

# 자색당근 연육제를 이용한 돈육의 품질특성

## Quality Characteristics of Pork Using Purple Carrot Tenderizer

안규혁<sup>1)</sup> · 박준영<sup>1)</sup> · 황선영<sup>2)</sup> · 유현희<sup>3),\*</sup>

군산대학교 식품영양학과 학사과정<sup>1)</sup> · 군산대학교 식품영양학과 석사과정<sup>2)</sup> · 군산대학교 식품영양학과 교수<sup>3),\*</sup>

Ahn Kyu Hyeok<sup>1)</sup> · Park Jun Young<sup>1)</sup> · Hwang Seon Yeong<sup>2)</sup> · Yu Hyeon Hee<sup>3),\*</sup>

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University<sup>1),2),3)</sup>

### Abstract

This study assessed the effects of a purple carrot-based natural meat tenderizer on the quality and sensory characteristics of pork hind leg. Purple carrot powder was applied at concentrations of 1%, 3%, and 5%, with a control group at 0% for comparison. The results indicated a significant increase in protease activity across all treatment groups compared to the control ( $p < 0.001$ ). Furthermore, total polyphenol content, flavonoid content, and DPPH radical scavenging activity were also significantly increased ( $p < 0.001$ ). Crude protein and crude fat content increased, while hardness, cohesiveness, and chewiness decreased, suggesting improved tenderness ( $p < 0.001$ ), especially in the 5% treatment group. However, sensory evaluations involving 40 untrained consumer panelists revealed that the 3% treatment group achieved the highest scores for appearance, taste, color, flavor, texture, and overall acceptability. These findings indicate that while higher concentrations of purple carrot enhance physicochemical properties, moderate application may be more advantageous for sensory quality.

**Keywords:** Purple carrot, Pork hind leg, Meat tenderizer, Antioxidant activity

## I. 서론

돼지고기는 우리나라에 가장 많이 소비되는 육류 중 하나로, 한국농촌경제연구원(2024)에 따르면 2023년 기준 국민 1인당 돼지고기 소비량은 30.1 kg으로, 이는 전체 육류 소비의 절반 이상을 차지한다. 그러나 부위별 소비 편중이 심해 삼겹살과 목심 등 일부 지방이 많은 부위에 소비가 집중되어 있는 반면(김계웅, 김석은, 2009), 뒷다리살이나 등심과 같은 저지방 부위는 질기고 딱딱하다는 이유로 선호도가 낮아 재고 누적 문제가 발생하고 있다. 또한, 이러한 소비 불균형은 특정 부위의 수급 불안정을 초래하고, 나아

가 전체 시장의 가격 구조에도 영향을 미칠 수 있어(정수정 외, 2024) 이에 대한 해결 방안이 요구되고 있다. 육류의 기호도를 결정하는 중요한 요인 중 하나는 고기의 조직감, 수분감, 씹힘성 등에 직접적인 영향을 미치는 연도(tenderness)로(배영희, 노정해, 2000), 이를 개선하기 위해 다양한 연육 기법이 연구되어 왔다. 대표적으로 전기자극(황인호, 2002), 냉장 숙성(문윤희, 2005), 물리적 처리법(구수경 외, 2017), 파인애플, 파파야, 키위와 같은 과일 유래 단백질분해효소를 이용한 생물학적 연육법(김혜인 외, 2018; 박중희, 김호경, 2019)도 개발되었다. 그러나 이러한 방법들은 과도한 연화, 조리 과정에서 발생하는 이질

본 연구는 2025년 한국생활과학회 하계 학술대회에서 구두 발표한 것임. 관능검사는 국립군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에 진행하였음(승인번호: 1040117-202506-HR-015-01).

\* Corresponding author: Yu, Hyeon Hee

Tel: +82-63-469-4636

E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

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

적인 맛, 위생 관리 문제 등의 한계를 지니고 있다(남형욱 외, 2024; 박옥경, 2022). 더불어 일부 방법은 한국식 조리 법과의 조화가 부족하여(신복음 외, 2019) 오히려 소비자 선호도를 저해할 수 있다. 따라서 국내산 농산물을 활용한 안전하고 한국 음식문화와 조화를 이루는 연육제 개발이 시급히 필요하다.

