

효소 전처리 탈지대두박 분말을 이용한 떡갈비의 품질특성

Quality Characteristics of Tteokgalbi Prepared with Enzyme-Treated Defatted Soybean Meal Powder

유현희^{1),*} • 황선영²⁾ • 안규혁³⁾ • 조예림⁴⁾ • 김태빈⁴⁾

국립군산대학교 식품영양학과 교수^{1),*} • 국립군산대학교 식품영양학과 석사²⁾ •
국립군산대학교 식품영양학과 석사과정³⁾ • 국립군산대학교 식품영양학과 학사과정⁴⁾

Yu, Hyeon Hee^{1),*} • Hwang, Seon Yeong²⁾ • Ahn, Kyu Hyeok³⁾ • Jo, Ye Lim⁴⁾ • Kim, Tae Bin⁴⁾

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University^{1),2),3),4)}

Abstract

This study evaluated the quality characteristics of Tteokgalbi containing enzyme-treated defatted soybean meal powder (et-DSM), prepared by sequential treatment with Viscozyme and Flavourzyme. et-DSM was added at concentrations of 0%, 3%, 6%, and 9%. Water-holding capacity, pH, salinity, and antioxidant activity significantly increased with higher et-DSM levels, while sweetness and lightness decreased. A reduction in diameter during heating indicated improved cooking stability. Total polyphenol and flavonoid contents, as well as ABTS radical scavenging activity, also significantly increased. The 3-6% et-DSM groups exhibited improved quality and acceptable sensory properties, suggesting that et-DSM could be a functional plant-based ingredient for Tteokgalbi.

Keywords: Enzyme-treated defatted soybean meal, Quality characteristics, Tteokgalbi, Antioxidant activity, Plant-based ingredient

I. 서론

떡갈비는 다짐육에 조미료와 부재료를 혼합하여 성형·가열한 대표적인 육가공 제품으로, 전통식품의 이미지와 현대적 편의성을 동시에 갖춘 식품이다(이정아 외, 2023), 최근에는 가정간편식(HMR) 시장의 성장과 함께 건강지향적 소비가 확대되면서, 단순한 기호식품을 넘어 영양성 개선, 지방 저감, 기능성 부여 및 친환경 원료 활용이 가능한 고부가가치 떡갈비 제품 개발에 대한 관심이 증가하고

있다(정창환 외, 2021). 이에 따라 채소 분말, 곡류, 해조류, 식이섬유 및 천연 항산화 소재를 첨가하여 품질과 저장성을 향상시키는 연구가 활발히 수행되고 있다(강규민 외, 2020; 박은미 외, 2020).

탈지대두박(defatted soybean meal, DSM)은 대두유 생산과정에서 생성되는 대표적인 식물성 부산물로, 단백질 함량이 높고 식이섬유, 이소플라본, 사포닌 및 폴리페놀과 같은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있다(김윤아, 2018). DSM은 그동안 주로 사료용 단백질 원료로 활용되

본 연구는 2025년도 교육부 및 전북특별자치도의 재원으로 전북RISE센터의 연구비지원을 받았으며(2025-RISE-13-KSU), 국립군산대학교 석사 학위논문과 2026년 한국생물과학회 하계 학술대회에서 포스터 발표한 것임. 관능검사는 국립군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에 진행하였음 (승인번호: 1040117-202510-HR-026-02).

* Corresponding author: Yu, Hyeon Hee

Tel: +82-063-469-4636

E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

© 2026, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

어 왔으나, 최근에는 지속가능한 식품 산업과 농식품 부산물의 자원화에 대한 관심이 증가하면서 기능성 식물성 식품 소재로서의 활용 가치가 점차 주목받고 있다. 특히 DSM은 동물성 단백질을 부분적으로 대체할 수 있는 식물성 단백질 자원으로서 환경적·산업적 가치가 높다(김윤아, 2018; Messina, 1999). 그러나 DSM을 육제품에 직접 적용할 경우 높은 식이섬유 함량에 따른 거친 조직감, 낮은 결착성, 보수력 저하, 대두 특유의 향미(bean flavor) 등으로 인해 제품 품질이 저하될 수 있다. 육제품에서 보수력, 조직감, 색도 및 기호성은 소비자 수용성과 직결되는 핵심 품질 지표이므로, DSM의 활용 확대를 위해서는 가공적성을 개선할 수 있는 전처리 기술이 필요하다(주선태, 1998; 최준봉 외, 2016).

효소 전처리는 식물성 소재의 기능적 특성을 향상시키는 효과적인 방법으로 보고되고 있다. 섬유분해효소는 세포벽 다당류를 분해하여 조직을 연화시키고 유효성분의 용출을 촉진하며, 단백분해효소는 고분자 단백질을 저분자 펩타이드 및 유리아미노산으로 전환하여 소화율, 풍미 및 기능성을 향상시킨다. 또한 효소 처리 과정에서 생성된 저분자 성분들은 감칠맛 형성, 항산화 활성 증진, 수분 결합력 향상 등에 기여할 수 있다(김미선 외, 2013; 한진숙, 황인경, 1992). 실제로 효소 처리 조직대두단백을 햄버거 패티에 적용한 연구에서는 품질특성과 기호도가 개선되었으며, 식물성 단백질 소재의 육제품 적용 가능성이 보고된 바 있다(김신애 외, 2008).

선행연구(황선영, 유현희, 2025)에서는 Viscozyme과 Flavourzyme의 처리 순서를 달리하여 제조한 효소 전처리 탈지대두박 분말(et-DSM)의 품질특성을 비교한 결과, 효소 처리군이 무처리군에 비해 수율, 조단백질 함량, 유리아미노산 함량, 항산화 활성뿐만 아니라 α -glucosidase 저해 활성이 유의적으로 증가하였으며, 특히 Viscozyme 처리 후 Flavourzyme을 적용한 순차 처리군에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 이는 세포벽 분해 이후 단백질 가수분해가 진행될 때 효소 접근성과 기질 노출이 향상되어 기능성 성분의 용출이 극대화될 수 있음을 시사하였다. 그러나 효소 전처리 탈지대두박 분말(et-DSM)의 실제 식품 시스템에 적용하였을 때 나타나는 품질 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 특히 떡갈비와 같은 복합 육제품에서는 육단백질, 지방, 수분 및 식물성 소재 간 상호작용에 의해 원료 단계와 다른 결과가 나타날 수 있으므로, 제품 수준에서의 적용성 검토가 필요하다.

