

# 국내산 녹용을 이용한 발효녹용의 장점과 산업적 응용에 대한 고찰

A Review on the Advantages and Industrial Application of Fermented Antler using Domestic

김용안<sup>1,\*</sup>, 김동훈<sup>2</sup>, 김영훈<sup>3</sup>, 오상남<sup>4</sup>, 이명호<sup>5</sup>, 염동휘<sup>6</sup>, 전보영<sup>7</sup>, 정선희<sup>8</sup>, 정이형<sup>9</sup>, 황인호<sup>10</sup>  
(Yong-An Kim<sup>1,\*</sup>, Donghoon Kim<sup>2</sup>, Younghoon Kim<sup>3</sup>, Sangnam Oh<sup>4</sup>, Myung-Ho Lee<sup>5</sup>, Dong-hwi Yeom<sup>6</sup>, Bo-Young Jeon<sup>7</sup>, Sun-Hee Cheong<sup>8</sup>, Yi-Hyung Chung<sup>9</sup>, Inho Hwang<sup>10</sup>)

<sup>1</sup>한국양토양록농협, <sup>2</sup>한국식품기술사협회, <sup>3</sup>서울대학교 농업생명공학과 및 농업생명과학연구원,  
<sup>4</sup>전주대학교 기능성식품생명공학과, <sup>5</sup>신한대학교 식품조리과학부, <sup>6</sup>한국사슴협회, <sup>7</sup>연세대학교 의생명과학연구소,  
<sup>8</sup>전남대학교 해양바이오식품학과, <sup>9</sup>전북바이오융합산업진흥원 연구개발부, <sup>10</sup>전북대학교 동물자원학과

<sup>1</sup>Korea RND Nonghyup

<sup>2</sup>Korea Food Engineers Association

<sup>3</sup>Department of Agricultural Biotechnology and Research Institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University

<sup>4</sup>Department of Functional Food and Biotechnology, Jeonju University

<sup>5</sup>Department of Food Science & Culinary Arts, Shinhan University

<sup>6</sup>Korea Deer Breeders Association

<sup>7</sup>Department of Biomedical Laboratory Science, Yonsei University

<sup>8</sup>Department of Marine Bio-Food Sciences, Chonnam National University

<sup>9</sup>Department of Research & Development, Jeonbuk Institute for Food-Bioindustry

<sup>10</sup>Department of Animal Science, Chonbuk National University

## 1. 서론

녹용은 2000년 이전부터 동양 전통의학(神農本草經)에서 출발하여 면역 조절, 항암, 항피로, 항골다공증, 항염증, 진통제, 항박테리아, 항바이러스, 항스트레스, 항산화, 저혈당, 조혈 조절 활성화 및 지방암 증식에 대한 치료 효과 등 다양한 질병을 치료하기 위해 널리 이용되어 왔다(Kawtikwar et al., 2010; Wu et al., 2013). 녹용의 효과에 대한 논문은 한국, 중국, 일본, 러시아, 뉴질랜드를 중심으로 연구되고 있다. 2000년 이후 발표된 이에 관한 논문만 해도 2,600여편

이 논문은 Journal of Animal Science and Technology(JAST)에 출판된 영문논문의 내용이 포함되었으며, 인용을 원하시는 경우 원문을 참고해 주시기 바랍니다(Yoo et al. 2021. Enhanced  $\gamma$ -aminobutyric acid and sialic acid in fermented deer antler velvet and immune promoting effects. Journal of Animal Science and Technology, DOI: <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e132>).

\*Corresponding author: Yong-An Kim  
Korea RND Nonghyup, Seoul 04949, Korea  
Tel: +82-2-488-4343  
Fax: +82-2-482-6905  
Email: food24@empal.com

에 달한다. 지난 몇 년간의 녹용에 대한 연구결과에 따르면 기능성 지질, 약리 작용, 600개 이상의 생리활성물질 등이 구명되어 건강 기능성 식품 및 의학적 치료제로 사용될 수 있음을 입증하고 있다(Kawtikwar et al., 2010; Sui et al., 2014; Pham et al., 2019; Kim et al., 2021a). 그럼에도 불구하고 국내산 녹용에 대한 기초 연구 및 산업화와 관련된 연구결과는 드물다. 이에 국내산 녹용의 지표물질에 대한 기초적 증거, 국내산 녹용의 발효와 이에 적합한 프로바이오틱 균주 발굴 및 유용 성분 흡수 증가 등을 포함하여 이를 이용한 산업화 기준제정이 시급한 실정이다.

이 기고문에서는 수입 녹용과 국내산 녹용의 특징 및 발효녹용의 기능성 목표와 방향성에 따른 균주의 선발, 사전 주의사항, 산업화에 적절한 원료선발, 적정수율, 발효녹용 정의 및 권장 복용량 등과 같은 산업화 기준 등에 대한 연구결과를 소개하고자 한다. 여기에 인용한 연구결과의 상당부분은 농협중앙회 지원 및 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 지원을 받아 연구과제로(320111-1, 321033-3) 수행된 3편 보고서, 4

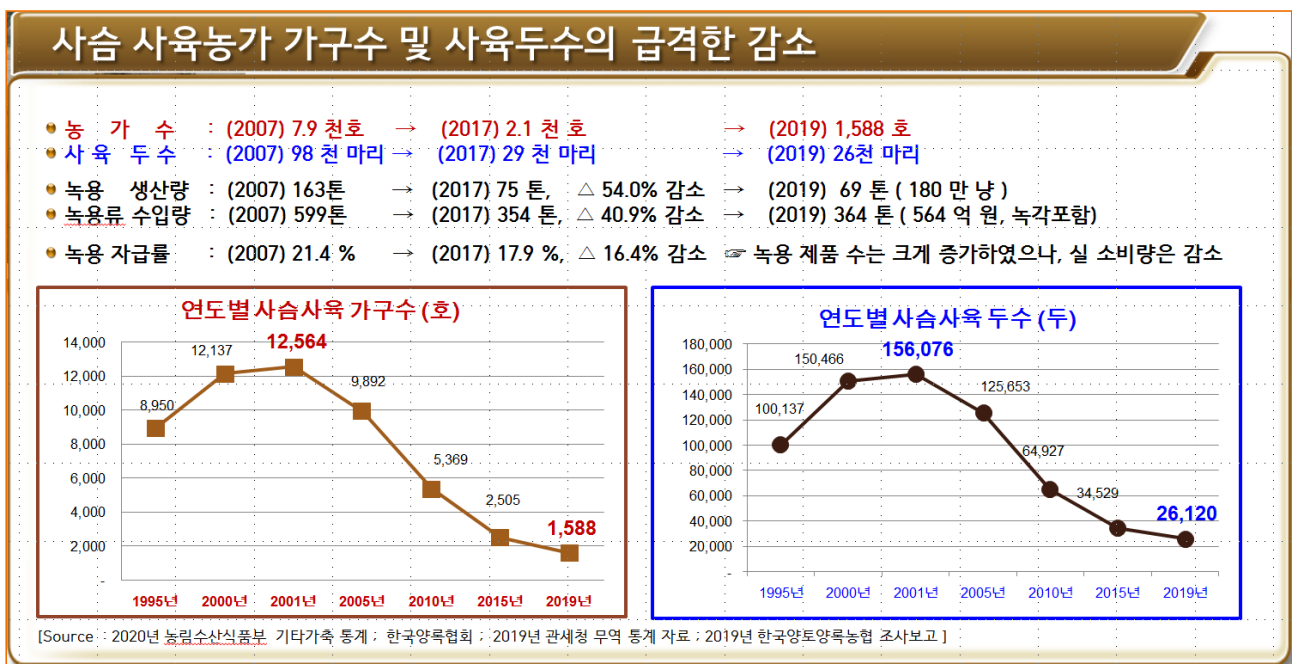
편 논문(Kim et al., 2021a; Mun et al., 2021; Yoo et al., 2021a; Kim et al., 2021b) 및 8건 발표(Hong et al., 2021; Yoo et al., 2021b; Yoo et al., 2021c; Yun et al., 2021; Lee et al., 2021; Kang et al., 2021a; Kang et al., 2021b; 김용안, 2021) 및 미발표자료가 포함되어 있음을 밝힌다.

## II. 본론

### 1. 국내 녹용 산업 현황

국내 사슴사육농가는 2001년 12,564호(98천두)이었으나, 한류 FTA로 이후로 크게 줄었으며, 2019년에는 1,588호(26천두)로 크게 감소하였다. 국내산 녹용(건조절편; 분골·상대)의 가격은 78천원/냥(37.5g)으로 가장 비싸, 러시아산과 뉴질랜드산은 국내산 대비 72%(51,200원/냥), 뉴질랜드산은 52%(37,000원/냥) 수준이다(2019 조사보고서). 2019년 기준 국내 녹용생산량은 약 68.6톤이며, 녹용류 수입량은 364톤(565억원)으로 그 중 녹각이

그림 1. 국내 사슴 사육농가 가구수 및 사육두수 변화



79톤(21.7%)을 차지하고 있으며(관세청, 농림수산물식품부 통계, 2019), 상품성이 없는 녹각의 녹용 둔갑 판매는 국내 소비자들과 녹용시장 질서에 혼란을 일으키고 국내산 녹용의 판매 저하와 재고량 증가의 원인이 되고 있다.

## 2. 녹용 및 생녹용과 관련된 국내 규격

동의보감 본초에 의거 예로부터 사람의 건강 상태에 따라 녹용, 녹각, 녹골, 녹혈, 녹육, 녹두, 녹신, 녹근 등 여러 부위를 달리 사용하였으나, 현재 국내에서 인정하는 약용 녹용(鹿茸)은 매화록(*Cervus nippon* T.)·마록(*Cervus elaphus* L.)·대록(*Cervus canadensis* E.) 품종에 한하며, 아직 골질화되지 않았거나 약간 골질화된 어린뿔(velvet antler)로 중금속·비소가 3ppm 이하, 건조감량 14% 이하, 절각부위 상부 5cm 부분 회분함량 35% 이하 여야 하며(대한민국약전외한약(생약)규격집, 2022), 녹용 절편 및 식품용 녹용 역시 이 고시에 따라야 한다.

식품용 생녹용은 매화록, 마록, 대록 품종의 건조되지 않은 뿔을 말하며, 원형 또는털을 제거하여 90℃ 이상의 열수를 이용하여 3회 이상 세척 후, 냉동상태로 포장 및 보관·유통되는 것으로 추출 가공식품에만 사용할 수 있다(식품의 기준 및 규격, 2022). 국내의 경우, 의약용 및 식품용으로 이용 시 녹각은 녹용이라는 표현을 쓸 수 없다. 따라서 일부 가공제품 또는 유통업소에서 녹각을 “오래된 녹용” 또는 녹각을 발효한 것을 “오래된 녹용의 발효”로 표시 또는 표현하는 것은 적절치 못하며 녹각도 약리학적으로 효능이 있다는 것은 인정하나, 소비자를 혼동시키는 표기 방법 및 둔갑 상술은 바람직하지 않다.

