

식이섬유 분해효소 전처리 과채류 연육제 첨가가 돈육의 품질특성에 미치는 영향

Effects of Cellulolytic Enzyme Pretreatment with Fruit and Vegetable Meat Tenderizer on Quality Characteristics of Pork

황선영¹⁾ · 유현희^{2),*}

국립군산대학교 식품영양학과 석사과정¹⁾ · 국립군산대학교 식품영양학과 교수^{2),*}

Hwang, Seonyeong¹⁾ · Yu, Hyeonhee^{2),*}

Department of Food & Nutrition, Kunsan National University^{1),2)}

Abstract

This study aimed to enhance consumption of underutilized pork cuts by examining effects of tenderizers made from fruits and vegetables pretreated with dietary cellulolytic enzymes on pork tenderloin. Tenderizers were formulated as follows: The control group did not include any cellulolytic enzymes. EG1 contained 3% Celluclast. EG2 contained 3% Viscoflow. EG3 contained 3% Pectinex. EG4 contained a combination of 2% Celluclast, 1% Pectinex, and 0.5% Viscoflow. Results indicated that the mixed treatment group (EG4) had significantly higher moisture content, water-holding capacity, polyphenol content, DPPH radical scavenging activity, and enhanced palatability, including color and texture, than other groups. Furthermore, EG4 demonstrated significantly lower hardness, cohesiveness, and springiness. These findings suggest that mixed enzyme treatments are highly effective in improving pork quality and encouraging the consumption of underutilized cuts.

Keywords: Pork, Cellulolytic enzyme, Meat tenderizer, Fruit and vegetable, Quality characteristics

I. 서론

한국인의 3대 육류(돼지고기, 쇠고기, 닭고기)의 1인당 소비량은 식문화 변화로 인해 2023년엔 60.6kg였으며, 2028년엔 61.4%, 2033년엔 65.4%로 점점 증가할 것으로 전망되고 있다(한국농촌경제연구원, 2024). 그중 돈육은 한국에서 가장 많이 소비되는 육류이다(한혜영, 이승주, 2024). 돈육은 8가지의 필수아미노산을 함유하고, 비타민

B₁ 함량도 높아 에너지 대사와 신경 기능 활성화에 긍정적인 영향을 미친다(오병무 외, 2024). 하지만 구이용을 선호하는 한국인의 식습관으로 인해 돈육의 소비는 삼겹살과 목살, 갈비 부위에 편중되어 있다(신효중, 이샘, 2018). 이에 비선호 부위인 안심과 같은 부위의 소비를 촉진하기 위한 방법이 요구된다(박영미 외, 2013). 최근 현대인들의 육류 소비 형태는 양을 우선시하는 과거와는 다르게 맛과 품질을 중요시하는데, 육류의 연도는 소비자들이 육질을 평

본 연구는 2023년도 한국연구재단의 연구비 지원을 받아 작성된 것임(승인번호:1040117-202501-HR-001-02).

본 연구는 2024년 한국생활과학회 하계학술발표대회에서 발표한 것임.

* Corresponding author: Yu, Hyeon Hee

Tel: +82-063-469-4636, Fax: +82-063-466-2085

E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

© 2025, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

가하는 관능 특성으로 기호성에 가장 큰 영향을 미친다(박종희, 김호경, 2019; 배영희, 노정해, 2000a). 따라서 육류의 연도를 개선하는 것은 매우 중요한 과제가 된다. 현재까지 알려진 방법에는 도축 직후 육류에 전기를 흘려 근육을 수축 및 이완시켜 사후 경직을 앞당기는 전기자극 방법(황인호, 2002), 냉장 상태에서 사후 경직된 육류를 일정 기간 보관하여 근육을 이완시키는 숙성 방법(안설빈 외, 2020), 도체를 아킬레스건이나 골반골을 이용하여 수직으로 걸어 근육의 수축을 줄이는 현수 방법(하정욱, 2007; 한기동, 2017), 그리고 파파야의 파파인(papain), 파인애플의 브로멜라인(bromelain) 등 열대과일에서 추출한 단백질분해효소를 이용한 연육제 첨가 방법 등이 있다(남형경, 김호경, 2022; 박옥경, 2022). 그러나 전기자극 방법은 물이 빈번한 도축장에서 사용하기에 감염 위험이 있으며, 장비 세척이 어려워 위생 문제가 발생할 우려가 있다. 또한, 고전압 전기자극의 경우 도체의 급격한 pH 저하로 육단백질 변성을 유발해 육질을 저하시킬 수 있다(허선진 외, 2017). 숙성 방법은 장기간 보관이 필요하지만, 방법과 기간에 대한 기준이 표준화되지 않아 안전성 확보가 어려운 점이 있다(안설빈 외, 2020). 가열 방법은 단백질의 변성으로 조직감을 단단하게 만들 수 있으며, 많은 연구가 진행되었지만 최적의 온도가 설정되지 않은 상태이다(김병철, 김호경, 2009; 좌승훈, 2020). 현수 방법은 많은 노동력을 필요로 하고, 후 정형이 불편하다는 단점이 있다(김병철, 김호경, 2009). 그리고 파파인 및 브로멜라인과 같은 단백질분해효소를 이용한 방법은 한국식 조리법과 맞지 않아 육류의 과다연화를 일으켜 소비자들의 기호도를 저하시킬 수 있다(김은미 외, 2003; 신복음 외, 2019). 따라서 보다 효과적인 연육 방법에 대한 연구가 필요하다.

레드비트(*Beta vulgaris* L)는 명아주과(chenopodiaceae)에 속하는 뿌리채소로, betalain계 물질인 적색의 betacyanin과 황색의 betaxanthin이 포함되어 있어 다양한 가공식품에 천연색소로 사용된다. 또한 polyphenols, flavonoids 등의 항산화 물질이 풍부하며(이정아 외, 2020; 하소라, 2016), 돈육 소시지의 보수력 및 연도 증진에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(강종욱, 이강현, 2003; 하소라, 2016). 무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과(brassicaceae)에 속하는 뿌리채소로(김은미, 1990), 단백질분해효소인 프로테아제와 유리아미노산, 비타민 C, 유기산 등을 함유하고 있다(김연옥, 2011). 국내 배(*Pyrus pyrifolia* var. culta.)는 장미과(rosaceae) 속의 교목성 낙엽과수 열매로(남형경, 김호경, 2022; 배영희, 노정해, 2000b), 배에서 추출한