자색당근(*Daucus carota* L.)은 미나리과(Apiaceae)에 속하는 뿌리채소로 중동 및 극동 지역에서 3,000년 이상 재배되어 왔다(Montilla et al., 2011). 일반 당근과 달리 검은 보라색을 띠고 있으며, 안토시아닌, 플라보노이드, 라이코펜, 루테인, 카로티노이드 등 다양한 생리활성 성분을 풍부하게 함유하고 있다(고영주, 유승석, 2018). 특히 자색당근의 안토시아닌은 다른 식품 원료에 비해 열, pH, 햇빛에 대한 안정성이 높아 가공 식품에 활용하기에 유리하다(황은선, 김소연, 2023). 또한, 자색당근은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 포함한 우수한 항산화 활성을 나타내며, 실제 식품에 적용 시 산화 안정성 향상, 항산화능 증진, 조직감 개선, 기호도 등의 품질 개선 효과가 있다(김미리 외, 2021; 조미라, 정해정, 2019). 또한, 자색당근에 대해 다양한 생리활성이 밝혀졌는데, LDL 콜레스테롤의 저하를 통한 심혈관계 질환 예방 효과(Wang et al., 2012), 혈당 저하 및 대사증후군 개선 효과(Padayachee et al., 2013), 혈압 정상화와 혈관 기능 개선 효과(Poudyal et al., 2010), 암세포 증식 억제 효과(Rasheed et al., 2022) 등이 이에 해당한다. 이와 같은 기능성을 바탕으로 자색당근은 다양한 식품개발에 활용되었는데, 예를 들어 설기떡(김미리 외, 2021; 김영, 2021), 스펀지케이크(정채림, 윤혜현, 2022), 양갱(황수정, 2022), 쿠키(조미라, 정해정, 2019), 국수(김명현, 2022), 발효유(신배근 외, 2015), 푸딩(강선아 외, 2016) 등 다양한 제품군을 대상으로 항산화능 증가, 기호도 개선, 조직감 향상 등의 긍정적 효과가 나타났으며, 제품 유형에 따라 최적 첨가량을 조정할 경우 소비자 기호도를 향상시킬 수 있는 가능성이 높다고 평가되었다. 특히, 고영주, 유승석(2018)의 연구에서는 자색당근을 돈육 패티에 적용한 결과, 가열손실율과 직경감소율이 자색당근 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 햄버거의 품질과 기호도에 긍정적인 영향을 주었다고 하였다. 또한, 경도 역시 첨가량 증가에 따라 유의적으로 감소하였으며, 폴리페놀 함량, DPPH free radical 소거능은 증가하여 연육제로서의 실질적 가능성을 입증하였다. 이처럼 자색당근은 육류의 조직감 개선과 기호도 향상이 가능한 연육제로서의 가능성을 시사한다. 그러나 현재까지 이를 체계적으로 검증한 연구

는 매우 제한적이다. 이에 본 연구에서는 자색당근 분말을 활용한 연육제를 돈육의 뒷다리살에 적용하고, 그 품질특성을 분석하고자 한다. 이를 통해 자색당근의 연육 효과에 대한 과학적 근거를 제시함으로써, 돈육 뒷다리살과 같은 비선호 부위의 소비를 촉진하고 부위별 소비 불균형 해소 및 고부가가치 육가공 제품 개발에 기여하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

돈육(뒷다리살), 양파, 생강, 마늘은 국내산으로 군산시 소재 마트에서 구입하였고, 그 외의 재료는 자색당근 분말(농업회사법인푸른들판, 서울, 한국), 양조간장(샘표식품주식회사, 서울, 한국), 올리고당(주식회사 오투기, 울산, 한국), 매실청(주식회사 오투기, 충북, 한국), 설탕(CJ 제일제당주, 인천, 한국), 후추(주식회사 오투기, 경기, 한국), 소금(CJ 제일제당주, 서울, 한국)을 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Folin-Ciocalteu's phenol reagent(이하 FCR)로 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였으며, 그 외의 시약은 1급으로 사용하였다.

