Check for updates

Korean Journal of Human Ecology
2024. Vol. 33, No. 5, 769-782

http://dx.doi.org/10.5934/kjhe.2024.33.5.769
ISSN 1226-0851(Print)/ISSN 2234-3768(Online)

섬유분해효소 전처리 과일, 채소 연육제의 품질특성

Quality Characteristics of Fruit and Vegetable Meat Tenderizers Pretreated with Fiber-Degradation Enzymes

최은선[1] • 류다현[2] • 황선영[2] • 따이샤샤[2] • 유현희[3],*
군산대학교 식품영양학과 박사[1] • 군산대학교 식품영양학과 석사과정[2] • 군산대학교 식품영양학과 교수[3],*

Choi, Eun Sun[1] • Ryu, Da Hyeon[2] • Hwang, Seon Yeong[2] • Dai, Sha Sha[2]• Yu, Hyeon Hee[3],*
Department of Food and Nutrition, Kunsan National University[1),2),3)]

Abstract

The objective of this study was to develop a meat tenderizer using common fruits and vegetables –specifically red beet, radish, pear, and apple– that are frequently used in Korean cuisine. Additionally, the study sought to enhance protease activity, yield, and sensory properties by pre-treating the tenderizers with fiber-degradation enzymes (Celluclast, Viscoflow, and Pectinex). The results indicated that red beet exhibited the highest protease activity, followed by radish, pear, and apple. These ingredients were then combined in a ratio of 2:1:1:0.5. The tenderizers were divided into four experimental groups, each treated with different combinations of fiber-degradation enzymes. The findings demonstrated that the experimental groups had significantly greater protease activity, yield, sugar and salt content, polyphenol content, and DPPH radical scavenging activity compared to the control group. In sensory evaluations, the experimental groups received significantly higher scores for color, taste, flavor, appearance, texture, and overall preference. Among the enzyme combinations tested, the blend of 2% Celluclas, 1% Pectinex, and 0.5% Viscoflow showed the best results. Based on these findings, it can be concluded that a meat tenderizer made from red beet, radish, pear, and apple, when pre-treated with fiber-degradation enzymes, is well-suited for the Korean diet. Specifically, the combination of Celluclast, Pectinex, and Viscoflow proves to be particularly effective.

Keywords : Meat tenderizer, Fiber-degradation enzyme, Fruit, Vegetable

Ⅰ. 서론

우리나라 육류 소비는 국민의 소득증대와 영양지식의 보급, 기호의 변화 및 식생활의 서구화 등에 따라 매년 증가하고 있다(홍태희 외, 2011). 또한 육류에 대한 소비자들의 선호도는 기존의 양적인 측면에서 맛과 품질로 변화되어, 풍미가 좋아야 함은 물론 보수성이 높고 부드러워야 좋은 품질이라고 할 수 있다. 일반적으로 질긴 육류를 연하게 하는 방법으로 가열, 가압, 물리적 방법과 연육제 첨가 방법 등 (Dransfield & Etherington, 1981; Elkhalifa & Marriott, 1990) 다양한 방법이 이용되고 있다. 연육제에 널리 사용하고 있는 단백질분해효소는 열대과일로부터 추출한 파파

본 연구는 2023년도 한국연구재단의 연구비 지원을 받아 작성된 것임.
군산대학교 박사학위 논문과 2024년 한국생활과학회 하계 학술대회에서 포스터 발표한 것임. 관능검사는 군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에 진행하였음(승인번호:1040117-202310-HR-020-02).

* Corresponding author: Yu, Hyeon Hee
Tel: +82-063-469-4636, Fax: +82-063-466-2085
E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

ⓒ 2024, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

인(파파야)이나 브로멜린(파인애플)으로 대부분 수입에 의존한다(한승관, 진구복, 2004). 또한, 이런 종류의 연육제들은 서양 요리인 스테이크 등의 재료 조리법에 맞는 것으로 우리나라 조리와 같이 간장, 설탕 등의 조미료가 들어가야 하는 요리에 그대로 사용하기에는 과잉 분해, 기호도 저하 등의 많은 문제가 있다(박옥경, 2022). 우리나라 농산물의 연육작용에 대한 연구에서 정병선, 이용환(1987)은 쇠고기 단백질 가수분해 효소능이 마늘, 무우, 생강 그리고 양파의 순으로 컸다고 보고하였다. 또한, 김윤숙 외(2018)는 사과 중 홍로가 쇠고기와 돼지고기에 연육효과가 뛰어났다고 하였으며, 배의 연육효과에 대해서 여러 연구에서 보고되었다(김미현 외, 2010; 김은미, 2002; 이관호, 2007; 한승관, 진구복, 2004). 그 외 키위(박종희, 김호경, 2019), 무화과(박복희, 박원기, 1994), 마늘(정창환 외, 2021), 느타리버섯(정구민, 안희정, 2012), 능이버섯(이종호, 박영희, 2002; 조희연 외, 2004) 등의 연육효과에 대해 보고된 바 있다. 이렇듯 우리나라에도 연육작용이 있는 다양한 농산물들이 생산되고 있지만, 산업적 이용은 낮은 상태이며 가정에서 조리 시 맛과 향이 육류 요리와 어울리지 않은 단점이 있다(김미현 외, 2010).

레드비트(*Beta vulgaris* var. rubra)는 명아주과(Chenopodiaceae)에 속하는 두해살이풀로(Chhikara et al., 2019), 항산화작용과 항암, 고혈압, 동맥경화증, 항돌연변이, 제2형 당뇨병, 치매 예방과 치료 등의 효과가 보고되어 있으나(이재혁, 박정숙, 2022; Gilchrist et al., 2014), 비트 섭취 후 beeturia, beetstool 증상과 비트 특유의 향과 맛에 의한 거부감은 비트의 단점이다(심성진, 2016). 무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과(Brassicaceae)에 속하는 뿌리채소이며 생식, 김치 등 음식 외에 가래와 기침 해소, 이질 치료 등 약용으로도 이용된다(김은미, 1990). 무에 함유된 diastase는 소화촉진과 식중독예방, 숙취해소에 효과가 있으며, rapine은 세균과 곰팡이, 기생충 등에 대한 항균 작용이 있다(김현경, 2019; 송영복 외, 2010). 무에 함유된 주요 성분으로 항균, 항암, 항비만 등의 작용에 탁월한 glucoraphenin과 glucoraphasatin 등의 glucosinolates가 알려져 있으며(이현희 외, 2021; 황경아 외, 2021), 단백분해효소인 프로테아제와 유리아미노산, 유기산, 비타민 C 등이 들어 있다(김연옥, 2011). 국내산 배(*Pyrus pyrifolia* L.)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 교목성 낙엽과수 열매로 동의보감에서는 갈증 해소(지갈, 止渴), 기침과 호흡기 치료(윤폐, 潤肺), 가래 해소(화담, 化痰), 해독작용(청열, 淸熱), 혈액의 울체 제거(제번, 除煩) 등의 효능이 있다고 한다(조현선, 2011). 또한, 배는 항산화, 항혈전, 항염증, 면역기능 강화, 암세포 증식억제, 혈중 콜레스테롤 감소를 통한 동맥경화 예방 등이 우수한 것으로 보고 되었다(임은석, 2013; 정현지, 2024). 사과(*Malus domestica* Mill)는 장미과(Rosaceae)의 낙엽교목 식물인 사과나무 열매로(김지은 외, 2021), 유기산과 당류와 같은 기호성 성분과 식이섬유, 비타민 C 및 미네랄, 생리활성 물질인 polyphenol 화합물이 풍부하여(정현지, 2024), 항산화, 항염증, 항알레르기, 항바이러스, 항균, 충치억제, 미맥 및 주름개선, 심혈관 질환 및 다이어트, 성인병 질환에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(김미환 외, 2020; 김은숙 외, 2023).