## 3. 국내산, 러시아산, 뉴질랜드산 녹용의 공통지표물질 및 차별화 마커 발굴

### 가. 시료 및 이화학 분석

중대형 녹용을 대상으로 주요 생산국인 한국, 러시아 및 뉴질랜드산을 대상으로 공통지표물질과 원산지별 차

별물질을 분석하였다. 중대형 품종의 녹용은 국내 녹용 유통시장의 99% 이상을 차지하고 있다. 국내산 대록(*Cervus canadensis*, Elk), 러시아산 마록과 뉴질랜드산 붉은사슴(*Cervus elaphus*, Red deer)의 녹용 절편(분골상대 부위)을 국내 소매 녹용 유통시장(서울, 제천, 금산, 대구, 진안 약령시장 및 온라인)에서 2차(2019년, 2020년)에 걸쳐 각각 구입, 원산지별로 32점씩(64냥) 총 7.2kg을 시험에 공시하였다.

국내산녹용추출물(KVA), 러시아산녹용추출물(RVA), 뉴질랜드산녹용추출물(NZVA)에 대한 수분, 미생물, 조지방, 단백질, 필수아미노산(AA), 고형분 함량, 항산화물(DPPH, ABTS), 미네랄(원자방출분광광도계 ICP-OES; iCAP 7400 Duo, Thermo Fisher Scientific), 향기(GC-MS, 7890BGC; 5977B MSD, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) 및 생리활성물질(UPLC-Q-TOF-MS / MS, Xevo TQ-5, Waters, Milford, USA; ACQUITY UPLC HSS T3 칼럼)을 분석하였다. 통계분석(SAS Institute, Cary, NC, USA, 2007)은 일원분산 분석절차를 사용하였으며, 원산지는 모델의 효과로 간주하였고 Duncan 다중 테스트를 사용하여 통계 분석하였다(유의차 검정  $p < 0.05$ ).

### 나. 원산지별 녹용의 이화학적 특성 및 기능성 지표물질·마커

원산지별 미생물 유형은 공시한 녹용 모두에서 식품 안전 가이드라인 이내의 비교적 낮은 호기성 플레이트와 진균류가 검출되었으나 원산지 상호 간에 유의적 차이는 없었다. 미네랄은 국내산(KVA)이 러시아산(RVA)보다 Fe 함량이 높은 반면, 러시아산(RVA)은 국내산(KVA) 또는 뉴질랜드산(NZVA)에 비해 Mn, Zn, Ca 함량이 더 높았다.

필수아미노산, 향기 및 자유 라디칼소거 활성은 국내산(KVA)이 러시아산(RVA)과 뉴질랜드산(NZVA)에 비해 풍부하고 우수하였다. 일반적으로 식품은 저장 중 항산화 활성과 물리화학적 특성이 감소하는 특징이 있다(Zarei et al., 2019; Kang et al., 2020). 따라서 수입산 녹용

에서 다소 낮게 나타났으나, 이는 원산지별 특징이기보다 수입 녹용의 원거리 이동에 따른 장기간의 유통, 보관, 판매로 인한 녹용 고유 생리활성물질의 소실로 인한 결과로 추정되었다.

녹용(鹿茸)은 『신농본초경(神農本草經)』 중품(中品)에 수재된 이래 오늘에 이르기까지 동양의학(한의학)에서 가장 중요하고 다양하게 취급되는 약재이며, 수많은 문헌에 질병 치료·치유·회복·개선 등의 많은 기록이 있다. 현대에서도 녹용의 기능성 지표물질에 대한 연구는 지속되어 강글리오사이드(Ganglioside), 시알산(Sialic acid), 우론산(Uronic acid), 글리코사미노글리칸(Sulfated-Glycosaminoglycans, S-GAGs), 프로테오글리칸(Proteoglycan), 폴리아민(Polyamine), 가바( $\gamma$ -aminobutyric acid, GABA), 인슐린 유사 성장인자(Insulin-like growth factor 1, IGF-1), 표피성장인자(Epidermal growth factor, EGF), 섬유아세포 성장인자(Fibroblast growth factor 2, FGF-2) 등이 있으나, 현재까지 과학으로는 수많은 질병 치유 원인물질을 다 밝힐 수 없다. 즉, 녹용 지표물질 설정이 어려운 것은 녹용은 너무나 많은 유용한 지표성분을 가지고 있으며, 이미 알려져 있는 대표적인 유용물질이라도 녹용의 사양환경과

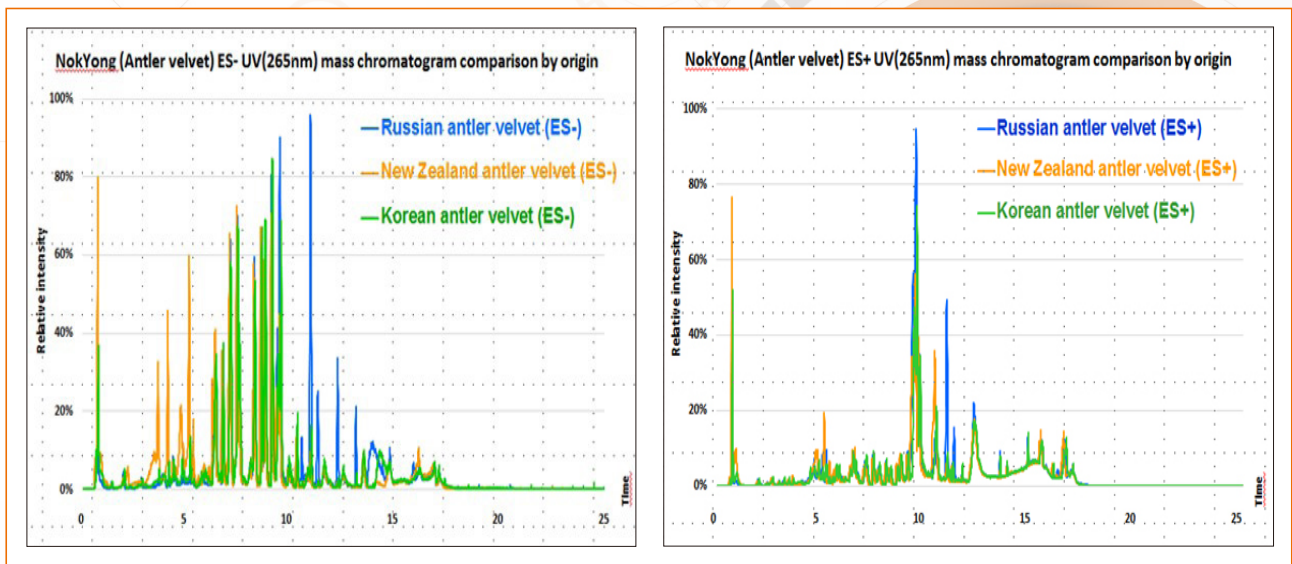
채취방법, 보관 유통상태, 가공방법에 따라 크게 변화되기 때문이다.

UPLC-QTOF-MS/MS 분석 결과 각국의 녹용의 공통 지표물질 412종류와 원산지별로 차별화되는 300개의 마커물질을 발견하였다(그림 3). 하지만 높은 검출량에도 불구하고 확인되지 않은 1,000개의 미확인 물질(명명되지 않은 물질)은 향후 더 많은 연구를 통해 밝혀지기를 기대한다(그림 2).

UPLC-QTOF-MS/MS에 의한 녹용의 대사체 분석을 보면(그림 2), 각 국가별로 다양한 물질의 피크 강도가 다르게 형성됨을 알 수 있다. 이는 한 두 개의 특정 기능성 물질만을 비교하여 자국의 녹용이 더 우수하다고 주장할 수 없음을 의미한다.

그럼에도 불구하고 품종별로 기능성지표물질을 비교한 연구결과들의 경우, 녹용의 1~2개 특정 기능성지표 물질에서 특정 품종이 더 우수하다는 발표도 있었다. Kuo 등(2018)은 삼바사슴이 붉은사슴보다 기능이 우수하다고 발표하였으며 Kim 등(2021a)은 3개국 녹용에서 공통적으로 발견되는 물질 중 카보테그라비르(Cabotegravir, C<sub>19</sub>H<sub>17</sub>F<sub>2</sub>N<sub>3</sub>O<sub>5</sub>, CSID 30829503)의 함량이 국내산에서 더 높은 것으로 보고하였다. 이 물질은 지속형 항레트

그림 2. 원산지별 녹용의 생리활성물질 UPLC-QTOF-MS/MS 크로마토그램

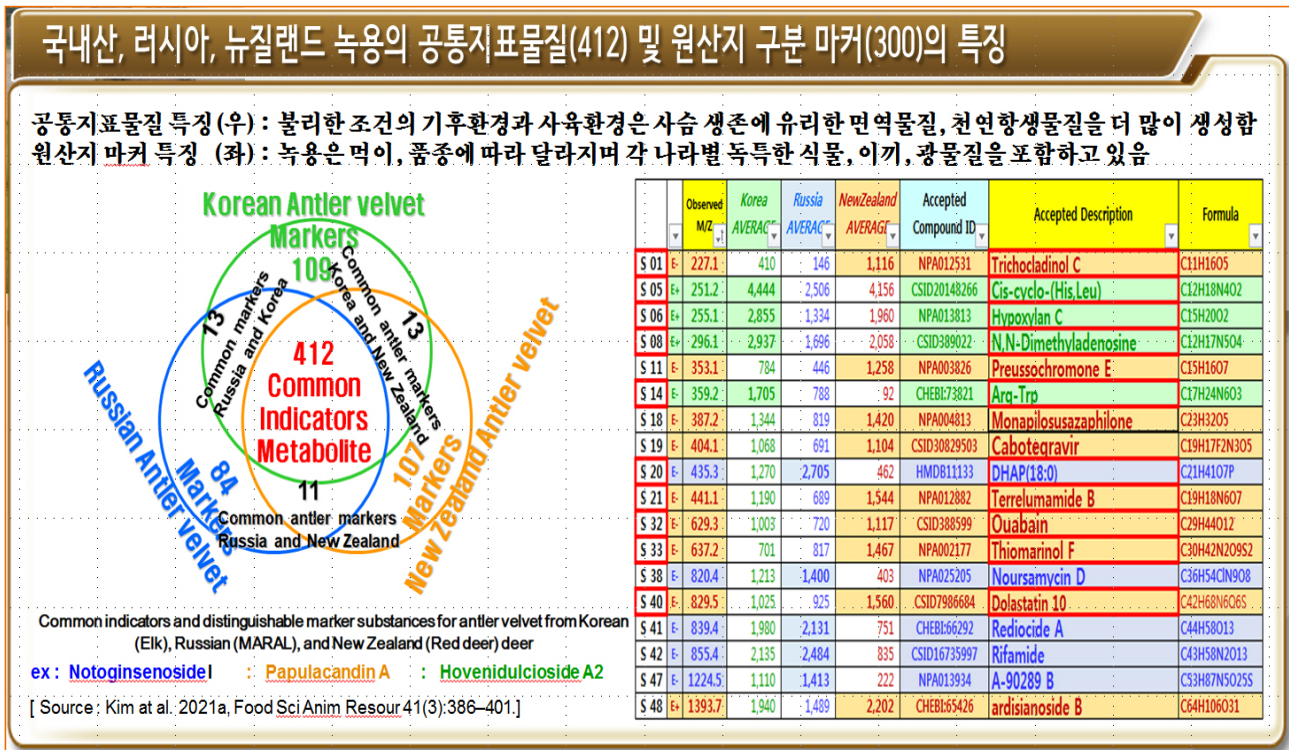


로바이러스 물질로 2021년 12월 미국의약국(FDA)에서 최초 HIV 예방 주사 약물로 승인한 바 있다(Sharfstein, et al., 2022). 하지만, 이 연구결과에 나타난 3개국 품종에 대한 공통 지표물질 412종류 모두를 살펴보면 어느 나라 녹용이 더 특별하게 좋다고 할 수 없다. 이를 입증하기 위해서는 사슴 두 품종의 연령, 환경, 먹이, 일조량에 따른 호르몬 변화시스템을 동일조건으로 관리한 이후 절각하여 분석해야 할 것이다.