이에 본 연구에서는 섬유분해효소 및 단백분해효소 전

처리를 통해 품질특성이 개선된 et-DSM을 떡갈비 제조에 적용하고, 이에 따른 제품의 이화학적 및 관능적 품질특성을 검토하고자 한다. 이를 통해 et-DSM의 식물성 소재로서의 활용 가능성을 평가하고, 기능성 육가공품 개발을 위한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

대두박은 군산시농업기술센터에서 대두유/대두박 제조 공정을 거쳐 실험에 사용하였다. 원료 콩은 하영콩으로 2024년 군산 지역에서 생산된 것으로 인근 마트에서 구입 후 흐르는 물에서 총 5회, 15분간 세척한 뒤 냉풍제습건조기(TJHP-1003, 중앙정밀주식회사, 대구, 한국)를 이용하여 40℃에서 2시간 동안 건조하였다. 이후 적외선곡물볶음기(MK-2A, 한국에너지기술, 서울, 한국)를 사용하여 109℃ 조건에서 볶음 처리를 실시하였다. 볶음이 완료된 시료는 실온에서 약 10분간 냉각시킨 후, 냉각압착착유기(HKCP-025, 한국에너지기술, 서울, 한국)를 이용하여 170℃, 25 Hz, 노즐 직경 16 mm 조건에서 착유하였다. 이와 같은 일련의 공정을 통해 제조된 탈지대두박을 실험 시료로 사용하였다. 효소는 Viscozyme과 Flavourzyme (Novozymes A/S, Bagsvaerd, Denmark)를 사용하였다. 항산화 활성 분석을 위한 시약으로는 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(F-9252), potassium persulfate(216224), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(A1888)를 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 이외의 모든 시약은 1급 시약을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 효소 전처리 탈지대두박 분말의 제조

선행연구(황선영, 유현희, 2025)를 통해 추출 효율, 항산화 활성 등이 가장 높게 측정된 효소 전처리 방법으로 탈지대두박 분말을 제조하였다. 즉, 대두박 중량 대비 0.15% 섬유분해효소인, Viscozyme이 용해된 물을 1:2(w/v) 비율로 혼합한 후, 50℃, 200 rpm 조건의 shaking incubator(SI-100R, 한양 사이언스랩(주), 서울, 한국)에서 30분간 효소 반응을 수행하였다. 반응 종료 후 시료는 90℃ 항온수

조(WB-22, DAIHAN Scientific Co., Ltd., 원주, 한국)에서 10분간 가열하여 효소를 불활성화하였다. 이후 대두박 중량 대비 0.15% 단백분해효소인 Flavourzyme이 용해된 물을 1:2(w/v) 비율로 혼합한 후 동일한 조건으로 효소 처리를 반복하였다. 효소 전처리가 완료된 시료는 -80℃ 초저온 냉동고(ULT-387CR, (주)지엠에스, 동두천, 한국)에서 24시간 급속 냉동한 후, 동결건조기(OPR-FDB-5502, (주)오펜론, 김포, 한국)를 이용하여 60시간 동안 동결건조하였다. 이후 분쇄 및 체질(30 mesh, 청계씨브(주), 군포, 한국)을 통해 입자를 균질화하여 최종적으로 효소 전처리 탈지대두박 분말(et-DSM)을 제조하였다.

2) 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비의 제조

떡갈비는 다져진 돈육 400 g에 <표 1>과 같이 떡갈비 양념과 돈육 중량 대비 et-DSM을 각각 0, 3, 6 및 9% 수준으로 첨가하여 충분히 혼합한 후, 4℃ 냉장고에서 3시간 동안 침지시켰다. 이후 양념된 돈육 혼합물을 80 g씩 계량하여 식용유 5 g으로 코팅한 8.5 × 1.5 cm 크기의 유리 디쉬에 담아 형태를 균일하게 성형하였다. 성형된 시료는 상부와 하부 온도를 각각 100℃로 설정한 오븐에서 40분간 1차 가열한 후, 유리 디쉬에서 꺼내 상, 하부 온도를 200℃로 설정한 오븐에서 표면이 노릇해질 때까지 10분간 추가로 가열하였다. 가열이 완료된 떡갈비는 상온에서 10분간 방냉한 뒤 지퍼백에 담아 냉장 보관하며 실험 재료로 사용하였다.

3) 떡갈비의 보수력, 직경 및 두께 감소율

떡갈비의 보수력은 김호경(2013)의 실험방법을 변형하

여 실시하였다. 생육 10 g에 0.6 M NaCl 15 mL를 첨가한 후 상온에서 15분 방치하고 400 rpm에서 25분간 원심분리(MF-80, 한일과학산업(주), 인천, 한국)하여 얻은 상등액의 부피를 측정하였다. 결과는 다음 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{보수력} = (15 - \text{상등액 부피}) \times 10$$

떡갈비의 직경 및 두께 감소율은 김학연 외(2016)의 실험방법을 변형하여 실시하였으며, 결과는 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{직경 감소율}(\%) = \{\text{가열전 직경}(\text{mm}) - \text{가열후 직경}(\text{mm})\} / \text{가열전 직경}(\text{mm}) \times 100$$

$$\text{두께 감소율}(\%) = \{\text{가열전 두께}(\text{mm}) - \text{가열후 두께}(\text{mm})\} / \text{가열전 두께}(\text{mm}) \times 100$$

4) 떡갈비의 pH, 당도 및 염도

pH, 당도, 염도는 떡갈비 5 g에 증류수 45 mL를 혼합한 추출물을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(MF-80, 한일과학산업(주)) 시킨 후 5 µm Qualitative filter paper(NO.2, ADVANTEC Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 상등액을 pH는 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, MA, USA)로, 당도는 당도계(Pocket Refractometer PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)로, 염도는 염도계(기미상궁 프로, (주)에이치엠디지털, 서울, 한국)를 사용하여 측정하였다.