### 2. 연육제의 제조

양념소스 배합비는 박영미 외(2013) 방법을 참고하여 예비실험에 의해 양파즙 200 g, 다진마늘 150 g, 생강즙 20 g, 양조간장 50 g, 올리고당 50 g, 매실청 100 g, 설탕 100 g, 후추 2 g, 소금 10 g, 물 500 g을 첨가하여 소스를 제조하였고, 제조한 소스 100 g당 자색당근 분말을 대조군은 0%, 실험군 1은 1%, 실험군 2는 3%, 실험군 3은 5%를 첨가하여 연육제를 제조하였다.

### 3. 연육제 침지 돈육의 제조

돈육 뒷다리살의 힘줄과 지방 부분을 제거하고 살코기 부분만 이용하여 3×3×0.5 cm 크기로 근섬유와 평행하게 자른 후, 돈육:연육제 비율을 2:1로 하여 4 °C의 냉장고(GMSR-680, GMS, 서울, 한국)에서 12시간 침지시켰다. 연육제 침지가 완료되면, 고기의 겉면이 타는 것을 방지하기 위해 종이호일로 감싸서 윗불, 아랫불이 100 °C인 오븐(FDO-7102, 대영제과제빵기계공업주식회사, 서울, 한국)

에서 25분을 가열하고, 상온에서 5분간 방냉한 것을 가열육으로 사용하였다.

#### 4. 자색당근 분말과 침지육의 일반성분

자색당근 분말과 연육제 침지육(가열전)의 일반성분은 AOAC(1995)법에 따라 조단백질은 Semimicro-Kjeldahl 법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 조회분은 직접회화법으로, 수분함량은 상압가열 건조법으로 분석하였으며, 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

#### 5. 연육제의 protease 활성

연육제의 protease 활성 측정을 위해 초음파(UIL-DHS 15040, 유일초음파, 안산, 한국)처리 30분 후, 탁상형원심분리기(DE/MIKRO 220, Andreas hettich, Föhrenstraße, Germany)를 1,000 xg에서 10분 후 5배 희석한 조효소액을 0.65% casein과 110 mM TCA로 반응시켜 시료 상등액을 만들고, 0.5 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.5 M FCR과 혼합하고 37°C 인큐베이터(SI-100R, 한양과학, 서울, 한국)에서 30분 반응시킨 후 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc., Chantilly, Virginia, USA)로 660 nm에서의 흡광도를 측정하였고, 표준물질은 tyrosine을 사용하였다.

#### 6. 연육제의 pH 및 당도

pH는 연육제 5 g과 증류수 45 mL를 균질화 후 원심분리(MF-80, 한일과학산업, 인천, 한국)를 15분 후 상등액으로 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, MA, USA)로, 당도는 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

#### 7. 연육제의 색도

연육제의 색도는 색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L: lightness), 적색도(a: redness), 황색도(b: yellowness)를 측정하였다.

#### 8. 연육제의 항산화

연육제의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 및 DPPH 라디칼 소거능은 김예술(2021), 김재성(2016)의 실험방법

을 참고하여 실시하였다. 연육제 1 g에 9배에 해당하는 99.5% 에탄올 9 mL를 혼합하고, 25°C에서 20분간 초음파(UIL-DHS15040, 유일초음파)추출을 한 후 원심분리(MF-80, 한일과학산업, 김포, 한국)를 10분간 한 후 여과한 것을 시료액으로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 시료액 0.2 mL와 2N Folin-ciocalteau's phenol reagent 0.4 mL를 혼합하여 상온에서 3분간 반응시킨 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.8 mL를 혼합하고 1시간 암소반응 후 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)로 750 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질로 gallic acid를 사용하여 얻은 검량곡선으로 산출하였다. 또한, 플라보노이드 함량은 시료액 0.4 mL와 90% diethylene glycol 4 mL, 1N-NaOH 0.04 mL를 혼합 후 37°C 인큐베이터(SI-100R, 한양과학)에서 1시간 반응시킨 것을 420 nm에서의 흡광도를 측정하였고 표준물질로 Rutin을 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료액 4 mL, 0.4 mM DPPH 에탄올 용액 1 mL를 섞은 후 30분간 암반응 후 517 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, DPPH 라디칼 소거능은 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

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

#### 9. 가열육의 조직감

가열육의 조직감은 1.5 cm×1.5 cm×0.5 cm 정육면체 모양으로 성형한 것을 Texture Analyzer(CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleborough, Massachusetts, USA)로 Cylinder probe(TA4/1000)를 사용하여 TPA(Texture Profile Analysis) 방법으로, pre-test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, trigger load 10.0 g, target value 2.0 mm, depth 2.0 mm 조건에서 경도, 응집성, 부착성, 씹힘성, 검성, 탄력성을 측정하였다.