섬유분해효소는 안정적으로 식물세포벽의 구성성분을 분해하여 식물의 유용물질 수율이 높아지거나, 이화학적 특성과 맛, 향 등 관능적 특성이 개선되어 식품가공 산업에 널리 이용되고 있다. 섬유분해효소에 대한 연구로는 비스코자임과 셀룰로클라스트 효소처리 감잼(최희숙 외, 1999), 베타 아밀라아제, 알파 아밀라아제, 셀룰레아제, 베타 글루카나아제 효소처리 쌀가루 첨가 쿠키(김미선 외, 2013) 등이 보고되었다. 그러나 섬유분해 효소를 이용하여 연육제의 단백분해효소 활성 증진에 관한 연구는 거의 보고된 바 없다. 특히, 단백질 연화에 대해서는 기존에는 대부분 육류에 직접 단백질분해효소를 처리한 연구로, 하선숙(2013)은 단백분해효소(Protamex와 Flavourzyme) 혼합처리에 따른 콩불고기의 품질이 향상되었다고 보고하였다. 임정아(2014)는 단백분해효소(Protamex 0.2%, Flavourzyme 0.3%) 처리에 의한 조직 대두단백이 소화율, 용해도, 수분보유력, 유지결합력 등의 기능성 특성과 관능적 평가가 우수하여 노인을 위한 콩고기 적용에 적합하다고 보고하였다. 효소의 분해작용은 조리에 직접 이용될 때 이들 식품 내부에 있는 효소가 갖는 활성 효소의 농도, pH, 온도, 작용시간, 조리온도 안정성 등에 따라 크게 달라질 수 있는데 실제 조리 응용을 위한 식육 연화에 관한 연구는 매우 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 국내산 과채류(레드비트, 무, 배, 사과)에 섬유분해효소 전처리로 인해 단백분해효소 활성을 증가시킨 연육제의 품질특성을 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에는 레드비트(제주, 한국), 무(전북, 한국), 배(경기도, 한국), 사과(경북, 한국)를 사용하였고, 깨끗이 씻은 후 레드비트와 무는 껍질을 벗기고, 배와 사과는 씨만 제거한 후 껍질째 사용하였다. 실험 시약류는 단백분해효소 활성 측정에 110 mM Trichloroacetic acid(Sigma T6399, Sigma Chemical Co, St, Louis, MO, USA), Sodium carbonate(Sigma S7795), Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma F-9252), Gallic acid(G0448, 삼점순약공업(주), 경기도, 한국)를, 보수력 측정에 Sodium chloride, 99.5% (삼전순약공업(주))를 사용하였다. 전처리에 사용된 섬유분해효소는 Celluclast 1.5L(이하 Celluclast, Novozyme A/S, Bagsvaerd, Denmark), Viscoflow MG(이하 Viscoflow, Novozyme A/S), Pectinex Ultra SP-L(이하 Pectinex, Novozyme A/S) 3종의 효소를 구입하여 사용하였고 섬유분해효소의 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험 방법

1) 과채류의 단백분해 조효소 추출

레드비트, 무, 배, 사과는 37℃, 300×g의 조건으로 10분간 분쇄기(BL311E, 그룹세브코리아(유), 서울, 한국)로 분쇄한 후 체에 걸러 즙액을 추출하였다. 추출한 즙액은 Sonicator(UIL-DHS15040, 유일초음파(주), 경기도, 한국)를 이용하여 30분 초음파 추출하고, 원심분리기(MF-80, 한일과학산업(주), 경기도, 한국)로 1,000×g에서 10분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 5배 희석한 것을 조효소액으로 사용하였다.

2) 과채류 조효소액의 단백분해효소 활성

레드비트, 무, 배, 사과 각각의 조효소액 200 μL를 시험관에 넣고 pH를 7로 조정한 0.65% casein 용액 500 μL를 가하여 잘 흔들고 5분간 37℃ 배양기에서 반응시킨 후 110 mM Trichiriaceticacid 500 μL를 넣어 반응을 중지시키고 배양기 내에서 약 30분간 방치시켰다. 침전이 완료되면 원심분리기(MF-80, 한일과학산업(주))를 이용하여 10,000×g에서 3분간 원심분리하여 얻은 상등액 200 μL를 0.5M Na_2CO_3 500 μL와 0.5M Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μL를 첨가하여 혼합한 후 37℃ 배양기에서 30분간 방치시키고 다시 원심분리하여 얻은 상등액을 660 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. Tyrosine 함량을 기준으로 표준곡선 ($y=2.2335x+0.2075$, $r^2=0.9975$)을 작성하였으며, 이로부터 단백분해효소 활성을 계산하였다.

3) 섬유분해효소 전처리 연육제 제조 및 단백분해효소 활성

레드비트, 무, 배 사과를 0.5×0.5×0.5 cm의 크기로 자른 후 단백분해효소 활성에서 활성이 가장 높은 순서대로(참조 표 1), 레드비트, 무, 배, 사과를 2:1:1:0.5 비율로 혼합한 후 동량의 물을 첨가하였다. 예비실험을 통해 대조군에는 효소를 첨가하지 않았고, 섬유분해효소를 실험군 1에는 Celluclast 3%, 실험군 2에는 Viscoflow 3%, 실험군 3에는 Pectinex 3%, 실험군 4에는 Celluclast 2%, Pectinex 1%, Viscoflow 0.5%를 넣은 후 50℃, 300×g의 Shaking incubator(SI-100R, 한양사이언스랩(주), 서울, 한국)에서 1시간 교반하였다. 교반 후 분쇄기(BL311E, 그룹세브코리아(유))를 사용하여 2분간 갈아준 후 연육제로 사용하였고 체에 거른 후 과채류 조효소 추출 및 조효소액의 단백분해효소 활성 측정 방법과 같은 방법으로 연육제 단백분해효소 활성을 측정하였다.

4) 섬유분해효소 전처리 연육제의 수율

연육제의 수율은 제조 완료된 연육제의 무게를 처음 계

〈표 1〉 섬유분해효소 특성

상업명	효소	최적온도(℃)	최적 pH	활성도
Celluclast 1.5 L	celloviohydrolase, 1,4-β-D-glucosidase, 1,4-D-glucanase	50~60	4.5~6.0	700 EGU[1)]/g
Viscoflow MG	endo-beta-glucanase, (1,3)- or (1,4)- beta-D-glucans, Cellulase, alpha-amylase, Xylanase	25~55	3.5~5.5	500 BGU[2)]/g
Pectinex Ultra SP-L	polygalacturonase, pectinases, hemicellulases, beta-glucanases.	50	4.5	3300 PGU[3)]/g

[1)]EGU=Endo-Glucanase Units, [2)]BGU=Beta-Glucanase Units, [3)]PGU=Poly-Galacturonase Units

량 재료의 무게로 나눈 후 첨가된 물 무게를 더한 값을 백분율로 나타내었다.

수율(%) = (제조 완료된 연육제 무게/ 연육제 재료 무게 + 첨가된 물 무게) × 100

5) 섬유분해효소 전처리 연육제의 pH, 당도 및 염도

연육제의 pH는 pH meter(A221, Orion Co., MA, USA)로, 당도는 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로, 염도는 염도계(기미상궁 프로, 에이치엠디지털(주), 서울, 한국)를 사용하여 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

6) 섬유분해효소 전처리 연육제의 색도

연육제의 색도는 연육제를 Cell-dish(35 mm D, 10 mm L)에 가득 담아, 색도색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc. Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(L: Lightness), 적색도(a: redness) 및 황색도(b: yellowness) 값을 3회 반복 측정한 다음, 그 평균값을 구하였다. 이때, 사용한 표준색판(Standard Plate)은 백판(L=99.36, a=-0.07, b-0.04)을 사용하였다.