5) 떡갈비의 색도

색도는 떡갈비를 Cell-dish(35×10 mm)에 담아, 색도색차

<표 1> 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비 양념 배합비

재료명(g)	대조군	3%	6%	9%
돈육	400	400	400	400
진간장	25	25	25	25
설탕	18	18	18	18
다진대파	14	14	14	14
다진마늘	10	10	10	10
참기름	10	10	10	10
후추	0.5	0.5	0.5	0.5
올리고당	10	10	10	10
생강즙	2.5	2.5	2.5	2.5
꿀	10	10	10	10
감자 전분	10	10	10	10
et-DSM	0	12	24	36

et-DSM: 효소 전처리 탈지대두박 분말

계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(L: lightness), 적색도(a: redness) 및 황색도(b: yellowness)를 측정하였으며, 표준색판(Standard Plate)은 백판(L=99.36, a=-0.08, b=-0.06)을 사용하였다.

6) 떡갈비의 항산화 활성

항산화 실험을 위해 이관숙 외(2014) 및 한기영, 최진영(2017)의 방법을 변형하여 떡갈비 5 g에 70% 메탄올 45 g을 혼합한 후 shaking incubator(SI-100R, 한양사이언스랩(주))를 사용하여 20℃에서 12시간 교반 추출한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리(MF-80, 한일과학산업(주))하고, 5 µm Qualitative filter paper(NO.2, ADVANTEC Co., Ltd)로 여과시킨 상등액을 시료액으로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 시료액 0.2 mL에 2N Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.4 mL와 증류수 2 mL를 혼합하고 3분간 상온에서 반응시킨 후 1N Na₂CO₃ 0.8 mL를 넣어 1시간 동안 암소 반응한 것을 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc., Chantilly, VA, USA)를 이용하여 750 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 Gallic acid를 사용하여 산출하였다. 총 플라보노이드 함량은 시료액 400 µm에 90% diethylen glycol 4 mL, 1N-NaOH 40 µm를 분주 및 혼합한 후 37℃ 인큐베이터에서 1시간 반응시킨 다음 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 420 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로 Rutin을 사용하여 산출하였다. ABTS 라디칼 소거능은 7 mM ABTS(2,2' azinobis 3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 용액과 2.45 mM Potassium persulfate 용액을 1:1로 혼합한 후 16시간 암소 하여 ABTS cation(ABTS+) radical을 형성한 후 734 nm에서 0.7±0.02의 흡광도가 되도록 증류수로 희석하였다. 96 well plate에 시료액 20 µL, 라디칼이 형성된 ABTS 용액 200 µL을 분주한 후 빛을 차단한 상태에서 30분간 반응시킨 후, 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 734 nm에서의 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \{1 - (\text{시료 첨가군의 흡광도} / \text{공시험의 흡광도})\} \times 100$$

7) 떡갈비의 관능평가

떡갈비의 관능평가는 생명윤리위원회의 승인하에(승인 번호: 1040117-202510-HR-026-02), 본 실험의 목적 및 취지를 충분히 설명한 후 진행하였다. 군산대학교 임상영양 캡스톤 실습실에서 평일 오후 2시부터 5시 사이에 20대 남녀 60명을 대상으로 실시하였다. 평가자들은 검사 1시간 전부터 물 이외의 음료 및 음식물 섭취를 제한하고, 강한 향이 나는 화장품 사용을 금하였다. 평가 전에는 평가자 작성법 등 평가 지침에 대한 설명을 듣고, 떡갈비의 대조군과 실험군을 대상으로 색, 외관, 맛, 향미(냄새), 조직감, 다습성, 이미(이취), 전반적 기호도의 총 8개 항목을 9점 척도법(1점: 매우 싫다, 5점: 보통, 9점: 매우 좋다)으로 15분 동안 평가하도록 하였다. 시료는 무작위로 부여된 세 자리 숫자가 적힌 일회용 백색 접시에 2×2×1 cm 크기의 가열육을 2조 각씩 제공하였다. 필요시 추가 시료를 제공하였으며, 평가자들에게 시료 간 맛의 교차 오염을 방지하기 위해 입 행균용 물도 함께 제공하였다.

3. 통계분석

본 실험의 분석 결과는 SPSS Statistics(Ver. 30.0, IBM SPSS Co., Armonk, NewYork, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다. 각 시료간의 차이 분석은 일원 배치 분산(one way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검증으로 Duncan test를 통한 다중범위검정(Duncan's multiple range test)를 이용하여 시료간 유의적 차이(p<0.05)를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 떡갈비의 보수력, 직경 및 두께 감소율

et-DSM 첨가 떡갈비의 보수력, 직경 및 두께 감소율은 <표 2>와 같다. 보수력은 대조군이 29.67%로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 3% 첨가군 34.93%, 6% 첨가군 41.67%, 9% 첨가군 53.33%로 나타났다(p<0.001). 보수력은 식육이 가열, 압착, 절단 등의 물리적 처리를 받는 과정에서 내부 수분을 얼마나 유지할 수 있는지를 나타내는 지표로, 육가공품의 수율과 품질을 결정하는 중요한 특성이다(최준봉 외, 2016). 본 연구에서 보수력이 증가한 것은 효소 처리에 의해 생성

〈표 2〉 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비의 보수력, 직경 및 두께 감소율

단위: %

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
보수력	29.67±4.04 ^{a1)}	34.93±0.12 ^b	41.67±0.58 ^c	53.33±1.53 ^d	65.841 ^{***2)}
직경 감소율	9.40±0.12 ^b	9.12±0.61 ^b	8.77±0.61 ^b	7.72±0.61 ^a	5.80 [*]
두께 감소율	7.90±0.37 ^a	7.90±0.37 ^a	14.87±0.44 ^b	15.13±0.44 ^b	306.289 ^{***}

¹⁾ 같은 행에서 서로 다른 위첨자를 갖는 평균값은 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의적인 차이가 있음을 나타냄($p<0.05$)