단백질분해효소는 육류의 actomyosin 분해에 효과적이며, 다른 단백질분해효소와 혼합하여 사용하면 단독으로 처리했을 때 발생할 수 있는 과잉 분해의 문제를 완화할 수 있다고 하였다(김은미 외, 2003; 이관호, 2007). 사과(*Malus pumila* Mill)는 장미과(rosaceae) 속 낙엽교목 식물로(김지은 외, 2021), 홍로 품종이 돈육의 조직감 및 기호도를 높인다고 보고되었다(김윤숙 외, 2018). 식이섬유 분해효소는 식물 세포벽의 구성 성분을 안정적으로 분해하여 수율과 여과성을 높이고, 단백질 및 지방의 추출 효율을 높여 이화학적 및 관능적 특성을 개선한다(이주영 외, 2023; 조동화 외, 2018). 본 연구에서 사용된 식이섬유 분해효소인 Celluclast 1.5 L는 cellobiohydrolase(CBH), 1,4-β-D-glucosidase, 1,4-D-glucanase 효소를 함유하고, Viscoflow MG는 endo-β-glucanase이 β-D-glucans의 (1,3)- 또는 (1,4)- 결합을 가수분해하는 Cellulase, Xylanase, α-amylase 효소를 포함한다(김선호, 2022). Pectinex Ultra SP-L은 pectintranseliminase와 polygalacturonase를 포함한 효소제로, pectinases, hemicellulases, β-glucanases 효소로 구성된다(김명환 외, 2017; 이정윤, 채수규, 2010). 본 연구진은 선행연구에서 채소(레드비트, 무)와 과일(배, 사과)에 식이섬유 분해효소로 전처리하여 단백분해효소 활성이 증가한 것을 확인하였다(최은선 외, 2024). 따라서 이들을 연육제에 활용한다면 돈육의 연도 증진 및 기호도 향상 등 품질을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 과채류(레드비트, 무, 배, 사과)에 Celluclast, Viscoflow, Pectinex 효소를 단독 또는 혼합으로 전처리한 연육제를 돈육의 안심에 침지시키고, 그 품질특성을 분석하고자 한다. 이를 통해 돈육의 연도 증진에 관한 기초자료를 제공하며, 비선호 부위인 안심의 사용을 증가시켜 돈육의 부위별 소비 불균형을 해소하는 데 기여하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에서 사용된 레드비트(제주, 한국), 무(전북, 한국), 배(경기도, 한국), 사과(경북, 한국), 그리고 돈육은 안심 부위(국내산)로 군산시 인근 마트에서 구입하였다. 또한 Celluclast 1.5 L(이하 C), Viscoflow MG(이하

V), Pectinex Ultra SP-L(이하 P) 효소는 Novozyme A/S (Bagsvaerd, Denmark) 제품으로, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Folin-Ciocalteu's phenol reagent는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품으로 사용하였으며, 그 외의 시약은 1급으로 사용하였다.

2. 연육제의 제조

연육제는 과채류의 비가식부를 제거하고 0.5×0.5×0.5 cm 두께로 자른 후 선행연구(최은선 외, 2024)에서 단백질분해활성도가 높았던 레드비트, 무, 배, 사과 순으로 각 2:1:1:0.5 비율로 혼합한 다음 동량의 물을 첨가하였다. 대조군에는 식이섬유 분해효소를 미첨가하였고, 실험군 1은 C 3%, 실험군 2는 V 3%, 실험군 3은 P 3%, 실험군 4는 C 2%, V 0.5%, P 1%를 혼합·첨가하였다. 그 후 50℃, 300×g의 Shaking incubator(SI-100R, 한양과학기술, 서울시, 한국)에서 1시간 교반하고, 분쇄기(BL311E, Zhejiang Shaoxing Supor Domestic Electrical Appliance Co., Ltd., China)로 2분간 분쇄한 다음 100 mesh 체에 걸러 즙액만 사용하였다.

3. 연육제 침지 돈육의 제조

본 실험에서 고기는 10×5×0.5 cm로 근섬유와 평행하게 자른 후, 고기:연육제 비율을 2:1로 하여 4℃의 냉장고(삼성바이오냉장고, 삼성, 수원, 한국)에서 9시간 침지시켰다. 연육제 침지가 완료된 고기를 생육으로, 침지 완료된 고기를 겉면이 타지 않도록 종이호일로 감싼 후 100℃로 예열된 오븐(FDO-7102, 대영제과제빵기계공업주식회사, 서울, 한국)에서 40분 가열하고, 상온에서 10분간 방냉시킨 것을 가열육으로 사용하였다.

4. 일반성분

가열육의 일반성분은 AOAC International(1996)법에 따라, 수분함량은 상압 가열 건조법으로, 조회분은 직접 회화법으로, 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로, 조지방은 속실렛법으로 분석하였으며, 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

5. 보수력 및 가열감량

보수력은 김호경(2013)의 실험방법을 변형하여 실시하

였다. 생육 10 g과 0.6M NaCl 15 mL를 혼합하고 상온에서 15분간 방치한 후 300×g에서 25분 동안 원심분리(MF-80, 한일과학산업(주), 김포, 한국)하여 얻은 상등액의 부피를 측정하였으며, 결과는 다음 공식에 의해 산출하였다.

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

가열감량은 김학연 외(2016)의 실험방법을 변형하여 실시하였으며, 결과는 다음 공식에 의해 산출하였다.

$$\text{가열감량}(\%) = \left[\frac{\text{가열 전 시료 무게}(\text{g}) - \text{가열 후 시료 무게}(\text{g})}{\text{가열 전 시료 무게}(\text{g})} \right] \times 100$$

6. pH 및 당도

생육과 가열육의 pH 및 당도는 50 mL Conical tube에 시료 5 g, 증류수 45 mL를 넣고 균질화한 후 900×g에서 15분간 원심분리(MF-80, 한일과학산업(주), 김포, 한국)하여 얻은 상등액을 pH는 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, MA, USA)로, 당도는 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로 3회 반복 측정하였다.

7. 색도

생육과 가열육의 색도는 색도색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan)로 명도(L: lightness), 적색도(a: redness), 그리고 황색도(b: yellowness)를 3회 반복 측정하였다.

8. 조직감

가열육의 조직감은 Texture Analyzer(CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleborough, Massachusetts, USA)로 Cylinder(TA25/1000) probe를 사용하여 TPA(Texture Profile Analysis) 방법으로, Pre-test speed 2.0 mm/s, Post-test speed 5.0 mm/s, Trigger load 5.0 g, Target value 1.0 mm, Depth 1.0 mm 조건에서 경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 검성 및 씹힘성을 측정하였다.

9. 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능

가열육의 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능은

김예슬(2021)과 김재성(2016)의 실험방법을 변형하여 실시하였다. 시료에 10배에 해당하는 80% 에탄올을 가하고, 균질화 시킨 다음 25℃에서 20분간 초음파 추출(UIL-DHS15040, 유일초음파, 안산, 한국)한 후 15분간 원심 분리한 것의 상등액을 시료액으로 사용하였다. 총 폴리페놀은 시료액 0.2 mL와 2N Folin-ciocalteau's phenol reagent 0.4 mL를 혼합하여 상온에서 3분간 반응시킨 후 1N sodium carbonate(Na₂CO₃) 0.8 mL를 가하고 1시간 암소시킨 후 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc., Chantilly, Virginia, USA)로 750 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 하여 얻은 검량곡선을 이용하여 산출하였다. 또한, DPPH 라디칼 소거능은 시료액 0.1 mL와 0.2 mM DPPH 에탄올 용액 0.9 mL를 혼합하고 30분간 암소시킨 후 517 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, 소거능은 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

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

10. 기호도 검사

식이섬유 분해효소 전처리를 달리한 연육제에 첨지한 돈육의 기호도 검사는 군산대학교 임상영양 캡스톤 실습실에서 평일 오후 2시부터 5시 사이에 진행되었으며, 20대 식품영양학과 학생 20명을 대상으로 실시하였다. 평가자들은 검사 1시간 전부터 물 이외의 음료 및 음식물 섭취를 제한하고, 강한 향이 나는 화장품 사용을 금지하였다. 평가 전에는 평가자 작성법 등 평가 지침에 대한 설명을 듣고, 가열육의 대조군과 실험군을 대상으로 색, 맛, 향미, 외관, 조직감, 전반적인 기호도의 총 6개 항목을 9점 척도법(1점: 매우 싫다, 5점: 보통, 9점: 매우 좋다)으로 15분 동안 평가하

였다. 시료는 무작위로 부여된 세 자리 숫자가 적힌 일회용 백색 접시에 제공되었으며, 2×2×1 cm 크기의 가열육 2조각을 10분간 방치 후 제공하였다. 필요시 추가 시료를 제공하였으며, 평가자들이 시료 간에 입을 행구도록 입 행굼용 물도 함께 제공하였다.