#### 10. 가열육의 기호도 검사

자색당근 분말을 이용한 연육제에 침지한 돈육(가열육)의 기호도 검사는 군산대학교 임상영양 캡스톤 실습실에서 평일 오후 2시부터 5시 사이에 진행되었으며, 20대 식품영양학과 학생 40명을 대상으로 실시하였다. 평가자들은 물 이외의 음료 및 음식물 섭취를 검사 1시간 전부터 제한하

고, 향이 강한 화장품 사용을 제한하였다. 평가 전에 평가자 작성법을 비롯한 평가 지침에 대해 설명을 하고, 가열육의 대조군과 실험군을 총 6개 항목(색, 맛, 향미, 외관, 조직감, 전반적인 기호도)에 대해 9점 척도법(1점: 매우 싫다, 5점: 보통, 9점: 매우 좋다)으로 평가하였다. 시료는 무작위로 부여된 세 자리 숫자가 적힌 일회용 백색 접시에 제공되었으며, 3×3×0.5 cm 크기의 가열육을 4등분으로 잘라 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.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 자색당근 분말의 일반성분

본 연구에서 자색당근 분말의 일반성분을 분석한 결과, 수분 4.99%, 조회분 7.60%, 조단백질 1.17%, 조지방 1.62%로 나타났다. 이는 국가표준식품성분표(농촌진흥청, 2020)에는 생당근의 일반성분인 수분 91.10%, 단백질 1.02%, 지방 0.13%, 회분 0.72%으로 보고되었으며, 고영주, 유승석(2018)의 연구에서는 생 자색당근의 일반성분이 수분 88.4%, 조회분 0.9%, 조지방 0.1%로, 일반 당근에 비해 조회분 함량이 더 높다고 보고된 바 있다. 본 연구에서 사용된 자색당근은 분말 형태로 가공된 시료이므로 생 시료와의 직접적인 성분 비교에는 한계가 있으나, 건조 과정에 따른 농축 효과로 인해 수분 함량은 감소하고 단백질, 지방, 회분 함량은 상대적으로 높게 측정된 것으로 해석된다.

특히 조회분 함량의 경우 생 자색당근에 비해 약 8배가량 높은 수치를 보여, 자색당근 분말이 무기질 공급원으로서의 기능적 가치를 지닐 수 있음을 시사한다. 따라서 자색당근을 분말화하여 가공 원료로 활용할 경우, 저장성 및 영양적 밀도가 강화된 기능성 소재로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 연구에서는 분말화 이전의 동일 시료 성분 분석이 수행되지 않았으므로 건조 처리 과정에서 성분 변화에 대한 정량적 비교에는 제한이 따른다. 향후 연구에서는 건조 조건 및 가공 방법에 따른 영양 성분 변화에 대한 체계적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

### 2. 자색당근 연육제의 protease 활성

자색당근 분말을 첨가하여 제조한 연육제의 protease 활성은 <표 1>과 같다. 대조군의 protease 활성은 169.69 units/g이었으며, 실험군 1은 232.41 units/g, 실험군 2는 329.76 units/g, 실험군 3은 468.82 units/g로 측정되었다. 자색당근 분말 첨가량이 증가함에 따라 protease 활성이 유의적으로 증가하였으며( $p < 0.001$ ), 특히 실험군 3은 대조군 대비 약 2.5배 이상의 활성을 보였다. 일반적으로 배와 사과 등 과일류 추출물은 protease 활성이 높아 연육제로 활용되어 왔으며(김운숙 외, 2018; 한승관, 진구복, 2004), 이는 protease와 peptidase가 단백질을 분해하여 펩톤과 아미노산을 형성함으로써 고기의 연화를 촉진하기 때문이다(정구민, 안희정, 2012). 본 연구의 결과 역시 이러한 기전을 반영하는 것으로 해석된다. 또한, 고영주, 유승석(2018)은 돈육 패티에 자색당근 분말을 첨가했을 때, 첨가량이 증가할수록 가열 손실률과 직경 감소를 및 경도가 유의적으로 감소했다고 보고하였다. 이러한 선행연구와 본 연구의 결과를 바탕으로 protease 활성 증가는 육류의 연육 효과 및 품질 향상에 긍정적으로 작용할 것으로 기대된다.