원산지별 녹용의 공통지표물질 중 특이한 특성은 각 원산지별 녹용은 사슴들은 생태적 사육환경에 스스로 적응하거나 또는 열악한 불량환경(기후, 황사, 혹한, 해양성 습기 등) 조건에서 생존에 필요한 면역물질과 천연항생물질을 더 많이 생산하는 경향을 보였으며, 이러한 물질들이 원산지가 다른 녹용보다 더 많이 축적되어 있었다(그림 3 좌측). 즉 412 종류 공통지표물질 중 일부는 불량 사육환경에서 사슴이 스스로 생존하기 적합한 면역·항생물질이 더 많이 생산되는 특징이 있다고 할 수 있다.

원산지별 녹용의 300여 종류의 마커물질은 품종 간의 차이는 크게 발견되지 않으나, 원산지에서 섭취했을 것으로 추정되는 각 나라의 고유한 토양과 광물, 자생 약초, 나무껍질, 나리과 식물, 이끼 등의 지표 물질이 발견되었다. 국내산에서는 헛개나무, 인삼류, 감초류, 칩류 등의 지표물질이 검출되며, 러시아산에서는 죽절인삼, petraea 껍질, 영지과 등의 지표물질이, 뉴질랜드산에서는 파슬리 뿌리, 해양성 이끼 등의 지표물질이 검출되었다. 즉, 원산지를 구분할 수 있는 마커 물질을 살펴볼 때, 사슴의 낙각(춘분 전후) 이후부터 절각일까지의 먹이와 광물질 공급에 따라 달라지며(그림 3 좌측), 이 시기에 적절한 먹이 및 광물질 공급과 일조량이 전제되어야 우수한 녹용을 생산할 수 있을 것으로 추정할 수 있다. 또한 원거리 이송 및 유통으로 녹용 건조시기가 다소 오래되었을 것으로 추정되는 수입녹용에서 향기의 소실, 항산화성이 떨어지는 것으로 나타났으나, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.

그림 3. 원산지별 녹용의 공통지표 물질 및 차별 마커 특징



#### 4. 전통 발효식품 유래 미생물을 이용한 발효녹용의 생리활성 성분 및 면역반응

##### 가. 미생물 선발

한국 전통식품(된장, 청국장, 고추장, 된장 등)과 유아 분변에서 식품용 신규 프로바이오틱스 유산균을 분리·동정하여 이를 이용, 국내산 녹용을 발효(고상발효 및 액상발효)하였다. 녹용 유효성분과 지표성분을 측정하기 위하여 pH측정, 생균 수(colony forming unit), GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid), 시알산(sialic acid), 총 질소량, 총아미노산, 단백질, 우론산(Uronic acid), GAG(Glycosaminoglycan), DPPH, Tricine SDS PAGE를 실시하여 비교하였다. 발효녹용에 대한 안전성 및 독성 평가를 위하여 관련법령(의약품등의 독성시험기준, 동물보호법 및 실험동물의 관리와 사용에 관한 법률, 2017)을 준수하여 측정하였다.

발효녹용에 대한 면역증강 평가 및 항균능력 평가를 위하여, 프로바이오틱스 발효물의 SCFA(short chain fatty acid) 생성능, 비장 조직의 적출과 계수(C57BL/6 마우스 24주령 암컷), 세포독성에 세포 생존을 분석(EZ-Cytox 세포 생존을 키트), 마우스에서 사이클로포스파미드 유도 면역억제 모델(19-20g의 10주령 암컷 C57BL/6 마우스, n=5, 12/12시간 조명, 온도  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 습도  $50\% \pm 5\%$ ) 준비 및 RNA 분리 및 정량적 실시간 역전사 중합효소 연쇄 반응(RT-qPCR)을 수행하였다. 통계분석은 GraphPad Prism 소프트웨어(Prism 9 Academic)를 사용하여 분석되었으며, 두 그룹 간의 비교를 위한 Student's t-test와 그룹 간의 비교를 위한 일원 분산 분석을 사용하였다. 유의성 검정은  $p < 0.05$ 로 하였다.

##### 나. 발효 미생물 선발 및 평가

국내산 녹용 발효에 적합한 항노화 기능성 프로바이오틱스 균주를 선정하기 위하여, 전주대학교와 서울대학교의 보유 균주 및 신규 분리한 균주 중 김치와 유아분

변에서 분리한 *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*를 포함한 유산균주 150개를 대상으로 내산, 내담, 부착능 실험을 통과한 균주 들 중에서 17종의 미생물을 선발하여, 제한된 시간 내에 항노화 효능을 평가하기 *C. elegans* (*Caenorhabditis elegans*) 모델을 활용(Nass & Hamza, 2007; Uno & Nishida, 2016; Tissenbaum, 2014)하여 수명연장에 도움을 주는 기능성 균주를 선발하였다.

17종의 모든 균주는  $10^8$ - $10^9$  CFU/g으로 높은 증식을 하였으며(표 1), *L. rhamnosus* GG을 대조균으로 활용하였고, 녹용 추출물과 양립가능하고 균주 특이적 대사산물을 증식 및 생산했다. 그 중에서 선발한 우수한 균주는 *L. brevis* LFR20-002, *L. rhamnosus* LFR20-004, *L. sakei* LFR20-007 및 *L. plantarum*의 MR-4, MR-5, MR-14, MR-19, MR-43, MR-45 이다(표 1, 그림 4).

신경 전달 물질인 GABA를 생산하는 LAB가 보고된 바 있다(Cho et al., 2007; Patterson et al., 2019; Cuiat et al., 2020). 이를 녹용 발효 메커니즘에 응용한 결과는 그림 5(가)와 같다. *L. plantarum* 계열의 MR43, MR45, MR50은 GABA함량이 6배 이상 증가하였고, *L. sakei* LFR20-007, *L. rhamnosus* LFR20-004은 각각 3배, 2배가 증가하였다(Yoo et al., 2021a).

녹용의 주요 생리활성 성분인 강글리오사이드(ganglioside)의 함량을 간접적으로 추정할 수 있는 시알산은 생체활성 분자 바이오마커로 간주되며, 효소와 발효를 이용한 다양한 시알산 추출 방법이 보고된 바 있다(Jang et al., 2020; Lee et al., 2015; Je et al., 2010). 녹용 발효에 적용한 결과는 그림 5(나)와 같다. 선택된 모든 균주는 발효 후 시알산 함량을 증가시켰다. 특히 *L. rhamnosus* LFR20-006, *L. sakei* LFR20-007 및 *L. brevis* LFR20-008는 약 8배의 증가를 보였다. Park 등(2015)은 sialic acid 함량이 가장 높았고, 4일째 *Bacillus subtilis* -FAV 추출물에서 약 4배 증가한다고 보고하였다. 흥미롭게도 이 연구에서 생성된 대부분의 발효 추출물에서 GABA보다 시알산이 급격히 증가한 것으로 나타났다. 11개의 LAB 균주(LFR20-001, LFR-003, LFR-004, LFR-005, LFR-

표 1. 유산균 균주 선발 및 균주별 LAB 증식 효과

Strain ID <sup>1)</sup>	Sources <sup>2)</sup>	Oxygen <sup>3)</sup>	Temperature	Species <sup>4)</sup>	Log CFU/mL <sup>5)</sup>	
					2 d	3 d
LFR20-001	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. sakei</i>	7.30 ± 0.07	7.17 ± 0.05
LFR20-002	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. brevis</i>	8.91 ± 0.12	8.58 ± 0.34
LFR20-003	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. rhamnosus</i>	7.92 ± 0.08	8.30 ± 0.30
LFR20-004	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. rhamnosus</i>	8.43 ± 0.38	7.90 ± 0.07
LFR20-005	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. sakei</i>	9.12 ± 0.05	8.30 ± 0.00
LFR20-006	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. rhamnosus</i>	6.96 ± 0.16	3.47 ± 0.12
LFR20-007	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. sakei</i>	9.08 ± 0.11	8.59 ± 0.11
LFR20-008	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. brevis</i>	8.42 ± 0.10	7.83 ± 0.06
LFR20-009	Kimchi	Anaerobic	37°C	<i>L. brevis</i>	9.08 ± 0.04	8.79 ± 0.10
MR1	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.59 ± 0.11	5.63 ± 0.04
MR4	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.72 ± 0.12	5.66 ± 0.07
MR5	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.46 ± 0.15	5.22 ± 0.14
MR14	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.66 ± 0.39	5.05 ± 0.25
MR19	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.43 ± 0.23	5.48 ± 0.07
MR43	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.26 ± 0.24	7.11 ± 0.03
MR45	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.30 ± 0.30	8.00 ± 0.17
MR50	Infant feces	Anaerobic	37°C	<i>L. plantarum</i>	8.36 ± 0.10	7.01 ± 0.15

<sup>1)</sup> LFR number는 150개 균주 중 probiotic 특성을 선별하여 제공하였다.

