukushima M. 2012. Anti-obesity role of adzuki bean extract containing polyphenols: *In vivo* and *in vitro* effects. *J Sci Food Agric* 92:2644-2651
- Masisi K, Beta T, Moghadasian MH. 2016. Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on *in vitro* and *in vivo* studies. *Food Chem* 196:90-97
- Mirzaee H, Ahmadi Gavlighi H, Nikoo M, Udenigwe CC, Khodaiyan F. 2022. Relation of amino acid composition, hydrophobicity, and molecular weight with antidiabetic, antihypertensive, and antioxidant properties of mixtures of corn gluten and soy protein hydrolysates. *Food Sci Nutr* 11:1257-1271
- Ofori FK, Elahi F, Daliri EBM, Chelliah R, Ham HJ, Kim JH, Han SI, Hur JH, Oh DH. 2020. Phenolic profile, antioxidant, and antidiabetic potential exerted by millet grain varieties. *Antioxidants* 9:254
- Pang Z, Chong J, Zhou G, de Lima Morais DA, Chang L, Barrette M, Gauthier C, Jacques PÉ, Li S, Xia J. 2021.

- MetaboAnalyst 5.0: Narrowing the gap between raw spectra and functional insights. *Nucleic Acids Res* 49:W388-W396
- Queiroz VAV, da Silva Aguiar A, de Menezes CB, de Carvalho CWP, Paiva CL, Fonseca PC, da Conceição RRP. 2018. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. *J Cereal Sci* 79:43-49
- Rezvankhah A, Yarmand MS, Ghanbarzadeh B. 2022. The effects of combined enzymatic and physical modifications of lentil protein applying alcalase, flavourzyme, microbial transglutaminase, and ultrasound: Antioxidant, antihypertension, and antidiabetic activities. *J Food Meas Charact* 16:3743-3759
- Shi Z, Yao Y, Zhu Y, Ren G. 2017. Nutritional composition and biological activities of 17 Chinese adzuki bean (*Vigna angularis*) varieties. *Food Agric Immunol* 28:78-89
- Shim YS, Yoon WJ, Ha J, Seo D, Lee KW, Lee WY, Kwon KI, Kang TS, Lee JH, Kim HJ, Kwak HJ, Lee SP, Kim SJ, Yun WK, Lee J, Hwang JB. 2013. Method validation of 16 types of structural amino acids using an automated amino acid analyzer. *Food Sci Biotechnol* 22:1567-1571
- Singh M, Adedeji AA. 2017. Characterization of hydrothermal and acid modified proso millet starch. *LWT Food Sci Technol* 79:21-26
- Wang Y, Yao X, Shen H, Zhao R, Li Z, Shen X, Wang F, Chen K, Zhou Y, Li B, Zheng X, Lu S. 2022. Nutritional composition, efficacy, and processing of *Vigna angularis* (adzuki bean) for the human diet: An overview. *Molecules* 27:6079

---

Received 22 November, 2023  
Revised 05 December, 2023  
Accepted 08 December, 2023



## 수비드 현미밥의 최적 레시피와 노화도 분석

손춘영 · 고은아\* · †신원선\*\*

동남보건대학교 식품영양학과 부교수, \*한양대학교 식품영양학과 석사, \*\*한양대학교 식품영양학과 교수

### Optimization of Sous-Vide Brown Rice and Its Retrogradation Properties

Chun Young Sohn, Eun A Ko\* and †Weon Sun Shin\*\*

Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Dongnam Health University, Suwon 16328, Korea

\*Master, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

\*\*Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

#### Abstract

Brown rice has various health benefits; however, it is more difficult to cook and has a harder texture as compared to milled rice. In this study, the effect of the sous-vide cooking method on starch retrogradation and textural properties of brown rice was investigated by comparative analysis with conventionally cooked brown rice based on moisture content assay, evaluation of the textural property analysis, and differential scanning calorimetry (DSC). The results of the study are as follows: First, the moisture content of sous-vide cooked brown rice was higher than in the conventionally cooked brown rice. Second, the sous-vide cooked brown rice has lower hardness, higher adhesiveness, and lower retrogradation enthalpy during storage than conventionally cooked brown rice. Finally, the retrogradation properties of cooked brown rice during storage were analyzed by DSC. The enthalpy increased more rapidly in the case of conventional cooked brown rice, reaching 1.58 J/g after 3 days of storage. This indicated that sous-vide cooking is effective in preventing retrogradation of rice during storage.

Key words: brown rice, sous-vide, retrogradation, adhesiveness, differential scanning calorimetry

#### 서론

수비드 조리법은 열 안정성을 가진 진공 파우치에 온도와 시간이 조절된 조건하에서 원재료 또는 반조리 식품에 열처리 하는 것을 말한다(Schellekens M 1996). 수비드 조리법은 밀봉된 진공 파우치 내의 식품에 저온 살균 열 공정을 적용하는 것으로 일반적으로는 장시간에 걸쳐 65~95°C의 비교적 약한 온도를 이용하여 가열 조리한 후에 1~4°C 범위의 저온에서 저장 관리하게 된다(Nyati H 2000). 수비드 조리 가공 방식은 관능적 품질을 향상시키고 장기적인 저장 안정성을 갖는다는 것이 장점이라 할 수 있다(Jang & Lee 2005; Baldwin DE 2012). 이러한 잇점을 활용하여 다양한 재료를 이용한 수비드 조리법 연구로는 갈비찜(Kim KM 2009), 닭찜(Jeong JH

2011), 사태찜(Oh JE 2013), 도미 필레(Andrés-Bello 등 2009), 연어 슬라이스(González-Fandos 등 2005) 등 육류 및 생선류와 당근(Tansey 등 2010), 완두콩(Iborra-Bernad 등 2014) 등을 이용한 연구가 있다. 수비드 제품의 조리법에 따른 재료의 품질 변화에 대한 연구(Espinosa 등 2015; Gonnella 등 2018; Ji 등 2019)가 있으며, 최적 품질 조건을 위한 연구(Choung & Joo 2018)가 있다.

쌀은 오랫동안 우리나라를 비롯하여 전 세계 인구의 절반 이상이 주식으로 하는 필수적인 식품이라 할 수 있다(Dhital 등 2015). 우리나라 1인당 쌀 소비량은 2012년 69.8 kg에서 2017년 61.8 kg, 2022년 56.7 kg으로 해마다 감소하고 있는 반면, 소비자의 건강에 대한 관심이 높아지고 식품의 고급화, 다양화 추세에 따라 건강식품, 기능성 식품의 수요가 증

† Corresponding author: Weon Sun Shin, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea. Tel: +82-2-2220-4204, Fax: +82-2-2220-1856, E-mail: hime@hanyang.ac.kr

가하면서 여러 생리활성 물질과 기능성 성분을 함유한 현미와 잡곡의 소비량은 오히려 증가하는 것으로 나타났다(Korean Statistical Information Service 2023).

현미는 주피, 씨코트 및 알류론, 세균 및 내배엽으로 구성되어 있으며, 백미에 비해 단백질, 지방, 섬유질, 회분, 비타민 및 무기질 등의 영양소를 많이 함유하고 있으며(Srisook & Naivikul 2003), 또한 현미의 외층은 페놀 화합물, 피토스테롤, 토클 및 카로티노이드 등의 생체 활성 화합물을 함유하고 있어(Gani 등 2012), 혈당 조절, 콜레스테롤 저하, 혈압 상승 억제 등 만성질환에 대한 예방 효과를 포함하여 건강에 많은 유익한 효과를 가지고 있다고 할 수 있다(Slavin J 2004; Min 등 2014). 이러한 현미의 장점에도 불구하고 도정된 쌀에 비해 식감이 거칠고 조리 시간이 길다는 단점이 있으며, 쌀의 많은 부분을 차지하는 전분이 특히 저온에서 노화가 빠르게 진행되고 냉장온도에서 몇 시간이 지나면 쉽게 굳어지는 특성이 있다(Chen 등 2015; Moon 등 2022). 밥의 스톨링(staling), 즉 전분의 노화는 밥의 경도를 증가시키고 접착력을 저하시켜 밥의 유통기한을 단축시키는 문제점이 있다(Yu 등 2010). 이러한 현미의 취반 특성 및 식미를 개선하기 위한 연구로는 발아현미를 이용한 현미밥이 수분흡수율, 부피팽창율이 증가하였고 탄력성과 찰기를 증가시켜 식감이 개선되었다고 하였으며(Cho 등 2017), 현미의 과피층을 부분적으로 도정하여 수분 흡수 속도를 증가시키거나(Kim 등 2012), 현미의 발아, 건조 과정에서 균열을 가해 취반시 수분 침투를 용이하게 한 연화 현미 개발 연구(Kim YH 2005)와 곡류 혼합비를 최적화하여 현미밥의 식미를 향상한 연구(Han 등 2012)가 있다. 또한, Kim 등(1996)은 수분 함량별 밥의 노화 속도를 분석하여 경도는 수분함량이 높을수록 작아졌고, 노화속도는 4℃보다 20℃에서 약 1.4배 늦어진다고 하였으며, 침지온도별 조직감의 차이에서는 수분 흡수가 23℃에서 초기 30분에 빠르게 일어나는 것으로 나타났고(Kim MH 1992), 일반 전기밥솥보다 압력밥솥 취반시 높은 호화도를 나타내었다(Park 등 1997). 그러나 쌀을 이용한 수비드 조리법의 연구로는 찹쌀을 이용한 Kim HJ(2013)의 연구가 있으나 아직은 이 분야의 연구는 부족한 실정이라 할 수 있다. 코로나 19 이후 소비자들의 생활패턴의 변화 중 하나로 간편식에 대한 선호도가 높아지면서 즉석밥을 비롯한 즉석조리식품의 시장이 크게 증가하고 있다(Food Information Statistics System 2023). 이에 본 연구에서는 수비드 현미밥의 최적 레시피와 노화 특성을 분석함으로써 가정간편식 선호 증가에 따른 즉석밥의 새로운 제품개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용된 현미(*Oryza sativa*, japonica variety)는 국내 시장(Seoul, Korea)에서 구입하여 약 20℃의 상온에 보관하였다. 백미에 비해 현미는 외피가 두껍고 가수속도가 느려 식감이 떨어지므로 수비드 현미밥의 최적화를 위해 쌀과 물의 비율을 다르게 하여 총 3회의 예비 실험을 거쳐 현미:물의 비율은 42:58로 하였다.

### 2. 수비드 현미밥의 조리

현미 100 g을 수돗물로 3회 세척하고 20℃의 상온에서 600 mL의 물에 6시간 정도 담갔다가 체를 이용하여 물을 제거하였다. 그 후 165×310 mm 다층 진공 필름 파우치(CN530, CREYOVAC®, Sealed Air Packaging Co., Ltd.)에 현미와 170 mL의 물을 넣고 760 mmHg 압력으로 5분간 진공(Sj-100-SMV-206T, Samhosa, Seoul, Korea)하여 진공 포장한 쌀을 90분간 90℃의 수조(JSWB-11T, JS Research Inc., Korea)에서 조리하였다. 마지막으로 완성된 현미밥을 플라스틱 용기에 옮겨 30분간 냉각시킨 후 실험에 사용하였다(Fig. 1A).



Fig. 1. Picture of sous-vide and conventional cooked brown rice.

### 3. 전통방식 현미밥 조리

현미 500 g을 깨끗한 물로 3회 세척하고 2 L의 물에 6시간 동안 담갔다. 체를 이용하여 물을 제거하였다. 불린 현미와 850 mL의 물을 넣어 자동 밥솥(SJ-184V, Hanil, Seoul, Korea)에 넣었는데 30분 동안 지난 후 자동으로 밥솥이 꺼지면서 현미밥이 완성되었다. 밥솥에 조리된 밥은 자체 열에 의해 추가로 10분 정도 두었고 마지막으로 완성된 밥을 젓가락으로 부드럽게 퍼서 플라스틱 용기에 담아 식힌 후 100 g의 밥을 뚜껑이 있는 용기에 담아 실험에 사용하였다(Fig. 1B).

### 4. 저장조건

수비드 조리와 전통방식 조리된 현미밥은 모두  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 냉장고에 당일, 1일, 3일, 5일, 7일, 14일 및 21일 동안 보관되었으며, 저장했던 시료의 조직감 및 수분 함량을 측정하기 위해 조리된 현미밥의 밀폐 진공 필름 파우치를 서로 다른 보관일에 꺼내어 약  $20^\circ\text{C}$ 의 상온에서 1시간 동안 평형을 이루도록 하였으며 모든 실험을 3배수로 수행하였다.

### 5. 수분함량 분석

수분함량은  $105^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 전기습도분석기(FD-610)를 통해 측정하였으며, 각 시료에 대해 3회 반복측정을 실시하였다.

### 6. 조직감 측정

현미밥의 조직감 프로파일 분석(TPA)은 2 cycle 압축을 사용하여 50 kg 로드셀의 조직감 분석기(TA-XT2i, Stable Micro system, Surrey UK)를 사용하여 수행하였다. 변형 수준은 원래 시료 높이의 60%이며 부분적으로 부서진 밥은 다시 압축하였다. 밥은 납작한 형태로 probe 중앙에 있는 시료대에 올려놓고 5 inch 직경의 cylinder probe를 사용하여 1 mm/s의 시험 속도와 제어력 10 g으로 압축하였다. 시험 곡선에서 기록한 매개 변수는 경도(hardness)와 접착성(adhesiveness)이었다. 모든 분석은 10회 반복하여 수행되었으며 결과는 평균값으로 제시하였다.

### 7. 노화도 분석

노화된 시료는 동결건조기를 이용하여 건조시키고 삼중 수소를 처리하여 100 mesh 체를 통과시켰다. 10 mg 현미밥 시료와 증류수의 무게(1:3, w/w)를 측정 전에 알루미늄 시료 팬에 넣었다(P/N 0319-0218). 팬은 수분 손실을 방지하기 위해 밀봉되었고 DSC에서 가열하기 전에 실온에서 1시간 동안 방치하였다. 모든 DSC 실험의 경우 indium을 사용하여 분석기를 교정하였으며 밀봉된 빈 알루미늄 팬을 기준으로 사용하였다. 시료를  $20^\circ\text{C}$ 에서 1분 동안 등온적으로 유지한 후  $20^\circ\text{C}$

에서  $120^\circ\text{C}$ 까지  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 가열하였다. 최고 온도와  $40^\circ\text{C}$ 에서  $70^\circ\text{C}$  사이에 나타나는 노화된 녹말 melting peak와 관련된 엔탈피 ( $\Delta H$ , J/g)를 계산하였다. 엔탈피는 녹말의 노화 정도를 나타내기 위해 사용되었으며 DSC 측정은 3배수로 수행하여 결과는 평균값으로 제시하였다.

### 8. 통계분석

실험은 최소 3배수 이상으로 시행하였으며, SPSS version 20.0(SPSS Inc., Chicago IL, USA)을 이용한 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며,  $p < 0.05$ 로 유의한 경우 Duncan의 다중범위 검사로 결과를 추가로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수분함량

현미밥의 수분함량은 7개 시료를 대상으로 조리 당일, 1일, 3일, 5일, 7일, 14일, 21일에 측정하였으며 시간경과에 따른 수분함량의 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

현미는 도정된 쌀에는 없는 외피가 있어 조리 시 수분 전달이 어렵고 수분 흡수를 떨어뜨린다(Billiris 등 2012). 이 외피는  $75^\circ\text{C}$ 에서 파열이 일어나고 그 후 수분이 흡수되면서 쌀알이 부풀어 오르게 된다(Briffaz 등 2014). 본 연구에서는 수비드 쌀 시료를  $90^\circ\text{C}$ 에서 90분간 조리하였는데 이러한 방법으로 현미의 외피가 파열되고 수분을 흡수한 후 다층 진공 필름 파우치가 수분 손실을 방지하기 때문에 전통조리 방식의 현미밥에 비해 수분함량이 높은 것으로 나타났다.

### 2. 조직감

조리 당일부터 21일까지  $4^\circ\text{C}$ 에서 보관한 현미밥의 조직감

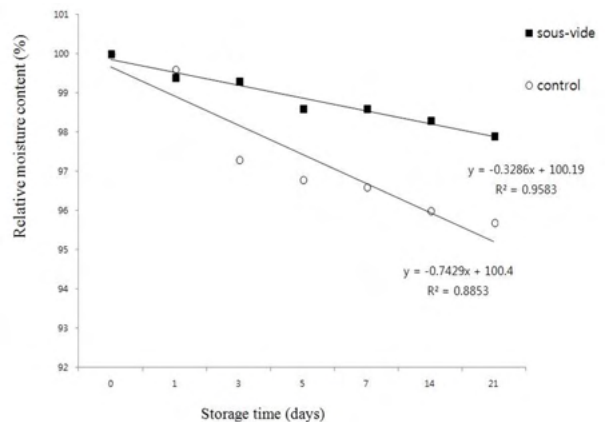


Fig. 2. Relative moisture content of cooked brown rice during storage at  $4^\circ\text{C}$  for 21 days.

특성에 대해 조직감 분석기를 이용하여 분석하고 주요 질감 인 경도와 접착력에 대한 결과를 Table 1에 제시하였다.

전통 조리 방식의 현미밥의 경도가 수비드 조리 현미밥에 비해 빠르게 증가하였다. 수비드 조리 현미밥의 경도가 조리 당일 460.68에서 7일 590.21로 천천히 증가하다가 14일에는 738.37로 급격하게 증가하였으며, 그 후 21일에는 776.62로 완만한 상승을 보였다. 반면에 전통 조리 방식의 현미밥은 저장 초기부터 수비드 조리 현미밥보다 큰 폭으로 증가하였는데 조리 당일 533.33에서 3일 738.19, 7일 876.10으로 증가하였으며, 21일에는 1,012.87로 거의 두 배로 크게 상승한 것으로 나타났으며 조리 방식에 따른 유의적인 차이가 있었다 ( $p<0.001$ ). 전통 조리 현미밥의 경도가 수비드 조리 현미밥에 비해 더 빠르게 증가한 것을 알 수 있었으며, 특히 저장 초기의 경도 차이에 비해 저장 21일 경과 후 전통조리에 의한 현미밥의 경도가 훨씬 높아진 것을 알 수 있었다.

수비드 조리 현미밥의 접착력은 당일 181.47에서 3일 134.00으로 서서히 감소하였고, 이후 7일 109.59, 14일 105.86 비슷한 정도로 점차 감소하다가 21일 87.41로 감소하여 유의적인 차이( $p<0.001$ )가 있었다. 전통 조리 현미밥의 경우, 당일

157.52에서 3일 81.21, 5일 44.42, 7일 15.07로 급격히 감소하였고 14일 5.15로 계속 감소하다가 21일 후에는 접착력이 거의 없는 정도(0.54)까지 감소하여 유의적인 차이( $p<0.001$ )를 보였다. 이는 전통 조리 방식의 현미밥은 21일 이내에 바람직한 조직감을 대부분 상실하였다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 전분의 노화가 시간이 지남에 따라 진행되면서 밥의 경도가 증가하고 접착력이 감소한다는 Yu 등(2010)의 연구결과와 일치하였다. 그러나 수비드 방식으로 조리한 현미밥의 경우는 전통 조리 방식의 현미밥에 비해 시간에 따른 경도가 낮고 접착력은 높은 것으로 나타나 현미밥에 대한 만족도를 높힐 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 노화도

저장기간에 따른 현미밥의 노화 특성을 DSC를 이용하여 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다.