11. 통계처리

실험결과는 SPSS program(IBM SPSS statistics 27, IBM SPSS Co., Armonk, New York, USA)을 사용하여 나타내었으며, 대조군과 실험군간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(one way ANOVA)을 사용하였고, 사후검증은 Duncan's test를 이용하여 통계적 유의성을 검증하였다. 돈육의 생육 및 가열육의 이화학적 특성 비교는 대응 표본 t-test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

돈육의 일반성분은 <표 1>과 같다. 수분함량은 대조군(63.61%)에 비해 실험군이 64.21~64.89%로 유의적으로 높았으며, 특히 실험군 4가 가장 높았다(p<0.001). 조회분 함량은 대조군(1.10%)보다 실험군이 1.21~1.31%로 유의적으로 높았고, 이 또한 실험군 4가 가장 높았다(p<0.001). 조단백질 함량은 대조군(27.92%)에 비해 실험군이 28.40~30.80%로 유의적으로 높았으며, 그중 실험군 4가 가장 높게 나타났다(p<0.001). 조지방 함량은 대조군(1.94%)에 비해 실험군이 2.04~2.78%로 유의적으로 높았으며, 특히 실험군 4가 가장 높았다(p<0.001). 이러한 결과는 실험군 4가 다른 실험군에 비해 수분, 조회분, 조단백질,

<표 1> 일반성분

단위 : %

	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
수분	63.61±0.01 ^{1)a2)}	64.73±0.01 ^d	64.21±0.01 ^b	64.41±0.01 ^c	64.89±0.01 ^e	10251.955 ^{***3)}
조회분	1.10±0.01 ^a	1.25±0.01 ^c	1.21±0.01 ^b	1.22±0.01 ^b	1.31±0.01 ^d	239.864 ^{***}
조단백질	27.92±0.05 ^a	30.61±0.02 ^d	28.40±0.05 ^b	29.85±0.09 ^c	30.80±0.01 ^e	444235.206 ^{***}
조지방	1.94±0.01 ^a	2.04±0.01 ^b	2.66±0.01 ^d	2.09±0.01 ^c	2.78±0.01 ^e	4011.853 ^{***}

¹⁾ Data represents mean±SD(n=3)

²⁾ a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test(p<0.05).

³⁾ *** p<0.001.

조지방 함량이 높아 영양학적으로 우수함을 나타내며, 식이섬유 분해효소를 단독 처리보다 혼합 처리된 연육제에 돈육을 침지하는 것이 영양소 함량을 높이는 데 효과적임을 확인할 수 있었다. 박은미 외(2020)는 육제품 가공 시 가열로 인해 수분과 지방이 감소하면서 육질이 저하된다고 보고하였다. 본 연구에서는 대조군에 비해 실험군의 수분 및 조지방 함량이 높게 나타나, 식이섬유 분해효소로 전처리된 연육제 사용은 가열로 인한 수분 및 지방 손실을 줄이고 육질 개선에 도움이 될 것으로 생각된다. 한편, 한기동(2017)은 소비자가 돈육의 품질을 평가할 때 다즙성, 풍미, 연도 순으로 중요하게 여기며, 그중 다즙성은 저작 시 느껴지는 물기의 감각으로 돈육의 수분 및 근내지방 함량이 높을수록 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서는 식이섬유 분해효소 전처리 연육제가 돈육의 수분 및 지방 함량을 증가시키는 데 효과적이었으며, 특히 혼합 효소 처리군(실험군 4)이 가장 높은 수분 및 조지방 함량을 나타내 다즙성 증진과 기호성 향상에 가장 효과적일 것으로 사료된다.

2. 보수력 및 가열감량

돈육의 보수력과 가열감량은 <표 2>와 같다. 보수력은 대조군(25.04%)에 비해 실험군이 36.25~61.25%로 유의적으로 높았으며, 그중 실험군 4가 가장 높게 나타났는데 ($p<0.001$), 이는 대조군의 약 2.45배 정도 되었다. 보수력은 절단, 가열, 분쇄, 압착 등 내외부 자극에서 육류가 수분을 잃지 않고 유지하려는 성질을 의미한다(하정옥, 2007). 주선태(1998)는 높은 보수력이 육색, 연도, 다즙성 등의 특성을 향상시킨다고 하였으며, 한기동(2017)은 육류는 무게로 판매되기 때문에 보수력이 낮으면 수분 손실로 인한 경제적 손실이 발생하고, 관능적으로는 육질이 푸석해져 다즙성과 맛의 기호성이 저하될 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 식이섬유 분해효소 전처리 연육제를 첨가한 실험군의 보수력이 대조군보다 높았고, 이는 식이섬유 분해효소

를 이용한 연육제 처리가 돈육의 보수력 증진에 도움이 되어 다즙성과 맛의 기호성을 높이는 요인으로 작용할 것으로 기대된다. 주선태(1998)는 단백질분해효소는 숙성 과정에서 근원섬유 단백질간 결합을 이완시켜 수분 결합을 위한 공간을 형성함으로써 보수력을 증가시킨다고 하였다. 본 연구에서 대조군보다 실험군의 보수력이 높게 나타난 것은 식이섬유 분해효소 첨가로 인해 배와 무의 프로테아제(protease)와 같은 과채류의 단백질분해효소 활성이 촉진된 결과(남승희 외, 2018)로 생각된다.

가열감량은 대조군(36.65%)에 비해 실험군 1과 4는 각각 35.07%, 33.62%로 유의적으로 낮았으며, 반면 실험군 2와 3은 각각 37.71%, 37.99%로 유의적으로 높았다 ($p<0.001$). 특히 실험군 2의 가열감량이 높게 나타난 이유는 실험군 2에 사용된 Viscoflow 단독 처리 효소액의 당도(3.64 Brix%)와 염도(2.61%)가 Cellucalst, Pectinex 단독 처리 및 Cellucalst, Viscoflow, Pectinex 혼합 처리 효소액의 당도(1.73~2.43 Brix%)와 염도(0.16~0.61%)에 비해 높아, 삼투압 작용으로 육즙이 더 많이 빠져나갔기 때문으로 분석된다(최은선 외, 2024). 김광일(1999)은 식이섬유의 첨가가 가열감량을 감소시키는 데 효과적이라고 보고하였다. 전미란, 최성희(2012)는 해조류 분말 첨가량이 증가함에 따라 돈육 패티의 가열감량이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 알긴산 등의 해조류 식이섬유가 보수력을 높여 가열 시 수분 손실을 줄였기 때문이라고 하였다. 또한 양나은 외(2023)는 식이섬유의 첨가가 수분 결합과 보수력 등의 기능성 특성을 높여 식육가공품의 가열 손실을 감소시키는 데 기여한다고 하였다. 한편, 박인배 외(2005)는 식이섬유 분해효소(Celluclast, Pectinex)를 첨가·가열 처리한 젤리는 수분함량이 증가했다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 실험군 1과 4의 가열감량이 대조군보다 낮게 나타난 것은 식이섬유 분해효소 전처리 연육제의 첨가로 인해 식이섬유 함량이 증가하여 보수력이 높아진 결과로 볼 수 있다.