²⁾ * $p<0.05$, *** $p<0.001$

된 저분자 단백질과 친수성 성분이 수분 결합 능력을 향상시킨 데 기인한 것으로 판단된다. 또한 et-DSM 제조 과정에서 효소 불활성을 위해 실시한 90℃ 열처리와 떡갈비 제조 시 적용된 가열 공정이 대두 단백질의 구조 변화를 유도하여 친수성 부위 노출을 증가시켰을 가능성도 있다. 김진희 외(2006)는 대두 단백질이 80℃ 이상의 고온에서 변성되면서 구조가 느슨해지고, 수분과 결합할 수 있는 친수성 부위가 외부로 노출되어 보수력이 증가한다고 보고하였다. 더불어 et-DSM에 함유된 식이섬유 역시 근원섬유 단백질 사이 공간에서 수분을 흡수·유지하고 겔 구조 형성에 기여함으로써 보수력 향상에 영향을 미친 것(박지훈 외, 2017)으로 사료된다. 이러한 결과는 선행연구와도 유사한 경향을 보였다. 유양자 외(2005)는 탈지대두박 첨가량이 증가할수록 빵의 보수력이 유의적으로 증가하였다고 보고하였으며, 이승아 외(2001)는 능이버섯을 첨가한 우육에서 대조군보다 높은 보수력을 확인하였다. 또한 김호경(2013)은 능이버섯과 키위를 이용한 혼합 연육제가 우육의 보수력을 향상시켰고, 조희연 외(2004)는 protease 처리 능이버섯 첨가 시 무처리군보다 보수력이 증가하였다고 보고하였다. 김예슬(2021) 역시 수박무 분말 첨가량 증가에 따라 돈육 떡갈비의 보수력이 향상되었다고 하여 본 연구 결과를 뒷받침하였다. 반면, 최윤상 외(2008)는 미강 식이섬유를 1~5% 수준으로 첨가한 분쇄형 돈육 제품에서 2% 처리구의 보수력이 가장 높았으며, 그 이상의 첨가 수준에서는 오히려 감소하는 경향을 보고하였다. 이는 기능성 첨가물의 종류와 물리·화학적 특성에 따라 보수력 개선 효과가 상이할 수 있음을 시사한다. 보수력은 육색, 연도 및 다즙성과 밀접한 관련이 있으며(주선태, 1998), 보수력이 감소할 경우 근섬유 수축과 함께 수분이 세포의 공간으로 이동하여 품질 저하가 발생할 수 있다(신한결, 2008). 따라서 본 연구 결과는 et-DSM이 떡갈비의 보수력을 유의적으로 향상시켜 육가공품의 수율 및 품질 개선용 기능성 소재로 활용될 수 있음을 보여준다.

직경 감소율은 대조군 9.40%에 비해 et-DSM 첨가군에서 9.12~7.72% 범위로 낮아지는 경향을 보였으며, 특히 9% 첨가군에서 가장 낮은 값을 나타내어 가열 중 수축 억제 효과가 확인되었다($p<0.05$). 이는 et-DSM 첨가로 육조직 내 수분과 지방의 유출이 감소하고, 내부 구조의 결합성이 향상되어 형태 안정성이 유지된 결과로 해석된다. 정한결, 김학연(2016)은 돈피젤라틴을 첨가한 떡갈비에서 직경 감소율이 대조군과 유의적 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며, 최윤상 외(2008)의 미강 식이섬유 첨가 분쇄형 돈육 제품과 김학연 외(2016)의 고추씨 분말 첨가 떡갈비 연구에서는 첨가량 증가에 따라 직경 감소율이 감소하는 경향을 나타내어 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

두께 감소율은 대조군과 3% 첨가군이 각각 7.90%로 가장 낮았고, 6% 및 9% 첨가군은 각각 14.87%, 15.13%로 유의적으로 높은 값을 나타냈다($p<0.001$). 이는 직경 방향 수축이 억제되는 대신 가열 과정에서 내부 수분 팽윤과 단백질 네트워크 재배열에 의해 수직 방향 구조 변화가 상대적으로 크게 나타난 결과로 판단된다. 유제희, 신정규(2021)는 육가공품 가열 과정에서 지방과 수분의 용출로 제품 크기 변화가 발생하며, 과도한 수축과 변형은 소비자 기호도를 저하시킬 수 있다고 보고하였다. 종합적으로 et-DSM 첨가는 떡갈비의 보수력을 향상시키고 직경 수축을 감소시켜 가열 안정성과 형태 유지에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

2. 떡갈비의 pH 및 당도, 염도

et-DSM 첨가 떡갈비의 pH, 당도 및 염도는 <표 3>과 같다. pH는 대조군이 6.84로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가군은 6.87~6.90 범위로 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p<0.001$). 이러한 결과는 et-DSM 자체의 pH가 약 6.92 수준이며, 원료에 함유된 단백질과 무기질 성분이 완충작용(buffering capacity)에 기여하여 제품의 pH 상승에 영

향을 미친 결과로 판단된다. pH는 육가공품의 물리화학적 특성을 평가하는 가장 기본적인 지표로서, 보수력, 조직감, 연도, 색도뿐만 아니라 미생물학적 안정성, 신선도 및 결착력에도 영향을 미치는 핵심 품질 인자로 알려져 있다(이세완, 2024; 최윤상 외, 2008). 황순희(2012)는 육의 pH가 증가할수록 근원섬유 단백질의 수화도가 증가하고 수분과의 결합력이 향상되어 보수력이 증가하는 경향을 보인다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 확인된 pH 상승은 et-DSM 첨가 떡갈비의 보수력 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

당도는 대조군이 1.37 Brix%로 가장 높았으며, et-DSM 첨가군은 1.00~1.07 Brix% 범위로 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($p<0.001$). 이러한 당도 감소는 두 가지 요인이 작용한 결과로 판단된다. 첫째, 가열 과정에서 환원당이 단백질 유래 아미노산과 반응하여 Maillard 반응을 일으키면서, 유리당이 멜라노이딘과 같은 갈변 색소 및 향미 성분으로 전환되었기 때문으로 판단된다. Martins et al.(2000)는 가열 과정에서 환원당과 아미노산이 Maillard 반응의 기질로 작용하여 당 함량 감소와 갈변 반응이 유도된다고 보고하였다. 본 연구에서도 et-DSM 첨가량이 증가할수록 반응 기질의 조성이 변화하여 더 많은 당이 소비되었을 가능성이 있다. 둘째, et-DSM 첨가에 따라 단백질 변성 및 식이섬유 구조 변화가 발생하면서 수분 보유력이 증가하였고, 이에 따라 당 성분의 용출 특성이 달라졌을 가능성이 있다.