### 3. 자색당근 연육제의 pH 및 당도

자색당근 분말을 첨가하여 제조한 연육제의 pH 및 당도

<표 1> 자색당근 연육제의 protease 활성

ts단위 : uni/g

대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
169.69±1.35 <sup>d</sup>	232.41±2.05 <sup>c</sup>	329.76±6.21 <sup>b</sup>	468.82±11.24 <sup>a</sup>	1192.088 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$

측정 결과는 <표 2>와 같다. pH는 대조군이 4.86으로 가장 낮았고 실험군 1은 4.95, 실험군 2는 5.06, 실험군 3은 5.15로 자색당근 분말 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 증가하였고( $p<0.001$ ), 실험군 3에서 가장 높은 pH를 나타내었다. 참고로 본 실험에 사용한 자색당근 분말의 pH는 5.90으로 대조군의 4.86보다 높게 측정되었다. 따라서 자색당근 분말 첨가량의 증가는 연육제의 최종 pH 상승에 영향을 준 것으로 판단된다. pH는 연육제의 효능과 관련된 주요 품질 특성 중 하나이다. Gault(1985)는 육류의 최종 pH가 높을수록 연도가 개선되며, 이는 미오피브릴 단백질의 등전점(pI)보다 높은 pH에서 수분 보유력(WHC)이 증가하기 때문이라고 보고했다. 또한, Huff-Lonergan과 Lonergan(2005)은 사후 초기의 pH 감소 속도와 정도, 단백질 분해, 단백질 산화 등이 육류의 수분 보유 능력에 중요한 영향을 미친다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 자색당근 분말 첨가에 따라 연육제의 pH가 유의적으로 증가한 것은, 이후 실제 육류에 적용할 경우 연육 효과 및 수분 보유력 개선을 기대할 수 있는 특성으로 판단된다.

자색당근 연육제의 당도는 대조군은 2.54 Brix%였으며, 실험군 1은 2.62 Brix%, 실험군 2는 2.73 Brix%, 실험군 3은 2.93 Brix%로, 자색당근 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 이는 자색당근 분말의 첨가량이 증가함에 따라 당도가 유의적으로 상승하는 경향을 보였으며( $p<0.001$ ), 실험군 3에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 식품 가공에서 당류는 단순히 감미 제공을 넘어, 수분 활성도 저하를 통해 저장성을 높이고, 수분 보유력을 증가시켜 조직감 및 다즙성 개선에도 기여하는 등 기

능적 역할을 수행한다(김천제 외, 2007). 실제로 본 특허에서는 설탕, 물엿, 솔비톨 등의 보습제를 첨가하여 돈육 육포의 조직감, 수분함량, 관능적 기호도를 효과적으로 향상시킨 바 있다. 이는 연육제로서의 당류 활용 가능성이 있다고 판단된다. 따라서 본 연구의 결과는 자색당근 분말 첨가 연육제의 당도 조절에 직접적인 영향을 미치며, 이를 통해 연육제의 맛뿐만 아니라 전반적인 품질 및 소비자 기호도를 향상시킬 수 있음을 시사한다.

#### 4. 자색당근 연육제의 색도

자색당근 분말을 첨가하여 제조한 연육제의 색도 측정 결과는 <표 3>과 같다. 명도는 대조군의 47.48로 가장 높았으며, 실험군 1은 45.55, 실험군 2는 45.29, 실험군 3은 45.00으로 유의적으로 감소하였으며( $p<0.001$ ), 이는 자색당근의 색소 성분이 연육제의 밝기를 저하시킨 결과로 해석된다. 적색도는 대조군에서 2.14로 가장 높았으나, 실험군은 1.02~0.57로 자색당근 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 실험군 3이 가장 낮았다( $p<0.001$ ). 황색도 역시 대조군이 1.28로 가장 높았으며, 실험군은 -1.66~-2.02로 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 실험군 3이 가장 낮았다( $p<0.001$ ). 이러한 색도 변화는 자색당근에 다량 포함된 cyanidin 계열의 안토시아닌 및 폴리페놀 색소가 연육제에 용출됨으로써 발생한 것으로 추정된다. 자색당근 분말 첨가 조건면(김명현, 2022), 쿠키(조미라, 정해정, 2019)의 색도 변화 연구에서 명도와 황색도는 감소, 적색도는 증가하여 본 연구와 다른 경향을