7) 섬유분해효소 전처리 연육제의 항산화

연육제의 항산화 실험은 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능으로 하였다. 항산화 실험에 사용될 추출액은 연육제 1 g에 99.5% 에탄올 9 mL를 혼합한 후, 1,000×g에서 10분간 원심분리 시킨 다음 여과지 NO.2 (Advantec Toyo Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 여과시킨 것을 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 연육제 추출액 0.2 mL에 증류수 2 mL를 취하여 2N Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.4 mL를 넣고 3분간 상온에 반응시킨 후 10% Na_2CO_3 0.8 mL를 넣어 1시간 동안 어두운 곳에 방치한 것을 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies lnc., Virginia, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 총 폴리페놀 함량의 표준물질을 산출하였다. DPPH 라디칼 소거능은 연육제 추출액 4 mL에 0.4 mM DPPH 에탄올 용액 1 mL를 넣어 교반한 후 30분간 어두운 곳에 방치한 다음 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소를 첨가하지 않은 대조군과 연육제를 첨가한 실험군을 비교하여 다음과 같은 계산식으로 DPPH 라디칼 소거능을 백분율(%)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능(%) = {1-(연육제 첨가군의 흡광도/ 대조군의 흡광도)} × 100

8) 섬유분해효소 전처리 연육제의 관능평가

섬유분해효소 전처리를 달리한 연육제의 관능검사는 군산대학교 식품영양학과 학생 20명을 대상으로 실시하였다. 평일 오후 3시부터 진행하였으며 검사 1시간 전부터 물 이외의 구강 세척제, 음료, 음식물 섭취를 제한하고, 향이 진한 화장품 사용을 금하였다. 평가지 작성법 등 평가 지침에 대해 설명을 한 뒤 세 자리의 난수표로 라벨을 한 일회용 투명컵에 10 g 정도로 개인당 대조군과 실험군 5개를 제공하였고 필요시 시료를 추가로 제공하였으며, 각각 시료마다 따뜻한 물로 입을 헹군 후에 실시하도록 하였다. 평가내용은 색, 맛, 향미, 외관, 목넘김, 전반적인 기호도의 항목으로 총 6문항으로 하였고, 평가방법은 9점 척도법을 이용하였으며, 각 항목의 특성이 강해지는 쪽의 점수를 높게 제시하였다.

9) 통계분석

연구 결과는 SPSS Statistics(Ver. 27.0, IBM SPSS Co., Armonk, New York, USA)를 이용하여 범주형 변수의 결과는 빈도와 백분율로 표시하였으며 연속형 변수일 경우 평균과 표준편차로 표시하였다. 대조군과 실험군간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후검증은 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계적 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 과채류의 단백분해효소 활성

레드비트, 무, 배, 사과의 단백분해효소 활성은 <표 2>와 같다. 레드비트가 260.27 units/g으로 가장 높고, 무 194.45 units/g, 배 146.99 units/g, 사과 18.94 units/g 순이었다 ($p<0.001$). 레드비트의 단백분해효소 활성도는 무의 1.3배, 배의 1.8배였으며, 사과 보다 13.7배 높았다. 강종옥, 이강현(2003)은 레드비트를 넣은 소시지의 색이 좋아졌으며 아질산염의 소거작용 및 보수력과 연도의 증진에도 효과적

인 것으로 나타났다. 하소라(2016)는 레드비트 분말을 첨가한 소시지 연구에서 레드비트 분말이 소시지의 조직감(응집성, 탄력성, 씹힙성)을 감소시켰다고 하였다. 신승훈, 최정석(2020)은 레드비트 분말이 돈육패티의 씹힙성을 감소시켰다고 하였다. 이러한 결과들은 레드비트의 단백분해효소 활성을 나타내는 결과로 보여진다. 육회에 배를 같이 먹으면 단백질 분해를 도와 단백질 흡수율을 높일 수 있으며(정혜경, 2024), 돼지고기나 쇠고기를 먹을 때 무를 함께 먹으면 단백질분해효소인 에스테라제가 소화를 촉진시킨다는 보고가 있다(한복진 외, 1998). 김성열 외(1989), 김은미(2002), 이관호(2007), 한승관, 진구복(2004)은 한국산 배에 단백질분해효소가 있다고 보고하였다. 정구민, 안희정(2012)은 우리나라는 무, 배, 생강즙이 대표적인 연화제라고 하였다. 김윤숙 외(2018)는 소고기와 돼지고기에 사과 처리시 연육효과와 관능적 품질 개선 효과가 나타나는데 이는 단백질분해효소 활성도와 관계가 있다고 하였다. 선행연구와 마찬가지로 본 연구에서도 레드비트, 무, 배, 사과에서 각각 단백분해효소 활성이 있었다. 특히, 레드비트가 가장 높은 활성을 보여주었다. 단백질 분해 효소인 프로테아제(Protease)는 단백질을 분해한 후 아미노산으로 만들고, 펩티다아제(Peptidase)는 중간산물인 펩톤 가수분해에 작용하여 아미노산으로 분해시켜 고기의 연화작용을 일으킨다고 알려져 있다(정구민, 안희정, 2012).

2. 섬유분해효소액의 이화학적 특성

증류수에 효소액 1은 Celluclast 3%, 효소액 2는 Viscoflow 3%, 효소액 3은 Pectinex 3%, 효소액 4는 Celluclast 2%, Pectinex 1%, Viscoflow 0.5%를 첨가한 섬유분해 효소액의 pH, 당도, 염도, 색도는 <표 3>과 같다. pH는 5.00~5.80으로, 효소액 1이 효소액 2~4보다 유의적으로 높았다(p< 0.001). 당도는 1.73~3.64 Brix%로 효소액 3이 가장 낮았고, 효소액 2가 가장 높았다(p<0.001). 염도는 0.16~2.61%로 효소액 1이 가장 낮았고, 효소액 2가 가장 높았다(p<0.001). 색도 중 명도는 58.29~59.94, 적색도는 0.55~ 0.61, 황색도는 0.85~2.80의 범위를 나타내었으며, 황색도는 효소액 2가 특히 높아 짙은 갈색을 나타냈다.

3. 섬유분해효소 전처리 연육제의 단백분해효소 활성

섬유분해효소 전처리 연육제를 제조하기 위해 단백분해효소 활성 순서대로 레드비트, 무, 배, 사과를 2:1:1:0.5 비율로 혼합하였다. 여기에 동량의 생수에 효소 미첨가군을 대조군으로 하고, 실험군 1은 Celluclast 3%, 실험군 2는 Viscoflow 3%, 실험군 3은 Pectinex 3%, 실험군 4는 Celluclast 2% 및 Pectinex 1%, Viscoflow 0.5%로 세 가지 효소를 혼합하여 첨가하였다. 1시간 반응 후 단백분해효소 활성

〈표 2〉 과채류의 단백분해효소 활성 단위 : units/g

레드비트	무	배	사과	F-value
260.27±2.05^{a}	194.45±4.10^{b}	146.99±9.14^{c}	18.94±3.55^{d}	1064.41***

$^{a-d}$ Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test(p<0.05).
$^{***}p<0.001$

〈표 3〉 섬유분해효소액의 이화학적 특성

		효소액1	효소액2	효소액3	효소액4	F-value
pH		5.80±0.07^{b}	5.00±0.03^{a}	5.07±0.08^{a}	5.10±0.06^{a}	103.389***
당도(Brix%)		1.92±0.01^{b}	3.64±0.01^{d}	1.73±0.01^{a}	2.43±0.01^{c}	33143.167***
염도(%)		0.16±0.001^{a}	2.61±0.01^{d}	0.22±0.01^{b}	0.61±0.01^{c}	250282.297***
색도	명도(L)	59.94±0.01^{d}	58.29±0.01^{a}	58.71±0.01^{b}	59.74±0.01^{c}	32813.143***
	적색도(a)	0.57±0.01^{b}	0.61±0.01^{c}	0.63±0.01^{d}	0.55±0.01^{a}	57.296***
	황색도(b)	0.85±0.01^{a}	2.80±0.01^{d}	0.89±0.01^{b}	1.37±0.01^{c}	33320.741***

효소액 1: Celluclast 3%, 효소액 2: Viscoflow 3%, 효소액 3: Pectinex 3%, 효소액 4: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5%
$^{a-d}$Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's test(p<0.05).
$^{***}p<0.001$