즉, 일부 당 성분이 et-DSM 유래 단백질·식이섬유 복합체 내부에 흡착되거나 포획되어 액상으로 충분히 용출되지 못함으로써 당도 측정값이 낮아졌을 것으로 추정된다. 종합하면, et-DSM 첨가 떡갈비에서 나타난 당도 감소는 가열 중 Maillard 반응에 따른 유리당 소비와 수분 보유력 증가에 따른 당 성분의 물리적 포획 효과가 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

염도는 대조군과 3% 첨가군이 각각 1.07%, 0.93%로 낮은 값을 보인 반면, 6% 및 9% 첨가군은 각각 1.57%, 1.43%로 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p<0.001$). 이는 et-DSM 첨가량 증가에 따라 원료 내 무기질, 유리아미노산 및 기타 수용성 성분의 함량이 증가하여 염미 인지에 영향을 미친 결과로 판단된다. 특히 효소 전처리 과정에서 생성된 저분자 펩타이드와 유리아미노산은 직접적인 짭맛뿐만 아니라 감칠맛 및 풍미 증진 효과를 통해 전체적인 염미를 강화할 수 있다. 일정 수준 이상의 첨가군에서 염도가 증가한 결과는 et-DSM이 단순한 식물성 단백질 소재를 넘어, 나트륨 저감형 육제품 개발 시 풍미 보완 및 기호성 유지에 활용 가능한 기능성 소재가 될 수 있음을 시사한다.

3. 떡갈비의 색도

et-DSM 첨가 떡갈비의 색도는 <표 4>와 같다. 명도(L 값)는 대조군이 59.67로 가장 높았으며, et-DSM 첨가량이

<표 3> 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비의 pH, 당도, 염도

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
pH	6.84±0.01 ^{a1)}	6.87±0.001 ^b	6.88±0.01 ^b	6.90±0.002 ^c	121.175 ^{***2)}
당도(Brix%)	1.37±0.06 ^b	1.03±0.06 ^a	1.00±0.001 ^a	1.07±0.12 ^a	17.079 ^{***}
염도(%)	1.07±0.12 ^a	0.93±0.06 ^a	1.57±0.06 ^b	1.43±0.06 ^b	45.905 ^{***}

¹⁾ 같은 행에서 서로 다른 위첨자를 갖는 평균값은 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의적인 차이가 있음을 나타냄($p<0.05$)

²⁾ ^{***} $p<0.001$

<표 4> 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비의 색도

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
L ¹⁾	59.67±0.01 ^{d2)}	56.96±0.01 ^c	54.14±0.01 ^b	53.64±0.03 ^a	77955.852 ^{***3)}
a	1.38±0.01 ^a	2.50±0.01 ^b	2.94±0.01 ^c	4.20±0.01 ^d	70221.714 ^{***}
b	11.18±0.01 ^a	12.63±0.01 ^b	13.53±0.01 ^c	14.68±0.01 ^d	196426.000 ^{***}

¹⁾ L: 명도(lightness), a: 적색도(+) / 녹색도(-), b: 황색도(+) / 청색도(-)

²⁾ 같은 행에서 서로 다른 위첨자를 갖는 평균값은 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의적인 차이가 있음을 나타냄($p<0.05$)

³⁾ ^{***} $p<0.001$

증가할수록 3% 첨가군 56.96, 6% 첨가군 54.14, 9% 첨가군 53.64로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). et-DSM 자체의 갈색 계열 색소와 효소 전처리 및 가열 과정에서 촉진된 Maillard 반응 생성물이 제품의 색을 어둡게 한 결과로 판단된다. 일반적으로 식물성 분말 소재를 육제품에 첨가할 경우 고형분 증가와 갈변 반응으로 인해 명도가 감소하는 경향이 보고되고 있으며, 황인국, 정현상(2012)과 지옥화(2010) 역시 탈지대두박 첨가 시 명도는 감소하고 적색도 및 황색도는 증가한다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 제시하였다.

적색도(a값)는 대조군이 1.38로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가량 증가에 따라 3% 첨가군 2.50, 6% 첨가군 2.94, 9% 첨가군 4.20으로 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 효소 처리 과정에서 생성된 갈색·적갈색 색소 성분과 가열 중 육색소(myoglobin) 변화가 복합적으로 작용한 결과로 해석된다. 또한 첨가된 et-DSM의 고형분이 육단백질 매트릭스 내 색소 안정성에 영향을 미쳐 적색도 증가에 기여했을 가능성도 있다. 김은애(2012)는 탈지대두분말 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도는 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 반면 김신애 외(2008)는 Flavourzyme 효소 처리 조직대두단백으로 제조한 콩 햄버거 패티에서 적색도는 유의적 차이가 없었다고 보고하여, 적용 원료의 종류와 가공 조건에 따라 색도 변화 양상이 달라질 수 있음을 시사하였다.

황색도(b값)는 대조군이 11.18로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가군은 12.63, 13.53, 14.68로 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 et-DSM 유래 황갈색 색소와 열처리 중 형성된 갈변 생성물이 황색도를 증가시킨 결과로 판단된다. 특히 효소 처리에 의해 생성된 저분자 당과 아미노산은 Maillard 반응의 기질로 작용하여 황색 및 갈색 계열 색소 형성을 촉진했을 것으로 사료된다. 김신애 외(2008)는 효소 처리 조직대두단백 패티에서 황색도가 감소하였다고 보고하였고, 김은애(2012) 역시 탈지대

두분말 첨가 시 황색도가 감소하였다고 하여 본 연구와는 차이를 보였다. 이는 원료의 제조 방식, 효소 처리 조건 및 최종 가열 공정의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 박찬순 외(2023)는 탈지대두분말의 낮은 명도와 높은 황색도 특성이 압착 탈지 공정 중 가열 처리에 따른 Maillard 반응으로 발생한 갈변의 결과라고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 et-DSM 역시 대두를 109℃에서 볶은 후 약 170℃ 조건에서 착유하는 공정을 거쳐 제조되었으므로, 이러한 고온 처리 과정에서 형성된 갈변 물질이 떡갈비의 색도 변화에 영향을 미친 것으로 사료된다.

et-DSM 첨가는 떡갈비의 명도는 감소시키고 적색도 및 황색도는 증가시키는 경향을 보였으며, 첨가량이 높을수록 색 변화가 더욱 뚜렷하게 나타났다. 이는 et-DSM이 떡갈비의 외관 품질과 소비자 기호도에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 의미하므로, 제품 개발 시 품질과 기호성을 동시에 고려한 적정 첨가 수준 설정이 중요할 것으로 판단된다. 그러나 관능평가 결과 색 항목에서는 처리군 간 유의적인 차이가 나타나지 않아, 색도 변화가 실제 소비자 기호도에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