수비드와 전통 조리 현미밥의 저장기간에 따른 초기, 중간 및 최종 온도변화는 처음 3일 이내에 크게 감소하였고, 저장기간이 길어질수록 크게 변화되지는 않았다. 현미밥의 노화 엔탈피( $\Delta H_r$ )는 Fig. 3과 같이 분석되었다.

**Table 1. Hardness and adhesiveness of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days**

		0	1	3	5	7	14	21	F-value
Hardness	Sous-vide	460.68±31.25 <sup>a</sup>	507.17±7.13 <sup>ab</sup>	525.16±9.13 <sup>bc</sup>	568.87±37.26 <sup>cd</sup>	590.21±31.15 <sup>d</sup>	738.37±26.34 <sup>e</sup>	776.62±56.23 <sup>e</sup>	40.56 <sup>***</sup>
	Control	533.33±33.63 <sup>a</sup>	677.75±4.93 <sup>b</sup>	738.19±29.82 <sup>c</sup>	821.42±4.97 <sup>d</sup>	876.10±18.49 <sup>e</sup>	965.56±11.00	1,012.86±22.14	195.41 <sup>***</sup>
Adhesiveness	Sous-vide	181.47±11.24 <sup>a</sup>	168.75±5.32 <sup>a</sup>	134.00±4.68 <sup>b</sup>	121.94±12.45 <sup>bc</sup>	109.59±15.44 <sup>c</sup>	105.86±5.20 <sup>c</sup>	87.41±2.58 <sup>d</sup>	40.84 <sup>***</sup>
	Control	157.52±11.31 <sup>a</sup>	123.38±2.67 <sup>b</sup>	81.21±15.37 <sup>c</sup>	44.42±11.48 <sup>d</sup>	15.07±3.90 <sup>e</sup>	5.15±2.74 <sup>e</sup>	0.54±0.30 <sup>e</sup>	151.62 <sup>***</sup>

Mean±standard deviation.

<sup>a-c</sup>Different letters indicate significant differences ( $p<0.05$ ) by Duncan's test.

<sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$ .

**Table 2. Retrogradation characteristics of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days**

Days	Sous-vide				Control			
	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	$\Delta H_r$ (J/g)	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	$\Delta H_r$ (J/g)
1	55.24±2.65 <sup>b</sup>	55.93±2.29 <sup>b</sup>	56.76±3.48	0.03±0.01 <sup>a</sup>	45.21±1.18 <sup>b</sup>	45.65±4.52 <sup>a</sup>	54.08±0.77 <sup>a</sup>	0.33±0.07 <sup>a</sup>
3	43.26±0.40 <sup>a</sup>	48.21±0.20 <sup>a</sup>	55.05±1.09	0.54±0.04 <sup>b</sup>	42.66±1.14 <sup>a</sup>	49.10±0.86 <sup>ab</sup>	55.59±0.68 <sup>ab</sup>	1.58±0.27 <sup>b</sup>
5	43.91±1.21 <sup>a</sup>	49.60±1.17 <sup>a</sup>	55.17±0.56	0.59±0.06 <sup>b</sup>	41.22±0.91 <sup>a</sup>	48.21±0.20 <sup>ab</sup>	56.44±1.43 <sup>bc</sup>	2.16±0.02 <sup>bc</sup>
7	42.94±0.89 <sup>a</sup>	48.32±0.19 <sup>a</sup>	54.62±0.18	0.88±0.06 <sup>c</sup>	41.61±0.52 <sup>a</sup>	48.21±0.19 <sup>ab</sup>	54.89±0.22 <sup>ab</sup>	2.24±0.22 <sup>c</sup>
14	42.50±1.39 <sup>a</sup>	48.83±0.98 <sup>a</sup>	54.24±0.86	1.31±0.12 <sup>d</sup>	41.34±1.18 <sup>a</sup>	47.99±0.19 <sup>ab</sup>	54.37±0.29 <sup>a</sup>	2.89±0.34 <sup>d</sup>
21	42.67±2.10 <sup>a</sup>	48.99±1.54 <sup>a</sup>	55.33±1.88	1.63±0.20 <sup>e</sup>	42.76±0.27 <sup>a</sup>	50.38±0.68 <sup>b</sup>	58.16±1.84 <sup>c</sup>	3.72±0.65 <sup>e</sup>
F-value	28.47 <sup>***</sup>	13.74 <sup>***</sup>	0.80	92.44 <sup>***</sup>	7.67 <sup>**</sup>	2.00	6.29 <sup>**</sup>	35.73 <sup>***</sup>

Mean±standard deviation.

To: onset temperature, Tp: peak temperature, Tc: conclusion temperature.

<sup>a-c</sup>Different letters indicate significant difference ( $p<0.05$ ) by Duncan's test.

<sup>\*\*</sup> $p<0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$ .

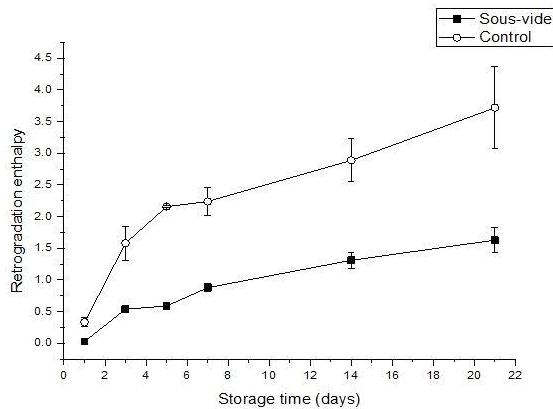


Fig. 3. Retrogradation enthalpy of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days.

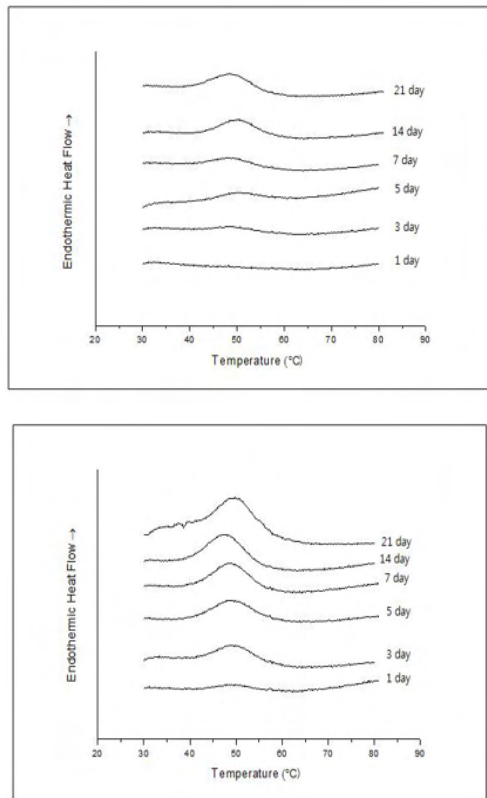


Fig. 4. Retrogradation thermograms of sous-vide cooked brown rice and conventional cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days.

수비드 조리된 현미밥의 경우, 저장 기간을 1일에서 3일로 증가시키면 노화도가 0.03 J/g에서 0.54 J/g으로 증가하였다. 전통 조리 방식 현미밥의 경우, 노화 엔탈피가 0.33 J/g에서 1.58 J/g으로 증가하였다. 저장 7일 후에는 엔탈피가 더 빠르

게 증가하여 2.24 J/g에 도달하였다. 저장 21일 후, 전통 조리된 현미밥의 엔탈피는 수비드 방식의 현미밥의 1.63 J/g에 비해 높은 3.72 J/g으로 유의적인 차이가 있음을 알 수 있었다 ( $p < 0.001$ ). Fig. 4는 4°C에서 21일 동안 저장된 수비드 방식과 전통 조리 방식 현미밥의 온도기록을 보여준다.

온도변화는 저장 기간에 따라 열흡수 영역이 증가하였고 전통 방식 조리된 현미밥에서 뚜렷한 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 수비드 조리 방식의 현미밥이 저장 시 노화 방지에 효과적임을 명확하게 보여준다고 할 수 있다. 일반적으로 조리된 밥의 경도와 접착력은 전분의 노화와 상관관계가 있으며, 전분의 노화는 밥의 경도를 증가시키고 접착력을 감소시키는데 기여하는데 본 연구의 결과는 선행연구와 같은 결과를 보였다(Perdon 등 1999; Yu 등 2009).

## 요약 및 결론

본 연구에서는 수비드 방식으로 조리한 현미밥과 전통 방식으로 조리한 현미밥의 저장 기간에 따른 특성 변화를 분석하고 비교하였다. 수비드 조리 방식은 현미밥의 관능 특성과 노화에 유의한 영향을 미치고, 수비드 조리 현미밥의 수분 함량은 전통 방식의 현미밥보다 높게 나타났다. 수비드 조리 현미밥은 질감 특성(경도 및 접착성)과 노화 특성이 유의하게 향상되었다. 수비드 방법을 이용하여 조리한 밥은 전통 방식으로 조리한 현미밥에 비해 접착성이 높고 경도 및 노화 엔탈피( $\Delta H_r$ )가 낮은 특징이 있었으며 현미밥의 노화를 억제할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 연구결과는 현미나 잡곡 등을 이용하여 건강기능성을 강화한 간편 즉석식품의 다양한 제품을 개발하는데 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 추후에는 현미는 단단하고 거친 느낌이라는 선입견으로 현미밥에 대한 기대치가 낮는데 소비자들의 수비드 조리 즉석밥에 대한 인식을 변화시키기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Andrés-Bello A, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. 2009. Effects of vacuum cooking (cook-vide) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). *J Aquat Food Prod Technol* 18:79-89
- Baldwin DE. 2012. Sous vide cooking: A review. *Int J Gastron Food Sci* 1:15-30
- Billiris MA, Siebenmorgen TJ, Meullenet JF, Mauromoustakos A. 2012. Rice degree of milling effects on hydration, texture, sensory and energy characteristics. Part 1. cooking

- using excess water. *J Food Eng* 113:559-568
- Briffaz A, Bohuon P, Méot JM, Pons B, Matencio F, Dornier M, Mestres C. 2014. Modelling of brown rice and limited-water cooking modes and its potential use for texture prediction. *J Food Eng* 141:99-106
- Chen L, Ren F, Zhang Z, Tong Q, Rashed MMA. 2015. Effect of pullulan on the short-term and long-term retrogradation of rice starch. *Carbohydr Polym* 115:415-421
- Cho DH, Park HY, Lee SK, Park J, Choi HS, Woo KS, Kim HJ, Sim EY, Ahn EK, Oh SK. 2017. Cooking and textural properties of specialty germinated brown rices. *Korean J Food Sci Technol* 49:575-583
- Choung SY, Joo N. 2018. Optimization of potatoes in soy sauce as prepared by the sous-vide. *Korean J Cookery Sci* 34: 607-616
- Dhital S, Dabit L, Zhang B, Flanagan B, Shrestha AK. 2015. *In vitro* digestibility and physicochemical properties of milled rice. *Food Chem* 172:757-765
- Espinosa MC, Díaz P, Linares MB, Teruel MR, Garrido MD. 2015. Quality characteristics of *sous vide* ready to eat seabream processed by high pressure. *LWT Food Sci Technol* 64:657-662
- Food Information Statistics System. 2023. Analysis of consumers' purchasing behavior and preference for convenience food. Available from <https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0003.do?act=read&bpId=4317> [cited 22 September 2023]
- Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Hameed G. 2012. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: A review. *J Food Process Technol* 3:1000146
- Gonnella M, Durante M, Caretto S, D'Imperio M, Renna M. 2018. Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and *sous-vide* cooking methods. *LWT* 92:161-168
- González-Fandos E, Villarino-Rodríguez A, García-Linares MC, García-Arias MT, García-Fernández MC. 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the *sous vide* method. *Food Control* 16:77-85
- Han G, Chung HJ, Yoon J, Baek MK. 2012. Optimization of cooked brown rice by controlling the ratio of grain cereal blends to improve palatability. *J East Asian Soc Diet Life* 22:782-794
- Iborra-Bernad C, Tárrega A, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. 2014. Advantages of *sous-vide* cooked red cabbage: Structural, nutritional and sensory aspects. *LWT-Food Sci Technol* 56:451-460
- Jang JD, Lee DS. 2005. Development of a *sous-vide* packaging process for Korean seasoned beef. *Food Control* 16:285-291
- Jeong JH. 2011. Development of optimal recipe and evaluation of storage quality for Korean traditional “*dac-jjim*” using the *sous-vide*/cook-chill system. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Ji DS, Kim JH, Yoon DK, Kim JH, Lee H, Cho WY, Lee CH. 2019. Effect of different storage-temperature combinations on *longissimus dorsi* quality upon *sous-vide* processing of frozen/thawed pork. *Food Sci Anim Resour* 39:240-254
- Kim HJ. 2013. Optimization of *sous-vide* glutinous rice (*chal-bap*) and its retrogradation analysis during storage. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Kim HW, Oh SK, Kim DJ, Yoon MR, Lee JH, Choi IS, Kim YG, Cha KN. 2012. Changes in contents of nutritional components and eating quality of brown rice by pericarp milling. *Korean J Crop Sci* 57:35-40
- Kim KM. 2009. Development of RTE-type Korean traditional “*galbi-jjim*” processed by *sous-vide*/cook-chill system and its' safety evaluation. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Kim MH. 1992. Effect of soaking conditions on texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 24:511-514
- Kim SK, Lee AR, Lee SK, Kim KJ, Cheon KC. 1996. Firming rates of cooked rice differing in moisture contents. *Korean J Food Sci Technol* 28:877-881
- Kim YH. 2005. Starch apparatus for unpolished rice. Korean Patent 1020050031890
- Korean Statistical Information Service. 2023. Analysis of dietary conditions using grain consumption survey. Available from [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1ET0021&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=K1\\_19&scrId=&seqNo=&lang\\_mode=ko&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=MT\\_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0021&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K1_19&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do) [cited 12 October 2023]
- Min B, McClung A, Chen MH. 2014. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chem* 159:106-115
- Moon TH, Shin JH, Han JA. 2022. Quality characteristics of brown rice cooked in a hyaluronic acid solution. *Korean J Food Sci Technol* 54:8-16
- Nyati H. 2000. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of

- sous vide* extended shelf-life products. *Food Control* 11:471-476
- Oh JE. 2013. Shelf-life quality of Korean traditional “*satae-jjim*” prepared by sous-vide and cook chill system. Master’s Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Park SK, Ko YD, Choi OJ, Shon MY, Seo KI. 1997. Changes in retrogradation degree of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored in electric rice cooker. *Korean J Food Sci Technol* 29:705-709
- Perdon AA, Siebenmorgen TJ, Buescher RW, Gbur EE. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J Food Sci* 64:828-832
- Schellekens M. 1996. New research issues in *sous-vide* cooking. *Trends Food Sci Technol* 7:256-262
- Slavin J. 2004. Whole grains and human health. *Nutr Res Rev* 17:99-110
- Srisook S, Naivikul O. 2003. Effect of coating substance on texture and retrograded properties of frozen cooked brown rice. *Kasetsart J* 37:477-483
- Tansey F, Gormley R, Butler F. 2010. The effect of freezing compared with chilling on selected physico-chemical and sensory properties of *sous vide* cooked carrots. *Innov Food Sci Emerg Technol* 11:137-145
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2009. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J Cereal Sci* 50:139-144
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2010. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. *LWT-Food Sci Technol* 43:1138-1143

---

Received 30 October, 2023  
Revised 24 November, 2023  
Accepted 11 December, 2023

## 농식품소비자역량 정도에 따른 친환경식품, HMR 구매 및 외식행태 분석 - 2022 식품소비행태조사 자료를 바탕으로 -

김 경 희 · \*윤 지 영\*

숙명여자대학교 일반대학원 문화관광외식학과 박사과정, \*숙명여자대학교 문화관광외식학부 교수

### Analysis of Eco-Friendly Food, HMR Purchases, and Eating-Out Behavior by the Level of Agri-Food Consumer Competency - Based on Food Consumption Behavior Survey for Food 2022 Data -

Kyung-Hee Kim and \*Ji-Young Yoon\*

Doctoral Student, Dept. of Culture, Tourism, & Hospitality Management, Graduate School, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

\*Professor, Division of Culture, Tourism, & Hospitality Management, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate whether there were differences in eco-friendly food, home meal replacement (HMR) purchases, and eating-out behavior according to the level of agri-food consumer competence. The data for the study were extracted from main food consumers (n=3,321) in the 2022 Food Consumption Behavior Survey. The competence index was divided into awareness-attitude-practice items, and three groups were classified by competence level. The results showed an agri-food consumer competency score of 70.62, with the highest score for awareness (73.96), followed by practice (69.28) and attitude (66.18). The frequency of purchasing eco-friendly food was higher in the excellent group compared to other groups, and quality and price satisfaction was higher with higher competency ( $p<0.001$ ). Regarding HMR, the results showed that the shortage group had the lowest HMR consumption rate, and satisfaction decreased as competence decreased ( $p<0.001$ ). The main reason for eating-out was to enjoy food in all groups (59.0%), followed by a lack of cooking time in the excellent group (15.7%) and hassle with food preparation in the moderate and shortage groups (17.3%, 16.6%) ( $p<0.001$ ). In short, agri-food consumption competency showed differences by contents and components, and differences in food purchases and eating-out behavior by competency level were found.

Key words: agri-food consumption competency index, eco-friendly food, home meal replacement(HMR), eating-out, consumer behavior survey for food in 2022

#### 서 론

현대인은 과거 어느 때보다 다양한 식품소비환경에 노출되어 있다. 보통 국민 소득이 높아질수록 다양한 식품소비에 대한 소비자 수요가 높아지게 되는데 이로 인해 공급되는 식품의 종류 및 양에 대한 증가 뿐만 아니라 품질적인 특성인 간편화, 건강지향, 다양화·고급화 등 다각화된 식품소비 환경이 만들어지게 되는 것이다 (Jackson LF 1984; Lee & An

2021). 이와 같은 상황에서 소비자는 다양하고 새로운 식품 소비문제를 경험하게 되는데 이러한 문제를 해결하고 식생활의 질을 높이기 위해서는 식품소비자로서의 역할을 효과적으로 수행할 필요가 있으며 이는 꾸준한 교육과 경험을 통해 축적된 식품관련 소비자역량이 제대로 갖추어져 있을 때 가능하다. 역량은 개인이 특정한 상황의 맥락에서 주어진 과업을 성공적으로 완수할 수 있는지를 평가하는 데에서 시작된 개념(McClelland DC 1973)으로 효과적이며 성공적인 직무

\* Corresponding author: Ji-Young Yoon, Professor, Division of Culture, Tourism, & Hospitality Management, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7372, Fax: +82-2-2077-7319, E-mail: yjy0823@sm.ac.kr



수행과 인과적 관련이 있는 개인의 내적 특성을 말한다. 직무수행에 적용하던 역량 개념을 소비생활의 맥락에서 정의한 것을 소비자역량이라고 할 수 있으며 이는 생활에서 개인에게 필요한 역량을 의미하며 소비자교육 측면에서 소비자로서 갖추어야 할 능력을 나타내는 개념으로 사용되고 있다(Kim 등 2012).