측정 결과는 <표 4>와 같다. 단백분해효소 활성이 대조군 164.20 units/g에 비해 실험군 2, 3, 4는 196.16~284.44 units/g로 유의적으로 높았으나, 실험군 1은 85.28 units/g으로 유의적으로 낮았다(p<0.001). Celluclast는 단백분해효소 활성 증가에 영향이 없었지만, Viscoflow와 Pectinex는 긍정적 영향을 주었음을 알 수 있다. 또한, 실험군 4가 가장 높은 활성도를 보여 대조군보다 1.7배 높아졌으며, Viscoflow와 Pectinex 단독처리군보다 1.4배 정도 높아져, 혼합효소처리에 의해 단백분해효소 활성이 더욱 증가한 것으로 보인다. 선행연구에서도 효소처리에 의한 생리활성 효과에 대해 보고하였는데, 박민경, 김철현(2009)은 사과 껍질 폴리페놀 추출함량이 Viscozyme 또는 Viscozyme + Pectinex가 Pectinex보다 약 2배 가까운 증가를 보였다고 하였다. 이평화 외(2014)는 배의 과심에 Pectinex, Celluclast, Viscozyme 및 Ultraflo 처리시 4개 효소 모두 가용성 고형분 함량 증가에 효과가 없었으며, 폴리페놀 함량 및 DPPH radical 소거능에는 Pectinex, Viscozyme은 효과가 있었으나 Celluclast와 Ultraflo 처리군이 효과가 없었는데 이는 과심의 경우 리그닌 성분이 주성분으로 이들 효소에는 리그닌 성분에 대한 분해능력이 없었기 때문으로 보고하였다. 따라서 기질에 맞는 효소 또는 적어도 이를 포함한 혼합효소 사용이 중요하며 이에 따라 용출되는 물질의 종류나 수율에도 영향을 주는 것으로 보인다. 효소제의 연육효과 대부분은 근원섬유 주변의 근섬유막을 파괴하고 액토미오신을 수화시키며 섬유의 여러 단백질을 분해하는 효소작용의 결과이다(McWilliams, 2016). 따라서 단백분해효소 활성 증가는 식육의 연도와 향미 증진에 도움을 줄 것으로 보인다.

4. 섬유분해효소 전처리 연육제의 수율

섬유분해효소 전처리 연육제의 수율은 <표 5>와 같다. 수율이 89.16%인 대조군에 비해 실험군이 91.80~99.52%로 유의적으로 높았으며, 단독 효소 처리군에 비해 혼합 효소처리군인 실험군 4가 가장 높아 대조군보다 10%가량 증가하였다(p<0.001). 기질에 따른 효소 종류와 농도, 최적반응 조건에 따라 수율 차이는 있지만 효소처리에 의한 수율 증가에 대해 정문철 외(1999)는 생강 추출액, 김민정 외(2003)는 유자 착즙액, 이승홍 외(2006)는 감태 줄기 잎의 추출물, 신동빈 외(2007)는 마늘 착즙액, 김선화 외(2015)는 단삼 추출물에서 효소처리에 의해 수율이 증가된 것으로 보고되었다. Prathyusha와 Suneetha(2011)는 Pectinase를 사용한 과실 주스에서 과즙 추출 수율이 향상되고 여과효율이 증가하는 등의 품질 향상에 기여하며, 이는 과실의 껍질 및 과육에 존재하는 펙틴 성분과 섬유소 성분의 분해과정으로 인하여 그 효과가 발생하는 것으로 보고되었는데, 이는 본 연구와 마찬가지로 대조군보다 효소처리한 실험군의 수율이 증가한 것과 같은 결과를 나타내었다. 또한, 이종

〈표 4〉 섬유분해효소액의 이화학적 특성 단위 : units/g

대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
164.20±1.21^{b}	85.28±0.33^{a}	196.16±2.36^{c}	202.20±1.78^{d}	284.44±0.89^{e}	6952.06***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

〈표 5〉 섬유분해효소 전처리 연육제의 수율 단위 : %

대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
89.16±0.002^{a}	91.80±0.003^{b}	97.69±0.004^{d}	96.42±0.003^{c}	99.52±0.003^{e}	5164481.730***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

열 외(2015)의 고추 추출액에서도 Cellulase, Pectinase, Amylase 각각 단독처리보다는 병용처리시 수율이 더 증가하였으며, 박영민(2022)에 의하면 비트에 효소 처리하지 않은 대조군의 수율 함량보다 효소 처리한 실험군의 수율이 높았고, 단독 효소 처리한 수율보다 복합효소 처리한 수율이 더 높게 나타나, 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

5. 섬유분해효소 전처리 연육제의 pH, 당도, 염도

섬유분해효소 전처리 연육제의 pH, 당도, 염도는 <표 6>과 같다. pH는 대조군 5.88에 비해 실험군은 4.35~5.74로 대조군보다 유의적으로 낮았고, 실험군 중에서는 실험군 2가 4.35로 가장 낮았고, 실험군 1이 5.74로 가장 높았다(p<0.001). 본 연구에 사용한 효소의 최적 pH는 4.5~6.0로 연육제 pH에 크게 영향이 없을 것으로 보인다. 연육제의 pH는 효소액(참고, 표 3) pH보다 낮은 수치이며, 이는 사과의 malic acid, fumaric acid, oxalic acid, citric acid, maleic acid, succinic acid(도영숙 외, 2005; 윤광섭 외, 1996), 배의 succinic acid, malic acid, tartaric acid, citric acid(강두인, 2013; 이동석 외, 1972), 무의 succinic acid, fumaric acid 등(김연옥, 2011) 유기산에 의한 영향으로 보인다. 최강원, 이종욱(2016)은 포도과피 첨가로 분쇄 돈육의 pH가 낮아지는 것은 포도에 함유된 유기산 영향이라고 보고하였으며, 이경수 외(2013)의 연잎 첨가 분쇄 돈육, 김명현 외(2015)의 아로니아 분말 첨가 돈육 패티 연구에서 첨가물의 농도가 높아질수록 pH가 낮게 나타난 것과 같은 결과이다. 또한, 대조군보다 실험군이 pH가 낮은 것은 효소처리로 인해 세포벽이 분해되어 수용성 유기산 용출의 증가로 인한 것으로 보이며, 참외 주스(장세진 외, 2014), 비트주스(박영민, 2022), 섬쑥부쟁이(김선화 외, 2023)에서 효소 처리 후 pH가 낮아져 본 연구 결과와 일치하였다. 배영희, 노정해(2000)는 육류의 pH는 단백질의 수화에 영향을 미치며 특히 산성에서 수화력이 증가하며, 산성 pH가 육연화에 영향을 준다고 보고하여 효소처리로 인한 산성화는 육류의 연화에 효과적일 것으로 생각된다.

당도는 효소를 첨가한 실험군이 5.65~6.74 Brix%로, 대조군 4.53 Brix%보다 유의적으로 높았고, 그 중 실험군 2가 6.74 Brix%로 가장 높았다(p<0.001). 효소액보다 더 높은 수치의 당도가 나온 것은 효소액 자체의 당(참고, 표 3)과, 레드비트, 무, 배, 사과의 당 함량에 의한 것으로 보인다. 감주스(전윤기 외, 1997), 스테비아(백숙은, 2008), 참외주스(장세진 외, 2014), 단감(김선화 외, 2015), 고추 추출액(이종열 외, 2015), 아로니아 과즙(김동환 외, 2017), 참나물(김선효, 2022)의 연구에서 효소 처리전보다 후의 당도가 높아 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. Monteiro (2009)의 연구에 의하면 옥수수에 Viscoflow 효소 처리 후 환원당 함량이 상승되었고, 최용석 외(2019)에서는 밀 배아에 Celluclast 1.5 L를 처리하였을 때 설탕의 가수분해로 인해 과당과 포도당이 생성되어 추출액에서 과당과 포도당의 함량이 증가한 것으로 보고하였는데 본 연구에서도 동일한 대사과정으로 인한 결과로 보인다.

염도는 대조군보다 실험군이 유의적으로 높은 경향을 보였고, 그 중 실험군 2가 1.40%로 가장 높았다(p<0.001). 실험군 2가 당도와 염도에서 가장 높은 경향을 보였는데, 이는 실험군 2에 첨가된 Viscoflow 효소 처리에 의해 염도가 올라감과 동시에 당도도 상승시켜 나타난 결과로 보인다. 박영민(2022)의 연구에서 Celluclast와 Viscozyme 복합처리군이 무처리군에 비해 염도가 증가하여 본 연구와 같은 경향을 보였다. 그러나 다당류 분해효소인 SC1을 첨가한 다시마 효소분해 분말의 나트륨 함량이 효소 무첨가 다시마에 비해 감소한(진선미, 2012) 연구와는 다른 결과가 나왔다. 이는 효소의 특성과 기질과의 반응 차이에서 나온 결과로 생각된다.