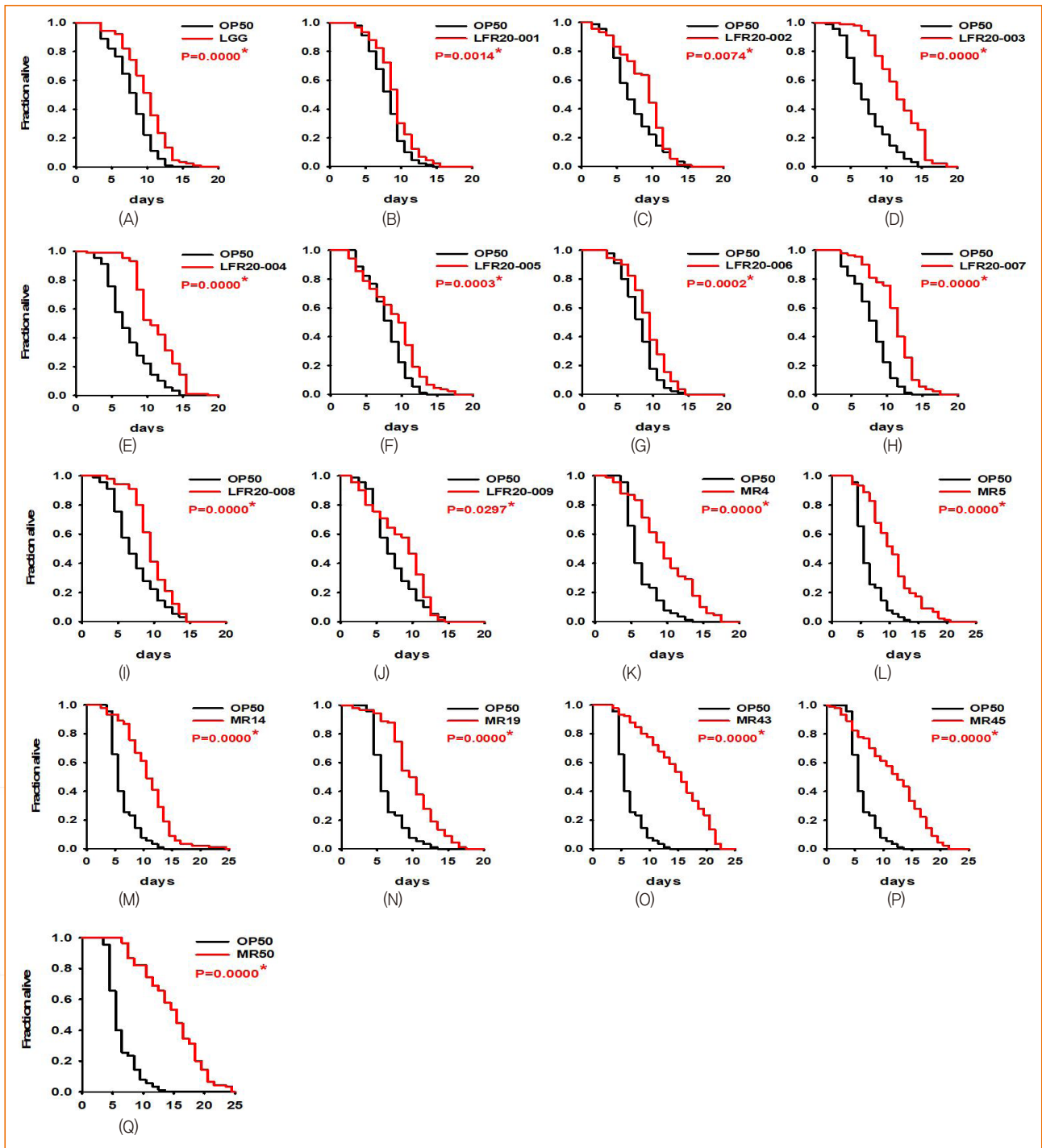
<sup>2)</sup> 전주대학교 윤리위원회(jjRB-210215-HB-2021-0212)의 승인을 받은 10명의 영유아 분변.

<sup>3)</sup> 산소 요구 사항.

<sup>4)</sup> 16S rRNA sequencing으로 동정된 유산균만을 제공한다. 16S rRNA 유전자에서 V4 영역을 증폭하기 위해 341F/805R 프라이머를 사용했으며, 16S rRNA 유전자 앰플리콘 시퀀싱은 Macrogen(서울, 한국)의 Illumina MiSeq 플랫폼에서 수행되었다.

<sup>5)</sup> 유산균수는 발효물 1mL당 1일, 2일, 3일에 걸쳐 3회 측정하여 Log 값으로 표시하였다.

그림 4. 프로바이오틱스 가능성 균주(17종)의 *C. elegans* 노화방지·수명연장 효능

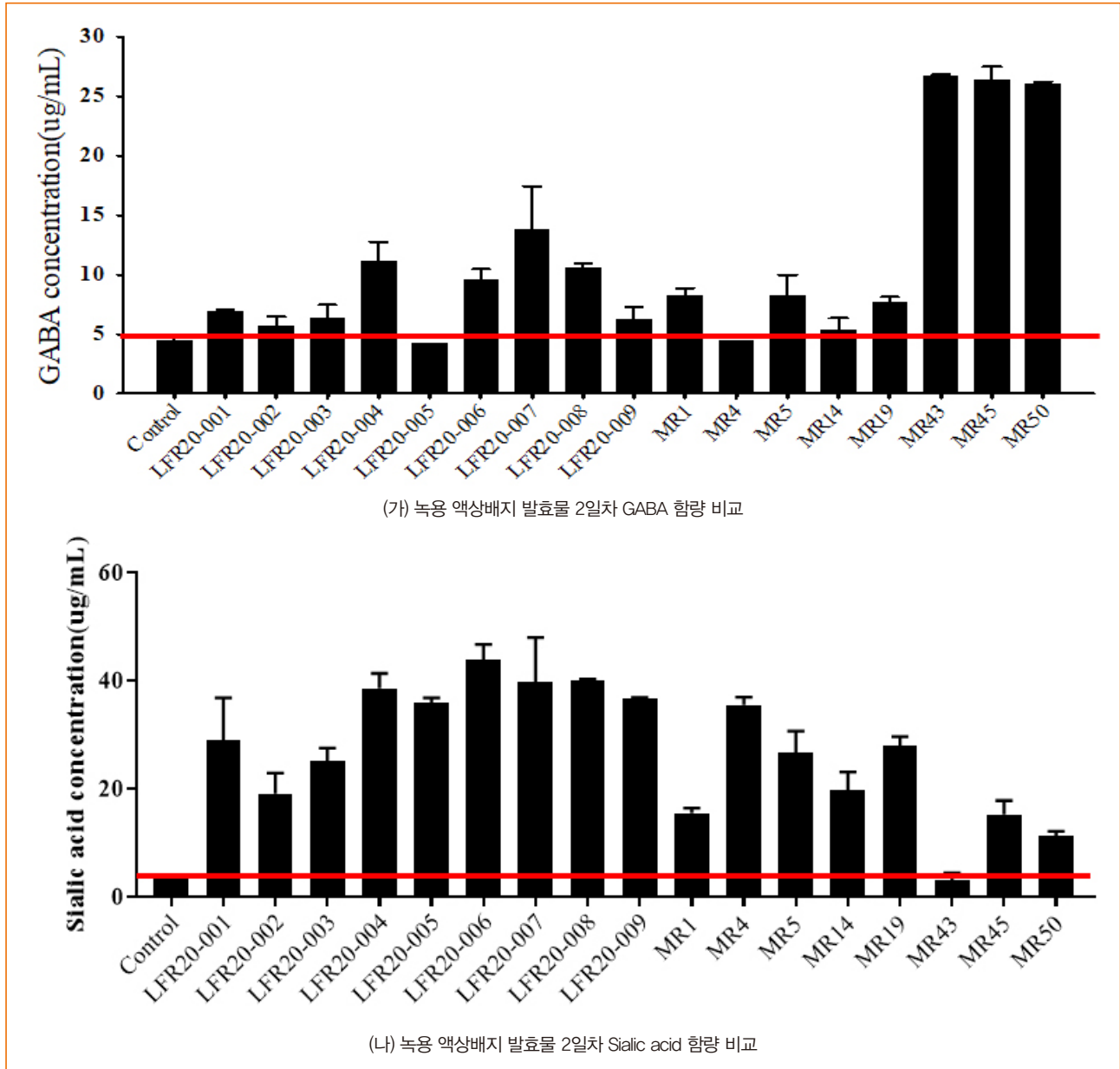


24시간 동안 각 균주(빨간색선)로 사전 컨디셔닝하여 *C. elegans*의 항노화 수명 연장을 측정하였다.

(A) *L. rhamnosus* GG(LGG), (B) *L. sakei* LFR20-001, (C) *L. brevis* LFR20-002, (D) *L. rhamnosus* LFR20-003, (E) *L. rhamnosus* LFR20-004, (F) *L. sakei* LFR20-005, (G) *L. rhamnosus* LFR20-006, (H) *L. sakei* LFR20-007, (I) *L. brevis* LFR20-008, (J) *L. brevis* LFR20-009, (K) *L. plantarum* MR4, (L) *L. plantarum* MR5, (M) *L. plantarum* MR14, (N) *L. plantarum* MR19, (O) *L. plantarum* MR43, (P) *L. plantarum* MR45, (Q) *L. plantarum* MR50 (# *L. plantarum* MR1 생략).



그림 5. 프로바이오틱스 가능성 균주(17종) GABA 및 시알산 함량



006, LFR-007, LFR-008, LFR-009, MR4, MR5 및 MR19)는 녹용 발효 후 GABA보다 시알산을 더 증량시키는 능력을 나타냈다.

**다. 미생물 발효와 효소 발효 선택 기준**

녹용의 발효 효과는 녹용의 부위별 특성(분골·상대,

중하대, 녹각 등), 발효 형태(고상발효, 액상발효) 및 발효 방법(효소, 미생물)에 따라 달라진다. 따라서 그 목적을 고려하여 특정 기능성 강화 미생물 사용(기능성 목표), 아니면 생산성 향상과 저분자 펩타이드 획득에 유리한 효소를 적용할 것인지(방향성)를 결정하여야 한다.

발효 균주의 선발은 각 접종균의 기능성 물질 생성 능력 및 유효성분의 확인이 필요하다. 따라서 우리가 수행

한 연구에서는 녹용 발효에 적합한 균주는 *C. elegans*의 수명연장 효능이 대조군(LGG균)보다 우수한 10개의 균주, GABA 생성 능력이 2배 이상인 상위 6개 균주, 시알산 함량이 5배 이상 높은 10개 균주를 대상으로 하여 발효 2일째 생균 수가 1억 마리 이상의 활성을 보이는 균주를 벤다이어그램을 활용하여 선발하였다. 최종적으로 김치에서 분리된 *Lactobacillus rhamnosus* LFR40-004와 *Lactobacillus sakei* LFR20-007를 선발하였다. 2종류의 유산균을 활용한 이중 발효를 실시하여 발효물의 유효성분을 분석하였다.