이와 같은 소비자역량은 식품 분야에도 적용되고 있는데 한국농촌경제연구원은 빠르게 변화하는 농식품소비환경에서 소비자들이 안전하고 책임감 있는 식생활을 영위하는데 필요한 잠재적, 실천적 능력을 농식품소비자역량으로 정의하고 있다(Korea Rural Economic Institute 2022). 특히 농식품소비자역량은 농식품 및 식재료 구매, 음식점을 선택하는데 필요한 구매역량, 식품을 조리하여 섭취하는 식생활 단계에 갖춰야 하는 식생활 역량, 소비자가 시민으로서 가져야 할 권리와 책임을 포함한 시민역량 등 3가지 분야로 구분된다. 세부적으로 구매역량은 농식품 표시이용 역량, 농식품 정보 활용 역량, 농식품 구매환경 역량으로 이루어져 있으며, 식생활역량은 건강한 식생활 역량, 안전한 식생활 역량, 전통 식생활 역량으로, 시민역량은 소비자 권익 역량, 소비자 책임의식 역량, 소비자 문제해결 역량으로 이루어진다. 이와 같이 구성된 농식품소비자역량은 매년 소비자 설문조사를 통해 농식품소비자역량지수로 계측된다. 식품소비자역량지수와 관련한 선행연구로는 개발 및 계측 관련 연구(Lee 등 2014), 남녀 농식품소비자역량지수 종합점수에 따른 식습관, 식품관심도, 외식, 배달 및 테이크아웃 이용 행태 분석(Kim 등 2021), 농식품 소비역량 중 일부역량이 식품안전에 대한 인식과 관심 정도 간의 관계 파악(Kim 등 2022), 친환경 식품 구매에 영향을 주는 농식품소비자역량 항목 요인 분석(Lee Y 2023), 지역농식품 비즈니스 활성화를 위한 성인의 농식품소비자역량지수 변화를 분석한 연구(Yang HS 2023) 등이 있다.

현대사회에서는 소비자의 식생활 행태가 급변하고 있는데 Lee 등(2016)은 식품물량증축, 품질추구단계를 지나 건강, 안전지향적 식품소비행태를 보이는 것에 관심을 가졌다. 특히 2020년 초 발생한 COVID-19로 인해 신체의 안녕과 건강한 삶에 대한 욕구가 높아지면서 건강하고 안전한 먹거리의 수요가 확대되고 이로 인해 국산 및 지역사회 농산물 이용이 증가되었다(Kim 등 2022). 반면 동일 시기 동안 사회적 거리두기로 인한 정신적, 신체적, 경제적 스트레스는 고열량 함유 식품, 간편식, 가공식품 이용의 증가 등 바람직하지 못한 식생활을 양산하기도 하였다(Kim & Yeon 2021; Yoon E 2023). 사회적 거리두기 해제 후 외부 활동이 가능해지면서 외식이 늘어나고 있으며 집밥의 이용률은 낮아졌지만 간편식, 배달음식 이용률은 생각보다 낮아지지 않고 있다(Yoon E 2023). 이와 같은 상황에서 식품에 관련된 소비자 문해력

은 올바른 식품을 선택하고 식생활을 영위하는데 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 따라 다양한 식품 및 식생활 단계의 인식과 행동을 측정하는 농식품소비자역량지수의 정도는 식품소비 행태와 관련이 높을 것으로 판단된다. 특히, COVID로 인해 건강과 안전을 염두에 둔 소비 경향이 증가하면서 친환경농산물 이용을 증가시키고 있으며(Kim & Lee 2021), 친환경농산물 소비는 신체건강에 유익하며 안전한 식품이라는 믿음과 환경에 대한 관심에 따라 달라진다(Tandon 등 2021). 이러한 건강과 안전에 대한 요구 및 식품 소비에서의 지각된 위험을 줄이고자 하는 노력은 가정에서 조리과 섭취가 가능한 HMR 소비 증가에서도 나타난다(Baker 등 2020). 또한 외식의 경우 COVID로 인해 심각한 타격을 입은 산업군으로 외식의 증감은 절대적으로 소비자들의 식품소비관련 심리와 행동에 영향을 받는다(Kim & Lee 2021). 이에 본 연구에서는 COVID 전후 이용 변화가 많은 친환경식품, HMR 식품 구매 및 외식 행태에서 농식품소비자역량 정도에 따라 소비행태의 차이가 있는지를 살펴보고자 한다.

더불어 소비자 역량을 측정할 많은 연구에서 역량의 구성 요소로서 지식과 태도, 실천 영역 포함을 중요하게 다루고 있다(Oh & Bae 2018; Hong & Bok 2021). 왜냐하면 소비자역량을 구성하는 내용별 역량의 차이는 적지만 역량을 구성하는 지식과 태도, 실천에서의 차이는 개인소비자별로 나타날 수 있기 때문이다(Hong & Bok 2021). 즉 소비자역량은 지식, 태도, 실천의 균형이 요구되지만 실제 소비자들에게서는 역량 구성요소 간의 격차가 발생하여 지식에 비해 실천 수준이 낮을 수도 있고 지식과 상관없이 태도와 실천 수준이 높을 수도 있다는 것이다(Oh & Bae 2018; Hong & Bok 2021). 이에 농식품소비자역량도 지식-태도-실천 등 세부 구조로 나누어 파악할 필요성이 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 농식품소비자역량지수를 산출하기 위해 사용된 역량 항목들의 세부 구조로 나누어 보고 이후 농식품소비자역량에 따른 소비 행태의 차이가 있는지 분석하고자 한다. 궁극적으로 본 연구의 결과를 바탕으로 농식품소비자역량지수 개선과 식품 구매와 식생활 관련 소비자역량을 높이기 위한 정책수립과 교육방향에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 연구 대상 및 조사 방법

본 연구는 한국농촌경제연구원에서 매년 실시하는 ‘식품소비행태조사’ 원시자료 중 2022년 통계데이터를 활용하였다. 본 연구는 이러한 자료 가운데 만19세이상~만75세 미만의 식품 주 구입자를 대상으로 한 자료만을 추출하여 3,321부의 설문응답을 사용하였다. 조사기간은 2022년 5월13일~7

월 29일까지 실시되었으며 조사방법은 훈련된 면접원을 통한 면접조사를 위주로 실시하였다. 본 조사는 면접원이 선정된 가구에 방문하여 구조화된 설문지에 대하여 대면 면접 방식으로 가구 내 식품 주구입자를 대상으로 실시하였다.

## 2. 변수의 정의 및 조사도구

농식품소비자역량은 2022 식품소비행태 조사 중 농식품 소비자역량지수 부분에 해당하는 농식품 관련 구매 및 식당 선택 역량, 농식품 관련 조리 및 섭취 역량, 농식품 관련 시민 역량 등 3개 영역의 설문내용을 활용하여 전체 58개로 이루어진 문항을 내용에 따라 인식, 태도, 실천 요인으로 나누어 연구를 진행하였다(Table 1). 타분야 소비자역량 측정 연구에서는 역량 구성요소로서 지식, 태도 실천(기술) 영역을 나누

어 측정하는 것을 볼 수 있으나(Kim & Cho 2014; Oh & Bae 2018; Hong & Bok 2021) 농식품소비자역량지수 항목은 소비자의 지식 정도를 객관적으로 알 수 있는 문항은 없으며 단지 주요 사실에 대해 어느 정도 인지하고 있는지에 대한 정도만 판단할 수 있게 되어 있다. 이에 다른 소비자역량 연구에서 중요하게 여기는 역량요소인 지식역량 대신 본 연구에서는 인식 역량을 묻는 항목으로 간주하여 구분하였다. 예를 들어 ‘농식품을 구입할 때 필요한 정보를 검색하는 방법을 잘 알고 있다’ 등 설문항목이 정보의 인지여부나 지식의 활용 정도를 묻는 질문을 인식역량 문항으로 판단하였다. 이외 ‘농식품선택 시 영양소 성분을 중시한다’ 등 질문의 의도가 응답자의 주관적 판단이나 고려의 정도에 해당되는 것은 태도역량으로 결정하였다. 마지막으로 ‘농식품 구입 시 원산지

**Table 1. Composition of the study questions from the agri-food consumer competency index question**

Original question		Key questions contents	
Purchasing & restaurant choice competency related agri-food	Use of agri-food labeling	Awareness (7)	Questions about perception of agri-food labeling, information, and purchase environment I1_1_1_1,3,5 / I1_1_2_1,3,5 / I1_1_3_1 <sup>2)</sup>
	Utilizing agri-food information	Attitude (3)	Questions related to nutrient-oriented attitude when choosing agri-food, and attitudes toward individual and national roles in the purchasing environment I1_1_1_7/ I1_1_3_2,3
	Agri-food purchase environment (18) <sup>1)</sup>	Practice (8)	Questions related to purchase decision and action when purchasing agri-food, and selective behavior through information utilization I1_1_1_2,4,6,8 / I1_1_2_2,4,6
Cooking & eating competency related to agri-food	Healthy food habit	Awareness (6)	Questions about food and dietary requirements for healthy living, and recognizing the importance of maintaining and inheriting traditional food life I1_2_1_1,5,9 / I1_2_2_1,3/ I1_2_3_3
	Safe food habit	Attitude (4)	Questions about attitudes toward family meals and nutrient balance efforts I1_2_1_3,7/ I1_2_2_2/ I1_2_3_1
	Traditional food habit (18)	Practice (8)	Questions about balanced nutrient intake, healthy eating behavior, traditional food consumption behavior I1_2_1_2,4,6,8,10 / I1_2_2_4 / I1_2_3_2,4
Civic competency related to agri-food	Consumer rights	Awareness (7)	Questions related to consumer rights, diet education, and promotion of dietary improvement awareness I1_3_1_1,5,7 / I1_3_2_1,3,5 / I1_3_3_3
	Consumer responsibility	Attitude (9)	Questions about healthy agri-food consumption and educational intentions and willingness to participate, Questions related to efforts to reduce food waste and adherence to dietary etiquette, Willingness to remedy damage related to agri-food I1_3_1_2,3,4,6,8/ I1_3_2_7 / I1_3_3_1,2,4
	Consumer problem solving (20)	Practice (4)	Questions about practicing food waste reduction, actively purchasing agricultural products, and practicing proper dining etiquette I1_3_2_2,4,6,8

<sup>1)</sup> ( ): number of questions.

<sup>2)</sup> for detailed questions, please refer to the 2022 Food Consumption Behavior Survey Results Report.

표시를 확인한다' 등 응답자의 행동을 바탕으로 한 항목은 실천역량으로 결정하였다. 농식품 관련 구매 및 식당 선택 역량은 소비자가 농식품 및 식재료를 구매하거나, 음식점을 선택함에 있어 갖추어야 하는 인식, 태도, 실천에 대한 역량을 의미하며, 농식품 관련 조리 및 섭취 역량은 식품을 조리하여 섭취하는 식생활 단계에서 갖추어야 하는 인식, 태도, 실천 역량을 의미한다. 마지막으로 농식품 관련 시민역량은 시민사회의 구성원으로서 소비자가 자신에게 기대되는 사회적 책임을 다하기 위하여 갖추어야 하는 인식, 태도, 실천의 총체로 정의할 수 있다. 농식품소비자 역량지수의 모든 항목은 5점 척도로(1:전혀 그렇지 않다~5: 매우 그렇다) 응답되었다.

친환경식품 구입 행태는 원 설문조사의 '친환경 식품 구입 및 소비행태' 부분의 항목을 바탕으로 하여 구매빈도, 전년 대비 친환경식품 구입빈도 변화, 주구입처와 이용이유, 품질 및 가격 측면의 구입만족도(5 point Likert scale: 1:매우 불만족~5:매우 만족) 등에 대한 문항을 분석하였다. HMR 소비행태는 원 설문조사의 '간편식(HMR) 구입과 소비 행태' 부분의 설문조사 항목 데이터를 이용했으며 세부 질문은 HMR 구입빈도, HMR 구입빈도 변화, 구매 이유 또는 비구매 이유, 품질 및 가격 측면의 만족도 및 우려사항(5 point Likert scale: 1:매우 불만족~5:매우 만족 또는 1: 전혀 우려하지 않음~5: 매우 우려함) 등의 문항에 대한 응답을 분석하였으며, 외식행태는 원 설문조사의 '외식 행태' 부분의 설문조사 항목 데이터를 이용하였으며 외식빈도, 외식장소 선호도, 외식선택기준, 외식을 하는 이유 및 하지 않는 이유에 대한 문항을 활용하여 분석하였다. 본 연구에서 종속변수로 사용된 각 변수들의 기초적 기술통계 분석결과는 한국농촌경제연구원(2022)의 '2022 식품소비행태조사 기초분석보고서'에서 확인할 수 있다.

### 3. 통계분석

수집된 자료는 SPSS 통계패키지 프로그램(ver.26.0)을 활용하여 분석하였다. 척도의 신뢰도를 얻기 위해 Cronbach's  $\alpha$  계수를 산출하였고, 조사대상자의 특성 분석을 위하여 빈도분석 및 기술통계를 실시하였으며 농식품소비자역량 지수를 점수화 하기 위하여 5점 척도(1: 전혀 그렇지 않다~5:매우 그렇다)로 평가한 소비자역량을 응답한대로 1점~5점으로 간주하고 100점 만점으로 환산하였다. 인식, 태도, 실천 등 세 가지 농식품소비자역량 유형 및 수준에 따라 소비자를 구분하기 위하여 비계층적 군집분석 중 K-평균군집분석을 이용하였다. K-평균군집분석의 경우 자료의 수가 많다 하더라도 군집화 단계에 관한 정보의 산출이 상대적으로 신속하고 연구자가 군집의 수를 지정하여 분석할 수 있으며 도출된 각 군집의 결과를 비교하여 군집의 특성이 잘 나타나는 k개의 군집을 선택할 수 있는 장점이 있다(Nam & Kim 2003; Jeon

SG 2006; Chung 등 2013). 이에 본 연구에서는 순차적으로 군집수를 늘려나가는 시행착오법을 이용하여 필요 군집을 도출하는 K-평균군집분석을 활용하였다. 또한 추출된 군집 간에 유의미한 차이가 발생하는지를 알아보기 위하여 일원 분산분석(ANOVA)을 실시하고 Duncan multiple range test를 이용한 사후검증을 실시하여 군집에 대한 해석 기준으로 삼았다. 역량 유형별 식품 주구입자의 친환경식품, HMR 이용 및 외식소비 행태 관련 특성을 파악하기 위해 친환경식품 및 HMR 구매빈도, 주구입처와 이용이유, 전년 대비 구입빈도 변화, 구매 이유 또는 비구매 이유, 외식 부분의 외식빈도, 장소 선호도, 선택기준 및 외식 이유 등 범주형 변수에 대해서는 빈도분석을 실시하여 빈도(n)와 백분율(%)을 구하고 군집별 차이분석을 위해 교차분석( $\chi^2$ )을 이용하여 분석하였으며, 친환경 식품 및 HMR의 구입만족도, 품질 및 가격 만족도, 우려사항 등 연속형 자료는 기술통계분석을 실시하여 평균과 표준편차를 구하고 군집별 차이 분석을 위해 일원분산분석(ANOVA)를 실시하였으며, Duncan's multiple range test를 실시하여 사후검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 농식품소비자역량에 따른 소비자의 유형 분류 및 일반 사항

#### 1) 농식품소비자역량의 일반적 경향

주구매자의 설문 응답을 바탕으로 100점 만점으로 환산하여 계산한 농식품소비자역량 점수는 평균 70.62점으로 나타났다(Table 2). 구성요인별로 살펴보면 소비자인식(73.96) 점수가 가장 높았으며, 그 다음은 소비자실천(69.28), 소비자태도(66.18) 순으로 나타났다( $p<0.001$ ). 농식품소비자역량을 영역별로 나누어 보았을 때, 소비자인식 부분은 구매 및 식당 선택 역량에 대한 인식(78.65)이 타 부분 역량에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다( $p<0.001$ ). 태도 부분은 시민역량 부분이 타 부분 역량에 비해 현저히 낮은 점수(61.43)를 보였으며( $p<0.001$ ), 실천 부분은 구매 및 식당 선택 역량(74.71), 시민역량(69.67), 조리 및 섭취 역량(63.66)의 순으로 조사되었다( $p<0.001$ ). 또한 전체적으로는 구매 및 식당선택 역량(75.24), 조리 및 섭취 역량(69.18), 시민역량(67.46)의 순으로 나타났다( $p<0.001$ ).

각 역량 부분별로는 '농식품 관련 구매 및 식당 선택 역량'의 경우 인식(78.65), 실천(74.71), 태도(72.37)의 순으로 나타났다( $p<0.001$ ), 조리 및 섭취 역량 부분은 태도(72.23), 인식(71.63), 실천 역량(63.66) 순으로 조사되었다( $p<0.001$ ). 농식품 관련 시민역량은 인식(71.27)이 가장 높았고, 실천(69.67),

Table 2. General tendency of agri-food consumer competency (n=3,321)

Components Contents	Competency total average	Awareness	Attitude	Practice	F-value <sup>1)</sup>
Purchasing & restaurant choice competency related agri-food	75.24±9.74 <sup>A3)</sup>	78.65±10.75 <sup>5aA</sup>	72.37±10.97 <sup>cA</sup>	74.71±11.79 <sup>bA</sup>	273.015 <sup>***</sup>
Cooking & eating competency related to agri-food	69.18±8.24 <sup>B</sup>	71.63±9.09 <sup>bB</sup>	72.23±9.96 <sup>aA</sup>	63.66±8.51 <sup>cC</sup>	895.852 <sup>***</sup>
Civic competency related to agri-food	67.46±8.113 <sup>C</sup>	71.27±8.72 <sup>aB</sup>	61.43±8.99 <sup>bB</sup>	69.67±10.00 <sup>bB</sup>	1,082.857 <sup>***</sup>
F-value <sup>2)</sup>	728.838 <sup>***</sup>	629.220 <sup>***</sup>	1307.983 <sup>***</sup>	999.939 <sup>***</sup>	-
Component total average	70.62±7.80	73.96±8.17 <sup>a</sup>	66.18±8.31 <sup>c</sup>	69.28±8.30 <sup>b</sup>	687.914 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> Results of ANOVA analysis of agri-food consumer competency index by contents.

<sup>2)</sup> Results of ANOVA analysis of agri-food consumer competency index by component.

<sup>3)</sup> Converted to 100 million points by adding up the scores obtained for each category.