<표 2> 자색당근 연육제의 pH, 당도

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
pH	4.86±0.01 <sup>d</sup>	4.95±0.02 <sup>c</sup>	5.06±0.01 <sup>b</sup>	5.15±0.01 <sup>a</sup>	568.800 <sup>***</sup>
당도 (Brix%)	2.54±0.05 <sup>d</sup>	2.62±0.01 <sup>c</sup>	2.73±0.01 <sup>b</sup>	2.93±0.01 <sup>a</sup>	124.683 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test( $p<0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

<표 3> 자색당근 연육제의 색도

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
명도	47.48±0.01 <sup>a</sup>	45.55±0.005 <sup>b</sup>	45.29±0.005 <sup>c</sup>	45.00±0.001 <sup>d</sup>	350083.085 <sup>***</sup>
적색도	2.14±0.002 <sup>a</sup>	1.02±0.01 <sup>b</sup>	0.62±0.007 <sup>c</sup>	0.57±0.004 <sup>d</sup>	38896.732 <sup>***</sup>
황색도	1.28±0.001 <sup>a</sup>	-1.66±0.01 <sup>b</sup>	-1.93±0.006 <sup>c</sup>	-2.02±0.006 <sup>d</sup>	179567.689 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test( $p<0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

나타내었다. 또한, 고영주, 유승석(2018)의 자색당근 첨가(0, 2, 4, 6, 8%) 돈육 패티의 색도 변화 측정 결과, 가열 전에는 명도와 황색도는 감소하였고, 적색도는 증가하였으나, 가열 후엔 명도는 감소하였고, 황색도는 증가하였으며, 적색도는 대조군과 8%첨가군만 유의적 차이가 있었고, 다른 첨가군의 유의적 차이가 없었다고 하였다. 이에 대해 돈육 패티의 색도 변화는 가열 전은 자색당근 색 발현이 우선이지만, 가열 후는 조리 중 육색의 변화, 자색당근의 색 변화가 복합적으로 나타나기 때문(고영주, 유승석, 2018)이라고 보고 하였다. Montilla et al.(2011)은 자색당근의 주요 안토시아닌이 cyanidin 기반 글리코사이드이며, 이들이 가공 중에도 활용 가능한 천연 색소로 평가된다고 보고하였다. Uyan et al.(2004)은 건조 및 열처리 과정 중 자색당근의 안토시아닌 색도 값(L\*, a\*, b\*, C\*, H°) 변화가 관찰되었으며, 건조 시 명도(L\*)와 적색도(a\*)는 감소하고 청색 계열(음의 b\*, H° 변화)이 증대됨을 보고한 바 있다. 안토시아닌은 대표적인 천연 색소로, pH에 따라 색이 뚜렷하게 달라지는데, pH가 낮을수록 붉은색을 띠고, pH가 높아질수록 청색 또는 자색 계열로 변화한다(노봉수 외, 2017). 본 연구에서 측정된 연육제의 pH는 4.86~5.15 범위로 <표 2>, 자색당근 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH가 높아지면서 붉은색보다는 보라색, 또는 청자색 계열 발색에 유리한 환경이 된 것으로 해석된다. 또한, 자색당근 분말 첨가량이 증가함에 따라 색소의 절대 농도가 높아져 전체적인 색조가 더욱 강하게 발현한 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서 관찰된 색도 변화는 pH, 농도, 가공 조건의 상호작용으로 인한 복합적인 변화로 판단된다.