<표 2> 보수력과 가열감량

	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
보수력	25.04±0.04 ^{1)a2)}	50.02±0.02 ^d	36.25±0.03 ^b	38.77±0.02 ^c	61.25±0.03 ^e	678145.827 ^{***3)}
가열감량(%)	36.65±0.04 ^c	35.07±0.06 ^b	37.71±0.04 ^d	37.99±0.24 ^d	33.62±0.25 ^a	402.070 ^{***}

¹⁾ Data represents mean±SD(n=3)

²⁾ a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p<0.05$).

³⁾ *** $p<0.001$.

3. pH 및 당도

돈육의 pH 및 당도 측정 결과는 <표 3>과 같다. 생육의 pH는 대조군(5.92)에 비해 실험군이 4.83~5.52로 유의적으로 낮은 경향을 보였으며, 그중 실험군 2가 가장 낮고 실험군 4가 가장 높았다($p<0.001$). 가열육의 pH는 대조군과 실험군 1이 각각 6.02로 유의미한 차이가 없었으나, 실험군 2는 6.04로 대조군보다 유의적으로 높았고, 실험군 3과 4는 각각 5.96과 6.00으로 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 박영미 외(2013)에 따르면, pH가 높을수록 가열감량이 감소하는 경향이 있다고 하였다. 본 연구에서는 생육의 pH가 대조군에 이어 실험군 4에서 가장 높게 나타나, 가열감량 감소에 기여하고 가열 후 육류의 외관 기호도에 긍정적 영향을 미칠 것으로 보인다. 또한, 연육제에 첨가된 돈육의 pH는 생육보다 가열육에서 유의적으로 높은 경향을 보였는데($p<0.01$), 이는 육류 가열 시 단백질 변성으로 인해 수소결합이 약화되면서 염기성 아미노기의 imidazolium이 방출된 결과(정한결, 김학연, 2016)로 사료된다.

당도는 생육에서는 대조군(0.31 Brix%)에 비해 실험군이 0.41~0.54 Brix%로 유의적으로 높았으며, 가열육에서도 대조군(0.61 Brix%)보다 실험군이 0.81~1.11 Brix%로 유의적으로 높은 당도를 보였다($p<0.001$). 특히 생육 및 가열육 모두에서 실험군 2가 가장 높은 당도를 나타냈는데, 이는 실험군 2에 사용된 Viscoflow 단독 처리 효소액의 당도(3.64 Brix%)가 Cellucalst, Pectinex 단독 처리 및 Cellucalst, Viscoflow, Pectinex 혼합 처리 효소액(1.73~2.43 Brix%)에 비해 높았기 때문으로 분석된다(최은선 외, 2024). 한편, 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 첨

지 돈육의 당도는 생육에서보다 가열육에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.001$). 전윤기 외(1997)는 식이섬유 분해효소(Celluclast, Viscoflow)의 첨가는 고휘분 함량을 증가시켰다고 하였고, 인병호(2023) 역시 효소 처리군이 무처리군보다 당도가 높아져 가용성 고휘분 함량이 증가했다고 보고하였다. 또한, 이평화 외(2014)는 Celluclast, Viscozyme, Pectinex 효소 처리는 총당 함량을 증가시켰으며, 이는 효소가 배의 세포벽 성분인 cellulose, hemicellulose, pectin을 cellobiose 및 포도당, 올리고당 등으로 분해하였기 때문이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 실험군의 당도가 대조군보다 높게 나타난 것은 식이섬유 분해효소 전처리 연육제가 영향을 준 것으로 판단된다. 양나은 외(2023)는 당류는 가열 식육가공품의 맛 형성과 수분활성도 저하 등의 품질특성에 중요한 역할을 한다고 하였다. 따라서 본 연구에서 실험군의 당 함량이 대조군보다 높게 나타난 점은 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 사용이 육가공품의 이화학적 특성과 관능적 품질을 개선하는데 기여할 수 있음을 시사한다.

4. 색도

돈육의 색도 측정 결과는 <표 4>와 같다. 생육에서는 명도, 적색도, 황색도는 대조군에 비해 실험군 1~3이 유의적으로 낮았고, 실험군 4는 높았다($p<0.001$). 가열육에서는 명도와 황색도가 대조군보다 실험군에서 유의적으로 높았으며, 특히 실험군 4가 가장 높은 값을 보였다($p<0.001$). 반면, 적색도는 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 낮았으며($p<0.01$), 그중 실험군 1이 가장 낮은 적색도를 보였

<표 3> pH와 당도

		대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
pH	생육	5.92±0.005 ^{1)ⓐ2)}	5.20±0.005 ^c	4.83±0.004 ^a	4.92±0.006 ^b	5.52±0.006 ^d	22308.195 ^{***3)}
	가열육	6.02±0.003 ^c	6.02±0.003 ^c	6.04±0.005 ^d	5.96±0.005 ^a	6.00±0.005 ^b	146.902 ^{***}
	t-value	-23.145 ^{***4)}	-187.433 ^{***}	-234.597 ^{***}	-173.344 ^{***}	-79.424 ^{***}	
당도 (Brix%)	생육	0.31±0.007 ^a	0.41±0.54 ^b	0.54±0.005 ^c	0.43±0.005 ^c	0.51±0.007 ^d	484.175 ^{***}
	가열육	0.61±0.007 ^a	0.81±0.003 ^b	1.11±0.003 ^d	0.81±0.005 ^b	1.02±0.005 ^c	4637.860 ^{***}
	t-value	-51.933 ^{***}	-97.817 ^{***}	-137.390 ^{***}	-109.697 ^{***}	-254.000 ^{***}	

¹⁾ Data represents mean±SD(n=3)

²⁾ ^{a-c} Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p<0.05$).

³⁾ ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

⁴⁾ The comparison between both raw and cooked meat samples was analyzed by paired-samples t-test.