<sup>A-C</sup>Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>a-c</sup>Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ .

태도(61.43)의 순이었다( $p < 0.001$ ). 요약하면 농식품소비자역량 가운데 구매 및 시민역량 부분의 인식과 실천은 태도에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났으며 조리과 섭취 부분에 있어서는 실천 수준이 낮아 다른 영역과 차이를 보였다.

## 2) 농식품소비자역량 정도에 따른 소비자의 분류

농식품소비자역량 구성요인인 세 가지 영역의 인식, 태도, 실천에 따라 소비자가 어떻게 분류되는지를 알아보기 위해 K-평균 군집분석을 실시하였으며 그 결과 인식, 태도, 실천의 표준화 점수를 기준으로 분석하였을 때 3개의 군집 분류 시 군집 간 명확한 차이가 나타나 본 연구에서는 3개의 군집으로 결정하였다(Table 3). 추출된 3개 군집의 특성변인인 농식품소비자역량의 구성요인이 군집별로 차이가 있는지 확인하기 위하여 일원분산분석과 사후검증을 실시하였다. 그 결과 군

집별 인식( $F=2,820.181$ ), 태도( $F=3,192.197$ ), 실천( $F=3,424.302$ ) 영역 모두 유의한 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다( $p < 0.001$ ). 군집 수를 3개로 지정했을 때 <군집 1>은 농식품소비자 인식, 태도, 실천 점수가 각각 평균 이상의 높은 집단으로 '농식품소비자역량 우수집단'으로 명명하였으며, 조사대상의 24.0%에 해당한다. <군집 2>는 인식, 태도, 실천 점수 모두 평균과 유사한 집단으로 '농식품소비자역량 보통집단'으로 명명하였고, 조사대상의 50.7%를 차지하고 있다. <군집 3>은 세 부분의 점수가 각각 평균 미달 집단으로 전체 조사대상자의 25.3%를 차지하고 있으며 '농식품소비자역량 부족집단'으로 명명하였다.

## 3) 소비자 역량별 인구통계학적 특징 및 구매 일반사항 소비자 역량별 인구통계학적 특징 및 구매 일반사항은

Table 3. Verification of differences in characteristic variables by cluster

Cluster	Total (n=3,321)	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	F-value
		Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)	
Components		M±S.D.			
Awareness	73.96±8.17	86.39±5.76 <sup>a</sup>	75.38±5.60 <sup>b</sup>	64.38±6.68 <sup>c</sup>	2,820.181 <sup>***</sup>
Attitude	66.18±8.31	78.51±4.68 <sup>a</sup>	69.58±4.32 <sup>b</sup>	59.51±5.81 <sup>c</sup>	3,192.197 <sup>***</sup>
Practice	69.28±8.30	77.16±4.76 <sup>a</sup>	67.48±4.07 <sup>b</sup>	58.19±5.51 <sup>c</sup>	3,424.302 <sup>***</sup>
Component total average	70.62±7.80	79.96±3.26 <sup>a</sup>	71.52±2.12 <sup>a</sup>	56.60±3.70 <sup>a</sup>	7,151.178 <sup>***</sup>

<sup>a-c</sup>Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ .

Table 4와 같다. 가구원 수는 2인인 경우가 36.6%로 가장 많았으며, 월평균 소득은 200만원대(20.8%), 300만원대(18.0%)의 비율이 높았다. 식료품 구입 주기는 주2~3회 이상(41.8%), 주1회 이상(41.6%)이 대부분을 차지하고 있었다. 식료품을 주로 구입하는 장소는 동네슈퍼(35.5%), 대형마트(31.4%), 대기업 중소형 슈퍼마켓(15.7%) 순이었으며 전통시장은 14.0% 정도 이용하는 것으로 나타났다.

역량그룹별로는 역량부족집단의 경우 1인가구인 경우 (36.1%)가 다른 집단에 비해 유의적으로 높은 비율을 나타내었다( $p<0.001$ ). 식품구입주기의 경우 역량우수집단이 주 2-3회 이상이 52.3%로 부족집단(26.2%)에 비해 현저한 차이를 보였다( $p<0.001$ ).

## 2. 농식품소비자역량 수준별 친환경식품 구매행태

농식품소비자역량 수준별 친환경식품 관련 구매행태는 (Table 5)와 같다. 친환경식품 구매빈도 분석 결과, 거의 구매하지 않는다는 응답이 절반 이상(50.2%)을 차지하는 것으로 나타났다. 이후 전체적으로는 한 달에 1회 이상 구매하는 경우가 24.5%, 1년에 몇 번 정도가 18.7%, 1주일에 1회 이상의 경우는 6.5%로 분석되었다. 역량 수준별 식품구매 빈도를 분석할 결과 유의적 차이를 확인할 수 있었다( $\chi^2=149.621$ ,  $p<0.001$ ). 우수집단의 경우 1주 1회, 1달 1회 이상 친환경식품의 구매빈도가 다른 집단에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 전년 대비 친환경식품 구입빈도 변화에 대한 질문에서 변화가 없다는 응답이 64.9%로 가장 많았으나 이후 증가했다는 응답이 28.8%로 나타났다. 역량집단별로 보았을 때에는 증가했다는 응답에 차이가 있는 것으로 나타났으며 특히 우수집단이 타 집단에 비해 증가했다는 응답비율이 높았다( $\chi^2=56.145$ ,  $p<0.001$ ).

식품 구매시 친환경식품 구매 비중을 묻는 질문에서는 대부분의 식품군 또는 특정 식품군에 대해 항상 친환경식품을 구입하는 비중이 전체적으로 가장 적었지만(17.4%) 집단별로는 역량 우수집단에서의 이용 비중이 유의적으로 높은 것으로 나타났다( $p<0.001$ ). 친환경식품을 구입하는 가장 중요한 이유에 대해서는 안전하다는 인식(47.2%)과 건강에 좋다(36.4%)는 인식이 가장 큰 이유로 나타났다. 역량집단별로 살펴보면 우수집단 및 보통집단의 친환경식품 구매 이유는 안전한 식품이라는 인식(50.6%, 50.1%)이 건강에 좋다는 인식(36.4%, 35.0%)보다 높게 나타난 반면 역량부족집단의 경우 건강에 좋다는 인식이(43.9%)이 안전하다는 인식(36.6%)보다 우선되어 농식품소비자역량에 따른 유의적 차이를 보였다( $p<0.001$ ). 반대로 친환경 식품을 구입하지 않는 이유에 대해서는 일반제품과의 차이를 느끼지 못한다는 의견이 44.7%로 가장 높았으며, 가격이 비싸다는 인식(23.8%)이 그 다음

이유로 나타났다. 역량집단별로 보았을 때에도 두 가지 이유는 친환경식품을 구입하지 않는 가장 큰 이유로 나타났다. 그러나 두 이유를 제외하고 우수집단의 경우 저품질(14.45%), 구입가능한 상점 부족(9.9%), 보통집단과 부족집단의 경우 불신(12.3%, 14.8%), 저품질(8.1, 6.0)의 순으로 나타나 비구매 이유에 유의적인 차이를 나타내었다 ( $p<0.001$ ).

친환경식품의 품질과 가격에 대한 전체적 구입만족도는 5점 만점 기준 각각 3.62, 3.42로 보통의 수준보다 약간 높은 것으로 나타났다. 역량집단별로 만족도 수준에 대한 차이를 분석한 결과 두 항목 모두 역량이 높아질수록 만족도가 유의적으로 높아지는 것으로 나타났다( $p<0.001$ ). 본 연구의 분석 결과 농식품소비자역량이 높을수록 친환경식품 이용에 대한 전반적 만족도가 높다고 할 수 있다.

친환경식품 구매관련 주요 분석결과는 농식품소비자역량이 높아지면 친환경식품에 대한 관심이 높아지고 친환경식품의 이용의 필요성을 느끼게 되며 결과적으로 친환경식품에 대한 긍정적 구매행동이 나타난다고 할 수 있다. 농식품소비자역량은 농식품관련 소비자지식과 태도에 대한 부분을 포함하고 있으며 이들은 많은 연구에서 친환경농산물 구매 행동에 유의한 영향을 주는 요인으로 간주되고 있다. Huh K(2005), Kim SS(2007)의 연구에서는 유기농산물 또는 친환경농산물에 대한 지식이 높을수록 유기농산물과 친환경농산물의 구매가 증가하는 것으로 나타났고, 친환경농산물에 대한 소비자 구매행동 특성을 분석한 Ahn PR(2005)의 연구에서는 소비자의 인지수준(지식과 동일한 개념으로 간주)이 높을수록 친환경농산물 구매가 촉진됨을 밝혔다. Park & You (2007)의 연구에서는 환경에 대한 관심이 높은 소비자가 환경친화적 식품, 유기농식품에 대해 긍정적 태도를 가진다고 하였으며 Huh & Kim(2010)의 연구에서도 친환경농산물에 대한 소비자 지식이 높고, 소비자 태도가 긍정적일수록 친환경농산물의 지출이 높아진다고 하였다. 농식품소비자역량 중 농식품 표시, 농식품 정보활용, 소비자 책임의식 등의 항목에서 올바른 농식품 이용 지식, 태도, 행동에 대한 문항이 포함되어 있다. 따라서 기존 연구들을 검토해 보았을 때 농식품소비자역량이 높아지면 친환경식품 이용이 전반적으로 활성화된다고 할 수 있다. 또한 전년대비 친환경식품 구입빈도에 있어서 역량 수준에 따른 증가 정도가 차이를 확인하여 농식품소비자역량지수가 높은 집단은 COVID-19 등 질병에 관련하여 건강한 식생활의 중요성을 인지하고 올바른 식행동을 하고자 하는 의지가 역량이 낮은 집단에 비해 높다고 판단된다. Kang & Chung(2021)의 COVID-19가 식품소비패턴 및 식행동에 미치는 영향 관련 연구에서도 COVID-19 전과 비교했을 때 이후 식품 구매시 건강을 고려한 식품 선택이 증가하였다는 결과 등으로 볼 때, 본 연구의 결과를 뒷받침

Table 4. Respondents' demographic characteristics and food purchasing features

Variable	Category	N(%)	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
			Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)
Gender	Men	368(11.1)	70(8.8)	170(10.1)	128(15.2)
	Women	2,953(88.9)	728(91.2)	1,513(89.9)	712(84.8)
$\chi^2=20.691^{***}$					
Age	20's	82(2.5)	21(2.6)	35(2.1)	26(3.1)
	30's	347(10.4)	95(11.9)	159(9.4)	93(11.1)
	40's	743(22.4)	205(25.7)	380(22.6)	158(18.8)
	50's	1,072(32.3)	297(37.2)	556(33.0)	219(26.1)
	60's	789(23.8)	141(17.7)	412(24.5)	236(28.1)
	≥70's	288(8.7)	39(4.9)	141(8.4)	108(12.9)
$\chi^2=80.866^{***}$					
School	≤Middle school	448(13.5)	61(7.6)	224(13.3)	163(19.4)
	High school	1,505(45.3)	334(41.9)	775(46.0)	396(47.1)
	≥College	1,368(41.2)	403(50.5)	684(40.6)	281(33.5)
$\chi^2=74.096^{***}$					
Number of household members	1	922(27.8)	175(21.9)	444(26.4)	303(36.1)
	2	1,215(36.6)	289(36.2)	616(36.6)	310(36.9)
	3	690(20.8)	202(25.3)	367(21.8)	121(14.4)
	4	447(13.5)	121(15.2)	231(13.7)	95(11.3)
	≥5	47(1.4)	11(1.4)	25(1.5)	11(1.3)
$\chi^2=42.828^{***}$					
Average monthly household income (unit: ₩ 10,000)	<200	579(17.4)	100(12.5)	277(16.5)	202(24.0)
	200≤~<300	691(20.8)	135(16.9)	351(20.9)	205(24.4)
	300≤~<400	599(18.0)	142(17.8)	296(17.6)	161(19.2)
	400≤~<500	510(15.4)	137(17.2)	252(15.0)	121(14.4)
	500≤~<600	505(15.2)	158(19.8)	268(15.9)	79(9.4)
≥600	437(13.2)	126(15.8)	239(14.2)	72(8.6)	
$\chi^2=96.448^{***}$					
Food purchase cycle	≥2~3/w	1,389(41.8)	417(52.3)	752(44.7)	220(26.2)
	1/w	1,380(41.6)	284(35.6)	715(42.5)	381(45.4)
	1/2w	442(13.3)	90(11.3)	192(11.4)	160(19.0)
	≤1/m	110(3.3)	7(0.9)	24(1.4)	79(9.4)
$\chi^2=237.567^{***}$					
Average food expenditure / 1 time (unit: ₩ 10,000)	≤3	844(25.4)	180(22.6)	501(29.8)	163(19.4)
	3<~≤5	1,119(33.7)	280(25.0)	577(34.3)	262(31.2)
	5<~≤7	433(13.3)	90(11.3)	223(13.3)	120(14.3)
	7<~≤10	590(17.8)	151(18.9)	240(14.3)	199(23.7)
	≥11	335(10.1)	97(12.2)	142(8.4)	96(11.4)
$\chi^2=70.471^{***}$					
Main place for food purchasing	Local supermarket	1,179(35.5)	305(38.2)	591(35.1)	283(33.7)
	Large supermarket	1,043(31.4)	226(28.3)	531(31.6)	286(34.0)
	Branded small or medium-sized supermarket	521(15.7)	147(18.4)	263(15.6)	111(21.3)
	Traditional market	464(14.0)	76(9.5)	250(14.9)	138(16.4)
	Online shopping mall	73(2.2)	32(4.0)	26(1.5)	15(1.8)
	Local food market	16(0.5)	8(1.0)	8(0.5)	0(0.0)
	Convenience store	10(0.3)	0(0.0)	4(0.2)	6(0.7)
	TV home shopping mall	7(0.2)	3(0.4)	3(0.2)	(0.1)1
	Department store	5(0.2)	0(0.0)	5(0.3)	0(0.0)
Organic food store	3(0.1)	1(0.1)	2(0.1)	0(0.0)	
$\chi^2=68.854^{***}$					

\*\*\* $p<0.001$ .

**Table 5. Respondents' eco-friendly food purchasing features by competency level**

Variable	Cluster	Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)	$\chi^2/F$ -value
	Total	N(%)			
Frequency of purchasing					
≥1/w	217(6.5)	86(10.8)	111(6.6)	20(2.4)	149.621***
≥1/m	815(24.5)	283(35.5)	383(22.8)	149(17.7)	
A few times/yr	621(18.7)	115(14.4)	301(17.9)	205(24.4)	
Very little	1,668(50.2)	314(39.3)	888(53.2)	466(55.5)	
Total	3,321(100.0)	798(24.0)	1,683(50.7)	840(25.3)	
Change in the frequency of purchasing eco-friendly food compared to the previous year					
Decreased	104(6.3)	23(4.8)	33(4.2)	48(12.8)	56.145***
Unwavering	1,073(64.9)	282(58.3)	558(70.2)	233(62.3)	
Increased	476(28.8)	179(37.0)	204(25.7)	93(24.9)	
Total <sup>1)</sup>	1,653(100.0)	484(29.3)	374(22.6)	795(48.1)	
Eco-friendly food portions among purchased foods					
Always buy eco-friendly food	51(3.1)	19(3.9)	24(3.0)	8(2.1)	39.020***
Always buy eco-friendly food for certain foods	237(14.3)	75(15.5)	117(14.7)	45(12.0)	
Most of the food is sometimes purchased as eco-friendly food	950(57.5)	266(55.0)	429(54.0)	255(68.2)	
Only certain foods are sometimes purchased as eco-friendly foods	415(25.1)	124(25.6)	225(28.3)	66(17.6)	
Total	1,653(100.0)	484(29.3)	795(48.1)	374(22.6)	
Reason for purchasing					
Recognized as safe	780(47.2)	245(50.6)	398(50.1)	137(36.6)	39.020***
Environmental protection	154(9.3)	31(6.4)	66(8.3)	57(15.2)	
Good taste	101(6.1)	32(6.6)	53(6.7)	16(4.3)	
Good for health	618(37.4)	176(36.4)	278(35.0)	164(43.9)	
Total	1,653(100.0)	484(29.3)	795(48.1)	374(22.6)	
Reason for non-purchasing					
No difference from regular products	745(44.7)	121(38.5)	432(48.6)	192(41.2)	68.247***
Poor quality	144(8.6)	44(14.4)	72(8.1)	28(6.0)	
Hygiene concerns	68(4.1)	6(1.9)	38(4.3)	24(5.2)	
Absence of store	77(4.6)	31(9.9)	35(3.9)	11(2.4)	
An expensive price	397(23.8)	82(26.1)	184(20.7)	131(28.1)	
Don't know where to buy it	36(2.2)	7(2.2)	18(2.0)	11(2.4)	
Product distrust	201(12.1)	23(7.3)	109(12.3)	69(14.8)	
Total	1,668(100.0)	314(18.8)	888(35.9)	466(36.4)	
Quality and price satisfaction					
Quality	3.62±0.53 <sup>2)</sup>	3.80±0.44 <sup>a</sup>	3.63±0.54 <sup>b</sup>	3.36±0.53 <sup>c</sup>	78.808***
Price	3.42±0.64	3.63±0.58 <sup>a</sup>	3.41±0.65 <sup>b</sup>	3.17±0.61 <sup>c</sup>	58.371***

<sup>1)</sup> The total sum is different as a result of the first-priority response.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. for 5 point scale (1:very unsatisfied-5:very satisfied) responses.

<sup>a-c</sup> different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test.

\*\*\*  $p < 0.001$ .

해 준다고 할 수 있다.

### 3. 농식품소비자역량 수준별 HMR 소비행태

농식품소비자역량 수준별 HMR 소비행태 결과는 Table 6과 같다. HMR을 즉석조리식품(RTC), 즉석섭취식품(RTE), 밀키트, 신선편의식품으로 나누어 구매빈도를 조사한 결과, HMR을 먹지 않는다는 응답이 신선편의식품(38.7%), 밀키트(36.4%), 즉석조리식품(30.1%), 즉석섭취식품(28.8%) 순으로 전체 응답자의 약 1/3이 HMR을 이용하지 않는 것으로 나타났다. 눈에 띄는 점은 HMR 종류에 상관없이 1달 1회 이상 구매하는 빈도의 경우 역량이 높을수록 이용 빈도가 유의적으로 증가함을 알 수 있었으며 특히 우수집단이 부족집단에 비해 현저히 높은 이용율을 보였다( $p < 0.001$ ). 또한 밀키트 제품을 제외하고 HMR을 먹지 않는다는 응답은 부족집단이 타 집단에 비해 높은 비율을 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ).