〈표 6〉 섬유분해효소 전처리 연육제의 pH, 당도, 염도

구분	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
pH	5.88±0.01^{d}	5.74±0.01^{c}	4.35±0.01^{a}	4.36±0.01^{a}	4.55±0.01^{b}	37063.234***
당도(Brix%)	4.53±0.02^{a}	5.65±0.01^{b}	6.74±0.02^{e}	5.97±0.06^{c}	6.17±0.21^{d}	212.114***
염도(%)	0.22±0.01^{a}	0.29±0.02^{b}	1.40±0.01^{d}	0.35±0.01^{c}	0.36±0.01^{c}	6098.737***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4:: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

6. 섬유분해효소 전처리 연육제의 색도

섬유분해효소 전처리 연육제의 색도는 <표 7>과 같다. 색도 측정에서 명도와 적색도가 대조군보다 실험군 1~3이 유의적으로 낮았으나, 실험군 4는 유의적으로 높았다(p<0.001). 실험군 1~3은 대조군보다 어두운 적갈색을 띄었으며, 실험군 4는 대조군이나 다른 실험군보다 밝은 빨간색을 띠고 있었다. 황색도는 대조군보다 실험군 1~3은 유의적으로 증가하였고, 실험군 4는 유의적으로 낮아져(p<0.001) 황색이 감소했음을 알 수 있었다. 효소액 중에서는 효소액 2가 명도는 가장 낮고, 황색도가 높은 편이며, 효소액 4는 다른 효소액보다 적색도가 낮았던 효소액의 색도(참고, 표 3)와 다른 결과를 보여 이는 효소와 기질과의 반응에 따라 색도가 달라진 것으로 보인다. 참나물에 Celluclast와 Viscozyme를 혼합 효소처리한 후 적색도는 증가, 명도와 황색도는 감소하였다(김선효, 2022). 단삼추출물을 Pectinase계 처리 시 명도와 황색도는 낮아졌으나, Amylase계 효소처리 시 명도와 적색도는 높아졌다고 하였다(김선화 외, 2015). 선행연구는 본 연구와 다른 결과를 보였는데, 이는 각기 다른 효소처리에 기인한 것으로 보인다.

7. 섬유분해효소 전처리 연육제의 항산화

섬유분해효소 전처리 연육제의 항산화 실험 결과는 <표 8>과 같다. 폴리페놀 함량은 대조군(72.35 mg GAE/mL)보다 실험군(123.17~ 217.79 mg GAE/mL)이 유의적으로 높았으며(p<0.001), 실험군 4가 대조군보다 3배가량 증가하여 가장 높았다. 이평화 외(2014)에서는 배의 과피에 Pectinex, Celluclast, Viscozyme, Ultraflo 처리시 폴리페놀이 12.0~21.9% 증가하였다고 하였다. 박민경, 김철현(2009)은 사과껍질에 Viscozyme, Pectinex 및 Viscozyme＋Pectinex 처리시 폴리페놀 함량이 증가하였으며 특히 Viscozyme＋Pectinex 처리시 Pectinex보다 약 2배 증가하였고 보고하였다. 유진균 외(2013)는 당근에 Protopectinase 처리, 이경행 외(2021)은 병풍 추출물에 Cellulase와 Pectinase 처리, Zheng et al.(2009)은 미숙사과에 Viscozyme L 효소 처리 후 폴리페놀 함량이 증가했다고 보고하였다. 또한, 남동건 외(2018)는 Celluclast, Pectinex, Viscozyme 고압효소처리에 의한 생강분말의 폴리페놀 함량이 무처리군보다 1.8배 증가했다고 하였다. 최선주 외(2009)의 연구에서도 연잎에 Ceremix, Celluclast, Promozyme 효소처리군

〈표 7〉 섬유분해효소 전처리 연육제의 색도

구분	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
명도	36.93±0.01^{d}	35.59±0.01^{b}	35.44±0.01^{a}	36.59±0.01^{c}	37.57±0.01^{e}	310227.101***
적색도	2.38±0.01^{d}	1.98±0.01^{b}	1.53±0.01^{a}	2.11±0.01^{c}	2.86±0.02^{e}	7788.107***
황색도	-2.24±0.01^{b}	-1.98±0.01^{d}	-1.99±0.01^{c}	-1.99±0.01^{c}	-2.43±0.01^{a}	2582.286***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4:: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

〈표 8〉 섬유분해효소 전처리 연육제의 항산화

구분	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
폴리페놀 (mg GAE/mL)	72.35±5.54^{a}	191.77±0.55^{d}	123.17±5.54^{b}	142.77±4.00^{c}	217.79±4.42^{e}	506.547***
DPPH 라디칼 소거능(%)	58.43±0.33^{a}	67.02±0.28^{d}	61.24±0.01^{b}	65.34±0.12^{c}	76.53±0.01^{e}	7684.682***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4:: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

이 효소처리 무처리군보다 높은 폴리페놀 함량을 보였으며 이는 본 연구 결과한 유사한 경향을 나타냈다. 이는 효소처리로 인하여 세포벽이 가수분해되고 추출과정 중 분쇄 처리에 의하여 폴리페놀 추출성이 좋아진 결과로 보인다. 선행연구에서도 효소처리를 통해 세포벽을 분해하여 페놀 화합물 등 세포내의 유용성분 추출에 대한 연구가 다수 보고되었다(Choudhari & Ananthanarayan, 2007; Cinar, 2005; Santamaria et al., 2000; Stoll et al., 2003). 특히, 셀룰로오스와 펙틴 분해 효소의 병행사용이 상승효과를 보여 세포벽 물질의 분해와 유용성분 추출에 매우 효과적인 것으로 알려졌고(Cinar, 2005; De Faveri et al., 2008; Wilkins et al., 2007), 이는 펙틴이 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스의 분해를 방해하기 때문인 것으로 cellulase 및 hemicellulase와 다른 세포벽 성분의 분해를 위해 펙틴질 분해 효소인 Pectinase 사용이 필수적인 것으로 보고되었다(Ben-Shalom, 1986; Carpiat, 1993). 이에 본 연구에서도 셀룰로오스 및 펙틴질 분해효소를 복합적으로 처리한 실험군 4가 폴리페놀 추출함량 증가에 긍정적 효과가 있었음을 알 수 있었다.

DPPH 라디칼 소거능은 실험군이 대조군보다 유의적으로 높은 경향을 보였고, 그 중 실험군 4가 76.53%로 가장 높았는데, 이는 효소처리로 인해 항산화 효과가 증가한 것으로 보인다. 연육제 반절을 차지하고 있는 레드비트는 항산화 작용이 매우 탁월한데, 레드비트 파우더에서 추출한 베타닌, 베타시아닌은 DPPH radical scavenging activity에 있어 Rutin이나 Catechin보다 더 나은 억제능을 보였다(Cai et al., 2003)고 한다. 그 밖에 DPPH 라디칼 소거능이 레드비트(이준호, 진구복, 2012; 지중구, 2021), 무(김민정 2011; 임주성 외, 2010; 홍성준 외, 2021; 황경아 외, 2021), 배(안은숙, 2012), 사과(문지은, 2018)에 있음이 보고되었다. 이에 연육제의 항산화 활성은 레드비트, 무, 배, 사과의 항산화 활성에 기인하는 것으로 보이며, 이는 효소처리 특히 섬유분해 효소의 복합처리로 인해 증가한 것으로 보인다. 배의 과피에 탄수화물 분해용 복합효소 4종(Pectinex, Celluclast, Viscozyme, Ultraflo) 처리(이평화 외, 2014), 사과껍질에 Cellulase와 Pectinase 처리(박민경, 김철현, 2009)시에도 항산화 활성이 증가하였으며, 진피에 Viscozyme 효소처리 시 항산화 활성이 유의적으로 높았다(박건희 외, 2019). 또한, 단삼추출물에 Amylase계 효소처리 시 가장 높은 소거능을 보였고(김선화 외, 2015), Cellulase와 Pectinase 병용처리한 병풍 추출물도 DPPH 라디칼 소거능이 높은 활성을 보였으며(이경행 외, 2021), 유진균 외(2013)의 당근에서도 Pectinex 효소 처리로 항산화 활성이 증가하였다. 이는 효소처리로 인해 식물세포벽에 존재하는 다당류와 단백질, 리그닌 등의 성분과 결합하여 존재하던 불용성 폴리페놀 화합물이 세포벽 분해효소 작용에 의해서 유리되어 수용성 분획에 혼입되었기 때문으로 보았는데, 본 연구에서도 같은 원리로 효소처리에 의해 폴리페놀 함량 증가와 DPPH 라디칼 소거능 활성 증가 효과가 나타난 것으로 보인다.