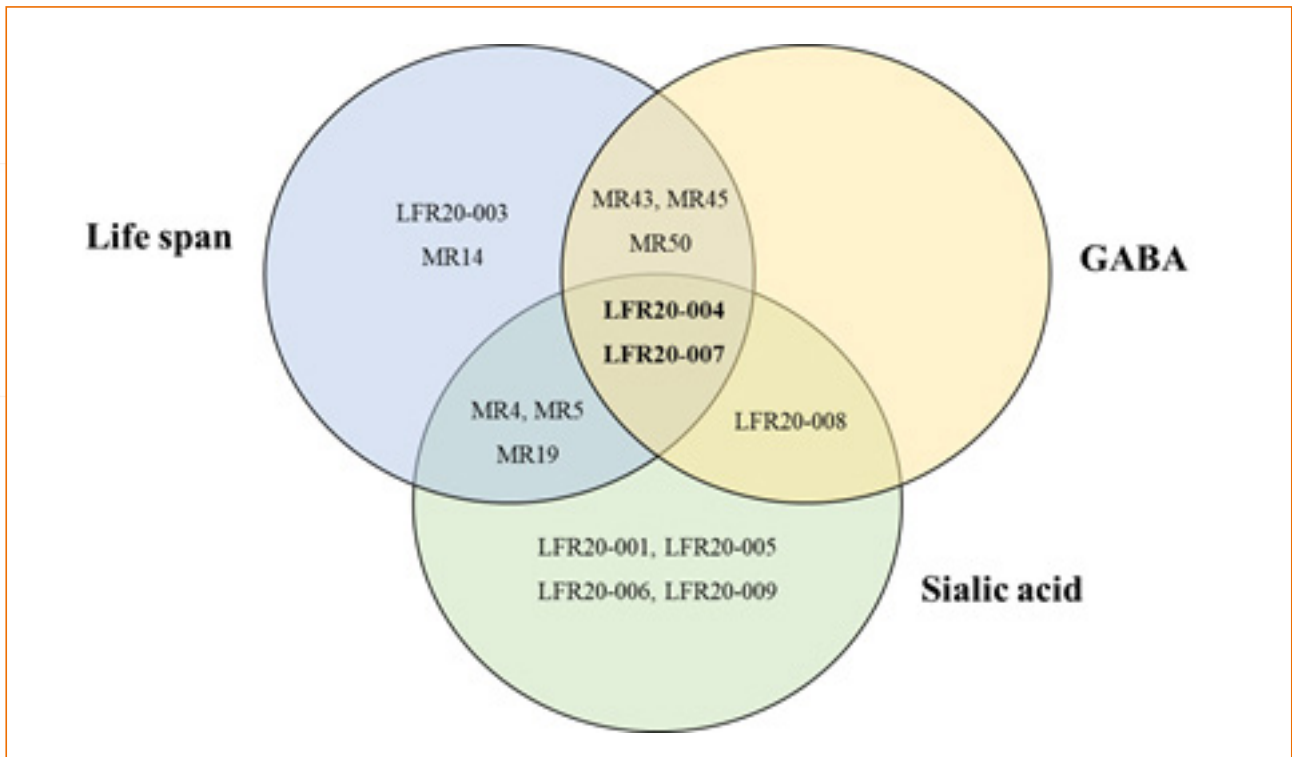
### 라. 혼합균주 녹용 발효시 기능성 지표물질의 변화

녹용은 최종 선발된 균주 *Lactobacillus rhamnosus* LFR40-004와 *Lactobacillus sakei* LFR20-007를 혼합

하여 액상 발효하였다. 발효물은 GABA, Sialic acid 함량을 조사하였다. 그 결과, 두 균주를 혼합 발효한 녹용 추출물이 발효하지 않은 것에 비해 GABA와 Sialic acid 함량이 각각 약 2.6배, 약 2배 증가하였다. 혼합 균주 발효 이후 대사체를 비교·분석을 하였다. 발효 이후에 propanoic acid, butanedioic acid 등 유용한 단쇄지방산이 검출되었고, 아미노산 및 유도체들의 증가를 확인하였다. Galatose와 mannose 등 당당류의 함량은 감소하였으나, 대사체 D-lactic acid가 젖산발효를 통해 287배 증가하였음을 확인하였다. 아미노산 중에서는 글리신함량이 6배 증가하였다. 글리신은 뇌신경계의 기능뿐 아니라 대사성 질환의 개선 및 예방에 매우 관련성이 깊은 것으로 보고되고 있다. 위의 결과로 보아 균을 활용한 녹용 발효물의 활용에 도움이 될 것으로 사료된다.

예쁜꼬마선충 *C. elegans*을 대상으로 병원균 3종

그림 6. 녹용발효의 최적균주 선발 방법(유효지표물질 검토)



발효녹용에 대한 최적의 균주를 선택하기 위하여 온라인 소프트웨어 Venny 2.1.0(<http://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html>)에서 생성한 Venn Diagram [Life span(*C. elegans* 항노화도 반영); GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid); sialic acid].

(*Listeria monocytogenes*; *E. coli* O157:H7; *Salmonella typhi* SL 1344)의 감염에 대한 항균력을 비교하는 Killing assay를 실시하였다. 녹용 추출물 및 발효물에서도 유의미한 항균 효능을 보이는 것으로 관찰되었다. Yoo et al.(2021a)은 혼합(*Lactobacillus rhamnosus* LFR40-004와 *Lactobacillus sakei* LFR20-007) 발효 녹용은 *C. elegans* 실험에서 *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella typhi* SL 1344에 대한 저항성 증가를 최초로 밝혔다.

암수 Sprague-Dawley 랫드를 대상으로 혼합 균주 발효 녹용 분말을 최대치(추출건조분말 중량으로써 5,000mg/kg/day)를 경구투여 후, 2주동안 특이증상 관찰, 부검을 통한 독성반응 조사 및 치사량 실험을 수행하였다(동물보호 준수, 승인번호: IACUC-21-008). 사망 사례 및 특이 증상, 체중, 부검, 노검사, 혈액학적 검사, 혈액생화학적 검사에서 시험물질 투여에 의한 유의적 결과는 관찰되지 않았다. 개략적 치사량은 암수 모두 시험물질 5,000mg/kg/day을 상회하는 것으로 판단되었다. Dai et al.(2011)은 녹용 벨벳 추출물은 비장 세포와 식세포에서 항염증성 사이토카인을 자극하고 *Staphylococcus aureus*(황색 포도구균)에 감염된 생쥐에서 보호 역할을 한다고 보고했다. 아울러 발효산물은 젖산과 같은 단쇄유기산의 생성으로 항균력이 우수하고 발효식품의 안전한 보관에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Aldunate et al., 2015; Gao et al., 2019; Rhee et al., 2011; Daliri et al., 2020). 혼합균주 발효 녹용(FAV)은 병원성 박테리아에 대한 *C. elegans*의 내성을 증가시키는 것으로 나타났다(Yoo et al., 2021a).

혼합균주 발효 녹용의 세포독성 평가를 위하여, 노령의 마우스(6개월, C57BL/6, 암컷)에서 분리한 비장 세포(splenocyte,  $5 \times 10^6$ /mL)를 분주하였다. 이후, Cyclophosphamide(Cy, 1.6mg/mL)를 처리하여 면역억제를 유도하여 세포의 생존율을 측정하였다. 녹용 및 발효 녹용을 Cy와 함께 처리하여 48시간 후의 세포 생존율을 확인한 결과, 발효 녹용은 모든 농도 처리군에서 생존율 증가 효과가 뚜렷함을 확인하였다.

혼합균주 발효 녹용의 세포보호 효과를 측정하기 위하여, 11주령 암컷 마우스(C57BL/6)에 녹용추출물 및 녹용발효물을 4주간 매일 경구투여하였다. 이후 cyclophosphamide를 2회 처리, 부검하여 비장세포의 cytokine 발현 및 분리 혈액의 면역 biomarker를 분석하였다. 녹용발효물에 대한 마우스 동물 모델 *in vivo* 실험은 그림 7과 같다.

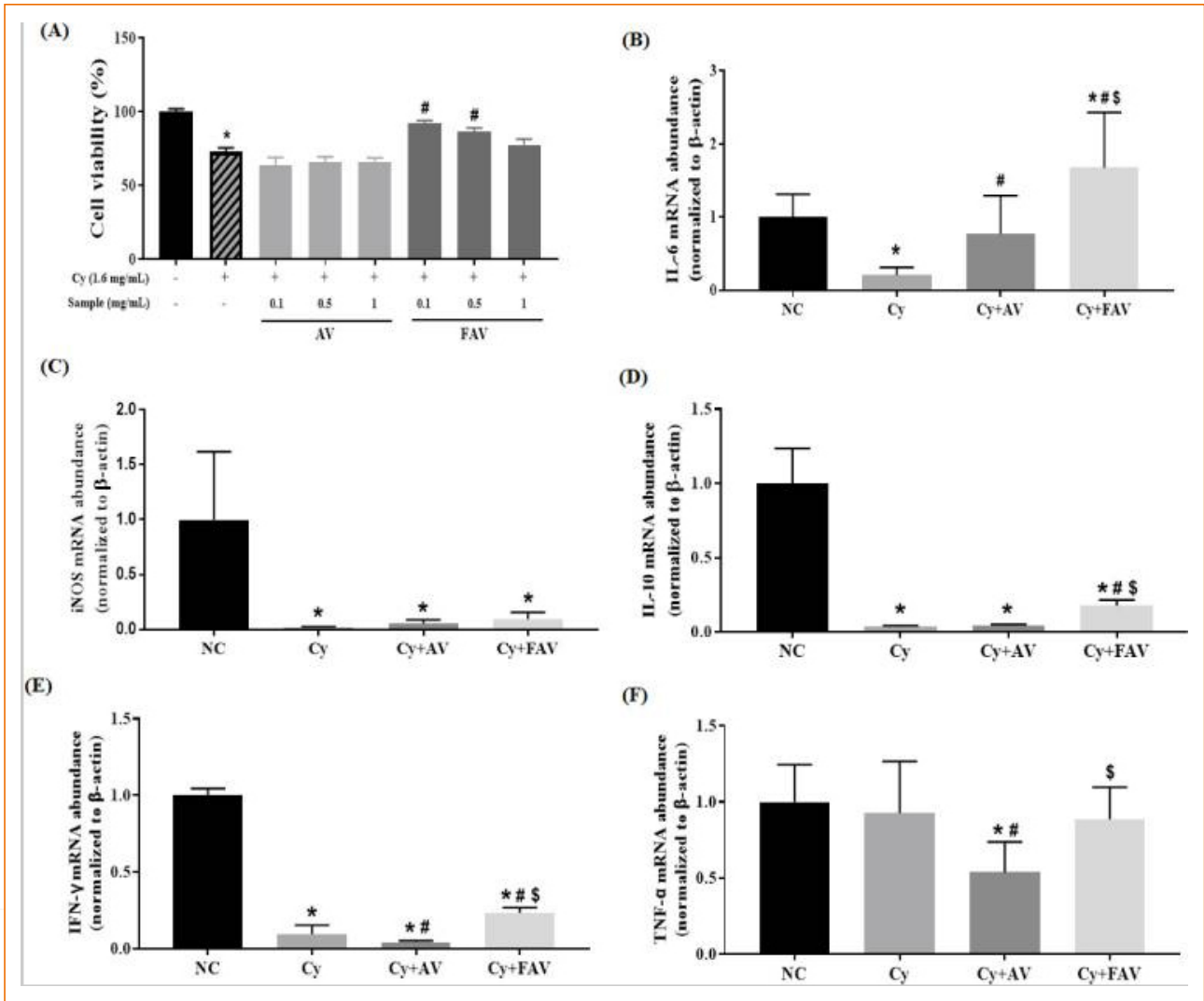
활성화된 대식세포에 의한 인터루킨(IL)-6, IL-10, 인터페론(IFN)- $\gamma$ , 유도성 질소 생성효소(iNOS), 종양괴사인자(TNF)- $\alpha$ 와 같은 다양한 면역 조절제의 발현은 유해 인자에 대한 숙주 방어에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다. 인터루킨(IL)-6 및 종양괴사인자(TNF)- $\alpha$ 와 같은 사이토카인은 감염 초기 단계에서 필수 면역 기능을 나타낸다(Higuchi et al., 1990; Lee et al., 2004).

인터페론(IFN)- $\gamma$ 는 제1형 T-helper(Th1) 유래 사이토카인으로서 세포 매개 면역 반응에 중요한 역할을 하며(Mosmann et al., 1989), 인터루킨(IL)-6 및 IL-10은 체액 면역을 촉진하는 type 2 T-helper(Th2) 유래 사이토카인(Constant and Bottomly, 1997)이다. 유도성질소 생성효소(iNOS)는 병원성 미생물과 종양 세포를 중화시키기 위해 대식세포를 활성화하는 중요한 분자에 의해 합성된다(Ren et al., 2017).