4. 떡갈비의 항산화 활성

et-DSM 첨가 떡갈비의 항산화 활성은 <표 5>와 같다. 총 폴리페놀 함량은 대조군(0%)이 65.21 mg GAE/g으로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가량이 증가할수록 3% 첨가군 72.47 mg GAE/g, 6% 첨가군 122.08 mg GAE/g, 9% 첨가군 134.18 mg GAE/g으로 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 et-DSM에 함유된 폴리페놀성 화합물이 제품 내로 이행되었기 때문으로 판단되며, 효소 전처리에 의해 세포벽 결합형 페놀 성분이 유리형으로 전환되어 추출성이 향상된 결과로도 해석된다. 일반적으로 효소 처리는 식물성 소재의 결합형 페놀 화합물 방출을 촉진하여 항산화 활성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(박혜원, 이승

<표 5> 효소 전처리 탈지대두박 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
총 폴리페놀 함량(mg GAE/g)	65.21±1.05 ^{a1)}	72.47±2.77 ^b	122.08±1.05 ^c	134.18±1.05 ^d	1316.071 ^{***2)}
총 플라보노이드 함량(mg/g)	3.90±0.13 ^a	7.83±0.13 ^b	8.94±0.13 ^c	9.61±0.13 ^d	1186.603 ^{***}
ABTS 라디칼 소거능(%)	47.83±0.46 ^a	49.69±0.08 ^b	56.13±0.08 ^c	58.56±0.17 ^d	1240.359 ^{***}

¹⁾ 같은 행에서 서로 다른 위첨자를 갖는 평균값은 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의적인 차이가 있음을 나타냄($p<0.05$)

²⁾ *** $p<0.001$

철, 2021).

총 플라보노이드 함량 역시 대조군이 3.90 mg/g으로 가장 낮았고, 3% 첨가군 7.83 mg/g, 6% 첨가군 8.94 mg/g, 9% 첨가군 9.61 mg/g으로 et-DSM 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 플라보노이드는 대표적인 천연 항산화 성분으로 활성산소 제거, 금속이온 킬레이션 및 지질산화 억제에 기여하는 것으로 보고되고 있다 (Heim et al., 2002; Pietta, 2000). 본 연구 결과는 et-DSM 첨가가 떡갈비의 기능성 성분 함량을 높여 산화 안정성 개선에 긍정적으로 작용할 수 있음을 시사한다.

ABTS 라디칼 소거능은 대조군이 47.83%로 가장 낮았으며, 3% 첨가군 49.69%, 6% 첨가군 56.13%, 9% 첨가군 58.56%로 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 et-DSM 유래 폴리페놀, 플라보노이드, 저분자 펩타이드 및 Maillard 반응 생성물 등이 전자공여능을 나타내어 라디칼 제거 활성에 기여한 결과로 판단된다. 특히 6% 이상 첨가군에서 큰 폭의 증가가 나타난 것은 일정 수준 이상의 et-DSM 첨가가 항산화 활성 발현에 효과적임을 의미한다. 고영주, 유승석(2018)은 자색당근을 첨가한 돈육 햄버거 패티에서 첨가량 증가에 따라 총 폴리페놀 함량이 향상된다고 보고하였으며, 강규민 외(2020)는 라즈베리와 표고버섯 분말을 첨가한 소고기 떡갈비에서, 이필우, 유승석(2022)은 동결건조 돼지감자 분말 첨가 소고기 패티에서 폴리페놀 함량이 첨가물의 첨가량이 증가할수록 높아졌다고 보고하였다.

높은 항산화 효과는 저장 중 품질 증가에도 영향을 주는데, 김예슬(2021)은 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 떡

갈비의 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였으며, 저장 7일 동안 대조군보다 높은 수준을 유지한다고 보고하여 항산화 소재의 첨가 효과를 뒷받침하였다. 이동주(2024)는 자몽씨, 감귤 및 황금 추출물의 항산화 활성 비교에서 황금 추출물이 가장 우수한 저해능을 나타내었으며, 이를 첨가한 떡갈비는 저온 저장 중 품질 유지 기간이 유의적으로 연장된다고 하여 천연 항산화제로서의 활용 가능성을 제시하였다. 또한 이재준 외(2013)는 산사분말 첨가 떡갈비에서 지질산패도가 감소하였다고 보고하였으며, 이는 산사에 함유된 총 페놀 및 총 플라보노이드와 같은 항산화 성분의 영향에 의한 것으로 해석하였다. 따라서 본 연구에서 효소 전처리 대두박 첨가량 증가에 따라 항산화 활성이 높아졌는데, 이는 떡갈비의 지방산패도 감소 및 저장기간 연장에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

5. 떡갈비의 관능평가

et-DSM 첨가 떡갈비의 관능평가 결과는 <표 6>과 같다. 색 항목은 5.97~6.32점 범위로 처리군 간 유의적 차이가 없었다. 이는 et-DSM 첨가에 따라 명도(L값)는 감소하고 적색도(a값) 및 황색도(b값)는 증가하여 외관 색조 변화는 나타났으나, 소비자가 인지하는 색 기호도에는 큰 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 반면 외관 항목은 대조군이 6.70점으로 가장 높았고, 첨가량이 증가할수록 6.45, 6.15, 5.98점으로 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이는 et-DSM 첨가에 따른 표면 색 변화, 가열 후 형태감 변화, 조직의 치밀화 등이 종합적으로 작용한 결과로 판단된다. 특히 앞선

<표 6> 효소 전처리 탈지대두박 첨가량에 따른 떡갈비의 관능평가

단위: 점

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
색	5.97±1.77	6.17±1.79	6.07±1.66	6.32±1.72	0.445
외관	6.70±1.21 ^{c1,2)}	6.45±1.34 ^{bc}	6.15±1.21 ^{ab}	5.98±1.03 ^a	4.164 ^{*3)}
맛	6.92±1.32 ^b	6.22±1.75 ^a	6.05±1.58 ^a	5.67±1.83 ^a	6.175 ^{***}
향미(냄새)	6.92±1.45	6.92±1.62	6.87±1.63	7.05±1.60	0.149
조직감	6.20±1.71 ^b	6.00±1.65 ^b	5.58±1.58 ^{ab}	5.20±1.84 ^a	4.145 ^{**}
다즙성	6.32±1.41 ^c	5.75±1.51 ^b	5.48±1.62 ^b	4.83±1.52 ^a	9.877 ^{***}
이미(이취)	5.80±1.40	5.77±1.66	5.55±1.60	5.13±1.70	2.221
전반적 기호도	6.61±1.28 ^b	6.45±1.71 ^b	6.37±1.46 ^b	5.74±1.84 ^a	3.447 [*]

¹⁾ 평균±표준편차(n=60), 9점 기호척도법(1점: 매우 싫다, 9점: 매우 좋다)

²⁾ 같은 행에서 서로 다른 위첨자를 갖는 평균값은 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 후 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의적인 차이가 있음을 나타냄($p<0.05$)

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

결과에서 직접 감소율은 감소하고 두께 감소율은 증가하였는데, 이러한 형태 변화가 외관 선호도에 일부 영향을 미친 것으로 사료된다.