## 5. 자색당근 연육제의 항산화

자색당근 분말을 첨가하여 제조한 연육제의 항산화 실험 결과는 <표 4>와 같다. 총 폴리페놀 함량은 대조군은

211.62 mg GAE/mL였으나, 실험군은 281.19~478.38 mg GAE/mL으로 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였으며, 실험군 3이 가장 높았다( $p<0.001$ ). 이는 자색당근에 함유된 폴리페놀계 항산화 물질이 연육제 내로 용출된 결과로 판단된다. 실제로, 자색당근의 폴리페놀류와 안토시아닌은 열수 추출 또는 수용액 침지 시 용출되는 특성이 있어 (Padayachee et al., 2013), 연육제에 적용 시 항산화 성분 농도 증가로 이어질 수 있다. Leja et al.(2013)은 자색당근은 다른 색 당근보다 평균 9배 높은 폴리페놀 함량을 가지며, phenyl propanoids가 전체 페놀류의 21.4~24%를 차지했으며, 주요 폴리페놀 성분에는 chlorogenic acid 및 다양한 phenolic acid, quercetin 등이 있다고 하였다. Montilla et al.(2011)은 자색당근에 폴리페놀이 97.9 mg/100 g 함유하고 있으며, 그중 대부분이 안토시아닌으로 75.3 mg/100 g 이라고 하였다. 그리고 Zhang과 Hamazu(2004)는 당근에 주로 hydroxy cinnamic acid 유도체가 함유되어 있으며, 그 중 chlorogenic acid이 전체 페놀류의 42.2~61.8%를 차지한다고 하였다.

플라보노이드 함량은 대조군은 106.22 mg/g, 실험군은 129.92~144.74 mg/g으로 첨가량에 따라 증가하는 경향이었으며, 실험군 3이 가장 높았다( $p<0.001$ ). Leja et al.(2013)은 자색당근은 평균적으로 phenylpropanoids: flavonols:anthocyanins 비율이 30:16:23이라고 보고하였다. 본 연구에서도 플라보노이드 함량이 폴리페놀 함량보다 적은 수준으로 나타났다.

DPPH 라디칼 소거능 역시 대조군의 65.40%에 비해 실험군은 76.45~80.60%로 실험군 3이 가장 높게 나타나 ( $p<0.001$ ), 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 향상되는 경향을 보였다. 자색당근을 첨가한 쿠키(조미라, 정해정, 2019), 설기떡(김미리 외, 2021), 푸딩(강선아 외, 2016), 국수(김명현, 2022), 양갱(황수정, 2022), 돈육 패티(고영주, 유승석, 2018), 죽(김순연, 2020) 연구에서도 유사한

<표 4> 자색당근 연육제의 항산화 실험

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
총폴리페놀 (mg GAE/mL)	211.62±0.006 <sup>d</sup>	281.19±2.10 <sup>c</sup>	346.52±1.05 <sup>b</sup>	475.38±2.77 <sup>a</sup>	1,1489.417 <sup>***</sup>
플라보노이드 (mg/g)	106.22±4.45 <sup>c</sup>	129.92±6.79 <sup>b</sup>	131.41±2.57 <sup>b</sup>	144.74±2.56 <sup>a</sup>	38.973 <sup>***</sup>
DPPH 라디칼 소거능(%)	65.40±0.41 <sup>d</sup>	76.45±0.21 <sup>c</sup>	78.39±0.21 <sup>b</sup>	80.60±0.16 <sup>a</sup>	507.911 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

항산화 활성 증가가 확인된 바 있다. Kammerer et al. (2004)은 자색당근 분말에 총 안토시아닌 함량은 45.4 mg/kg에서 17.4 g/kg까지 다양한 범위를 보였으며, 가장 풍부하게 존재하는 색소는 ferulic (Cy3XFGG), sinapic (Cy3XSGG), coumaric acid (Cy3XCGG)으로 아실화된 cyanidin glycosides 구조를 가진다고 하였다. 이로 보아 자색당근에 함유된 총폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 등에 의해 항산화 효과가 나타난 것으로 보이며, 페놀성 화합물, 플라보노이드, 안토시아닌은 식물 추출물의 항산화 특성에 중요한 기여를 하며, 이는 향라디칼 활성과 높은 상관관계를 보인다는 뜻으로 이러한 연구는 다수 보고 되어 있다(Tena et al., 2020).