전년도 대비 HMR의 사용 변화에 대한 부분에 있어서 4가지 식품 모두 변화없다는 응답이 가장 많았으며 식품 종류에 따라서는 밀키트 사용 증가율(38.2%)이 상대적으로 높은 경향을 보였다. 역량 집단에 따른 식품별 사용 변화를 보았을 때는 밀키트를 제외하고 역량 우수집단의 HMR 사용이 증가되었다는 응답비율이 유의적으로 높게 나타났다. 본 연구결과 상으로는 HMR 소비에는 전년도에 비해 많은 변화가 일어나지 않은 것으로 보이나 감소보다는 사용증가에 대한 응답비율이 높은 것을 알 수 있다. 세계적으로 HMR에 대해서는 생산과 이용 모두 증가 추세에 놓여있고 제품도 다양해져서 지속적으로 HMR의 사용은 증가 경향이 많아질 것으로 예상된다(Kim 등 2020).

HMR의 구매 이유를 묻는 질문에 대해서는(원 설문에서 1순위로 대답한 응답을 가지고 분석함) 조리비용이 적게 든다는 이유(28.8%)가 가장 많았고 이후로 직접 조리하기가 번거롭고 귀찮아 이용한다(18.4%), 맛있어서 이용한다(18.0%)는 응답 순이었다. 집단별로는 역량 부족집단에서 비용 절감에 대한 이유가 33.0%로 다른 이유보다 현저히 높은 것을 볼 수 있었다( $p < 0.001$ ). 일반특성 분석에서 나타난 한 달 수입을 보았을 때 400만원 이상의 수입수준에서 역량이 높아질수록 수입이 높은 비율이 증가하는 것으로 나타났으며(Table 4), Moon & Lee(2022)의 연구에서도 월평균 소득수준이 높을수록 HMR 구매 확대 의향이 높아진 것으로 조사되어 본 결과와 연결되는 것으로 사료된다. 비용 절감의 이유 이외에 역량 우수집단의 경우 맛에 대한 이유(22.3%)가 다른 집단보다 유의적으로 높았으며 보통집단과 부족집단의 경우 직접 조리하기가 번거롭고 귀찮다는 이유(20.5%, 15.5%)가 2순위로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 이 결과로 볼 때 역량 우수집단의 경우 HMR의 맛에도 많은 신경을 쓰는 반면 보통집단의 경

우 맛보다는 비용 경제성이나 직접조리시의 번거로움을 줄이고자 하는 기능적 이유에서 구매하는 경우가 더 큰 것으로 보인다.

HMR을 구매하지 않는다고 한 응답자들의 비구매 이유에 대해서는 전체적으로는 가격이 비싸다라는 인식때문이 가장 높았으며(24.4%) 그 다음으로는 가족 식사는 직접 조리를 해야 한다고 생각한다(22.6%), 맛이 없다(17.6%)는 인식 때문인 것으로 나타났으며 역량 집단 간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 구매 이유와 비구매 이유를 동시에 비교해볼 때 동일한 이유가 구매/비구매의 이유가 되는 것이 흥미로운 사실이라고 사료된다. 즉 구매 경험이 있는 사람들은 비용적 측면에서 경제적이라고 생각하고 맛도 있다고 응답한 순위가 높은 반면, 구매 경험이 없는 사람들은 비경제적이며 맛이 없다고 인식하고 있는 것이다. 또한 응답자의 조리를 직접 하는 것에 대한 중요성에 대한 인식이 HMR 구매를 꺼리는 이유가 되고 있다. 이것은 구매 경험 여부에 따라 소비자의 인식이 달라짐을 의미한다. 조사 내용상 HMR에는 4가지의 간편식이 모두 들어 있어 어떤 간편식이 응답결과에 영향을 미쳤는지는 정확히 알 수 없으나 간편식이 가지는 조리 편의성, 음식물 쓰레기 감소 등의 장점을 생각해 볼 때 무조건적으로 부정적 시각을 갖는 것도 바람직하지는 않다고 생각한다. 비교적 최근에 등장한 HMR인 밀키트나 신선편의 식품 등의 활용은 직접 조리를 바탕으로 요리 재료 손질의 편의성, 시간절약, 음식물 쓰레기 배출량 감소 등의 장점이 부각되어 가정 내 수요가 지속적으로 증가하고 있다(Choi & Yi 2019; Back NG 2020; Shin 등 2021). Moon & Lee(2022)의 연구에서도 HMR의 경우 이용경험이 많아질수록 구매증가의 가능성이 높다고 하였으며 구매 의향에 영향을 미치는 요인으로 맛, 편리성, 저렴한 가격 등을 주요 요인으로 분석하였다. 또한 Shin & Lee(2021)는 국내 농업과의 연계로 국내산 식재료를 활용한 HMR의 활용하여 소비자에게는 신선도, 안전성을 보장하고 농가소득에도 긍정적 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 따라서 비경험 소비자들에게 맛과 영양 등이 보장된 고품질의 HMR을 적극적으로 경험을 해 볼 수 있도록 하여 지속가능한 식생활에 영향을 줄 수 있는 건전한 HMR 활용의 긍정적 측면에 집중하고 소비자들이 안심하고 구매할 수 있도록 해야 할 것이다.

HMR 식품에 대한 품질 및 가격 만족도에 있어서는 5점만점 기준 각각 3.53, 3.48로 보통 이상의 만족도를 나타냈다. 역량 집단별로 살펴보았을 때 품질 및 가격 만족에 있어서 모두 역량이 높아질수록 만족도가 높아지는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 이러한 분석 결과는 농식품역량이 높을수록 HMR에 대하여 대체적으로 긍정적으로 인식하고 있음을 나타낸다고 할 수 있다. HMR에 대한 안정성 및 첨가물에 대한



**Table 6. Respondents' HMR purchasing features by competency level**

Variable	Cluster	Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)	$\chi^2/F$ -value
	Total	N (%)			
Frequency of purchasing HMR					
(Ready-to-cook)					
≥1/w	484(14.6)	112(14.0)	254(15.1)	118(14.0)	27.406***
≥1/m	1,176(35.4)	305(38.2)	628(37.3)	243(28.9)	
Rarely	661(19.9)	148(18.5)	333(19.8)	180(21.4)	
Don't purchase	1,000(30.1)	233(29.2)	468(27.8)	299(35.6)	
(Ready-to-eat)					
≥1/w	546(16.4)	120(15.0)	288(17.1)	138(16.4)	65.702***
≥1/m	1,155(34.8)	326(40.9)	622(37.0)	207(24.6)	
Rarely	662(19.9)	141(17.7)	335(19.9)	186(22.1)	
Don't purchase	958(28.8)	211(26.4)	438(26.0)	309(36.8)	
(Meal kit)					
≥1/w	248(7.5)	46(5.8)	126(7.5)	76(9.0)	55.838***
≥1/m	1,133(34.1)	328(41.1)	586(34.8)	219(26.1)	
Rarely	731(22.0)	174(21.8)	384(22.8)	173(20.6)	
Don't purchase	1,209(36.4)	250(31.3)	587(34.9)	372(30.8)	
(Fresh convenience food)					
≥1/w	327(9.8)	91(11.4)	164(9.7)	72(8.6)	59.820***
≥1/m	931(28.0)	282(35.3)	475(28.2)	174(20.7)	
Rarely	779(23.5)	150(18.8)	419(24.9)	210(25.0)	
Don't purchase	1,284(38.7)	275(34.5)	625(37.1)	384(45.7)	
Total	3,321(100.0)	798(24.0)	1,683(50.7)	840(25.3)	
Change in the frequency of purchasing HMR compared to the previous year					
(Ready-to-cook)					
Decrease	113(4.9)	27(4.8)	47(3.9)	39(7.2)	12.184*
Unwavering	1,531(66.0)	362(64.1)	829(68.2)	340(62.8)	
Increase	677(29.2)	176(31.2)	339(27.9)	162(29.9)	
Total	2,321(100.0) <sup>1)</sup>	565(24.3)	1,215(52.3)	541(23.3)	
(Ready-to-eat)					
Decrease	132(5.6)	39(6.6)	58(4.7)	35(6.6)	17.050**
Unwavering	1,491(63.1)	338(57.6)	831(66.7)	322(60.6)	
Increase	740(31.3)	210(35.8)	356(28.6)	174(32.8)	
Total	2,363(100.0)	587(24.8)	1,245(52.7)	531(22.5)	
(Meal kit)					
Decrease	142(6.7)	50(9.1)	66(6.0)	26(5.6)	8.465
Unwavering	1,164(55.1)	283(51.6)	620(56.6)	261(55.8)	
Increase	806(38.2)	215(39.2)	410(37.4)	181(38.7)	
Total	2,112(100.0)	548(25.9)	1,096(51.9)	468(22.2)	

Table 6. Continued

Variable	Cluster	Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)	$\chi^2/F$ -value
	Total	N (%)			
(Fresh convenience food)					
Decrease	143(7.0)	51(9.8)	55(5.2)	37(8.1)	16.442**
Unwavering	1,386(68.0)	330(63.1)	752(71.1)	304(66.7)	
Increase	508(24.9)	142(27.2)	251(23.7)	115(25.2)	
Total	2,037(100.0)	523(25.7)	1,058(51.9)	456(22.4)	
Reason for purchasing					
Reducing cooking cost	751(28.8)	203(31.8)	352(25.6)	196(33.0)	84.497***
Good taste	470(18.8)	142(22.3)	241(17.6)	87(14.6)	
Don't know how to cook	259(9.9)	66(10.3)	135(9.8)	58(9.8)	
Lack of cooking time	392(15.0)	78(12.2)	246(17.9)	68(11.4)	
Cooking is a hassle	479(18.4)	106(16.6)	281(20.5)	92(15.5)	
Tasting various foods	147(5.6)	26(4.1)	74(5.4)	47(7.9)	
Reducing food waste	52(2.0)	11(1.7)	21(1.5)	20(3.4)	
Good storage period	49(1.9)	6(0.9)	20(1.5)	23(3.9)	
Other reason <sup>2)</sup>	6(0.3)	0(0.0)	3(0.2)	3(0.5)	
Total	2,605(100.0)	638(24.5)	1,373(52.7)	594(22.8)	
Reason for non-purchasing					
Expensive	175(24.4)	42(26.3)	82(26.5)	51(20.7)	17.519
Prefer to cook	162(22.6)	39(24.4)	62(20.0)	61(24.8)	
Bad taste	126(17.6)	35(21.9)	50(16.1)	41(16.7)	
Quality doubts	105(14.7)	19(11.9)	52(16.8)	34(13.8)	
Imbalance of nutrition	48(6.7)	11(6.9)	23(7.4)	14(5.7)	
Safety doubts	39(5.4)	7(4.4)	16(5.2)	16(6.5)	
Additives	30(4.2)	5(3.1)	13(4.2)	12(4.9)	
Other reason <sup>2)</sup>	31(4.3)	2(1.3)	12(3.9)	17(6.9)	
Total	716(100.0)	160	310(43.3)	246(34.4)	
Satisfaction & concerns					
Quality satisfaction	3.53±0.53 <sup>4)</sup>	3.68±0.52 <sup>a</sup>	3.54±0.52 <sup>b</sup>	3.37±0.52 <sup>c</sup>	55.489***
Price satisfaction	3.48±0.56 <sup>4)</sup>	3.63±0.56 <sup>a</sup>	3.48±0.56 <sup>b</sup>	3.34±0.54 <sup>c</sup>	41.621***
Safety concerns <sup>2)</sup>	3.35±0.91 <sup>5)</sup>	3.35±1.00	3.32±0.90	3.43±0.84	3.324
Additive concerns <sup>2)</sup>	3.25±0.87 <sup>5)</sup>	3.24±0.91 <sup>b</sup>	3.21±0.85 <sup>b</sup>	3.35±0.88 <sup>a</sup>	5.399**

<sup>1)</sup> The total sum is different as a result of the first-priority response.

<sup>2)</sup> Other reason Includes balanced nutrient intake.

<sup>3)</sup> Other reason Includes lack of product and place of purchase information, and product non-diversity.

<sup>4)</sup> Descriptor: 1: very dissatisfied~5: very satisfied.

<sup>5)</sup> Descriptor: 1: not concerned at all~5: very concerned.

<sup>a-c)</sup> Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test.

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

우려에 있어서는 안정성에서는 역량 집단별 차이가 나타나지 나지는 않았고 첨가물 우려 부분에서는 유의적 차이를 보였는데 ( $p < 0.005$ ). 두 부분에 대한 우려 모두 역량 부족집단에서의 우려가 가장 높은 경향을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 농식품소비자역량이 낮은 경우 불충분한 정보 습득이나 올바르게 못한 정보로 인하여 가공식품에 대하여 올바른 정보에 따른 활용을 하지 못하고 무작정 기피하는 태도를 보일 수 있다는 것을 의심할 수 있다. HMR의 종류나 활용하기에 따라서 오히려 건강에 도움이 되고 효과적인 식생활에 도움이 될 수 있으므로 HMR에 대한 올바른 정보 전달이 이루어지도록 하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 농식품소비자역량 수준별 외식행태

농식품소비자역량 수준별 외식행태의 결과는 Table 7과 같다. 외식빈도 분석 결과 전체적으로는 주에 1일 정도 외식한다는 응답(35.9%)이 가장 많은 것으로 조사되었다. 역량 집단별로는 부족집단에서 주2~3일 이상 외식을 한다는 응답(12.6%)이 다른 집단에 비해 유의적으로 높게 나타났다 ( $p < 0.001$ ). 주로 이용하는 외식 장소는 1순위 응답을 기준으로 분석하였으며, 그 결과 주요 순위는 한식음식점(44.9%), 한식음료요리전문점(43.2%)이 대부분을 차지하였다. 본 결과는 외식이 외국 음식 등 특별한 음식을 먹기 위해서라기 보다 일상식을 대체하기 위하여 이용되고 있음을 시사한다고 할 수 있다. 음식점을 선택하는 기준의 경우는(1순위 응답 기준) 음식의 맛(47.7%)이 압도적으로 높았으며 이후 청결(15.0%), 가격(14.3%) 순으로 나타났다. 음식점 선택 기준으로 분위기(8.3%)가 서비스(7.5%) 보다도 높은 순위로 나타난 것이 눈에 띄는 점이라고 할 수 있다. 실제 외식업체를 방문한 고객들을 대상으로 한 다양한 연구에서 인테리어 심미성, 공간배치 등 환경적 요인들이 고객들의 만족도가 감정 가치에 많은 영향을 주는 것으로 분석되었다(Choi & Lee 2016; Yoo YJ 2016; Choi HJ 2019). 또한 실제 경험하게 되는 음식점에서의 시각적 측면 뿐만 아니라 습도, 조명, 음악 등 비시각적 배경상황 또한 음식점에 대한 소비자의 품질 지각에 많은 영향을 준다고 하였다(Cho WJ 2004; Lee 등 2022). 더군다나 최근에 들어서 음식점을 선택하는 방법은 온라인 검색을 통해 음식점에 대한 여러 가지 정보들을 비교검색하고 결정하는 것이 일반적이다. 특히 이러한 형태의 음식점 검색과 선택이 증가할수록 음식점의 인테리어, 물리적 환경 등 시각적인 부분들을 통해 음식점의 분위기를 확인할 수 있는 이미지가 매우 중요하다. 그 이유는 구매가 이루어지고 나서야 제공되는 서비스에 대한 판단이 가능한 외식구매의 특성상 구매행동에 있어 불확실성을 줄이고 올바른 선택을 강화하기 위한 유형적 단서를 찾고자 하며 이를 통해 미래에 제공

받을 서비스에 대한 예측을 보다 정확히 하고자 노력하기 때문이다(Lee & Sun 2008). 따라서 외식업체 이용 전 선택 과정에 집중해 본다면 원하는 분위기에 대한 파악은 앞으로 제공받게 될 서비스까지도 예측해 볼 수 있는 중요한 단서이므로 소비자 선택기준에 중요한 판단 기준일 것으로 사료된다.

외식을 하는 주된 이유로는 맛있는 음식을 즐기기 위해서(59.0%)라는 응답이 과반수 이상으로 높은 비율을 차지하였고, 그 다음으로는 식사준비가 귀찮다거나(15.8%), 음식 준비시간 부족(13.5%), 특별한 날(10.9%)의 순이었다. 집단별로 살펴보면 음식을 즐기기 위해서라는 응답 이외에 두 번째 이유는 우수집단에서는 조리시간의 부족(15.7%), 보통집단과 부족집단은 식사준비가 귀찮다는 의견(17.3%, 16.6%)으로 집단 간 유의적 차이를 보였다 ( $p < 0.001$ ). 특히 부족집단은 특별한 날 외식(16.3%)을 한다는 응답이 2순위와 거의 유사한 비율로 조사되었다.

외식을 하지 않는 주요 이유는 나가는 것이 귀찮거나 불안함(31.0%), 비싼 가격(26.9%)과 코로나로 인한 식사 인원 제한(11.6%), 시간 부족(10.3%)의 순으로 나타났다. 역량 집단별로 외식을 안하는 주요 이유에 대한 응답 차이를 볼 수 있는데 우수집단은 비싼 가격(28.6%), 보통집단과 부족집단은 나가는 것이 귀찮거나 불안하다는 의견(30.7%, 32.5%)이 1순위를 차지하였다( $p < 0.001$ ). 외식 음식이 맛이없다는 의견은 역량 우수집단에서의 응답 비율(16.5%)이 유의적으로 높았으며, 외식할 시간이 없다는 응답은 역량 부족집단에서의 응답 비율(14.8%)이 높았다( $p < 0.001$ ). 전체적으로 건강에 좋지 않아서 꺼린다는 의견은 8.8%로 기타 의견을 제외하고는 가장 낮은 빈도를 나타내어 외식과 건강과의 관계를 부정적으로 생각하지는 않는 것으로 판단된다. 특히 2000년대 이후 유기농, 웰빙, 로하스 등 건강한 음식문화와 관련된 새로운 트렌드들이 지속적으로 등장하면서 외식분야도 건강에 관심이 많은 소비자들을 위하여 건강을 강조한 메뉴를 강조하는 외식업체가 증가하고 있다(Lee 등 2022). 최근 여러 연구에서도 음식점 선택 속성으로 기본적인 맛, 가격, 분위기, 메뉴의 다양성 이외에 환경친화적 식재료, 건강을 생각한 메뉴에 대한 중요성을 언급하고 있다(Son & Hong 2009; Yoon 등 2018). 이와 같은 연구들이나 본 연구 결과로 볼 때 외식시 발생할 수 있는 건강상 문제나 영양 불균형에 대한 우려를 위주로 한 과거와 달리 외식을 일상식의 한 형태로 이용하고 있는 현대 소비자들에게는 건강이나 영양 측면을 충분히 고려한 외식 선택이 가능한 충분한 여건에 놓여있다고 볼 수 있다.