8. 섬유분해효소 전처리 연육제의 관능검사

섬유분해효소 전처리 연육제의 관능검사 결과는 <표 9>와 같다. 관능검사에서 색, 맛, 향미, 외관, 목넘김, 전반적인 기호도 모두 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 더 높았다(p<0.001). 색 기호도가 대조군이 5.70으로 가장 낮았으며, 실험군 4가 7.40으로 가장 높았고, 실험군 중에서는 실험군 2가 5.80으로 낮았다. 이는 앞선 색도 측정(참고, 표

〈표 9〉 섬유분해효소 전처리 연육제의 관능검사

구분	대조군	실험군1	실험군2	실험군3	실험군4	F-value
색	5.10±0.88^{a}	6.20±0.92^{bc}	5.80±0.63^{b}	6.60±0.52^{c}	7.40±0.52^{d}	14.581***
맛	5.60±0.52^{b}	8.10±0.57^{d}	4.40±0.70^{a}	7.50±0.53^{c}	8.40±0.52^{d}	92.003***
향미	5.10±0.57^{a}	7.60±0.52^{c}	7.00±0.82^{b}	7.40±0.52^{bc}	7.90±0.57^{c}	33.479***
외관	5.60±0.52^{a}	7.50±0.53^{b}	5.90±0.74^{a}	7.30±0.48^{b}	7.80±0.63^{b}	28.945***
목넘김	5.50±0.53^{a}	7.80±0.42^{c}	7.10±0.32^{b}	7.70±0.48^{c}	8.10±0.57^{c}	48.510***
전반적인 기호도	5.40±0.51^{a}	6.90±0.87^{b}	6.10±0.99^{a}	7.30±0.82^{b}	8.30±0.82^{c}	18.355***

대조군 : 효소처리 하지 않은 연육제, 실험군 1: Celluclast 3% 처리 연육제, 실험군 2: Viscoflow 3% 처리 연육제, 실험군 3: Pectinex 3% 처리 연육제, 실험군 4: Celluclast 2% + Pectinex 1% + Viscoflow 0.5% 처리 연육제

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

$^{***}p<0.001$

7)에서 실험군 4가 명도와 적색도가 높아져 밝은 적색을 띄어 기호도가 높았던 것으로 보인다. 대조군은 명도가 낮아지고 실험군 2는 명도 뿐만 아니라 적색도도 떨어져 색에 대한 기호도가 낮게 나타난 것으로 보인다. 맛의 기호도에서도 대조군 5.60에 비해 실험군 1, 3, 4는 유의적으로 높았으나, 실험군 2는 4.40으로 대조군보다 기호도가 유의적으로 낮았다. 이는 실험군 2의 염도가 높아(참고, 표 6), 짠맛으로 인해 맛의 기호도를 떨어뜨린 것으로 판단된다. 향미는 대조군이 5.10으로 실험군 7.00~7.90 보다 유의적으로 낮았으며, 다른 기호도보다 점수가 매우 낮은 이유는 효소 전처리 과정이 없어, 비트 특유의 흙냄새가 다른 군들에 비해 많이 났었던 것이 원인으로 보인다. 박영민(2022)의 연구에서도 비트에 효소(Celluclast, Viscozyme) 처리군이 미처리군보다 비트 특유의 향과 맛이 약해져 기호도가 높아진 것과 같은 결과로, 효소 처리가 비트의 향과 맛에 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있다. 외관의 기호도는 대조군이 5.60으로 가장 낮았으며, 실험군 4가 7.80으로 가장 높았고, 실험군 중에서는 실험군 2가 5.90으로 낮았다. 이는 색이 외관의 기호도에도 영향을 주어 색과 같은 경향의 기호도 점수가 나타난 것으로 보인다. 목넘김 기호도는 대조군의 5.50보다 실험군이 7.10~8.10으로 유의적으로 높았으며 실험군 4가 가장 높았다. 향미가 목넘김에도 영향을 미쳐 대조군이 가장 낮은 점수를 나타내었다. 마지막으로 전반적인 기호도 또한 앞선 색, 맛 등의 기호도에서 가장 점수가 높았던 실험군 4가 8.30으로 가장 기호도가 높았으며, 대조군이 5.40으로 가장 기호도가 낮았다. 김민정 외(2003)는 펙틴분해효소 처리 유자 착즙액이 압착식, 원심분리식에 비해 당도는 높고, 색과 향이 좋아 유의적으로 높은 기호도를 나타내었다고 하였다. 부강원 외(2020)에 의하면 고령친화식품 개발을 위해 단백질 분해효소를 처리한 쇠고기 조림, 오징어 조림이 단백질 분해효소를 처리하지 않은 대조군보다 경도는 저하되고 외관, 목넘김 등 기호도 평가에서 평균 이상의 점수를 받아 고령친화식품으로 적합하다고 하였다. 김선효(2022)의 참나물에 혼합효소 처리 시 색, 향미, 맛, 전체적인 기호도 평가에서 가장 높은 점수를 받았고, 이종열 외(2015)의 고추 추출액에 Cellulase, Pectinase, Amylase를 혼합하여 처리하였을 때도 가장 높은 기호도를 받은 것과 같은 결과로 보인다.

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구는 과채류에 섬유분해효소인 Celluclast, Viscoflow, Pectinex 전처리로 제조한 연육제의 품질특성을 알아보았다. 단백분해효소 활성도가 높게 나온 순서대로 레드비트, 무, 배, 사과를 2:1:1:0.5 비율로 혼합한 후 동량의 물을 첨가하여 대조군으로 사용하였고 실험군 1에는 Celluclast 3%, 실험군 2에는 Viscoflow 3%, 실험군 3에는 Pectinex 3%, 실험군 4에는 Celluclast 2%, Pectinex 1%, Viscoflow 0.5%를 혼합하여 첨가하였다. 단백분해효소 활성도는 대조군에 비해 실험군 2, 3, 4는 유의적으로 높았으나 실험군 1은 유의적으로 낮았으며 실험군 4가 가장 높았다($p<0.001$). 수율은 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 높았으며, 실험군 4가 가장 높았다($p<0.001$). pH는 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 당도, 염도는 대조군보다 실험군이 유의적으로 높았고 그 중 실험군 2가 가장 높았다($p<0.001$). 색도 중 명도와 적색도에서 대조군보다 실험군 1~3이 유의적으로 낮았고, 황색도는 대조군보다 실험군 1~3이 유의적으로 높았으나, 실험군 4는 대조군보다 명도와 적색도는 높고 황색도는 낮았다($p<0.001$). 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 대조군보다 실험군이 유의적으로 높았고, 그 중 실험군 4가 가장 높았다. 관능검사에서는 색, 맛, 향미, 외관, 조직감, 전반적인 기호도에서 모두 대조군에 비해 실험군이 유의적으로 높았으며, 실험군 4가 가장 높았다($p<0.001$). 따라서 섬유 분해 효소 및 전처리 과채류(레드비트, 무, 배, 사과)를 이용한 연육제 제조 시 육 단백의 분해력을 알 수 있는 단백분해효소 활성도가 가장 높으며 수율 및 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능 증가와 관능검사에 높은 기호도를 나타낸 복합효소 처리인 실험군 4가 가장 적합하다 사료된다.

주제어: 연육제, 섬유분해효소, 과일, 채소

REFERENCES

강두인(2013). 제조방법과 자외선 살균에 따른 배 생즙의 품질특성. 순천대학교 석사학위논문.

강종옥, 이강현(2003). 레드비트 색소 및 키토산 첨가가 저아질산염 소시지에 미치는 효과. 한*국축산식품학회지, 23(3),* 215-220.

김동환, 최준수, 이민형, 장한희 ... 박희동(2017). Pectinase 처리가 아로니아의 착즙 수율에 미치는 영향, *한국식품저장유통학회, 24(1),* 68-73.