맛 항목은 대조군이 6.92점으로 가장 높았으며, et-DSM 첨가군은 6.22, 6.05, 5.67점으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 앞서 pH와 염도는 증가하고 당도는 감소하는 경향을 보였는데, 이러한 맛 성분 조성 변화가 전반적인 미각 균형에 영향을 미친 것으로 해석된다. 특히 일정 수준 이상의 첨가군에서는 대두 유래 향미와 효소 처리 부산물의 풍미가 육 고유의 맛을 약화시켜 선호도가 낮아졌을 가능성이 있다.

향미(냄새)는 6.87~7.05점, 이미(이취)는 5.13~5.80점 범위로 처리군 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 효소 전처리 과정이 대두 특유의 비린 향 또는 이취를 완화하는 데 기여하였으며, 첨가 후에도 부정적 향미 형성은 크지 않았음을 시사한다. 즉, et-DSM은 향미 측면에서는 비교적 안정적인 소재로 판단된다.

조직감은 대조군(6.20점)과 3% 첨가군(6.00점)이 높은 점수를 보였고, 6% 및 9% 첨가군은 각각 5.58점과 5.20점으로 감소하여 유의적인 차이를 나타냈다($p<0.01$). 이는 앞서 보수력이 유의적으로 증가한 것과 함께 et-DSM 유래 식이섬유와 단백질이 육단백질 매트릭스 내 수분을 강하게 결합시켜 기계적 안정성은 향상되었으나, 실제 섭취 시에는 다소 치밀하고 단단한 조직으로 인식된 결과로 해석된다.

다즙성은 대조군이 6.32점으로 가장 높았으며, 첨가량 증가에 따라 5.75, 5.48, 4.83점으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 이는 기계적으로 측정된 보수력 증가와 상반된 결과로, et-DSM이 수분을 자유수 형태로 방출하기보다 내부에 결합수 상태로 유지함에 따라 섭취 시 느껴지는 촉촉함은 감소했기 때문으로 판단된다. 즉, 수분 보유량 증가가 반드시 관능적 다즙성 향상으로 이어지지는 않음을 보여준다.

전반적 기호도는 대조군(6.61점), 3% 첨가군(6.45점), 6% 첨가군(6.37점) 간에는 유의적 차이가 없었으나, 9% 첨가군은 5.74점으로 가장 낮아 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이는 et-DSM 첨가가 항산화 활성 증가, 보수력 향상, 가열 안정성 개선 등 기능적 장점을 제공함에도 불구하고, 과도한 첨가 시 맛·조직감·다즙성 저하가 소비자 수용성을 제한할 수 있음을 시사한다.

이에 따라 et-DSM 첨가는 떡갈비의 보수력, 직경 안정성, 항산화 활성 및 기능성 성분 함량을 향상시키는 긍정적

효과를 나타냈으나, 관능적 품질은 첨가 수준에 따라 차이를 보였다. 특히 3~6% 첨가군은 이화학적 품질 개선과 기호도 유지가 동시에 가능하였으며, 9% 첨가군은 기능성은 가장 우수하였으나 기호도는 감소하였다. 따라서 et-DSM을 떡갈비에 적용할 경우 품질 특성과 관능적 수용성을 종합적으로 고려한 적정 첨가 수준은 3~6% 범위가 가장 적절할 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구에서는 탈지대두박을 떡갈비의 품질 및 기능성 향상을 위한 식품 소재로 활용하고자, 섬유분해효소(Viscozyme)와 단백분해효소(Flavourzyme)를 순차적으로 전처리한 탈지대두박 분말(et-DSM)을 0%, 3%, 6%, 9%로 첨가하여 제조한 떡갈비의 품질특성을 분석하였다. 보수력은 대조군이 29.67%로 가장 낮았으며, et-DSM 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 직접 감소율은 9.40%에서 7.72%까지 감소하여 가열 중 수축이 억제되었고($p<0.01$), 두께 감소율은 6% 및 9% 첨가군에서 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). pH는 대조군보다 et-DSM 첨가군에서 높게 나타났으며($p<0.001$), 당도는 1.37 Brix%에서 1.00~1.07 Brix%로 감소하였다($p<0.001$). 염도는 6% 및 9% 첨가군에서 각각 1.57%와 1.43%로 증가하여 풍미 강화 가능성을 나타내었다($p<0.001$). 색도는 et-DSM 첨가량이 증가할수록 명도(L값)는 감소하고, 적색도(a값) 및 황색도(b값)는 증가하여 제품의 색상이 진해지는 경향을 보였다. 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 및 ABTS 라디칼 소거능은 모두 et-DSM 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이상의 결과를 종합해 볼 때, et-DSM 첨가는 떡갈비의 보수력, 가열 안정성 및 항산화 활성을 개선하는 효과를 나타냈다. 특히 3~6% 첨가 수준은 품질 개선과 기호성 유지 측면에서 적절하였으며, 9% 첨가군은 기능성은 가장 우수하였으나 기호도 저하가 나타났다. 따라서 et-DSM은 떡갈비의 품질 개선과 기능성 향상을 위한 식물성 소재로 활용 가능성이 있는 것으로 판단된다.