다. 주선태(1998)와 황종대(1998)는 보수력이 증가하면 근원섬유 단백질간 결합이 약화되어 oxymyoglobin 함량이 증가함으로써 육색이 개선된다고 하였다. 또한, 김윤지의(1987)는 높은 보수력이 수분활성도를 저하시키고, 희석효과(dilution effect)를 통해 반응물질 농도를 감소시켜 식품 가공 중 발생하는 갈색화 반응을 감소시킨다고 보고 하였다. 본 연구에서도 생육에서는 실험군 4의 명도가 가장 높아 밝은 선홍색을 띠었으며, 가열육에서도 대조군보다 실험군의 명도가 유의적으로 높게 나타났다. 이는 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 첨가로 보수력이 증가하면서 마이야르 반응 등 갈변 현상이 억제되어 육색이 개선된 결과로 판단된다. 이러한 변화는 색과 외관 등 관능적 특성의 기호성을 증진하는 데 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다. 민진영 외(2018)는 레드비트 색소가 betalain 계열에 속하며, 주로 적색을 띠는 betacyanin과 황색을 띠는 betaxanthin으로 구분된다고 하였다. 또한, 강혜연 외(2021)는 betalain 색소는 anthocyanin 색소보다 열 안정성이 높아 고기 색소(myoglobin) 및 가열로 인한 마이야르 반응에 따른 색 변화에 크게 영향을 받지 않는다고 보고하였다. 또한 박영민(2022)은 비트 주스에 효소를 처리하면 betacyanin이 분해되어 적색도가 감소한다고 설명하였다. 본 연구에서도 생육 및 가열육에서 효소 첨가군(실험군 1~3)의 적색도가 미첨가군인 대조군보다 낮게 나타난 것은 이와 같은 기전으로 판단된다. 한편, 실험군 4는 생육에서는 대조군보다 높은 적색도를 보였으나, 가열육에서는 적색도가 감소하여 대조군보다 낮게 나타났다. 이는 돈육

에 첨가된 식이섬유 분해효소 연육제가 실험군 1~3에서는 단독 처리된 반면, 실험군 4는 혼합 처리를 적용하였기 때문에 가열 전에는 명확한 차이가 나타나지 않았으나, 가열 후에는 혼합 처리의 효과가 발현되어 다른 실험군과 유사하게 대조군보다 낮은 적색도를 보인 것으로 판단된다. 또한, 가열육에서 적색도가 높을 경우 익지 않은 듯한 외관으로 인해 기호성이 저하될 수 있다. 본 연구에서 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 첨가는 비트로 인한 가열육의 적색도를 낮추는 데 기여하였으며, 이는 육류가 익지 않은 듯한 거부감을 완화하는 효과를 통해 관능적 품질 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다.

5. 조직감

돈육의 조직감 측정 결과는 <표 5>와 같다. 경도는 대조군(611.39 g)에 비해 실험군이 406.40~587.13 g으로 유의적으로 낮았으며, 그중 실험군 4가 가장 낮은 값을 보였다 ($p<0.001$). 반면, 부착성은 대조군이 0.02 mJ로 유의적으로 가장 낮았다($p<0.001$). 응집성은 실험군 2(0.77)를 제외한 나머지 실험군이 대조군(0.75)보다 유의적으로 낮은 0.68~0.77의 범위를 나타냈으며, 그중 실험군 4가 0.68로 가장 낮았다($p<0.001$). 탄력성은 대조군(0.74 mm)에 비해 실험군 4가 0.63 mm로 유의적으로 낮았으나 ($p<0.001$), 실험군 1, 2, 3과는 유의한 차이가 없었다 ($p<0.01$). 검성과 씹힘성은 실험군 2에서 각각 466.70 g과 3.31 mJ로 나타났으나, 이를 제외한 나머지 실험군은 대조

<표 4> 색도

		대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
명도	생육	44.07±0.20 ^{1)c2)}	41.01±0.05 ^a	41.06±0.14 ^a	43.30±0.30 ^b	44.54±0.14 ^d	244.116 ^{***3)}
	가열육	54.72±0.04 ^a	60.37±0.01 ^d	60.20±0.03 ^c	56.71±0.06 ^b	62.97±0.08 ^c	13976.120 ^{***}
	t-value	-109.652 ^{***4)}	-608.634 ^{***}	-205.993 ^{***}	-64.628 ^{***}	-151.923 ^{***}	
적색도	생육	11.58±0.03 ^d	6.86±0.02 ^a	9.67±0.03 ^b	11.16±0.25 ^c	13.65±0.05 ^c	1424.331 ^{***}
	가열육	14.95±0.03 ^c	7.84±0.02 ^a	11.47±0.02 ^d	9.15±0.02 ^b	11.33±0.14 ^c	5255.330 ^{***}
	t-value	-113.634 ^{***}	-146.000 ^{***}	-82.654 ^{***}	13.130 ^{**}	21.109 ^{**}	
황색도	생육	3.52±0.11 ^d	-0.55±0.01 ^a	1.01±0.09 ^b	2.84±0.01 ^c	4.30±0.02 ^c	2723.361 ^{***}
	가열육	6.67±0.01 ^a	13.79±0.02 ^c	13.65±0.02 ^c	13.25±0.21 ^b	15.33±0.01 ^d	3970.026 ^{***}
	t-value	-80.714 ^{***}	-503.256 ^{***}	-384.491 ^{***}	-250.597 ^{***}	-50.769 ^{***}	

1) Data represents mean±SD(n=3)

2) a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p<0.05$).

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

4) The comparison between both raw and cooked meat samples was analyzed by paired-samples t-test.

군(검성 441.89 g, 씹힘성 3.20 mJ)보다 유의적으로 낮은 검성(288.35~344.58 g)과 씹힘성(2.01~2.61 mJ)을 보였다($p<0.01$). 마기준(1999)은 경도가 수분 손실과 가열감량이 증가함에 따라 높아진다고 하였다. 이를 근거로, 본 연구에서 실험군 4가 대조군보다 낮은 경도를 보인 것은 높은 보수력으로 인해 가열감량이 낮았기 때문으로 추측된다. 또한, 김미현 외(2010)는 탄력성과 검성의 감소가 고기 연화의 주요 지표 중 하나라고 하였다. 본 연구에서도 실험군 1, 3, 4는 대조군에 비해 경도뿐만 아니라 부착성, 응집성, 검성, 씹힘성이 유의하게 낮아 고기 연화 정도가 대조군보다 높음을 확인할 수 있었다. 특히, 실험군 4는 경도, 응집성, 검성, 씹힘성이 가장 낮았으며, 다른 군들과 달리 탄력성도 유의적으로 낮아 육류 연화에 가장 효과적인 것으로 판단된다. 박영미 외(2013)는 육류 연화가 육질 개선에 가장 중요한 요인으로, 소화 흡수를 돕고 안심 등과 같은 저지방육의 딱딱한 질감을 보완한다고 하였다. 따라서 식이섬유 분해효소 전처리 연육제의 첨가로 인한 경도의 감소는 돈육의 관능적 기호도를 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

6. 총 폴리페놀 및 DPPH 라디칼 소거능

돈육의 총 폴리페놀 및 DPPH 라디칼 소거능은 <표 6>과 같다. 총 폴리페놀 함량은 대조군(69.62 mg GAE/mL)에 비해 실험군이 82.46~141.44 mg GAE/mL로 유의적으로 높았으며, 그중 실험군 4가 가장 높은 수치를 보였다($p<0.001$). DPPH 라디칼 소거능 역시 대조군(34.39 mg GAE/mL)에 비해 실험군이 41.66~65.40%로 유의적으로 높았고, 마찬가지로 실험군 4가 가장 높은 활성을 나타냈다($p<0.001$). 연육제 재료 중 레드비트는 anthocyanin과 betanin 등의 항산화 및 항암 효과가 있는 폴리페놀 색소를 다량 함유하고 있음이 보고된 바 있다(이미란 외, 2017). 이상훈 외(2009)는 무는 flavonoid인 kaempferol을 함유하고, 그 밖에 식이섬유 및 vitamin, phenol계 및 방향족 amine 등의 항산화 작용을 나타내는 물질을 다량 함유하고 있어 항암 효과가 있다고 하였다. 또한, 진영옥, 송원섭(2012)은 배의 과육과 과피에는 다량의 폴리페놀이 함유되어 있어 항암, 항염, 항산화 기능뿐만 아니라 면역강화 및 총콜레스테롤과 중성지방 감소 효과가 있다고 보고하였