#### 요약 및 결론

본 연구는 COVID 전후 이용이 증가하고 있는 친환경식품

Table 7. Respondents' restaurant usage features by competency level

Variable	Cluster	Excellent (n=798)	Moderate (n=1,683)	Shortage (n=840)	$\chi^2$
	Total	N(%)			
Frequency of eating-out					
≥ 2~3days/ w	220(8.9)	53(7.8)	102(8.1)	65(12.6)	11.670***
1day/w	571(23.2)	156(22.8)	298(23.7)	117(22.6)	
1day/2w	882(35.9)	255(37.3)	457(36.3)	170(32.9)	
≤ 1day/m	786(32.0)	219(32.1)	402(31.9)	165(31.9)	
Preference for restaurant category					
Korean	1,105(44.9)	334(48.9)	538(42.7)	233(45.1)	49.119***
Korean BBQ	1,063(43.2)	297(43.5)	573(45.5)	193(37.3)	
Chicken	55(2.2)	15(2.2)	28(2.2)	12(2.3)	
Pizza, Hamburger	40(1.6)	9(1.3)	19(1.5)	12(2.3)	
Korean snack (kimbab)	59(2.4)	6(0.9)	33(2.6)	20(3.9)	
Japanese	55(2.2)	12(1.8)	28(2.2)	15(2.9)	
Chinese	34(1.4)	1(0.1)	17(1.4)	16(3.1)	
Western	39(1.6)	8(1.2)	19(1.5)	12(2.3)	
Others <sup>1)</sup>	9(0.4)	1(0.1)	4(0.3)	4(0.8)	
Criteria for restaurant choice					
Cleanliness	370(15.0)	128(18.7)	173(13.7)	69(13.3)	83.806***
Price	352(14.3)	100(14.6)	151(12.0)	101(19.5)	
Service	93(3.8)	26(3.8)	38(3.0)	29(5.6)	
Atmosphere	203(8.3)	49(7.2)	115(9.1)	39(7.5)	
Healthy menu	48(2.0)	16(2.3)	21(1.7)	11(2.1)	
Taste	1,155(47.0)	329(48.2)	626(49.7)	200(38.7)	
Amount	49(2.0)	13(1.9)	21(1.7)	15(2.9)	
Menu variety	126(5.1)	17(2.5)	83(6.6)	26(5.0)	
Others <sup>2)</sup>	63(2.6)	5(0.7)	31(2.5)	27(5.2)	
Total	2,459(100.0)	683(27.8)	517(21.0)	1,259(51.2)	
Reason for eating-out					
Enjoy eating-out	1,134(59.0)	326(59.5)	603(60.3)	205(54.8)	28.481***
No time for cooking	259(13.5)	86(15.7)	131(13.1)	42(11.2)	
Cooking is a hassle	303(15.8)	68(12.4)	173(17.3)	62(16.6)	
Using for special day	209(10.9)	60(10.9)	88(8.8)	61(16.3)	
Reducing cooking cost	17(0.9)	8(1.5)	5(0.5)	4(1.1)	
Total	1,922(100.0) <sup>3)</sup>	548(28.5)	1,000(52.0)	374(19.5)	
Reason for non eating-out					
Expensive	261(26.9)	38(28.6)	126(25.8)	97(27.6)	46.793***
Bad taste	95(9.8)	22(16.5)	38(7.8)	35(10.0)	
Concerning health	86(8.8)	8(6.0)	48(9.8)	30(8.5)	
No time for eating-out	100(10.3)	12(9.0)	36(7.4)	52(14.8)	
Dislike for going out	301(31.0)	37(27.8)	150(30.7)	114(32.5)	
Restrictions on the number by COVID	113(11.6)	16(12.0)	77(15.8)	20(5.7)	
Other reason	16(1.6)	0(0.0)	13(2.7)	3(0.9)	
Total	972(100)	133(13.7)	488(50.2)	351(36.1)	

<sup>1)</sup> Others include bakery, ethnic, bar.

<sup>2)</sup> Others include accessibility, reservation, parking, subsidiary facilities, distance.

<sup>3)</sup> The total sum is different as a result of the first-priority response.

\*\*\*  $p < 0.001$ .

및 HMR 식품 구매와 외식 행태에 대하여 농식품소비자역량 정도에 따라 차이가 있는지를 알아보고자 실시되었다. 특히 농식품소비자역량지수를 구성하는 항목들을 인식, 태도, 실천 항목으로 나누어 이들 사이의 균형 정도도 함께 파악하고자 하였다. 연구의 자료는 한국농촌경제연구원에서 실시한 2022 식품소비행태조사의 원시자료 중 식품 주구입자를 대상으로 한 자료를 추출하여 활용하였다. 활용한 설문지 내용은 농식품소비자역량지수 부분에 해당하는 농식품 관련 구매 및 식당 선택 역량, 농식품 관련 조리 및 섭취 역량, 농식품 관련 시민역량 등 3개 영역의 58개 설문내용을 인식, 태도, 실천 요인으로 나누어 점수화 한 후 역량정도를 나누었고 친환경식품, HMR, 외식관련 구매 행태 부분은 구입빈도, 경험 유무, 구매 이유 등에 대한 문항을 활용하여 연구를 진행하였다. 연구결과, 농식품소비자역량 평균점수는 100점 기준 70.62점으로 나타났다. 특히 구성요인 가운데 소비자인식(73.96점) 점수가 가장 높았으며, 그 다음은 소비자실천(69.28점), 소비자태도(66.18점) 순으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 이 결과를 보았을 때 농식품소비자역량을 구성하는데 있어서 인식 구성요인의 역할이 크며 태도는 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 또한 구매 및 섭취 단계별로 보았을 때는 구매 및 식당 선택 부분에서는 인식(78.65점), 조리 및 섭취 부분에서는 태도(72.23점) 구성요인의 점수가 높았으며 시민역량에 있어서는 인식 구성요인(71.27점)이 상대적으로 높은 것으로 조사되어 각 부분별 역량 구성요인에 차이가 있는 것으로 나타났다. 농식품소비자역량 정도에 따른 소비자 분류는 농식품소비자역량 지수를 바탕으로 인식, 태도, 실천 항목으로 나누고 K-평균 군집분석을 실시한 결과 각 구성요인별 점수의 수준에 따라 3개의 군집으로 결정되었으며 농식품소비자역량 우수집단(24.0%), 보통집단(50.7%), 부족집단(25.3%)으로 명명하였다. 집단의 역량 수준은 모든 구성요인에서 유의적인 차이가 발생하였으며 특히 역량 우수집단의 경우 인식, 태도, 실천 부분의 역량이 평균 이상으로 모두 높게 나타난 집단으로 조사 문항으로 미루어 보았을 때 올바른 식품소비생활을 유지하고자 하는 의지가 높고 다양하고 새로운 식생활 경험을 적극적으로 하고자 노력하는 집단으로 사료된다. 반면 역량부족집단은 농식품 소비관련 정보 활용 및 이용 수준이 낮고 건강하고 안전한 식생활 실천과 태도에 대해서도 자신감이 낮고 관심이 많지 않은 것을 나타낸다고 할 수 있다. 인식과 태도, 실천의 농식품소비자역량이 평균 이상으로 모두 높은 우수집단을 농식품 소비생활에 있어서 어느정도 균형잡힌 역량을 갖춘 이상적인 소비자 집단이라고 가정한다면 소비자의 농식품소비 역량 강화를 위해서는 조사대상자의 76.0%에 해당하는 보통집단 및 부족집단을 대상으로 하는 교육이 지속적으로 필요할 것으로 사료된다.

농식품소비자역량 정도에 따른 친환경식품 구매행태 분석결과와 구매빈도는 역량 우수집단이 보통과 부족집단에 비해 유의적으로 높으로 것으로 나타났고, 품질 및 가격 만족도에 있어서도 소비자역량이 높을수록 만족도가 높아짐을 알 수 있었다( $p < 0.001$ ). 친환경식품의 주요 구매 이유는 안전(47.2%)과 건강(37.4%)에 대한 부분이 가장 많이 차지했고 구매를 꺼리는 주요 이유는 일반제품과의 차이가 없다고 느끼거나(44.7%) 비싸다는 인식(23.8%) 때문으로 나타났다. 또한 친환경식품에 대한 불신 부분에 있어서는 역량 집단별 인식 차이가 있는 것으로 나타났다. HMR 소비행태 관련 주요결과로는 역량 부족집단의 경우 역량 보통 또는 우수집단에 비해 HMR 섭취 경험이 낮은 것으로 나타났으며 만족도 또한 역량이 낮아질수록 낮게 나타났다( $p < 0.001$ ). 외식행태 분석 결과에 있어서 전체적인 음식점 선택 기준은 음식의 맛(47.7%), 청결(15.0%), 가격(14.3%) 순으로 나타났고 특히 분위기(8.3%)가 서비스(7.5%) 보다 높은 순위로 나타난 것이 특징적이라고 할 수 있다. 외식을 하는 주요 이유로는 모든 집단에서 맛있는 음식을 즐기 위해서라고 응답한 비율(59.0%)이 가장 높았고 다음으로는 우수집단의 경우 조리시간의 부족(15.7%), 보통집단과 부족집단의 경우 식사준비가 귀찮다는 의견(17.3%, 16.6%)으로 차이가 있었다.

요컨대, 농식품 소비단계별 역량을 인식-태도-실천 항목으로 구분해 보았을 때 단계별, 항목에 따른 유의적 차이를 보였고 역량 수준별로 식품소비와 외식행태에 차이가 나타남을 알 수 있었다. 따라서 올바른 농식품소비생활을 영위할 수 있도록 역량 수준과 역량 구성요인의 균형을 고려한 교육 프로그램이나 홍보캠페인의 강화가 필요해 보인다. 보통 소비자역량 구성요인인 지식-태도-실천 요인을 골고루 갖춘 역량 있는 소비자는 평소 활발한 정보탐색을 하고, 기회가 있으면 소비자교육에 적극적으로 참여하며, 생활 속에서 소비자문제를 잘 인식한다고 하였다(Hong & Bok 2021). 따라서 연구결과로 미루어 볼 때, 역량이 높을수록 식품 관련 정보에 대한 인지 수준이 높아 건강한 식생활, 농식품 표시이용 등을 위한 정보 활용 능력이 높고, 다양한 식품에 대하여 경험해 보고자 하는 적극적인 태도와 행동 수준을 예측해 볼 수 있다. 반면 농식품소비자역량이 낮으면 식품관련 정보에 대한 옳고 그름에 대한 판단력이 상대적으로 낮고 필요한 정보의 습득면에 있어서도 불충분할 가능성이 높다. 이런 경우 잘못된 정보에 기인하여 식품을 남용한다든지, 무작정 기피하는 태도와 행동을 보일 수 있을 것으로 판단된다.

농식품관련 소비자역량을 높이는 것은 건강한 식생활 영위에 매우 중요한 역량이다. 다만 무작정 올바른 행동을 강조하기 보다는 우선 농식품관련 올바른 지식습득과 중요성에 대한 인지가 이루어져야 하며 이를 바탕으로 한 태도의

개선과 올바른 행동이 이어질 수 있도록 교육과 홍보의 체계적 구성과 진행이 필요할 것으로 사료된다. 다양한 소비자역량에 대한 연구를 기본으로 할 때 농식품소비자역량은 개인과 사회적차원에서 만족스러운 식품소비생활을 위해 필요한 인지적, 태도적, 실천적인 영역을 포괄한다고 할 수 있다. (Kim & Cho 2014; Park JO 2020). 특히 소비자태도는 주어진 상황이나 현상에 대하여 지속적으로 갖게 되는 감정과 신념이며 보통 태도의 변화를 통해 행동의도가 변화되기 때문에 태도는 소비자의 실천을 강화하는데 있어 매우 중요한 요인으로 작용하므로 태도와 실천을 연계한 교육은 매우 중요하다(Chun 등 2010, Hong & Bok 2021). 이에 어느정도 농식품소비자역량이 갖추어진 소비자에게는 균형잡힌 농식품소비자역량교육을 위해 태도와 실천 부분의 교육과 홍보가 우선시 되어야 한다. 그런데 태도와 실천은 지식이 어느 정도 갖추어져 있는 경우에 적용될 수 있기 때문에 농식품관련 지식이 많이 부족한 상태에서 올바른 태도와 실천 수준의 증가를 기대하기는 어렵다. 그러므로 소비자역량이 부족한 집단에게는 농식품관련 지식을 우선적으로 습득하도록 하는 교육이 선행되어야 한다. 이와 같은 농식품소비자역량 관련 교육과 홍보는 소비자의 농식품역량수준을 파악하여 실행해야 한다는 점에서 매년 실시되는 농식품소비자역량지수의 평가는 교육과 홍보의 방향을 제시하고 내용을 구성하는데 있어 매우 중요한 자료라고 할 수 있다. 다만 농식품소비자역량지수 측정항목은 구매와 소비 영역과 단계로 분류하여 측정하는 것도 중요하지만 각 영역별로 지식(또는 인지), 태도, 실천 등 세부 구성요인으로 나누어 파악하여 소비자가 가지고 있는 농식품 지식, 태도, 실천 역량 중 어떤 부분이 부족한가를 면밀히 살펴 역량 구성요소 간의 격차를 줄이고 균형을 이룰 수 있는 방향으로 교육과 홍보의 내용이 개발되어야 할 것이다.

본 연구에서 사용된 식품소비행태조사는 현상을 파악하는데는 용이하나 그 원인을 도출하는데는 한계가 있다. 또한 본 연구에서는 연구자의 주관적 판단에 근거하여 농식품소비자역량지수 측정 항목을 인식-태도-실천의 세부 구성요인으로 나누어 진행하였으므로 향후 연구에서는 농식품소비자역량지수 측정 항목을 세밀히 구분하고 개선하여 보다 정확하게 소비자의 농식품관련 지식, 태도, 실천 역량을 파악할 수 있도록 해야 할 것이다.

## References

- Ahn PR. 2005. An analysis on the characteristics of purchasing behavior for environment-friendly agri-products on consumers in Gwangju. *Korean J Org Agric* 13:229-242
- Baek NG. 2020. A study for the effect on food life style and purchasing fresh-cut product in online. *Custom Sat Manage Res* 22:41-63
- Baker SR, Farrokhnia RA, Meyer S, Pagel M, Yannelis C. 2020. How does household spending respond to an epidemic? Consumption during the 2020 COVID-19 pandemic. *Rev Asset Pricing Stud* 10:834-862
- Cho WJ. 2004. A study on the influence of physical environment perception to the evaluation of service quality: Focus on the factors of physical environment in hotel restaurant. *Korean J Culin Res* 10:203-213
- Choi HJ. 2019. The effect of servicescape on perceived value and brand loyalty in foodservice franchise companies. *J Foodserv Manage Soc Korea* 22:191-213
- Choi JH, Yi NY. 2019. IPA on the choice attribute of HMR (home meal replacement) products: Focusing on the comparison among consumers aged between 20 and 40, or over 50. *Korean J Food Nutr* 32:50-60
- Choi YH, Lee YJ. 2016. A study on the influence of coffee shop's service-scape on the perceived values, and brand attitude of customers. *Culin Sci Hosp Res* 22:203-221
- Chun KH, Song IS, Sohn SH. 2010. A study on the production activities of consumer information on blog for married women. *Korean J Hum Ecol* 19:1013-1030
- Chung CH, Heo KA, Hong HJ. 2013. An analysis of child educators' computer usage patterns with cluster analysis. *J Child Lit Educ* 14:399-414
- Hong ES, Bok MJ. 2021. Analysis of consumption-related characteristics of adult consumers by type of consumer competency: By the classification of types according to the components of consumer competency. *J Consum Stud* 32: 97-123
- Huh EJ, Kim JW. 2010. Consumer knowledge and attitude to spending on environment-friendly agricultural products. *Korean J Hum Ecol* 19:883-896
- Huh K. 2005. Analysis of determinant factors on the purchase of and willingness-to-pay for organic products. *J Korean Fam Resour Manage Assoc* 9:77-92
- Jackson LF. 1984. Hierarchic demand and the engel curve for variety. *Rev Econ Stat* 66:8-15
- Jeon SG. 2006. An empirical study on the relationships of thinking style, job competency and job involvement in Korean bankers. *Korean Bus Rev* 19:735-760
- Kang H, Chung L. 2021. Impact of COVID-19 on food consumption pattern and eating behavior: Focusing on adults

- in the Seoul and Gyeonggi areas. *J East Asian Soc Diet Life* 31:81-90
- Kim E, Kwon Y, Lee DE, Jang HJ, Park YH. 2021. Agrifood consumer competency index and food consumption behaviors based on the 2019 consumption behaviors survey for food. *J Nutr Health* 54:199-210
- Kim JH, Lee JY. 2021. COVID-19 and changes in consumers' willingness to pay for organic food. *J Rural Dev* 44:53-76
- Kim JS, Seo ST, Kim SW. 2022. Effects of consumption competency and food safety perception on concern about the origin of agrifood. *J Rural Dev* 45:39-62
- Kim KP, Yoo JH, Lim SJ, Kim JY, Myong SH, Seok JH. 2020. The use of domestic agricultural ingredients and improvement measures for the home meal replacement (HMR) industry. *Korea Rural Economic Institute*. Report No. R898
- Kim MH, Yeon JY. 2021. Change of dietary habits and the use of home meal replacement and delivered foods due to COVID-19 among college students in Chungcheong province Korea. *J Nutr Health* 54:383-397
- Kim SS. 2007. A study on consumer's attitude for food safety and purchase of environment friendly agricultural products. *J Fam Better Life* 25:15-32
- Kim SW, Cho HS. 2014. Satisfaction of consumption life through social participation by life cycle: Focus on the main effects and interaction effects of consumer competency. *J Consum Policy Stud* 45:47-76
- Kim Y, Seo S, Kwon O, Cho MS. 2012. Comparisons of dietary behavior, food intake, and satisfaction with food-related life between the elderly living in urban and rural areas. *Korean J Nutr* 45:252-263
- Korea Rural Economic Institute. 2022. The consumer behavior survey for food 2022. pp.553-699. *Korea Rural Economic Institute*. Report No. E16-2022
- Lee GH, Sun SH. 2008. Restaurant selection attributes and perceived value moderated by consumer response level to atmospherics, and customer satisfaction & behavioral consequences. *Korean J Tour Res* 23:461-482
- Lee H, An D. 2021. An analysis on the factors affecting food consumption diversity trends. *Korean J Agric Econ* 62:53-77
- Lee KI, Ban HJ, Park KH, Hwang YJ. 2014. Development and measurement of the index of agrifood consumer competency index. *J Rural Dev* 37:59-77
- Lee KI, Kim SH, Heo SY. 2016. In-depth analysis of food consumption in Korea. *Korea Rural Economic Institute Research*. Report No. 781
- Lee S, Kim J, Oh S. 2022. A path analysis on the effect of consumers' well-being orientation on dining out behavior of healthy eaters. *J Consumption Cult* 25:97-110
- Lee Y. 2023. Effects of agri-food consumer competency on eco-friendly food purchasing. *Consumption Cult* 26:151-178
- McClelland DC. 1973. Testing for competence rather than for "intelligence". *Am Psychol* 28:1-14
- Moon D, Lee K. 2022. The effect of HMR experience and satisfaction on consumer intention to expand purchase. *J Agric Life Sci* 56:67-80
- Nam KS, Kim HJ. 2003. Analysis of simultaneous activities on the time use survey using association rule. *J Korean Data Anal Soc* 5:625-635
- Oh S, Bae SY. 2018. 2018 Consumer empowerment index in Korea. pp.101-307. *Korean Consum Agency*. Report No. Policy Research 18-13
- Park JO. 2020. How consumer competency, experiences of consumer problem: damage, & consumer confidence toward market conditions influence on consumption satisfaction in Korea. *J Consum Policy Stud* 51:37-67
- Park SJ, You SY. 2007. A study of the effect of health motivation and environmental concern on choosing organic food. *J Consum Cult* 10:107-126
- Shin YL, Eom HJ, Jang HM, Lee HJ. 2021. Analysis of HMR product development priorities based on analytic hierarchy process (AHP). *J Tour Leis Res* 33:365-381
- Shin YL, Lee HJ. 2021. Importance and satisfaction analysis of consumers who prefer home meal replacement using local foods by product types. *Korean J Food Nutr* 34:650-661
- Son YJ, Hong KW. 2009. A study of well-being affect on consumer behavior and restaurant choose attributes. *Korean J Culin Res* 15:209-224
- Tandon A, Jabeen F, Talwar S, Sakashita M, Dhir A. 2021. Facilitators and inhibitors of organic food buying behavior. *Food Qual Prefer* 88:104077
- Yang HS. 2023. A study on changes in the agri-food consumer competency index of adults for revitalization of local agrifood business: Using consumer behavior survey for food in 2019 and 2022. *J East Asian Soc Diet Life* 33:354-363
- Yoo YJ. 2016. The effect of servicescape on customer satisfaction and brand loyalty in franchise coffee shops: The mediating effect of brand image. *J Korean Contents Assoc* 16:785-801