김명현, 주신윤, 최해연(2015). 아로니아 분말 첨가가 돈육 패티의 항산화 활성과 품질 특성에 미치는 영향. *한국식품조리과학회지, 31(1),* 83-90.

김미선, 박종대, 이현유, 금준석(2013). 효소처리 쌀가루를 이용한 쌀 쿠키의 품질 특성. *한국식품영양과학회지, 42(9),* 1439-1445.

김미현, 노정해, 김미정(2010). 과실유래 단백질 조효소액과 과육의 근원섬유 분해 효과에 관한 연구. *한국식품조리과학회지, 26(3),* 323-329.

김미환, 문대균, 류기형(2020). 사과 분말 및 사과 농축액 첨가에 따른 국수의 품질 특성. *산업식품공학, 24(2),* 120-125.

김민정(2011). 한국의 상용 과채 60종의 총 폴리페놀 함량에 의한 총 항산화능 평가. 경남대학교 석사학위논문.

김민정, 이경애, 박갑주, 강현민, 김강성(2003). 유자의 착즙방법별 착즙액의 특성 및 관능검사. *한국환경생물학회지, 21(1),* 331-35.

김선화, 윤성란, 정용진(2023). 효소처리 농도 및 시간에 따른 섬쑥부쟁이 추출물의 품질 특성. *한국식품저장유통학회지, 30(4),* 654-662.

김선화, 황인욱, 정신교, 서영진, ... 김미연(2015). 효소 처리에 따른 단삼 추출물의 이화학적 특성. *한국식품저장유통학회지, 22(5),* 699-707.

김선효(2022). 효소 처리한 참나물 분말을 첨가한 식빵의 품질특성. 군산대학교 석사학위논문.

김성열, 정해정, 김승겸, 신철승(1989). 동양배(신고(新高)) Protease의 정제(精製) 및 성질(性質)에 관(關)하여. *농업과학연구지, 16(2)*, 225-238.

김연옥(2011). 컬러무초절임의 품질특성과 단체급식소에서의 수응도 평가. 전북대학교 석사학위논문.

김윤숙, 김우일, 정은호(2018). 사과연육제 처리에 따른 돼지고기와 소고기의 적정 저장온도 및 숙성시간. *한국원예학회 학술대회자료집*(p.146), 서울, 한국.

김은미(1990). 무우(*Raphanus sativas L.*)와 무우 말랭이의 성분비교. 전남대학교 석사학위논문.

김은미(2002). 배효소와 他과일효소의 혼합조건이 근육단백질 분해에 미치는 영향. 한경대학교 석사학위논문.

김은숙, 이미남, 곽은정(2023). 사과 분말을 첨가한 비가열 사과잼의 품질 및 항산화 특성. *동아시아식생활학회지, 33(2),* 189-197.

김지은, 신지영, 양지영(2021). 사과 부산물의 영양성분 분석 및 항산화 효과. *생명과학회지, 31(7),* 617-625.

김현경(2019). 열처리된 무 추출물의 궤양성 대장염증 예방 효과에 미치는 영향. *문화기술융합연구지, 5(3),* 317-326.

남동건, 김민아, 임푸름, 김상범, ... 최애진(2018). 고압효소처리에 의한 생강의 다당류와 기능성분 수용화. *산업식품공학, 22(2),* 173-185.

도영숙, 황혜정, 구자일, 윤광로(2005). 우리나라 사과 일부 품종의 유기산 함량. *한국식품과학회지, 37(6),* 922-927.

문지은(2018). 산처리를 이용한 사과 껍질의 폴라보노이드 전환과 항산화 활성의 변화, 충북대학교 석사학위논문.

박건희, 박준영, 장윤혁(2019). 효소 처리시간에 따른 진피의 플라보노이드 비배당체 함량 및 항산화 활성 비교. *한국식품영양과학회지, 48(5),* 542-550.

박민경, 김철현(2009). Cellulase와 Pectinase를 이용한 사과껍질 폴리페놀 추출 및 항산화 활성 평가. *한국식품영양과학회지. 38(5),* 535-540.

박복희, 박원기(1994). 연육용 무화과 잼 개발 연구. *한국식품영양과학회지, 23(6),* 1027-1031.

박영민(2022). 효소 처리 비트주스를 첨가한 발효유의 품질 특성. 군산대학교 박사학위논문.

박옥경(2022). 과일즙첨가 간장소스를 이용한 돼지불고기의 이화학적 성질 및 감각적 특성. 영산대학교 석사학위논문.

박종희, 김호경(2019). 동결건조한 키위분말을 첨가한 우육의 연육 효과. *한국산업융합학회 논문집, 22(5)*, 545-551.

배영희, 노정해(2000). 과일에 존재하는 단백질 분해효소의 식육연화효과에 관한 연구. *한국식품조리과학회지, 16(4),* 367-371.

백숙은(2008). 쌍화음료 저열량화를 위한 감미료의 관능적 특성 (1)-아스파탐, 아세로설팜 칼륨, 효소처리 스테비아의 상대 당도 및 쌍화음료에서의 관능적 특성. *한국식품영양학회지*, *21*(2), 190-196.

부강원, 김범근, 이승주(2020). 물성조절 고령친화식품의 이화학 및 감각특성 분석-효소 처리 및 재구성 식품 중심으로-. *한국식품과학회지, 52(5),* 495-502.

송영복, 최정선, 이지은, 노정숙, ... 송영옥(2010). 가압볶음 무말랭이 열수 추출물의 항산화 효과. *한국식품영양과학회지, 39(8),* 1179-1186.