(표 5) 조직감

	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
경도(g)	611.39±0.55 ^{1)e2)}	412.47±0.03 ^b	587.13±0.18 ^d	471.17±4.62 ^c	406.40±0.53 ^a	6361.332 ^{***3)}
부착성(mJ)	0.02±0.005 ^a	0.02±0.002 ^b	0.02±0.004 ^b	0.03±0.002 ^c	0.04±0.002 ^c	18.067 ^{***}
응집성	0.75±0.003 ^d	0.74±0.01 ^c	0.77±0.004 ^c	0.72±0.005 ^b	0.68±0.01 ^a	123.236 ^{***}
탄력성(mm)	0.74±0.003 ^b	0.73±0.004 ^b	0.75±0.06 ^b	0.74±0.04 ^b	0.63±0.01 ^a	6.005 ^{**}
검성(g)	441.89±0.52 ^d	340.77±0.98 ^b	466.70±0.01 ^c	344.58±0.10 ^c	288.35±0.05 ^a	67439.303 ^{***}
씹힘성(mJ)	3.20±0.02 ^d	2.15±0.01 ^b	3.31±0.01 ^c	2.61±0.01 ^c	2.01±0.02 ^a	6856.068 ^{***}

¹⁾ Data represents mean±SD(n=3)

²⁾ a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p<0.05$).

³⁾ ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

(표 6) 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능

	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
폴리페놀 함량 (mg GAE/mL)	69.62±0.04 ^{1)a2)}	101.64±0.10 ^d	82.46±0.04 ^b	94.28±0.11 ^c	141.44±0.07 ^e	374677.699 ^{***3)}
DPPH 라디칼 소거능(%)	34.39±0.15 ^a	57.70±0.17 ^d	41.66±0.14 ^b	53.45±0.05 ^c	65.40±0.09 ^e	28364.607 ^{***}

¹⁾ Data represents mean±SD(n=3)

²⁾ a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p<0.05$).

³⁾ *** $p<0.001$.

다. 박민경, 김철현(2009)은 사과 역시 비타민 C와 폴리페놀 함량이 높아 심혈관 질환 및 암과 같은 성인병 예방에 효과적임을 보고하였다. 효소 처리와 항산화능의 관계에 대해서는 김현정 외(2008)는 효소 처리가 홍삼의 비타민 E 용출을 증가시켜 DPPH 라디칼 소거능을 높인다고 보고하였고, 채희정 외(2011)는 Celluclast 효소 처리가 흑마늘의 항산화능을 향상시켰다고 하였다. 이주영(2022)은 Viscoflow 효소 처리가 생면의 DPPH 라디칼 소거활성을 증가시켰음을 확인하였으며, 조동화 외(2018)는 Celluclast와 Pectinex 효소 처리가 현미 가루의 페놀산 함량과 DPPH 라디칼 소거능을 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에서 대조군의 항산화능은 레드비트, 무, 배, 사과의 첨가로 인한 것으로 판단되며, 실험군에서 항산화능이 더욱 높게 나타난 것은 식이섬유 분해효소 첨가로 인해 연육제 재료에서 폴리페놀 성분의 용출이 증가한 결과로 해석된다. 특히, 단독 처리군인 실험군 1, 2, 3보다 혼합 처리군인 실험군 4가 가장 높은 항산화능을 보였는데, 이는 Viscozyme 및 Pectinex 효소의 혼합 처리가 총 페놀 함량을 효과적으로 증가시킨다는 선행연구 결과(박민경, 김철현, 2009)와 일치하였다.

통해 당도가 증가하여 맛에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 박현진 외(2024)는 레드비트에 포함된 geosmin [trans-1,10-dimethyl-trans-(9)-decalol] 성분이 흙냄새와 같은 이취를 유발한다고 보고하였다. 본 연구에서도 이로 인해 대조군의 향미 기호도가 낮았던 것으로 보인다. 반면, 실험군에서는 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 첨가로 레드비트의 이취가 감소하여 향미 기호도가 유의미하게 높아진 것으로 추측된다. 한편, 외관과 조직감에서 실험군 2의 기호도가 다른 실험군에 비해 낮게 나타난 것은 가열감량, 경도, 탄력성, 검성 등이 상대적으로 높아 조직감이 단단하고 수축으로 인해 외관이 줄어들어 것이 주요 원인으로 분석된다. 이에 연육제 전처리에서 Viscoflow 효소의 단독 처리는 지양하는 것이 바람직하다고 판단된다. 마지막으로, 실험군 4는 색, 조직감, 전반적인 기호도에서 가장 높은 기호성을 나타내었다. 이는 식이섬유 분해효소 전처리 연육제에 효소의 단독 처리보다 혼합 처리가 기호성을 더욱 효과적으로 향상시킬 수 있음을 시사하며, 육가공품의 품질 개선에 있어 혼합 처리가 더욱 효율적인 방법임을 보여 준다.

7. 기호도 검사

돈육의 기호도 검사 결과는 <표 7>과 같다. 색, 맛, 향미, 외관, 조직감, 전반적인 기호도 등 총 6개 항목에서 실험군이 대조군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다 ($p < 0.001$). 대조군의 색과 외관 기호도가 낮았던 것은 효소 미처리로 인해 레드비트의 적색이 돈육에 잔존한 것이 원인으로 판단된다. 또한, 실험군이 대조군보다 맛 기호도가 높았던 것은 식이섬유 분해효소 전처리 연육제 첨가를

IV. 요약 및 결론

본 연구는 비선호 부위의 육류 소비 증진을 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었으며, 특히 육질 품질 지표로서의 연화 정도와 이화학적 및 관능적 특성 개선 정도를 알아보고자 하였다. 이를 위해 식이섬유 분해효소로 전처리한 과채류를 이용하여 제조한 연육제에 돈육의 안심을 첨지하고, 이에 따른 품질특성을 분석하였다. 연육제 전처리에 대조군에는 식이섬유 분해효소를 미첨가, 실험군 1에는

<표 7> 기호도 검사

	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
색	3.10±0.57 ^{1)a2)}	5.50±0 ^{bc}	5.20±0.63 ^b	5.40±0.52 ^{bc}	5.90±0.74 ^c	33.598 ^{***3)}
맛	3.50±0.53 ^a	5.70±0.48 ^c	4.70±0.48 ^b	5.60±0.52 ^c	5.90±0.57 ^c	37.200 ^{***}
향미	4.00±0.67 ^a	5.30±0.48 ^b	5.30±0.48 ^b	5.40±0.52 ^b	5.60±0.52 ^b	14.088 ^{***}
외관	4.50±0.53 ^a	6.00±0.67 ^c	5.20±0.42 ^b	5.70±0.48 ^c	6.10±0.57 ^c	14.943 ^{***}
조직감	3.90±0.88 ^a	5.70±0.67 ^b	5.30±0.48 ^b	5.60±0.70 ^b	6.40±0.52 ^c	19.153 ^{***}
전반적인 기호도	4.80±0.63 ^a	5.80±0.79 ^{bc}	5.30±0.48 ^{ab}	5.90±0.57 ^c	6.50±0.53 ^d	11.129 ^{***}

¹⁾ Data represents mean±SD(n=50)

²⁾ a-c Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test($p < 0.05$).