Yoon E. 2023. Dietary guidelines adherence and changes in eating habits among college students in the post-COVID-19 period: A cross-sectional study. *Korean J Community Nutr* 28:220-234

Yoon Y, Lee B, Choi G, Kim E. 2018. The effects of restaurant

users' well-being awareness on the menu selection attributes and menu consumption tendency. *Tour Leis Res* 30:267-287

---

Received 30 October, 2023  
Revised 07 December, 2023  
Accepted 11 December, 2023



## 한국식품영양학회 소식

### • 일반소식

1. 2023년 11월 10일(금): 한국식품영양학회 추계학술대회 및 총회 개최
2. 추계학술대회 총회내용
  - 의결안건으로 <제1호 의안> 2023년도 결산 승인 건을 의결함
  - 의결안건으로 <제2호 의안> 2024년도 예산 승인 건을 의결함
  - 의결안건으로 <제3호 의안> 2025년도 회장 선출 건을 의결함
  - 고문회 추천을 받아 2025년도 학회 회장으로 류혜숙 교수(상지대학교) 선출 및 학회발전을 위한 포부 포함 인사 진행
  - 총회 추천을 통해 이종경 교수(한양여자대학교), 황보미향 교수(계명문화대학교) 선출
  - 2024년 김미옥 회장(대구보건대학교) 인사 진행
  - 의결안건으로 <제4호 의안> 회칙,윤리규정, 편집규정 수정 및 신설
  - 학회 회칙 수정 (제1조, 제6조, 제15조, 제20조, 제24조, 제25조)
  - 학회 회칙 신설 (제29조, 제30조)
  - 학회 윤리규정 수정 (제9조, 제14조의2, 제23조)
  - 학회 편집규정 수정 (제1조, 제7조, 제9조, 제10조, 제11조, 제23조, 제24조)
  - 학회 편집규정 신설 (제18조)
3. 2023년 12월 31일(일): 학술지 제36권 제6호에 연구논문 19편 출판
4. 2023년 12월 31일(일): 한국과학기술단체총연합회 학술활동지원사업(국내학술지, 학술대회) 결과보고서 제출

### • 학회 가입 및 회비 납부

#### 1. 회원가입

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

홍보이사 : 강현주, E-mail : [ksfan88@hanmail.net](mailto:ksfan88@hanmail.net), 010-2717-2966

전화 : 053-589-7824, 팩스 : 053-589-7821

주소 : (우) 14632, 경기도 부천시 신흥로 56번길 25 부천대학교 식품영양학과 내

#### 2. 회원 회비납부

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

송금계좌 : 국민은행 759701-04-000460 한국식품영양학회  
재무이사 : 이현선, E-mail: lksj1234@nate.com, 010-8786-3449

## • 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, 010-2743-0402

### 3. 논문접수 담당

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

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

## Checklist for Original Article

Title of the manuscript : \_\_\_\_\_

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

### 1. General guideline

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

### 2. Cover page

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

### 3. Abstract and Keywords

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

### 4. Main text

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

### 5. References

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

### 6. Tables and figures

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

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

Title of Manuscript :

Author(s) :

### COPYRIGHT TRANSFER

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

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

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

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

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

Authorized Name and Title(print)

---

**Signature(s):**

**Date: 2023. . .**

---

## 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 정회원으로 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 두고 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 평의원회에서 의결한다.
2. 기존의 규정을 준수하기로 서약한 회원은 추가적인 서약 없이 새로운 규정을 준수하기로 서약한 것으로 간주한다.

**- 부칙 -**

- 제 1조(효력발효) 본 윤리규정은 2008년 6월 23일부터 효력을 발생한다.  
 제 2조(효력발효) 본 윤리규정은 2016년 4월 21일부터 효력을 발생한다.  
 제 3조(효력발효) 본 윤리규정은 2016년 12월 3일부터 효력을 발생한다.  
 제 4조(효력발효) 본 윤리규정은 2023년 11월 10일부터 효력을 발생한다.



# 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

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 논문투고시스템으로 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 편집위원회

- 에서 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 심사 절차를 거쳐 게재여부를 결정하며, 3단계 심사절차는 아래와 같다.
- 1단계 : 편집이사가 간단히 논문 검토 후 1차적인 심사 가부를 결정한다.
  - 2단계 : 편집이사가 정한 2인의 심사위원이 세부 심사를 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 10~12포인트, 줄 간격은 200%로 한다.
  9. 원고 제1면에는 국문과 영문으로 논문제목, 저자 및 소속기관을 나타낸다. 제목 상단에 압축한 소제목(Running title)을 기재한다. 소제목(Running title)은 논문의 내용을 잘 나타낼 수 있도록 짧게 하며 논문 저자가 두 사람 이상인 경우에는 교신저자 성명 앞에 †표시를 한다. 소속기관이 다른 경우에는 저자 이름 끝에 위첨자로 \*, \*\*, \*\*\*을 순서에 따라 붙이고, 해당인의 소속기관 앞에도 같은 부호를 붙인다. 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 등록해야하며, 이는 추후 저자신분 확인이 필요할 경우 자료로 활용할 수 있다.

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

name)으로 된 저자명과 연도를 괄호하여 표기한다. 저자가 1인 일 때는 저자의 성과 이름 약자를 모두 표시하고 저자가 2인 일 때는 두 저자의 성만을 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 (2편 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. 학술용어는 가능한 한 한글로 표기한다.

21. 수량은 아라비아 숫자로, 단위는 가능한 국제단위(SI unit)로 표기한다. 단위와 술어의 약자는 본 학회가 권장하는 방법을 따르되 기타 부득이한 경우에는 본문에 처음 나올 때 설명하여야 한다.

22. 교정은 초고에 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. 또한 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 $\mu$ m	part per million	20 ppm
millimeter	4 mm	molarity	0.1 M
centimeter	6 cm	normality	0.05 N
meter	2 m		0.01 N HCl
milligram	2 mg	temperature	60 $^{\circ}$ C
gram	4 g		180 $^{\circ}$ 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 $\times$ 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>	1.0~2.0 mg
%(weight/volume)	20%(w/v)		
milligram percent	100 mg%	<b>수 식</b>	(a+b)/(c+d)
pH	pH 7.0		

※ 학회지 투고규정이 2023년 11월 10일자로 일부 변경되었습니다.  
36권 6호 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

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), and affiliation 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. 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 <sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>, <sup>3)</sup> 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 <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup>, <sup>d</sup>, 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 (2 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 dispersable 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. 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 **November 10, 2023**. Please refer to the updated guidelines when submitting papers for **Volume 36, Issue 6**, and subsequent issues.

---

# THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

Vol. 36, No. 6 December 2023

---

pISSN : 1225-4339

eISSN : 2287-4992

Homepage : <http://ksfn.kr>

Full-text : [www.eksfan.or.kr](http://www.eksfan.or.kr)

---

## President

Soo-Jeong Lee (Bucheon Univ.)

## Vice Presidents

Mi-Ok Kim (Daegu-Health College)

Bum Sik Kim (Yeonsung Univ.)

Ok-Sun Kim (Jangan Univ.)

Jong Hee Kim(Seoil Univ.)

Hye Sook Ryu(Sangji Univ.)

Jong-Sook Kwon(Shingu Univ.)

Yeon-Jung Kang (CJ freshway)

Seung - Hee Hong (Shinhan Univ.)

## Editor-in-Cheif

Seog-Won Lee(Yuhan Univ.)

## Editors

Youn-Ri Lee(Daejeon Health Institute of Technology)

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

Soo-Youn Kwon(Shingu Univ.)

Hojin Lee(Korea National University of Transportation)

## Manuscript editor

Seo Lin Yang

## Secretary General

Jean Kyung Paik(Eulji Univ.)

---

## Editorial Board

Ki Hyun Sim(Sookmyung Woman's Univ.)

Yoon Sin Oh(Eulji Univ.)

Jee Young Yeon(Seowon Univ.)

Hyun Jung Kim(Jeju National Univ.)

Kyu-Ho Han(Obihiro Univ.)

Gyu Sang Han(Honam Univ.)

Yong Hae In(Chungnam National Univ.)

Ok-Sun Kim(Jangan Univ.)

Gi Dae Kim(Kyungnam Univ.)

Young Mo Kim(Kwangju Women's Univ.)

Hyun Ju Kim(Daejeon Health Institute of Technology)

Se Ho Lee(Junganatafla)

Min Sun Moon(Erom Corporation)

---

## 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 Hyun Sun Lee, Department of Food and Nutrition, Bucheon Univ. 25, Sinheung-ro 59beon-gil, Bucheon-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea.(Cell: 82-10-8786-3449, E-mail: lksj1234@nate.com) 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, Bucheon University, 25 Sinheung-ro 56beon-gil, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 14632 Korea  
Tel: +82-32-610-3445, Fax: +82-32-610-3205 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 Munhwansa**

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, Seog-won Lee

Department of Hotel Culinary Art and Foodservice Management, 590, Gyeongin-ro, Bucheon-si, Gyeonggi-do 14780, Korea

Cell: +82-10-5201-8325, E-mail: [goodabba@yuhan.ac.kr](mailto:goodabba@yuhan.ac.kr)

---

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

Copyright ©2023 by The Korean Society of Food and Nutrition

This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) grant funded by the Korean government.







## 영양사 시험문제집

제28판  
2도 인쇄 | 값 42,000원

## 영양사 요점정리

제24판  
2도 인쇄 | 값 42,000원

## 문운당 위생사 실기

제10판  
4도 인쇄 | 값 31,000원

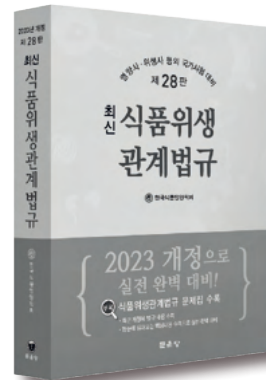
## 문운당 위생사 필기

제10판  
2도 인쇄 | 값 42,000원



## 제3판 식품학

2도 인쇄 | 값 24,000원  
강의용 보조자료(PPT) 제공



## 최신 식품위생관계법규

개정 제28판 (7월 출간 예정)  
30,000원



**기초영양학** [신간]

최향숙·김미옥·정지영 외 공저  
컬러판 / 368쪽 / 정가 26,000원

영양학의 기본 지식인 5대 영양소의 기능, 소화와 흡수, 대사, 관련된 건강 문제에 대해서 중점적으로 다루었다.



**식품위생관계법규편람** (개정 32판)

식품위생법규 교재편찬위원회 편저  
46배판 / 420쪽 / 정가 20,000원

식품위생법규를 원문 그대로 단순히 옮기는데 그치지 않고, 학습효과를 최대한 높이도록 편집하였다.



**식품조리원리** [신간]

정재홍·김중현·김현영 외 공역  
컬러판 / 360쪽 / 정가 25,000원

식품의 특성과 조리 과정 중의 변화 등을 중심으로 구성하였다.



**식품재료학**

김은미, 박문옥 외 공저 / 46배판  
438쪽 / 정가 28,000원 / 컬러판

우리가 흔히 접하는 식품 재료 뿐만 아니라 눈에 보이지 않는 보조 재료까지 나누어 정리하였다.



**흥미롭고 다양한 세계의 음식문화**

정정희·정수근 외 공저 / 46배판  
384쪽 / 정가 29,000원 / 컬러판

세계 각국의 다양한 음식문화를 접함으로 기후와의 관계, 종교와의 관계, 그들 문화와의 관계 등을 이해할 수 있다.



**커피사전**

西東社編集部 편 / 이정기 감수  
288쪽 / 정가 24,000원 / A5, 컬러판

일반 사전과는 조금 달리 매우 실용적이며, 커피에 관한 모든 최신 정보들까지 간결하게 설명하고 있다.



**단체급식실습**

이애랑, 박경숙 외 공저 / 46배판  
224쪽 / 정가 20,000원 /

단체급식 실무에서 사용하고 있는 서식을 포함하여 급식관리 이론과 실습에 대한 내용을 서술하였다.



**식생활관리**

박경숙 · 최향숙 · 오윤재 외 공저 / 46배판  
312쪽 / 정가 23,000원 / 컬러판

맛과 개성과 건강까지 생각하는 요즘, 집에서 누구나 따라할 수 있는 홈베이킹 입문서이자 전문서를 구상하였다.



**제과 제빵 이론 및 실기**

홍행홍 · 민경찬 · 서홍원 외 공저  
46배판 / 504쪽 / 정가 30,000원

제과사, 제빵사 자격시험의 출제 과목별 '요점 정리'와 '예상문제'를 자세하게 수록하였다.



# 2023 영양사 모의고사 핵심 문제집

| 영양사국가고사시험연구회 편저 | 국배판(210mm×297mm) | 276쪽 | 값 26,000원 |

**실전과 같은 모의고사  
4회 수록**

제1교시 영양학 및 생화학(60), 영양교육, 식사요법 및 생리학(60)  
제2교시 식품학 및 조리원리(40), 급식, 위생 및 관계법규(60)

**최고의 적응률! 100%합격을 위한 핵심문제출제! 실전과 같은 OMR카드 4회 수록**

영양사 모의고사 핵심 문제집은 4회의 모의고사 문제로 영양사 시험 1, 2교시로 나누고, 220문제로 구성하고 각 4회 시험 마지막 부분에 정답과 해설을 첨부하여 정리할 수 있도록 편집하였다. 본 모의고사 문제는 다년간 영양사 국가고사에 출제 경험이 풍부한 식품영양학과 교수들 중심으로 국가시험 실전에 대비하여 수험생의 합격률을 높이기 위하여 최신 출제 문항과 적응률 높은 문항으로 구성하였다. 영양사 모의고사 핵심 문제집은 그동안 학교에서 배운 시험 과목과 영양사 국가시험을 준비한 수험생이 최종적으로 자체 점검하는 영양사 국가고시를 대비한 실전 문제로 개발하였다.

## 제24회 식품위생관리사 시험안내

Korea Food Sanitation Management Association  
한국식품위생관리협회  
[www.fsmc.co.kr](http://www.fsmc.co.kr)  
기타 문의 : (031) 955-2755

○ 식품위생관리사 및 응시 자격

식품의 구매에서 제조·가공·저장·유통·조리의 전 과정을 일관성 있게 관리·감독할 수 있는 기능인을 양성하고, 그에 합당한 자격을 부여하기 위해 신설된 민간 자격증이다.

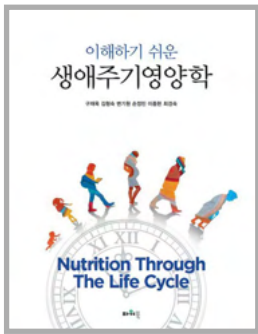
- ① 고등학교를 졸업하고 2년 이상 식품산업체 및 공공기관에서 근무 경력이 있는 자
  - ② 전문대학 이상의 보건, 위생, 식품, 영양, 환경 관련 학과에서 40학점 이상의 학점을 이수한 자
- 도서출판 광문각에서 발간된 《식품위생관리사시험 예상문제집》을 활용하면 많은 도움을 받을 수 있다.