주제어: 효소 전처리 탈지대두박, 떡갈비, 품질특성, 항산화, 식물성 기능성 소재

REFERENCES

- 강규민, 김학연, 김유진, 신동현, ... 김동욱(2020). 라즈베리와 표고버섯 분말을 첨가한 소고기 떡갈비의 항산화 활성. *자원과학연구*, 2(2), 86-95.
- 고영주, 유승석(2018). 자색당근 첨가가 돈육 햄버거 패티의 품질에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 31(3), 345-354.
- 김미선, 박종대, 이현유, 금준석(2013). 효소처리 쌀가루를 이용한 쌀 쿠키의 품질 특성. *한국식품영양과학회지*, 42(9), 1439-1445.
- 김신애, 유명현, 이민경, 오종신, ... 이숙영(2008). 효소처리 조직대두단백을 이용한 햄버거패티의 품질특성. *한국식생활문화학회지*, 23(4), 514-520.
- 김예슬(2021). 수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성. 조선대학교 석사학위논문.
- 김윤아(2018). 대두단백: 고품질의 식물성 단백질. *식품과학 산업*, 51(4), 270-277.
- 김은애(2012). 단백질분해효소와 탈지대두분말의 첨가에 따른 쌀전병의 품질특성. 중앙대학교 석사학위논문.
- 김진희, 우은열, 김강성, 김명희(2006). 탈지 대두분을 이용하여 제조한 두부의 품질 특성에 영향을 미치는 인자. *한국식품영양과학회지*, 19(1), 22-27.
- 김학연, 김계웅, 정한결(2016). 고추씨 분말을 첨가한 떡갈비 개발. *한국식품영양과학회지*, 45(2), 255-260.
- 김호경(2013). 능이버섯과 키위를 이용한 혼합연육제의 우육 연도 증진 효과. 세종대학교 박사학위논문.
- 박은미, 김인숙, 박시훈, 이재준(2020). 빨간 배추 분말을 첨가한 가정간편식(HMR) 돈육 떡갈비의 냉장저장 중 품질변화. *한국지역사회생활과학회지*, 31(3), 375-391.
- 박지훈, 챗파이산 아파판, 류기형(2017). 글루텐 함량과 수분 함량이 압출성형 분리대두단백의 조직화에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 46(4), 473-480.
- 박찬순, 서미숙, 정선영, 박보람, 박신영(2023). 대두 탈지 처리가 식물조직단백 조직화 특성에 미치는 영향. *한국식품저장유통학회지*, 30(5), 875-884.
- 박혜원, 이승철(2021). 효소 처리한 진피의 생리활성. *한국식품영양과학회지*, 50(10), 1049-1057.
- 유양자, 장학길, 최영심(2005). 탈지 대두분 첨가가 제빵 특성에 미치는 영향. *한국식품조리과학회지*, 21(3), 301-310.
- 유제희, 신정규(2021). 조리방법을 달리한 식물성 떡갈비의 품질 및 관능특성. *산업식품공학*, 25(4), 331-337.
- 이동주(2024). 자몽, 감귤, 황금 추출물을 첨가한 떡갈비 저장성 향상에 대한 연구. 인제대학교 석사학위논문.
- 이관숙, 최은지, 김창희, 김영봉, ... 박종대(2014). 검은 콩 및 노란 콩의 품질 특성 및 콩 부위별 항산화 활성. *한국식품과학회지*, 46(6), 757-761.
- 이세완(2024). 다양한 콩을 활용한 식물성 단백질 패티의 품질 특성 연구. 세종대학교 석사학위논문.
- 이승아, 송영선, 조정원, 이종호, 조재선(2001). 능이버섯 첨가가 우육의 물리화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 30(2), 266-272.
- 이재준, 이정선, 최양일, 이현주(2013). 산사의 항산화 활성과 돈육 떡갈비로의 적용. *한국축산식품학회지*, 33(4), 531-541.
- 이정아, 조수현, 김윤석, 김현욱, 배인선(2023). 병풀분말을 첨가한 염소고기 떡갈비의 품질특성. *한국식생활문화학회지*, 38(5), 336-344.
- 이필우, 유승석(2022). 동결건조 돼지감자 분말을 첨가한 소고기 패티의 품질 특성. *Culinary Science & Hospitality Research*, 28(5), 77-87.
- 정창환, 이슬희, 김학연(2021). 붉은 마늘 분말을 첨가한 가정간편식(HMR)형 돈육 떡갈비의 품질 및 관능적 특성. *한국식품과학회지*, 53(5), 601-606.
- 정한결, 김학연(2016). 돈피 젤라틴 분말을 첨가한 떡갈비 개발. *한국식품영양과학회지*, 45(8), 1147-1152.
- 조희연, 정선화, 조남석(2004). 능이버섯 및 Protease효소의 첨가가 연육에 미치는 영향. *목재공학*, 32(5), 39-44.
- 주선태(1998). 돼지고기 바로알자(4)-돼지고기의 보수력. *월간 양돈*, 20(4), 163-165.
- 지옥화(2010). 탈지 대두 분말을 첨가한 설기떡의 품질에 관한 연구. *한국조리학회지*, 16(2), 342-350.
- 최윤상, 정종연, 최지훈, 한두정, ... 김천제(2008). 미강에서 추출한 식이섬유 첨가가 유화형 소시지의 품질 특성에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*, 28(1), 14-20.
- 최준봉, 정명수, 조원일(2016). 레토르트 쇠고기의 텍스처 연화를 위한 보수력 향상에 관한 전처리 방법 연구. *한국식품과학회지*, 48(6), 565-568.
- 한기영, 최진영(2017). 병아리콩을 첨가한 두유의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 30(5),

- 1015-1024.
- 한진숙, 황인경(1992). 효소처리가 대두단백질의 기능특성과 두부의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 24(3), 294-299.
- 황순희(2012). 제주산 돈육의 품질 및 조직학적 특성 분석. 제주대학교 석사학위논문.
- 황선영, 유현희(2025). 효소 처리 순서가 대두박의 품질특성에 미치는 영향. *2025(사) 한국생활과학회 정기총회 및 동계학술대회자료집*(p.76), 군산, 한국.
- 황인국, 정현상(2012). 탈지대두박을 첨가한 찰옥수수 국수의 품질특성. *한국식품영양과학회지*, 41(11), 1584-1590.
- 신한결(2008). Relationships among tenderness, meat quality traits, histochemical characteristics in porcine longissimus dorsi muscle. 고려대학교 석사학위논문.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572-584.
- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & van Boekel, M. A. J. S. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9-10), 364-373.
- Messina, M. J. (1999). Legumes and soybeans: Overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3 Suppl), 439S-450S.
- Pietta, P.-G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7), 1035-1042.

Received 01 June 2026;

Accepted 15 June 2026