³⁾ *** $p < 0.001$.

C 3%, 실험군 2에는 V 3%, 실험군 3에는 P 3%, 실험군 4에는 C 2%, P 1%, V 0.5%를 혼합·첨가하여 제조하였다. 연구 결과, 연육제에 첨가한 돈육의 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량 및 보수력은 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 높았으며, 특히 실험군 4가 가장 높은 값을 나타냈다. 가열감량은 대조군에 비해 실험군 1과 4는 유의적으로 낮았고, 실험군 2와 3은 유의적으로 높은 값을 보였다. pH는 생육에서 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 낮았으며, 가열육에서는 대조군에 비해 실험군 1은 유의한 차이가 없었고, 실험군 3과 4는 유의적으로 낮았으며, 실험군 2는 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 또한, 생육보다 가열육에서 전반적으로 더 높은 pH를 보였다. 당도는 대조군보다 실험군이 유의적으로 높은 경향을 보였다. 색도 측정 결과, 대조군에 비해 실험군 1~3은 생육에서 명도, 적색도, 황색도가 유의적으로 낮았으며, 가열육에서는 실험군 4와 함께 명도와 황색도가 유의적으로 높게 나타났다. 반면, 적색도는 생육에서는 실험군 4가 가장 높은 값을 보였으나, 가열육에서는 감소하여 대조군보다 낮아졌다. 조직감 측정에서는 경도, 응집성, 탄력성, 겹침성이 실험군 2를 제외한 실험군 1, 3, 4가 대조군보다 유의적으로 낮은 값을 보였다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 대조군보다 실험군에서 유의적으로 높아졌으며, 그중 실험군 4가 가장 높은 값을 나타냈다. 기호도 검사 결과, 색, 맛, 향미, 외관, 조직감, 전반적인 기호도 모두 실험군이 대조군보다 유의적으로 높았으며, 그중 실험군 4가 색, 조직감, 전반적인 기호도에서 가장 높은 기호도를 보였다. 본 연구의 결과는 식이섬유 분해효소를 단독으로 처리한 경우보다 혼합 처리한 연육제를 활용하여 돈육을 침지했을 때, 연화 작용과 항산화성을 포함한 이화학적 특성 및 색과 맛 등의 관능적 특성이 더욱 효과적으로 개선될 수 있음을 시사한다. 이러한 특성의 개선은 돈육의 비선호 부위인 안심의 소비 증진에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

주제어: 돈육, 식이섬유 분해효소, 연육제, 과채류, 품질 특성

REFERENCES

- 강종욱, 이강현(2003). 레드비트 색소 및 키토산 첨가가 자아질산염 소시지에 미치는 효과. *한국축산식품학회지*, 23(3), 215-220.
- 강혜연, 이보라, 정나라(2021). 대체육 완자와 육류 완자의 품질 특성 비교. *한국식품조리과학회지*, 37(5), 371-378.
- 김광일(1999). 돈육 및 돈지방 첨가가 우육 햄버거 패티의 품질 및 저장성에 미치는 영향. *건국대학교 석사학위논문*.
- 김명환, 김선림, 강현중(2017). 펙티넥스(Pectinex) 효소를 이용한 메이신을 포함하는 옥수수 수염 추출물의 제조방법. 특허등록 10-1778752-0000.
- 김미현, 노정해, 김미정(2010). 과실유래 단백질 조효소 액과 과육의 근원섬유 분해 효과에 관한 연구. *한국식품조리과학회지*, 26(3), 323-329.
- 김병철, 김호경(2009). 능이버섯추출물과 키위를 혼합한 연육제의 제조방법. 특허등록 10-0887538-0000.
- 김선효(2022). 효소 처리한 참나물 분말을 첨가한 식빵의 품질특성. *군산대학교 박사학위논문*.
- 김연옥(2011). 켈러무초절임의 품질특성과 단체급식소에서의 수용도 평가. *전북대학교 석사학위논문*.
- 김예슬(2021). 수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성. *조선대학교 석사학위논문*.
- 김운숙, 김우일, 정은호(2018). 사과 연육제 처리에 따른 돼지고기와 소고기의 적정 저장온도 및 숙성시간. *한국원예학회 추계학술대회 자료집*(p.146-146), 여수, 한국.
- 김윤지, 최형택, 유주현, 오두환(1987). 중간수분식품 모델계에서의 마이야르 반응에 관한연구. *한국식품과학회지*, 19(2), 113-118.
- 김은미(1990). 무우(Raphanus sativas L.)와 무우 말랭이의 성분비교. *전남대학교 석사학위논문*.
- 김은미, 최일신, 황성구(2003). 배, 파인애플 및 키위로부터 추출 분리한 단백질 분해효소의 단일 또는 혼합처리 Actomyosin 분해에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*, 23(3), 193-199.
- 김재성(2016). 천연물의 첨가가 육포의 품질에 미치는 영향. *경상대학교 석사학위논문*.
- 김지은, 신지영, 양지영(2021). 사과 부산물의 영양성분 분석 및 항산화 효과. *생명과학회지*, 31(7), 617-625.
- 김학연, 김계웅, 정한결(2016). 고추씨 분말을 첨가한 떡갈비 개발. *한국식품영양과학회지*, 45(2), 255-260.
- 김현정, 양선아, 임남경, 지광환, 이인선(2008). 효소 처리 홍삼을 함유한 오일의 항산화 효과. *생명과학회지*,