신동빈, 허우덕, 이영춘(2007). 효소처리에 의한 마늘 착즙액의 수율 및 향미성분변화. *한국식품과학회지, 39(3),*

276-282.
신승훈, 최정석(2020). 레드비트분말이 냉장저장중 돈육패티의 품질특성에 미치는 영향. *농업생명과학연구, 54(2),* 93-98.
심성진(2016). 비트퓨레를 이용한 젤리의 최적화 연구. 경기대학교 석사학위논문.
안은숙(2012). 배의 항산화 물질 구명 및 부위별 항산화 활성. 전남대학교 박사학위논문.
유진균, 이진희, 조형용, 김정국(2013). 효소처리 가공이 당근의 항산화 활성 변화에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지, 42(2),* 262-267.
윤광섭, 이준호, 최용희(1996). 사과의 삼투건조시 유리당과 유기산의 변화. *한국식품과학회지, 28(6),* 1095-1103.
이경수, 김주남, 정인철(2013). 연잎추출물 첨가가 분쇄돈육의 냉장저장 중 이화학적 품질에 미치는 영향. *동아시아식생활학회지, 23(4),* 477-486.
이경행, 주가영, 김채영, 한기정, ... 배윤정(2021). 효소처리 병풀(*Centella asiatica*)의 이화학적 품질 변화 및 이를 이용한 잼의 제조. *한국식품영양학회지, 34(6),* 612-620.
이관호(2007). 한국산 배에서 추출한 단백질 분해효소의 정제 및 특성에 관한 연구. 한경대학교 박사학위논문.
이동석, 우상규, 양차범(1972). 한국산 주요과실류의 화학성분에 관한 연구: 매실, 복숭아, 포도, 사과 및 배의 주요품종별 계절적 비휘발성 유기산 및 당의 함량변화. *한국식품과학회지, 4(2),* 134-139.
이승홍, 김길남, 차선희, 안긴내, 전유진(2006). 감태(*Ecklonia cava*) 줄기 및 잎의 효소적 추출물과 메탄올 추출물에 의한 항산화 활성비교. *한국식품영양과학회지, 35(9),* 1139-1145.
이재혁, 박정숙(2022). 비트 추출물의 암세포 증식 저해 효과. *한국융합학회논문지, 13(2),* 257-262.
이종열, 최구희, 이경행(2015). 복합효소를 이용한 고추 추출액의 이화학적 및 관능적 특성. *한국식품영양학회지, 28(4),* 628-634.
이종호, 박영희(2002). 능이버섯 첨가가 닭고기의 물리화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향. *관광식음료경연구, 13(1),* 43-54.
이준호, 진구복(2012). 레드비트 추출물의 항산화 활성 및 레드비트를 첨가한 돈육패티의 냉장저장 중 이화학적 성상 및 미생물의 변화. *한국축산식품학회지, 32(4),* 497-503.
이평화, 박수연, 장태훈, 임순희, ... 채희정(2014). 탄수화물 분해효소 처리에 의한 배 과피와 과심의 항산화 생리활성 증대효과. *한국식품영양과학회지, 43(3),* 404-410.
이현희.허진영.최상윤(2021). 무와 무청의 활성 성분 함량 및 지방세포분화 억제 효과 비교. *한국식품영양과학회지, 50(4),* 347-353.
임은석(2013). 배 품종별 가공품 제조와 품질특성에 관한 연구. 전남대학교 석사학위논문.
임정아(2014). 노인식 개발을 위한 단백분해효소처리 조직대두단백의 기능적 성질 및 품질특성. 중앙대학교 석사학위논문.
임주성, 이응호, 이종남, 김기덕, ... 김명준(2010). 재배지 고도에 따른 무 품종별 설포라판, 총페놀함량 및 항산화 특성. *원예과학기술지, 28(3),* 335-342.
장세진, 조용준, 서지형, 김옥미, 정용진(2014). 참외 저급과 주스의 청징화를 위한 효소처리 조건. *한국식품저장유통학회, 21(4),* 506-511.
전윤기, 최희숙, 차보숙, 오훈일, 김우정(1997). 효소분해가 감쥬스의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지, 29(2),* 198-203.
정구민, 안희정(2012). 느타리버섯이 육류의 연육에 미치는 효과. *한국식품영양과학회지, 41(6),* 829-833.
정문철, 이세은, 이영춘(1999). 효소적 가수분해에 의한 생강 추출액의 수율 및 품질특성. *한국식품과학회지, 31(2),* 391-398.
정병선, 이용환(1987). 향신료(香辛料)의 처리(處理)가 우육(牛肉)의 조직학적(組織學的) 특성(特性)에 미치는 영향(影響). *한국영양식량학회지, 16(3),* 11-20.
정창환, 이솔희, 김학연(2021). 볶은 마늘 분말을 첨가한 가정간편식(HMR)형 돈육 떡갈비의 품질 및 관능적 특성. *한국식품과학회지, 53(5),* 601-606.
정현지(2024). 대두, 사과, 배 및 쌀당화액 주스를 첨가한 유산균 발효 청국장주스 개발. 경희대학교 석사학위논문.
정혜경(2024). *한국민속대백과사전 육회.* 서울: 한국학중앙연구원.
조현선(2011). 배 가공 방법에 따른 배술의 품질특성. 명지대학교 석사학위논문.
조희연, 정선화, 조남석(2004). 능이버섯 및 Protease효소의 첨가가 연육에 미치는 영향. *한국목제공학회지, 32(5),* 39-44.

지중구(2021). 세포에서 레드비트의 항산화 및 항염증 등의 생리활성 연구. *한국응용과학기술학회지, 38(1),* 309-317.

진선미(2012). 다시마 효소분해 분말을 첨가한 설기떡의 품질특성과 비만개선 효과. 전남대학교 박사학위논문.

최강원, 이종욱(2016). 포도과피를 첨가한 분쇄돈육의 냉장저장 중 품질변화. *생명과학회지, 26(9),* 1041-1048.

최선주, 이성철, 정문영, 김소영, ... 채희정(2009). 세포벽 분해효소 처리에 의한 연잎 추출물의 항산화 및 tyrosinase 저해 활성. *한국생물공학회지, 24(6),* 579-583.

최용석, 이재강, 최용현, 이정훈, ... 신말식(2019). 효소 처리 밀 배아 추출물을 첨가한 식빵의 품질특성. *한국식품조리과학회지, 35(1),* 36-44.

최희숙, 오훈일, 김종군, 김우정(1999). 효소 처리한 감즙으로 제조한 감잼의 물리적 및 관능적 특성. *한국식품조리과학회지, 15(1),* 50-54.

하선숙(2013). 단백분해효소의 혼합처리에 따른 콩불고기의 기능적 성질 및 품질특성. 중앙대학교 석사학위논문.

하소라(2016). 레드비트 분말의 첨가가 돈육소시지의 이화학적 특성에 미치는 영향. 경남과학기술대학교 석사학위논문.

한복진, 한복려, 황혜성(1998). *우리가 정말 알아야 할 우리 음식 백가지 2.* 서울: 현암사.

한승관, 진구복(2004), 국산배에서 추출한 단백질 분해효소의 식육 연화제로서의 활용에 관한 연구. *한국축산식품학회지, 24(4),* 326-328.

홍성준, 부창국, 허성욱, 조성민, ... 신의철(2021). 가공 방법에 따른 제주산 월동무의 이화학적 특성 변화. *한국식품영양과학회지, 50(7),* 748-755.

홍태희, 김기연, 김창열, 서종권, ... 정용진(2011). *식품재료학.* 파주: 지구문화사.

황경아, 황혜정, 황유진(2021). 무(*Raphanus sativus* L.)의 활성산소종 생성 억제를 통한 항산화 효능. *한국식품영양과학회지, 50(11),* 1145-1151.

Ben-Shalom, N. (1986). Hindrance of hemicellulose and cellulose hydrolysis by pectic substances. *Journal of Food Science, 51(3),* 720-725.

Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2003). Antioxidant activity of *betalains* from plants of the *Amaranthaceae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51(8),* 2288-2294.

Carpiat, N. C., & Gibeau, D. M. (1993). Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant Journal, 3(1),* 1-30.

Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry, 272,* 192-200.

Choudhari, S. M., & Ananthanarayan, L. (2007). Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chemistry, 102(1),* 77-81.

Cinar, I. (2005). Effects of cellulase and pectinase concentrations on the colour yield of enzyme extracted plant carotenoids. *Process Biochemistry, 40(2),* 945-949.

De Faveri, D., Aliakbarian, B., Avogadro, M., Perego, P., & Converti, A. (2008). Improvement of olive oil phenolics content by means of enzyme formulations: Effect of different enzyme activities and levels. *Biochemical Engineering Journal, 41(2),* 149-156.

Dransfield, E., & Etherington, D. (1981). *Enzymes and Food Processing*. Germany: Springer Dordrecht.

Elkhalifa, E. A., & Marriott, N. G. (1990). Comparison of the effects of *Achromobacter iophagus* and splenic pulp on collagen of restructured beef. *Journal of Muscle Foods*, *1*(2), 115-128.

Gilchrist, M., Winyard, P. G., Fulford, J., Anning, C., ... & Benjamin, N. (2014). Dietary nitrate supplementation improves reaction time in type 2 diabetes: development and application of a novel nitrate-depleted beetroot juice placebo. *Nitric Oxide Biology and Chemistry, 40,* 67-74.

McWilliams. M. (2016). *Foods Experimental Perspectives.* London: Pearson Education.

Monteiro, F. J. B. M. B. (2009). Kinetic studies of biogas generation using enzymes for hydrolyze. Master's Thesis. Universidade do porto. Porto.

Prathyusha, K., & Suneetha, V. (2011). Bacterial pectinase and their potent biotechnological application fruit processing/juice production industry: A review. *Journal of Phytology, 3(6),* 16-19.

Santamaria, R. I., Reyes-Duarte, M. D., Barzana, E., Fernando, D., ... & Lopez-Munguia, A. (2000). Selective enzyme-mediated extraction of capsaicinoids and carotenoids from chili guajillo puya (*Capsicum annuum L.*) using ethanol as solvent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(7),* 3063-3067.

Stoll, T., Schweiggert, U., Schieber, A., & Carle, R. (2003). Process for the recovery of a caroten-rich functional food ingredient from carrot pomace by enzymatic liquefaction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 4(4),* 415-423.

Wilkins, M. R., Widmer, W. W., Grohmann, K., & Cameron, R. G. (2007). Hydrolysis of grapefruit peel waste with cellulase and pectinase enzymes. *Bioresource Technology, 98(8),* 1596-1601.

Zheng, H. Z., Hwang, I. W., & Chung, S. K. (2009). Enhancing polyphenol extraction from unripe apples by carbohydrate-hydrolyzing enzymes. *Journal of Zhejiang University Science B, 10,* 912-919.

Received 11 July 2024;
1st Revised 22 October 2024;
Accepted 28 October 2024