면역조절제의 생산을 촉진하기 위하여, 면역억제 생쥐에서 분리된 비장세포에서 IL-6, IL-10, iNOS, IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ 와 같은 면역 조절제의 mRNA 발현을 분석했다. 비장 조직 유래 세포에서 혼합발효녹용(FAV)가 녹용추출물(AV)보다 훨씬 높은 면역조절제의 생산을 촉진했다.

병원체에 감염된 *C. elegans*에 대한 FAV(fermented antler velvet, 발효녹용) 추출물의 생존 효과를 측정하기 위하여, FAV의 생물학적 활성을 AV(antler velvet)와 비교했다. *C. elegans*(10주), GABA 생산(6주), sialic acid 함량(10주)의 수명을 증가시킨 균주 중 LFR20-004와 LFR20-007 두 균주를 발효(10종)에 활용하였다(그림 2 C). FAV의 GC-MS 분석은 유리아미노산, 단쇄지방산 및 단당류 함량이 유의하게 변화되었음을 나타냈다.

그림 7. 면역억제제(Cy) 처리된 마우스에서 비장세포의 생존 능력 및 면역촉진 사이토카인의 mRNA 발현에 대한 발효농양의 효과



(A) 비장세포를 AV, FAV(0, 0.1, 0.5 및 1 mg/mL) 및 Cy(1.6 mg/mL)로 처리했다. 모든 결과는 무처리와 비교되었다. 평균 ± SD(n=3)로 표시되었다. (B-F) 면역 촉진 지표로서 다음과 같이 사이토카인에서 mRNA의 발현을 미처리(NC)로의 배수 변화로 표현하였다. (B) 인터루킨 IL-6, (C) iNOS, (D) IL-10, (E) IFN-γ, (F) 종양괴사인자 TNF-α. 값은 평균 ± SD로 표시(n=4).  
 \* $p < 0.05$ , NC그룹과 비교, # $p < 0.05$ , Cy그룹과 비교, \$ $p < 0.05$ , Cy + A그룹과 비교.  
 (FAV, 발효농양벨벳; AV, 농양벨벳; IL, 인터루킨; iNOS, 유도성 산화질소 합성효소; IFN, 인터페론; TNF, 종양 괴사 인자; IL-6, 인터루킨).

## 5. 농양발효 시 준수사항 및 일일 권장량

### 가. 식품안전성 확보

절편 농양은 호기성균과 진균류 오염에 주의하여야 한다. 또한 발효농양은 일반 농양 절편에 비하여 미생물에

의한 변패에 취약할 수 있기 때문에 멸균 등 식품안전성을 위한 전처리가 필수적이며, 농양에서의 시름 질병을 차단하기 위한 사전 검사가 필요하다. 인용한 발효농양 연구에서 사용한 농협안심농양은 발효 전에 연세대학교의 생명과학연구소와 공동으로 원료에 대한 가축질병 감염 여부를 검사하여 식품안전성을 확보하였다(Kang et al.,

2021a; Kang et al., 2021b).

**나. 발효녹용 최종 산물의 수율 증량 한도**

정부의 발효녹용에 대한 기준이 미흡으로, 녹각 발효도 발효녹용이라 하고 있으며, 300% 이상 고형분 수율 획득을 위한 효소분해 발효녹용도 있다. 물론 저분자 펩타이드하나 일부 기능성 물질이 추가되기도 하지만, 이러한 비정상적인 발효제품은 녹용 고유의 다양한 기능성 지표물질의 심각한 부족 현상을 초래할 수 있다.

발효 녹용에 대한 소비자나 연구개발자들의 가장 큰 오류는 발효균주를 통하여 녹용특정 기능성 지표물질이 600~800% 이상 증가(그림 5 참조; GABA함량 6배, sialic acid 함량 8배, D-lactic acid 287배)되었다 하여도, 녹용 고유의 모든 기능성 물질이 동시에 몇 배나 증가할 수는 없다는 점이다.

녹용 발효방법 및 발효녹용의 효능에 대한 지나친 과장

은 소비자의 혼란과 피해를 줄 수 있다. 발효녹용이라 하더라도 일반적인 녹용 일일 권장량 즉, 녹용 원료 기준으로 1~2g을 함유하도록 하는 것이 중요하다. 따라서 정상적인 발효녹용은 “녹용이 고유적으로 가지고 있는 다양한 기능성물질이 보존된 상태에서(그림 3), 발효를 통하여 추가적인 기능성 가치를 높이는 기능(표 1, 그림 4~7)을 가지고 있을때 발효녹용이라 할 수 있다.”

그림 8(가)는 각각 750g의 건녹용 3종류와 생녹용 2,060g(건조율 36.4%)에 정제수 6L, 90℃, 20시간 추출한 후 각 추출물 고형분 함량이 12.5%에 이를 때까지 농축하여 무게를 측정(n=6) 비교한 것이다. 그 결과 생녹용은 건조 녹용에 비해 추출물 수율 20% 정도 높았으며, 발효녹용에서도 생녹용과 유사한 수율을 보였다. 이와 같은 결과는 녹용 건조과정에서 녹용 고유 액상물질(혈액 등)이 내부관 골조직 벽면에 강하게 부착 결합되어 있어(그림 9), 추출시 해리되는 추출량이 제한되기 때문이다(그림 8(가)).

그림 8. 생녹용과 건조녹용의 열수 추출 고형분 수율 및 발효녹용 적정수율

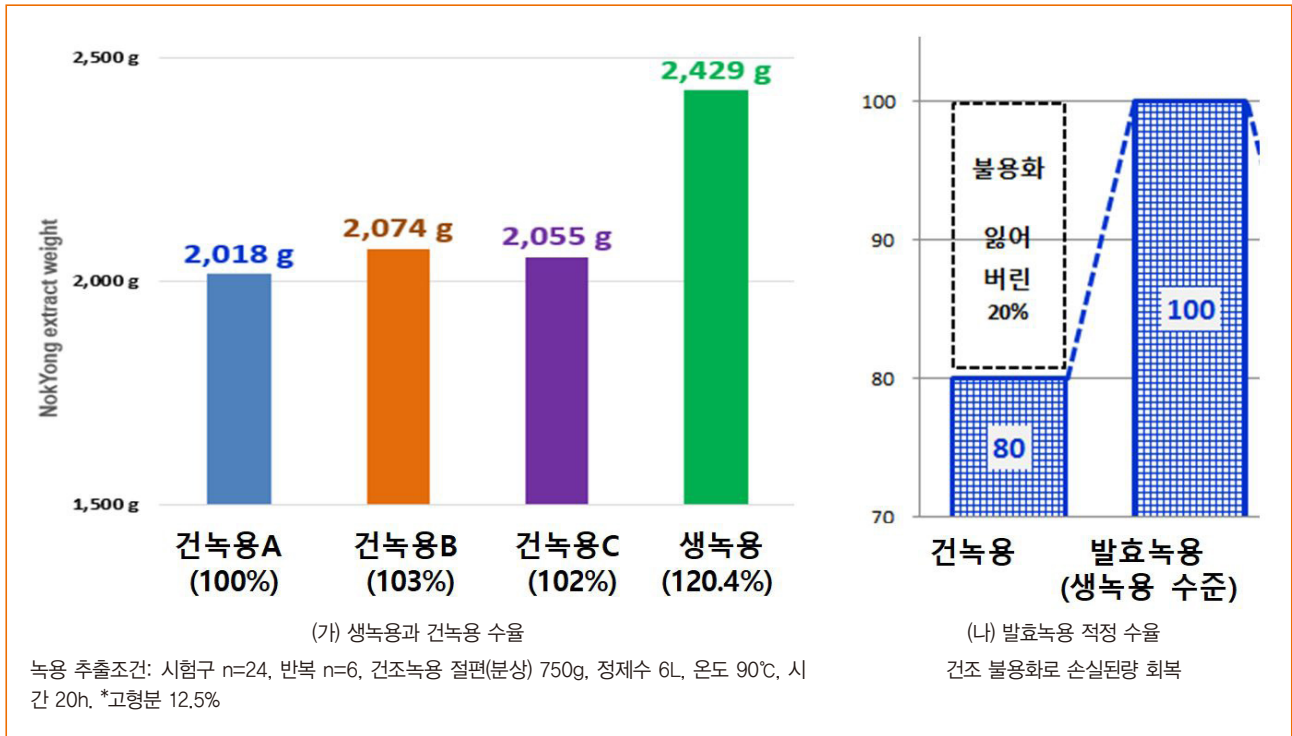
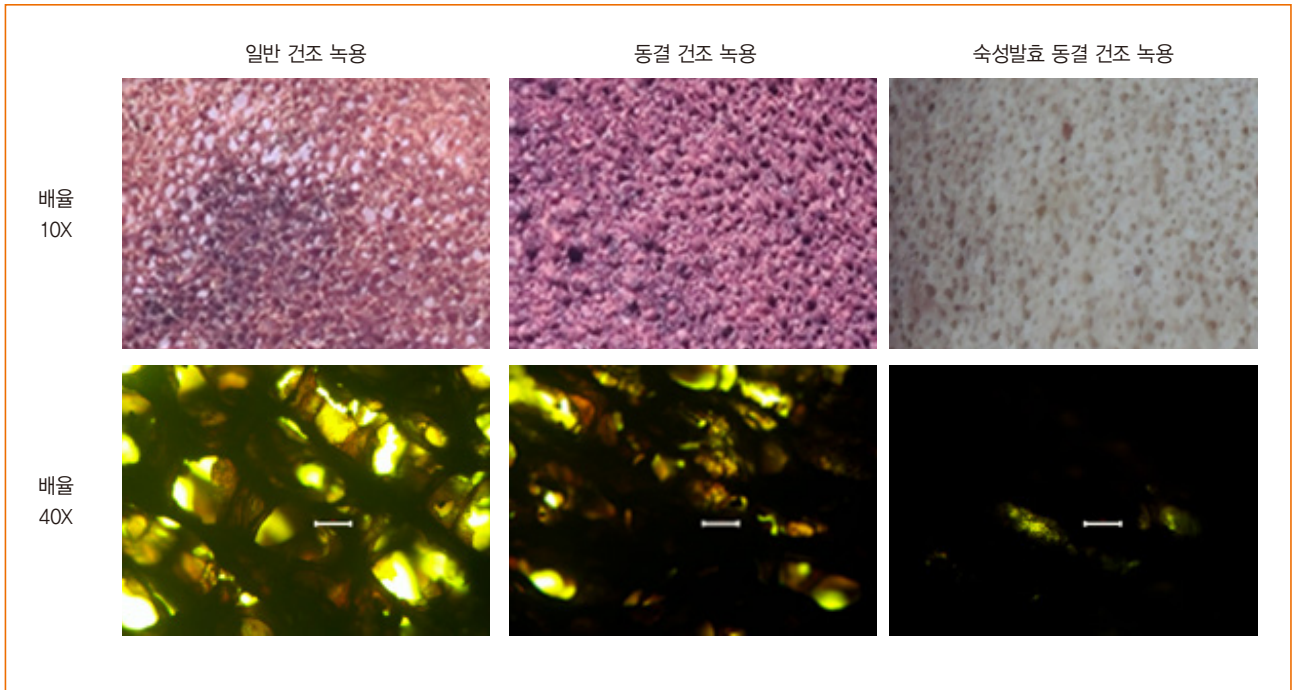


그림 9. 일반건조, 동결건조 및 발효동결건조 방법에 따른 녹용 내부 공극의 변화



“—” : 40X 배율에서 100µm 크기.