강종욱, 이강현(2003). 레드비트 색소 및 키토산 첨가가 자아질산염 소시지에 미치는 효과. *한국축산식품학회지*

- 18(3), 323-328.
- 김호경(2013). 능이버섯과 키위를 이용한 혼합연육제의 우육 연도 증진 효과. 세종대학교 박사학위논문.
- 남승희, 임순희, 김영민, 양광열, 고진아(2018). 배에서 추출된 효소를 포함하는 천연 소화제 조성물의 제조방법. 특허등록 10-1897701-0000.
- 남형경, 김호경(2022). 표고버섯, 양송이버섯, 배를 첨가한 홍두깨살의 연육 효과. *한국산업융합학회논문집*, 25(6), 1009-1015.
- 마기준(1999). 가열방법에 따른 분쇄돈육의 이화학적 특성과 핵산관련물질의 성분변화에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- 민진영, 박호영, 김윤숙, 홍정선, 최희돈(2018). 국내산 레드비트(*Beta vulgaris* L.) 추출 천연색소의 항산화 특성 및 안정성. *한국식품영양과학회지*, 47(7), 725-732.
- 박민경, 김철현(2009). Cellulase와 Pectinase를 이용한 사과껍질 폴리페놀 추출 및 항산화 활성 평가. *한국식품영양과학회지*, 38(5), 535-540.
- 박영미, 한병렬, 김영중, 윤혜현(2013). 구아바 잎 분말 첨가가 양념돈육의 품질에 미치는 영향. *한국조리학회지*, 19(4), 1-12.
- 박영민(2022). 효소 처리 비트주스를 첨가한 발효유의 품질 특성. 군산대학교 박사학위논문.
- 박옥경(2022). 과일즙첨가 간장소스를 이용한 돼지불고기 이화학적 성질 및 감각적 특성. 영산대학교 석사학위논문.
- 박은미, 김인숙, 박시훈, 이재준(2020). 빨간 배추 분말을 첨가한 가정간편식(HMR) 돈육 떡갈비의 냉장저장 중 품질변화. *한국지역사회생활과학회지*, 31(3), 375-391.
- 박인배, 김선재, 마승진, 박정욱, 정순택(2005). 미역의 효소추출물을 이용한 젤리의 제조. *한국식생활문화학회지*, 20(4), 421-425.
- 박종희, 김호경(2019). 동결건조한 키위분말을 첨가한 우육의 연육 효과. *한국산업융합학회 논문집*, 22(5), 545-551.
- 박현진, 홍기배, 윤소정, 홍성준, ... 신의철(2024). Ascorbic acid 처리에 따른 레드비트의 감각적 특성 분석: 전자코, 전자혀, 그리고 GC-MS/O를 중심으로. *한국식품영양과학회지*, 53(4), 367-377.
- 배영희, 노정해(2000a). 과일에 존재하는 단백질 분해효소의 식육연화효과에 관한 연구. *한국조리과학회지*, 16(4), 367-371.
- 배영희, 노정해(2000b). 배, 키위, 무화과, 파인애플, 파파야에 존재하는 단백질분해효소의 특성비교. *한국식품조리과학회지*, 16(4), 363-366.
- 송원섭, 진영욱(2012). 배 품종 및 부위별 항산화 활성. *한국자원식물학회지*, 25(4), 498-503.
- 신복음, 백일선, 김정환, 이윤혜(2019). 느티만가닥버섯의 단백질분해효소 활성과 연육증진효과. *한국버섯학회지*, 17(4), 235-240.
- 신효중, 이샘(2018). 돼지고기 저지방부위 소비에 대한 지불의사액 추정. *한국식생활문화학회지*, 33(4), 299-306.
- 안설빈, 황선혜, 조용선(2020). 냉장 온도에서 생육, 습식숙성육, 건식숙성육의 저장 안전성. *한국식품위생안전성학회지*, 35(2), 170-176.
- 양나은, 노신우, 유채은, 김현욱(2023). 당 종류에 따른 수비드 및 건식 가열한 돈육 등심햄의 품질 특성. *자원과학연구*, 5(1), 40-49.
- 오병무, 오지혜, 윤수민, 조원주, ... 김선웅(2024). 식품소비행태조사를 이용한 수입산 돼지고기 섭취의향 결정요인 분석. *한국식품영양과학회지*, 37(3), 162-170.
- 이관호(2007). 한국산 배에서 추출한 단백질 분해효소의 정제 및 특성에 관한 연구. 한경대학교 박사학위논문.
- 이미란, 강창희, 부희정(2017). 레드 비트 뿌리 추출물의 항산화 및 항염증 효과. *한국식품저장유통학회지*, 24(3), 413-420.
- 이상훈, 황인국, 이연리, 정은미, ... 이희봉(2009). 열처리 무 추출물의 이화학적 특성과 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 38(4), 490-495.
- 이정아, 강다연, 김진경, 임성민, ... 김학연(2020). 딸기와 레드비트 분말 첨가가 우육 패티의 품질 특성과 항산화 활성에 미치는 영향. *자연과학연구*, 2(1), 1-8.
- 이정윤, 채수규(2010). 적포도(MuscatBaileyA)주 발효 중 효소 처리에 의한 Phenol류 추출 및 색도 변화에 관한 연구. *한국식품영양과학회지*, 23(3), 324-331.
- 이주영(2022). 효소 및 초음파 처리한 가바쌀 분말의 첨가가 생면의 품질특성에 미치는 영향. 군산대학교 석사학위논문.
- 이주영, 최은선, 유현희(2023). 효소 및 초음파로 전처리한 가바쌀의 품질특성. *한국생활과학회지*, 32(1), 73-86.

- 이평화, 박수연, 장태훈, 임순희, ... 채희정(2014). 탄수화물 분해효소 처리에 의한 배 과피와 과심의 항산화 생리활성 증대효과. *한국식품영양과학회지*, 43(3), 404-410.
- 인병호(2023). 효소처리한 초당옥수수의 이화학적 특성 및 이를 이용한 음료 개발. 한국교통대학교 석사학위논문.
- 전미란, 최성희(2012). 해조류 첨가가 돈육 패티의 품질 특성에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*, 32(1), 77-83.
- 전윤기, 최희숙, 차보숙, 오훈일, 김우정(1997). 효소분해가 감귤주의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 29(2), 198-203.
- 정한결, 김학연(2016). 돈피 젤라틴 분말을 첨가한 떡갈비 개발. *한국식품영양과학회지*, 45(8), 1147-1152.
- 조동화, 이석기, 박지영, 박혜영, ... 오세관(2018). 세포벽 분해효소 처리가 현미의 페놀화합물 함량과 항산화 활성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 47(6), 605-611.
- 좌승훈(2020). 저 지방 한우고기 품질 고급화 가공기술 개발. 전북대학교 석사학위논문.
- 주선태(1998). 돼지고기 바로알자(4)-돼지고기의 보수력. *월간 양돈*, 20(4), 163-165.
- 채희정, 박동일, 이성철, 오철환, ... 인만진(2011). 효소 처리와 유산균 배양에 의한 흑마늘의 항산화 활성 향상. *한국식품영양과학회지*, 40(5), 660-664.
- 최은선, 류다현, 황선영, 따이사샤, 유현희(2024). 섬유분해효소 전처리 과일, 채소 연육제의 품질특성. *한국생활과학회지*, 33(5), 769-782.
- 하소라(2016). 레드비트 분말의 첨가가 돈육소시지의 이화학적 특성에 미치는 영향. 경남과학기술대학교 석사학위논문.
- 하정욱(2007). *축산식품가공학*. 서울: 두양사.
- 한국농촌경제연구원(2024). *농업전망 2024 (1권): 불확실성시대의 농업·농촌, 도전과 미래*. 나주: 한국농촌경제연구원.
- 한기동(2017). *원리를 생각하는 축산식품가공학*. 서울: 석학당 출판사.
- 한혜영, 이승주(2024). 연잎분말 된장소스를 첨가한 양념 돈육의 이화학적 품질 특성. *동아시아식생활학회지*, 34(4), 215-225.
- 허선진, 김형상, 정은영, 이승연, ... 이다영(2017). *기초육제품 제조학*. 파주: 한국학술정보(주).
- 황인호(2002). 식육의 연화증진에 관한 최근의 연구동향 -적색육의 연도 증진에 이용되는 전기자극의 작용-. *한국축산식품학회 2002년도 정기총회 및 제29차 춘계국제 학술발표대회 초록집*(p.17-25), 대전, 한국.
- 황종대(1998). 돈육의 부위별 이화학적 특성에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- AOAC International(1996). *Official Methods of Analysis of AOAC International(16th ed)*. Arlington: Association of Official Analytical Chemist International.

Received 25 November 2024;

1st Revised 21 February 2025;

Accepted 21 March 2025