○ 시험 과목 수 · 문제 수 및 배점 기준

1교시	단체급식관리(30)	2교시	HACCP 실무(30)	객관식 5선다지 문항 당 1점 총점 140점
	식품매개 질병관리(30) 식품재료학(20)		기초영양학(30)	

○ 접수 신청 및 관련 사항

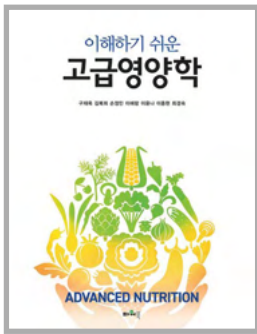
- 원서 접수 : 2023년 5월 17일(수)까지
- 시험 일자 : 2023년 5월 27일(토)
- 시험 장소 : 서울, 부산, 경기, 대구, 광주, 대전, 창원, 익산, 전주
- 신청 방법 : [www.fsmc.co.kr](http://www.fsmc.co.kr) 에 접속 후 식품위생관리사 자격시험 공고 참고
- 교재 문의 및 단체구입 : 도서출판 광문각 (031) 955-8787, 홈페이지 : [www.kwangmoonkag.co.kr](http://www.kwangmoonkag.co.kr)



### 이해하기 쉬운 생애주기영양학

구재욱 · 김형숙 · 변기원  
손정민 · 이종현 · 최경숙

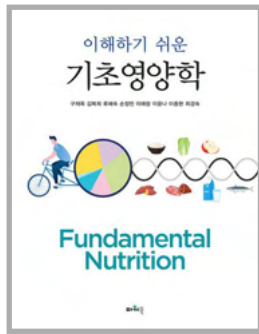
396쪽 | 값 25,000원  
978-89-8160-474-5 (93590)



### 이해하기 쉬운 고급영양학

구재욱 · 김복희 · 손정민 · 이애랑  
이윤나 · 이종현 · 최경숙

456쪽 | 값 26,000원  
978-89-8160-477-6 (93590)



### 이해하기 쉬운 기초영양학

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

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



### 이해하기 쉬운 식생활관리

권순자 · 김미리 · 손정민 · 김종희  
이연경 · 최경숙 · 정현아

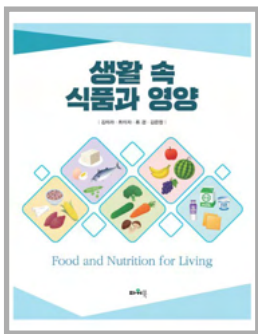
324쪽 | 값 23,000원  
978-89-8160-483-7 (93590)



### 식사요법 및 실습

김미현 · 배윤정 · 성미경 · 연지영  
이지선 · 임희숙 · 조혜경 · 최미경

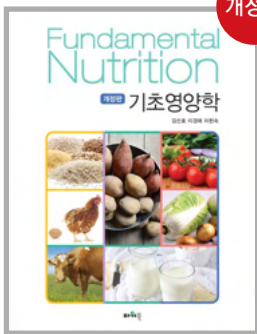
500쪽 | 값 27,000원  
978-89-8160-480-6 (93590)



### 생활 속 식품과 영양

김미라 · 최미자 · 류경 · 김은정

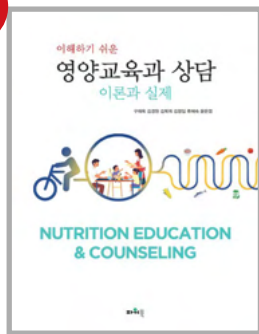
300쪽 | 값 22,000원  
978-89-8160-479-0 (93590)



### 기초영양학

김선호 · 이경애 · 이현숙

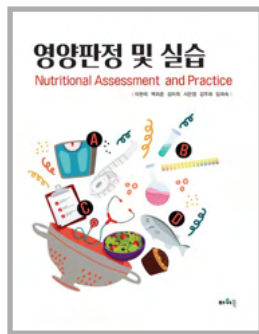
376쪽 | 값 24,000원  
978-89-8160-471-4 (93590)



### 이해하기 쉬운 영양교육과 상담 -이론과 실제-

구재욱 · 김경원 · 김복희  
김창민 · 류혜숙 · 윤은영

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



### 영양판정 및 실습

이현옥 · 백희준 · 김미옥  
서은영 · 강주희 · 임희숙

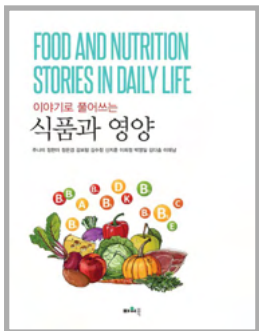
368쪽 | 값 24,000원  
978-89-8160-482-0 (93590)



### 플러스 고급영양학

현태선 · 한성림 · 김혜경  
권영혜 · 정자용

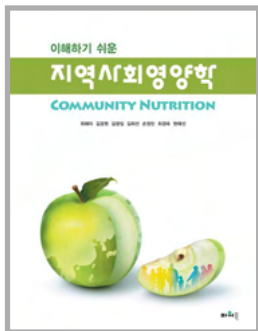
576쪽 | 값 29,000원  
978-89-8160-488-2 (93590)



### 이야기로 풀어쓰는 식품과 영양

주나미 · 정현아 · 정은경 · 김보람  
김수정 · 신지훈 · 이희정 · 박영일  
김다솔 · 이태남

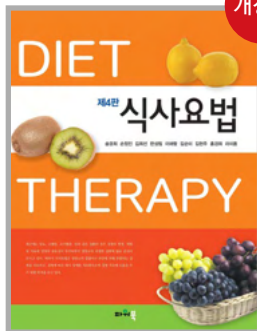
304쪽 | 값 22,000원  
978-89-8160-478-3 (93590)



### 이해하기 쉬운 지역사회영양학

최혜미 · 김경원 · 김창민 · 김희선  
손정민 · 최경숙 · 현태선

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



### 제4판 식사요법

송경희 · 손정민 · 김희선  
한성림 · 이애랑 · 김순미  
김현주 · 홍경희 · 라미용

448쪽 | 값 26,000원  
978-89-8160-484-4 (93590)



### 이해하기 쉬운 세계 속의 음식문화

구난숙 · 권순자 · 이경애  
이선영 · 문세훈

360쪽 | 값 23,000원  
978-89-8160-494-3 (93590)

# 교문사 식품영양학 50여 종 무제한 구독서비스 실시

(계속 업데이트 중)

## 구독서비스란?

일정 금액으로 정해진 기간동안  
교문사에서 출간된 식품영양학 모든 교재를  
E-Book으로 열람할 수 있는  
구독형 라이브러리 서비스



무거운  
도서는  
이제 그만!

태블릿  
하나로  
해결!

더 편하고  
더 가볍게  
공부하세요!

## 교문사 식품영양학 도서관



정용섭 부장 010.4216.9636 subi@gyomoon.com  
서울 및 수도권, 충남, 충북, 대전, 전북지역

송기윤 부장 010.6206.0993 curlysky@gyomoon.com  
서울 및 수도권, 부산, 경남, 충청, 광주, 음성지역

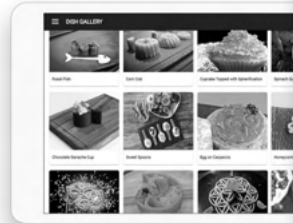
진경민 과장 010.7130.1350 jinkm@gyomoon.com  
서울 및 수도권, 대구, 경북, 강원도, 광주, 전남지역, 제주



(10881) 경기도 파주시 문발로 116  
TEL 031)955-6111~4 | FAX 031)955-0955  
Homepage www.gyomoon.com  
E-mail genie@gyomoon.com

# 푸드 3D프린터 개발

푸드테크(Food-Tech)는 **식품(Food)**과 **기술(Technology)**을 결합한 신조어로 식품에 기술을 접목한 분야입니다.  
LSB는 푸드테크 분야의 쿠키 프린터 개발을 지원합니다.



▲ 푸디니(FOODINI) 스페인 Natural Machines社 공식총판

## 푸드 3D 프린터가 가져올 변화

- ✓ 자신이 설계한 레시피 모양 그대로 요리를 만들어 주는 3D프린터
- ✓ 개인의 체질, 체형에 따른 맞춤형 식품을 생산
- ✓ 요리에 필요한 전 과정의 간소화로 생활의 패러다임 변화



▲ 초코J (Choco J)  
자사개발 교육용 초코프린터



▲ 초코CC (Choc Creator V2.0 Plus)  
영국 choc Edge社 공식총판



▲ 초코지니 (Choco Jenie)  
양산형 초코프린터

CJ프레시웨이가 함께하는 맞춤 케어푸드

# 헬씨누리

HEALTHY NURI



소중한 사람을 위한 그 마음  
건강하고 활기찬 미소로 이어지도록  
CJ프레시웨이가 정성을 더해 전합니다



헬씨누리만의 건강하고 다양한 상품과  
정성 담긴 서비스를 만나보세요

### 차별화된 상품

 <b>High</b> 많이 먹어야 건강한 영양소는 <b>더 많이</b>	 <b>Low</b> 적게 먹어야 건강한 성분은 <b>더 적게</b>	 <b>Easy</b> 편하게 드릴 수 있도록 <b>더 부드럽게</b>
---	---	--

### 다양한 서비스

 맞춤 식단 관리 서비스 제공	 건강정보 매거진 제공	 정기적인 교육 프로그램 운영	 급식운영 트렌드 세미나 개최
---	--	---	---

CJ프레시웨이 홈페이지와 전화로 문의해주세요.

고객센터 **02-2149-6114**





fresh food!

(주)델리에프에스

업력 23년, 국내 최고의

# “단체급식 전문기업”

‘델리에프에스’는 ‘기업의 사회적 책임’을 이행해 왔습니다.

## 사업분야

- ★ 관공서, 공공기관 급식
- ★ 산업체, 오피스 급식
- ★ 연수원, 대학교 급식
- ★ 지식산업센터 급식
- ★ 외식사업

- 사회소외분야, 취약계층 지원 (불우 청소년, 독거노인 등)
- 높은 장애인 고용율
- 청소년 재단 불우청소년후원
- 1사1촌 농촌지원 등

대표이사 **신 무 현**

서울시 강남구 선릉로 93길 9, 5F(역삼동, 장원빌딩)

TEL. (02) 3453-0755 / FAX. (02) 3452-6747

Mobile : **010-3725-0452**

E-mail : [shinceo@hanmail.net](mailto:shinceo@hanmail.net)

[www.defs.co.kr](http://www.defs.co.kr)



fresh food!

(주)델리에프에스

Tel. 02)3453-0833 / [www.defs.co.kr](http://www.defs.co.kr)

# 글로벌 친환경 지속가능 유망기업 속초물산 / 양양키토산

속초물산은 동해안 심해에서 잡히는 붉은대게의 껍질을 이용한 키토산, 키토산 및 식품첨가물, 건강식품, 화장품, 의료용 소재 등을 생산하는 친환경 바이오 제품 생산 전문 업체입니다.

## 동해안 속초붉은대게로 만드는 BIO 제품을 생산하는 천연 키토산 전문업체

속초물산의 친환경 키토산 제품은 지구 환경과 우리 삶의 질을 향상 시키는 바이오 제품 개발의 선두주자 입니다.

**| 생산제품 |** 키토산, 키토산, 수용성키토산, 키토올리고당  
나노화이버키토산, 농업용/사료용 키토산·키토산

### 생산품목

- ▶ 키토산, 키토산, 수용성 키토산, 키토 올리고당, 글루코자민, 나노화이버 키토산, 농업용/사료용 키토산/키토산



### 식품 및 Bio 산업분야 제품 활용

- ▶ 수용성 키토산의 음료, 식품 및 화장품의 품질기능 강화제
- ▶ 키토산 및 키토산의 의약 및 의료용 소재
- ▶ 키토산 및 키토산의 유기농업자재(상품명: 쑥쑥튼튼, 특허 제10-2351106)
- ▶ 키토산 및 키토산의 생분해성 천연 기능성 포장재



### 보유기술

- ▶ 키토산 및 키토산 유도체 생산기술(특허 제10-1915730호)
- ▶ 기능성 식품소재 생산용 생물전환기술
- ▶ Phytochemicals의 이용성 및 효율성 증진용 Nanofabrication 기술
- ▶ 광반응(photo-reactive) 천연 고분자 제조 기술

### 운영중인 기업부설 연구소(식품 및 의약분야)

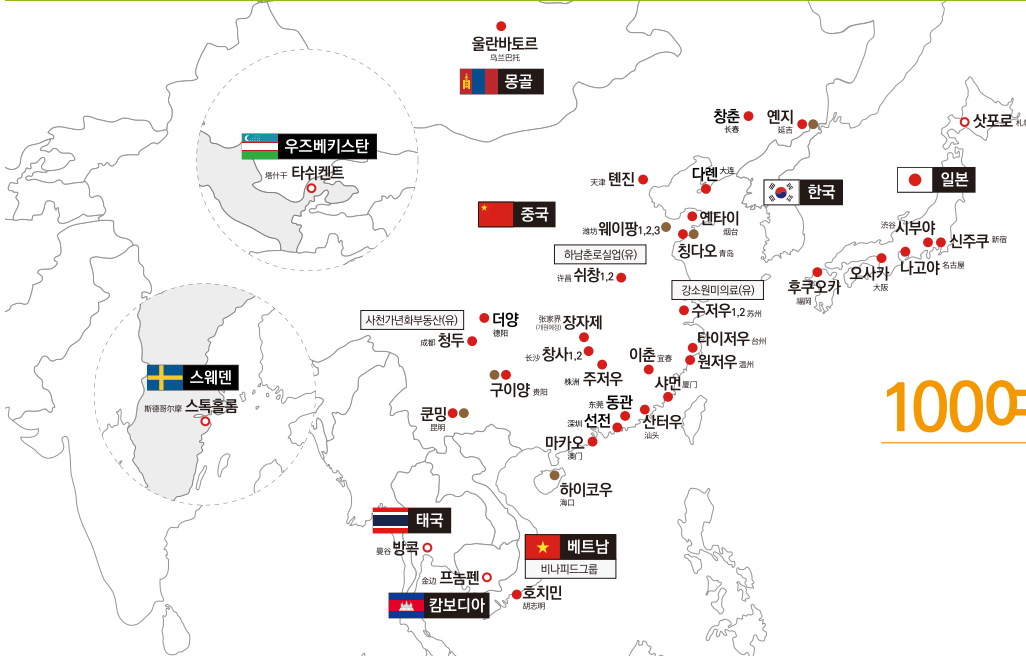
- ▶ 속초물산 붉은대게(홍게) 연구소(과학기술정보통신부, 제2019111426호)
- ▶ (주)일신티에이치이 R&D Center(과학기술정보통신부, 제2023111935호)





# 오라클메디컬그룹

No.1 Clinic Network in Korea



전 세계  
100여개 지점 보유

## 오라클메디컬그룹 계열사 소개



**KORACLE LIMITED**  
오라클 병원사업



**뉴셀파마(주)**  
피부과·성형외과 포털  
전문 쇼핑몰



**오라클코스메틱(주)**  
코스메슈티컬, 화장품



**텐소프트(주)**  
병·의원 전자차트



**텐텍(주)**  
10THERMA, 10THERA



**오라클피부임상시험센터(주)**  
인체적용시험기관

서울시 강남구 선릉로 612 한일빌딩 4층

Mobile: +82-10-2063-8974 / E-mail: info@oraclemedicalgroup.com

토탈밀솔루션은 지난 15년간 연구를 통해 축적해온 빅데이터와  
 지식 기술 기반으로  
 맞춤형 식사관리&식사구독, 건강레시피,  
 밀키트상품, 섭식교육컨텐츠 등을 제공합니다.

나이가 무색한 네오실버 세대의  
 건강하고 활기찬 일상을 지원하는  
 포털서비스



진정한 마음으로 고객을 대접하는  
 기업이 되겠습니다.  
 많은 관심과 사랑 부탁드립니다.



감사합니다.

(주) 신원티엠에스  
 대표이사

*신원희*



토탈밀솔루션



**들깨파스타밀키트**  
 (2인분)



**들깨냉모밀밀키트**  
 (2인분)



**만능들깨소스**  
 (2kg/500g)



**들깨버섯소스**  
 (2kg/500g)



**들깨조랭이밀키트**  
 (2인분)



**들깨패밀리팩**  
 (파스타+조랭이+냉모밀)



신선하고 건강한 식재료로 채워진 스마트 다이닝

**신박한 밥상**  
 Dr.Shin's Dining



신박한 밥상

## 2023년도 한국식품영양학회 평의원

강남이	박희옥(가천대학교)	이용권(유한대학교)
강선문(농촌진흥청)	배윤정(한국교통대학교)	이재우(김천대학교)
권수연(신구대학교)	백승희(신구대학교)	이재학(서일대학교)
권순형(한양여자대학교)	백재은(부천대학교)	이정실(경동대학교)
권중숙(신구대학교)	백진경(을지대학교)	이종현(동남보건대학교)
금중화(대전보건대학교)	변기원	이주희(경상대학교)
김건희(덕성여자대학교)	변진원	이찬(한서대학교)
김경민(배화여자대학교)	서현창(신구대학교)	이호진(한국교통대학교)
김광옥	손규목	이현옥(연성대학교)
김동희	손춘영(동남보건대학교)	이현주(목포과학대학교)
김명숙(서해대학교)	송태희(배화여자대학교)	장상문(대구보건대학교)
김미옥(대구보건대학교)	송희순(광주보건대학교)	장재선(가천대학교)
김미자(강원대학교)	신경옥(삼육대학교)	전순실
김미지(대구보건대학교)	신동선(농촌진흥청)	정사무엘(충남대학교)
김미현(경일대학교)	신서영(서일대학교)	정수영(제주한의학연구원)
김범식(연성대학교)	신성균(한양여자대학교)	정하숙(덕성여자대학교)
김병숙(전북과학대학교)	심기현(숙명여자대학교)	정혜연(승의여자대학교)
김숙희(혜전대학교)	심창환(경민대학교)	정혜영(가천대학교)
김순미(가천대학교)	양성범(단국대학교)	정희선(숙명여자대학교)
김애정(경기대학교)	연지영(서원대학교)	조갑연(우송정보대학교)
김영모(목포과학대학교)	오성천(대원대학교)	조우균(가천대학교)
김영성(신한대학교)	오세인(서일대학교)	주나미(숙명여자대학교)
김영순(고려대학교)	오왕규(동원대학교)	차윤환
김옥선(장안대학교)	오윤신(을지대학교)	최경순
김정미(대구과학대학교)	유경미(승의여자대학교)	최남순(배화여자대학교)
김중현(마산대학교)	유경혜(대전보건대학교)	최병범(신성대학교)
김종희(서일대학교)	윤옥현(김천대학교)	최은영(부천대학교)
김중배(상지영서대학교)	윤지영(숙명여자대학교)	최정화(승의여자대학교)
김지명(신한대학교)	윤택준(유한대학교)	최향숙(경인여자대학교)
김창입(대전과학기술대학교)	이경행(한국교통대학교)	최현숙(충청대학교)
김현정(제주대학교)	이광수	최희숙(신안산대학교)
김현주(대전보건대학교)	이미경(광주보건대학교)	하애화
남정혜(경민대학교)	이별나(대구공업대학교)	한규상(호남대학교)
남진식(수원여자대학교)	이보숙(한양여자대학교)	한규호(Obihiro Univ.)
류혜숙(상지대학교)	이상현(장안대학교)	허성미(안동과학대학교)
문영자	이석원(유한대학교)	허채옥
문숙희(경남정보대학교)	이성호(계명문화대학교)	홍승희(신한대학교)
박경숙(장안대학교)	이세호((주)중앙타프라)	황금희(동강대학교)
박금미(신구대학교)	이수정(부천대학교)	황병순(농촌진흥청)
박영십(신한대학교)	이수한	황성연(한경대학교)
박우포(마산대학교)	이애랑	황인국(농촌진흥청)
박현국(동남보건대학교)	이연리(대전보건대학교)	황자영(동남보건대학교)
박혜영(농촌진흥청)	이옥환(강원대학교)	황혜정(전 동부산대학교)

### 한국식품영양학회지 제36권 제6호

### The Korean Journal of Food and Nutrition Vol. 36, No. 6, December 2023

<b>발행인</b> 이수정 <b>편집인</b> 이호진 <b>발행처</b> 한국식품영양학회 (우) 14632 경기도 부천시 원미구 신흥로 56번길(심곡동) 부천대학교 식품영양학과 내 Tel: 032-610-3445/ Fax: 032-610-3205 E-mail: ksfan88@hanmail.net	<b>Publisher</b> SooJeong Lee <b>Editor</b> Ho Jin Lee <b>Published by</b> The Korean Society of Food and Nutrition Tel: +82-32-610-3445 / Fax: +82-32-610-3205 E-mail: ksfan88@hanmail.net  <b>Printed Date</b> 2023. 12. 31. <b>Printed by</b> Guhmok Publishing/Guhmok Info Tel: +82-2-2277-3324 Fax: +82-2-2277-3390 E-mail: guhmok@guhmok.com	<b>발행일</b> 2023. 12. 31. <b>인쇄</b> 거목문화사/거목인포 Tel: 02-2277-3324 Fax: 02-2277-3390 E-mail: guhmok@guhmok.com
--	--	---

# THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION

제36권 제6호 2023. 12



**한 국 식 품 영 양 학 회**

THE KOREAN SOCIETY OF FOOD AND NUTRITION  
<http://ksfn.kr>