발효 녹용은 발효 미생물들이 강하게 부착 결합되어 있는 유용물질을 쉽게 유리되도록 작용하여 추출량을 증가시킨다. 따라서 발효녹용의 수율 증가 기준은 발효에 의한 자연 증가분 20~30% 이내(그림 8(나))에서 책정하는 것이 합리적이다.

액상 발효는 단백질 총 질량 변화에 제한적으로 작용하여 다양한 기능성 지표물질에 대한 수율 변화가 제한적이거나, 고상발효의 경우 건조과정 중 녹용 내부관 외벽에 강하게 부착되어 있는 녹용 고유성분을 자극하여, 부착 결합력 해소로 추출량을 증량시켜준다. 녹용 고상발효는 약 20~30%의 녹용 고유성분 증가 및 수율 증가를 기대할 수 있다.

#### 다. 향미와 풍미

대부분의 녹용제품은 경구를 통하여 약재 또는 식품으로 소비되기 때문에 제품의 향미와 풍미는 소비자의 기

호 및 구매 결정에 크게 영향을 미친다(Macleod, 1994; Wang et al., 2019). 따라서 녹용 발효 시 이용되는 균주는 최종 선택 이전에 발효물의 관능적 향기 분석을 실시하여야 한다. 아무리 좋은 발효물질이라도 소비자들이 느끼는 풍미가 부적합할 경우 제품 완성 후 실패할 수 있다.

*L. brevis* LFR20-002, *L. rhamnosus* LFR20-004, *L. sakei* LFR20-007과 *L. plantarum*의 MR-4, MR-5, MR-14, MR-19, MR-43, MR-45(그림 4 참조)에 의한 완성된 발효녹용에 대하여 GC-MS 향기분석을 통하여 32종의 향기 화합물을 확인하였으며, 특이하게도 감귤류·딸기 버터 및 조리된 쇠고기·양고기 냄새와 관련된 메틸 옥타노에이트(methyl octanoate)와 에틸 헥사노에이트(ethyl hexanoate)의 향기물질을 발견하였다(Bueno et al., 2011; Schindler et al., 2010). 발효녹용의 완성제품 이전에 발효녹용 농축액에 대한 제품 관능 평가를 사전에 실시하였으며, 전체적으로 양호하였다(Kim et al., 2021b).

## 라. 일일 권장량

전통적인 녹용 복용량에 대하여 한의학에서는 동양의 학에서는 1일 1~2g 또는 1~3g이다(이경순 등, 2001). 우리나라 전통적인 처방전(한국전통지식포탈)에서 녹용이 처방으로 들어간 경우는 257건으로 한 첩당(1환) 녹용함량을 살펴보면 녹용대보탕(鹿茸大補湯)에서는 1돈(3.75g), 용부탕(茸附湯)은 1돈(3.75g), 백자인탕(柏子仁湯) 1돈(3.75g), 가미지황탕(加味地黃湯) 1돈(3.75g), 팔물탕가미방(八物湯加味方) 1돈(3.75g), 침향녹용원(沈香鹿茸圓) 2.8으로 나타났다. 북한에서 펴낸 동의학사전에서는 3~6g을 표준으로 하고 있다(김동일 등, 1989). 전통 중국의학의 경우, 녹용 1일 복용량은 분말 0.9~1.2g이며, 뉴질랜드(Deer Velvet Technical manual Version 6.3, 2004)에서는 녹용복용량 인체 시험결과 1일 1.0~1.5g(1,000~1,500mg)을 복용해야 효과가 있으며, 확실한 효과를 보기 위해서는 2.0g(2,000mg) 이상 필요하다고 발표하였다(Suttie and Haines, 2004). YHCorp(2020)에서는 뉴질랜드 왕립연구소의 1일 권장 복용량 1.0g(1,000mg)을 사용하고 있으며, 한국양토양 록농협에서는 1.0~2.5g의 성인 권장량을 지키고 있다. 녹용의 원산지, 사용부위(Tip, 분골, 상대, 중하대), 절각 시기(뉴질랜드 50일, 러시아 70일, 한국 80일) 등을 꼼꼼이 따지는 것도 필요하지만, 무엇보다 중요한 것은 녹용 함량이다.

아무리 좋은 녹용(발효녹용)일지라도 소량만 사용하는 그 효과는 미흡하다. 현재 국내에서 판매되고 있는 녹용 제품의 90% 이상이 0.5g 미만으로 판매되고 있어 소비자의 기대치를 저버린 알팍한 상흔이 아쉽다. 후발주자인 뉴질랜드도 녹용 복용량 원칙을 지키고 있는데 반하여, 우리나라는 오랫동안 녹용 강국이라고 하면서도 녹용 제품의 사용량 기준조차 없다. 따라서 녹용이란 이름의 제품명을 사용할 경우 성인 1일 녹용 1,000~2,000mg(생녹용 2.5~5.0g) 이상을 사용할 수 있도록 생산자는 녹용의 투입 원칙을 준수해야 하며, 선량한 소비자 피해 예방을 위한 정부의 제도 개선 노력이 절실히 보인다.

## III. 결론

이 기고문은 수입 녹용과 국내산 녹용의 특징, 발효녹용의 기능성 목표와 방향성에 따른 균주의 선발, 사전 주의사항에 대한 연구결과를 소개하고 산업화에 적절한 원료선발, 적정수율, 발효녹용 정의, 권장 복용량 등과 같은 산업화 기준 등에 대한 조사 결과를 논한 것이다.

수입 녹용(러시아, 뉴질랜드 산)과 국내산 녹용의 특징 중 원산지별 미생물은 원산지에 관계없이 안전한 수준이었고 미네랄 중 Fe 함량은 국내산이, Mn, Zn, Ca 함량은 러시아 산이 높았다. 필수 아미노산, 향기 및 자유 라디칼 소거 활성은 국내산(KVA)이 러시아산(RVA)과 뉴질랜드산(NZVA)에 비해 풍부하고 우수하였다. 이와 같은 결과는 원산지별 특징이기보다 수입 녹용의 원거리 이동에 따른 장기간의 유통, 보관, 판매로 인한 녹용 고유 생리활성 물질의 소실 때문으로 추정되었다.

UPLC-QTOF-MS/MS 분석 결과 각국의 녹용의 공통 지표물질 412종류와 원산지별로 차별화되는 300개의 마커물질을 발견하였고 높은 검출량에도 불구하고 확인되지 않은 1,000개의 미확인 물질(명명되지 않은 물질)이 존재하였다. 또한, 각 국가별로 다양한 물질의 피크 강도가 다르게 형성됨을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 한 두 개의 특정 기능성 물질만을 비교하여 자국의 녹용이 더 우수하다고 주장을 할 수 없음을 의미한다. 연구에 나타난 3개국 품종에 대한 공통 지표물질 412종류 모두를 살펴보면 어느 나라 녹용이 특별하게 좋다고 할 수 없다. 하지만, 공통지표물질 중 특이한 특성은 3개국 사슴의 녹용은 사슴들은 생태적 사육환경(황사, 기후, 해양성 습기 등)에 스스로 적응하거나 또는 열악한 조건에서 생존에 필요한 면역물질과 천연항생물질을 더 많이 생산하는 경향을 보였으며, 이러한 물질들이 원산지가 다른 녹용보다 더 많이 축적되어 있었다.

한국 전통식품과 유아 분변에서 식품용 신규 프로바이오틱스 유산균을 분리·동정하여 이를 이용, 국내산 녹용을 발효하여 녹용 유효성분과 지표성분을 측정하였다. 국내산 녹용 발효에 적합한 항노화 기능성 프로바이오

텍스 균주를 선정하기 위하여, 보유 균주 및 신규 분리한 균주 중 김치와 유아분변에서 분리한 유산균주 150종 중 향노화 효능이 있는 17종을 선발하였다. 그 중 향노화 효능이 우수한 균주는 *L. brevis* LFR20-002, *L. rhamnosus* LFR20-004, *L. sakei* LFR20-007 및 *L. plantarum*의 MR-4, MR-5, MR-14, MR-19, MR-43, MR-45이었다.

녹용의 주요 생리활성 성분인 강글리오사이드(ganglioside)의 전구물질인 시알산 함량은 선발된 모든 발효균주(17종)의 발효산물에서 증가하였고 특히 *L. rhamnosus* LFR20-006, *L. sakei* LFR20-007 및 *L. brevis* LFR20-008은 약 8배의 증가를 보였다. 이외에도 propanoic acid, butanedioic acid 등 유용한 단쇄지방산이 검출되었고, 아미노산 및 유도체들의 증가를 확인하였다. Galatose와 mannose 등 당당의 함량은 감소하였으나, 대사체 D-lactic acid가 젖산발효를 통해 287배 증가하였음을 확인하였다. 아미노산 중에서는 글리신함량이 6배 증가하였다. 글리신은 뇌신경계의 기능뿐 아니라 대사성질환의 개선 및 예방에 매우 관련성이 깊은 것으로 보고되고 있다. 위의 결과로 보아 균을 활용한 녹용 발효물의 활용에 도움이 될 것으로 사료된다.

예쁜꼬마선충 *C. elegans*을 대상으로 병원균 3종 (*Listeria monocytogenes*; *E. coli* O157:H7; *Salmonella typhi* SL 1344)의 감염에 대한 항균력을 비교하는 Killing assay를 실시한 결과, 녹용 추출물 및 발효물에서도 유의미한 항균 효능을 보이는 것으로 관찰되었다. 발효 녹용은 *C. elegans* 실험에서 *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella typhi* SL 1344에 대한 저항성 증가에 도움을 줄 수 있다는 결과를 발견한 것은

최초이다.

발효녹용은 식품안전성이 선행되어야 하며 멸균처리와 인수공통전염병에 대한 사전 차단 조치도 필요하다. 발효녹용의 소비활성화 및 유통 투명성 제고를 위해서는 녹각발효를 차단하여야 하며, 녹용 원료에 대한 증량상한선 기준이 필요하다. 시험결과로 보아 20-30%이면 적당할 것으로 사료되었다. 발효녹용은 약제이자 기능성 식품에 해당하므로 사람이 섭취에 좋은 향미를 가져야 한다. 녹용의 일일 권장량은 많은 수의 연구 결과 1,000-2,000mg 이상이 적정할 것으로 추정되며, 녹용의 투입원칙을 지키자는 것이에 대한 법제화 노력이 필요하다. 녹용은 인류역사상 가장 오래된 약제 중의 하나이며 그 중심지가 한국, 중국이다. 최근 들어 기능성 식품에 대한 관심이 증가하여 그 건강 기능적 가치가 높아지고 있다. 여기에 논한 내용을 기반으로 더 내실 있고 깊이 있는 연구와 산업화·표준화가 이루어져야 할 것이다.

## 사사

본 연구는 한국양토양록농협, 서울대학교, 신한대학교, 연세대학교, 전북대학교, 전북바이오융합산업진흥원, 전주대학교, 한국사슴협회, 농협사료 등이 공동 수행한 연구로, 농협중앙회와 한국양토양록농협 연구지원 및 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 지원을 받아 연구되었습니다 [발효녹용의 부가가치 향상을 위한 제품화 기술 개발, (과제번호 320111-1) 및 녹용 유래 기능성 지표성분 표준화 및 제품 적용 기술 개발 (과제번호 321033-3)].



## 참고문헌

1. 「건강기능식품 기능성 원료 및 기준·규격 인정에 관한 규정」(식품의약품안전처 고시 제2021-66호, 2021. 7. 29.).
2. 「대한민국약전외한약(생약)규격집」(식품의약품안전처 고시 제2022-17호(2022. 2. 24. 일부개정) [별표 3] Ⅲ.의약품 각조 제1부, 제2조 제3호 중 녹용, 녹용절편.
3. 「동물보호법」법률 제16977호(2020.2.11.)에 근거한 IACUC(Institutional Animal Care and Use Committee)에 의해 승인(IACUC-21-008).
4. 「식품의기준 및 규격」 식품의약품안전처 (고시 제2022-16호, 2022.2.21., 일부개정) [별표 2] '식품에 제한적으로 사용할 수 있는 원료'.
5. 「의약품등의 독성시험기준」 식품의약품안전처 고시 제2017-71호(2017. 8. 30.).
6. Aldunate M, Sribnovski D, Hearps AC, Latham CF, Ramsland PA, Gugasyan R, et al. 2015. Antimicrobial and immune modulatory effects of lactic acid and short chain fatty acids produced by vaginal microbiota associated with eubiosis and bacterial vaginosis. *Front Physiol* 6:164.
7. Bueno M, Resconi VC, Campo MM, Cacho J, Ferreira V, Escudero A. 2001. Gas-chromatographic-olfactometric characterization of headspace and mouthspace key aroma compounds in fresh and frozen lamb meat. *Food Chem* 129:1909-1918.
8. Cho YR, Chang JY, Chang HC. 2007. Production of gamma-aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus buchneri* isolated from kimchi and its neuroprotective effect on neuronal cells. *J Microbiol Biotechnol*. 17:104-109.
9. Constant SL, Bottomly K. 1997. Induction of Th1 and Th2 CD4+ T cell responses: The alternative approaches. *Annu Rev Immunol* 15:297-322.
10. Cui Y, Miao K, Niyaphorn S, Qu X. 2020. Production of gamma-aminobutyric acid from lactic acid bacteria: A systematic review. *Int J Mol Sci* 21:995.
11. Dai TY, Wang CH, Chen KN, Huang IN, Hong WS, Wang SY, et al. 2011. The antiinfective effects of velvet antler of formosan sambar deer (*Cervus unicolor swinhoei*) on *Staphylococcus aureus*-infected mice. *Evid Based Complement Alternat Med* 2011:534069.
12. Daliri F, Aboagye AA, Daliri EBM. 2020. Inactivation of foodborne pathogens by lactic acid bacteria. *J Food Hyg Saf* 35:419-429.
13. Gao Z, Daliri EBM, Wang J, Liu D, Chen S, Ye X, et al. 2019. Inhibitory effect of lactic acid bacteria on foodborne pathogens: A review. *J Food Prot* 82:441-453. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-18-303
14. Han B, Hoang BX. 2020. Opinions on the current pandemic of COVID-19: Use functional food to boost our immune functions. *J Infect Public Health* 13:1811-1817.
15. Higuchi M, Higashi N, Taki H, Osawa T. 1990. Cytolytic mechanisms of activated macrophages. Tumor necrosis factor and L-arginine-dependent mechanisms act synergistically as the major cytolytic mechanisms of activated macrophages. *J Immunol* 144:1425-1431.
16. Hong CR, Kim HJ, Song DK, Kook YJ, Chung YH. 2021. Improvement of functional ingredients using solid-phase fermentation in velvet antler extracts residue. *KoSForST Poster* 12-041.

17. Hong CR, Kim HJ, Song DK, Kook YJ, Chung YH. 2021. Improvement of functional ingredients using solid-phase fermentation in velvet antler extracts residue. KoSFoST poster 210707(P12-041).
18. Jang DW, Ameer K, Oh JH, Park MK. 2020. Optimization and pretreatment for hot water extraction of Korean deer (*Cervus canadensis* Erxleben) velvet antlers. J Microbiol Biotechnol 30:1116–1123.
19. Je JY, Park PJ, Kim EK, Kim HA, Lim DH, Jeon BT, et al. 2010. Composition of biologically active substances and antioxidant activity of New Zealand deer velvet antler extracts. Korean J Food Sci Anim Resour 30:20–27.
20. Kang S, Monoldorova S, Titov I, Yun S, Cho JE, Jeon BY. 2021a. Validation of safety on the tuberculosis of the deer antler. Biomed Lab Sci Poster 211014.
21. Kang S, Monoldorova S, Titov I, Yun S, Cho JE, Jeon BY. 2021b. Validation of safety on the chronic wasting disease of the deer antler. Biomed Lab Sci Poster 211014.
22. Kim YA, Lee MH. 2021b. Quality characteristics and antioxidant properties of jelly with fermented antler velvet extract. Culi Sci & Hos Res 27(7):40-50.
23. Kim YA, Kim SW, Lee MH, Lee HK, Hwang IH. 2021a. Comparisons of chemical composition, flavor and bioactive substances between Korean and imported velvet antler extracts. Food Sci Anim Resour 41(3):386-401.
24. Kuo CY, Cheng Y-T, Ho S-T, Yu C-C, Chen M-J. 2018. Comparison of anti-inflammatory effect and protein profile between the water extracts from Formosan sambar deer and red deer. Journal of Food and Drug Analysis 26(4):1275-1282.
25. Lee ES, Ju HK, Moon TC, Lee E, Jahng Y, Lee SH, et al. 2004. Inhibition of nitric oxide and tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) production by propenone compound through blockade of nuclear factor (NF)- $\kappa$ B activation in cultured murine macrophages. Biol Pharm Bull 27:617–620.
26. Lee J, Kang M, Lee S, Kang M, Hwang S, Yoo J, Yun B, Oh S. 2021. Screening of Kimchi-derived lactic acid bacteria for prevention of muscle loss. KFN Poster JY\_211027(P08-236).
27. Lee SH, Yang HW, Ding Y, Wang Y, Jeon YJ, Moon SH, et al. 2015. Anti-inflammatory effects of enzymatic hydrolysates of velvet antler in RAW 264.7 cells *in vitro* and zebrafish model. EXCLI J 14:1122-32.
28. Macleod G. 1994. Flavor of meat and meat product—An overview. In: Flavor of beef. Shahidi F (ed). Blackie Academic & Professional, London, UK.
29. Mosmann TR, Coffman RL. 1989. TH1 and TH2 cells: Different patterns of lymphokine secretion lead to different functional properties. Annu Rev Immunol 7:145-73.
30. Mun D, Kyoung H, Kong M, Ryu S, Jang KB, Baek J, Park KI, Song M, Kim Y. 2021. Effects of *Bacillus*-based probiotics on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of weaned pigs. J Anim Sci Technol 63(6):1314-1327.
31. Nass R, Hamza I. 2007. The Nematode *C. elegans* as an animal model to explore toxicology *in vivo*: Solid and axenic growth culture conditions and compound exposure parameters. Current Protocols in Toxicology. doi.org/10.1002/0471140856.tx0109s31
32. Park Y, Choi HS, Lee HS, Suh HJ. 2015. Hematopoietic effect of deer antler extract fermented by *Bacillus subtilis* on murine marrow cells. Nutr Res Pract 9:451-458.

33. Patterson E, Ryan PM, Wiley N, Carafa I, Sherwin E, Moloney G, et al. 2019. Gamma-aminobutyric acid-producing Lactobacilli positively affect metabolism and depressive-like behaviour in a mouse model of metabolic syndrome. *Sci Rep* 9:16323.
34. Ren Z, Qin T, Qiu F, Song Y, Lin D, Ma Y, et al. 2017. Immunomodulatory effects of hydroxyethylated *Hericium erinaceus* polysaccharide on macrophages RAW264.7. *Int J Biol Macromol* 105:879-885.
35. Rhee SJ, Lee JE, Lee CH. 2011. Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods. *Microb Cell Fact* 10:S5.
36. Schindler S, Krings U, Berger RG, Orlie V. 2010. Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated. *Meat Sci* 86:317-323.
37. Sharfstein JM, Killelea A, Dangerfield D. 2022. Long-acting cabotegravir for HIV prevention. *JAMA* 327(10):921-922. doi:10.1001/jama.2022.0420
38. Suttie JM, Haines SR. 2004. Deer velvet technical manual version 6.3, Deer Industry New Zealand 2001-2009, New Zealand Deer Products.
39. Tissenbaum HA. 2015. Using *C. elegans* for aging research. *Invertebrate Reproduction & Development* 59(1): 59-63.
40. Uno M, Nishida E. 2016. Lifespan-regulating genes in *C. elegans*. *npj Aging and Mechanisms of Disease* (2016) 2,16010. doi:10.1038/npjamd.2016.10
41. Wang QJ, Mielby LA, Junge JY, Bertelsen AS, Kidmose U, Spence C, Byrne DV. 2019. The role of intrinsic and extrinsic sensory factors in sweetness perception of food and beverages. *A Review Foods* 8(6):211.
42. Yoo J, Lee J, Kim YA, Oh S. 2021b. The effect of fermented velvet antler with probiotic strains on immune response. KNS poster 211022(P4-32).
43. Yoo J, Lee J, Kim YA, Oh S. 2021c. Screening for lactic acid bacteria for enhancing GABA in fermented deer antler extracts. KNS poster 211022(P4-31).
44. Yoo J, Lee J, Zhang M, Mun D, Kang M, Yun B, Kim YA, Kim S, Oh S. 2021a. Enhanced  $\gamma$ -aminobutyric acid and sialic acid in fermented deer antler velvet and immune promoting effects. *J Anim Sci Technol* 64(1):166-182.
45. Yun B, Kang M, Lee J, Yoo J, Oh S. 2021. *Lactobacillus* strains isolated from kimchi stimulate longevity and immune response in *C. elegans*. KFN Poster BH 211027(P08-292).
46. 김동일, 량병무, 박위근 등. 1989. 동의학사전, 제5권, 여강출판사.
47. 김용안. 2021. 국내산 녹용산업 현황과 최근 연구 결과. 한국녹용학회 심포지엄(OnLine).
48. 이경순, 신민교 등. 2001. 중약대사전(中藥大辭典) 번역본, 도서출판 정담, ISBN: 9788980852246.
49. 김완희, 홍문화 감수. 1990. 완역한글판 한방의학 동의보감. 삼성문화사.
50. 가미지황탕(加味地黃湯). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000105620
51. 녹용대보탕(鹿茸大補湯). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000105383
52. 백자인탕(柏子仁湯). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000097133
53. 용부탕(茸附湯). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000095766
54. YHCorp. www.neworigin.co.kr/goods/goods\_view.php?goodsNo=1000000144

- 55. 침향녹용원(沈香鹿茸圓). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000105328
- 56. 팔물탕가미방(八物湯加味方). doi.org/10.20929/KTKP.PRE.0000104830
- 57. 한국전통지식포탈. www.koreantk.com/ktkp2014/