6. 자색당근 연육제 침지 돈육 가열육의 일반성분

자색당근 연육제 침지 돈육(가열육)의 일반성분을 측정 한 결과는 <표 5>와 같다. 수분 함량은 대조군(58.91%)과 실험군 1(58.47%), 실험군 2(58.36%)는 유의적 차이가 없었으나, 실험군 3에서는 52.27%로 유의적으로 감소하였다( $p<0.001$ ). 이는 실험군 3에서 자색당근의 첨가량이 가장 높아 침지 처리 및 가열 과정에서 일부 수분이 외부로 손실되었거나, 침지액의 삼투압 변화로 인해 수분이 조직 내부로 흡수되지 못하고 외부로 빠져나간 결과로 해석된다. 그 결과, 단백질 및 지방의 상대적 비율이 증가한 것으로 판단된다. 이러한 경향은 연육 처리 및 삼투압 변화가 식육의 수분 보유력에 영향을 미친다는 선행연구(Hamm, 1986; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005)와 일치한다. 조회분 함량은 대조군 1.96% 보다 실험군이 1.83~1.85%로 유의적으로 낮았다( $p<0.05$ ). 이는 침지 처리 과정에서 무기질 성분이 외부로 용출되었거나, 수분 감소로 인한 상대적 조성 변화 때문으로 추정된다. Hamm(1986)은 삼투압 환경 변화가 근섬유 투과성을 증가시켜 무기질의 용출을 촉진할 수 있음을 보고하였으며, 본 연구 결과도 이를 뒷받침한다.

조단백질 함량은 대조군 24.51%보다 실험군이 30.44~31.38%로 유의적으로 높았으며, 실험군 3이 가장 높았다( $p<0.001$ ). 이는 수분 함량의 감소로 인한 상대적 농축 효과로 설명될 수 있으며, 더 나아가 자색당근 연육제의 일부 성분이 근육 조직 내에 침투하면서 조단백질 측정치에 영향을 미쳤을 가능성도 고려할 수 있다. 조지방 함량 역시 대조군 1.65%보다 실험군이 2.81~5.62%로 유의적으로 높았으며, 특히 실험군 3에서 크게 증가하였는데( $p<0.001$ ), 이는 수분 함량의 감소에 따라 조지방 조성 비율이 상대적으로 증가한 것으로 보인다. 결과적으로 자색당근 연육제의 침지는 돈육의 수분 함량을 감소시키고, 조단백질 및 조지방 함량을 상대적으로 증가시키는 동시에, 조회분 함량은 낮추는 경향을 보여 연육제 침지에 따른 일반성분 변화가 뚜렷하게 나타남을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 관찰된 수분 감소 및 단백질·지방 함량의 상대적 증가는 자색당근 연육제가 단순한 연육 효과 외에도, 근섬유 내 수분-고형분 균형에 영향을 미친다는 점을 시사한다. 특히 자색당근에 풍부한 페놀성 화합물이 근육 단백질과 상호작용하여 단백질 보수력(water-holding capacity)을 조절했을 가능성을 제시하고 있다. Son et al.(2025)은 닭고기 침지 과정에서 페놀류가 단백질에 결합하여 수분 보유력과 유화 안정성, 항산화 능력을 향상시킴을 입증하였으며, Ozdal et al.(2013)은 페놀-단백질 복합체 형성은 수소결합, 소수성 상호작용, 반데르발스 힘 등을 통해 이루어지며, 단백질의 수분 기능성 보존력(water-holding capacity) 등을 향상시킬 수 있음을 보고하였다. 또한, 수분 감소로 인한 조단백질 및 조지방 농도의 상승은 가열육의 영양 밀도를 높이는 긍정적 효과를 기대할 수 있으나, 과도한 수분 손실은 조직 감저하나 다즙성 감소로 이어질 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 자색당근 연육제의 첨가 농도 및 침지 조건을 최적화하여 영양적 가치와 관능적 품질 간 균형을 유지하는 전략이 필요할 것으로 사료된다.

<표 5> 자색당근 연육제 침지 돈육의 일반성분

단위 : %

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
수분	58.91±0.52 <sup>a</sup>	58.47±0.42 <sup>a</sup>	58.36±1.25 <sup>a</sup>	52.27±0.21 <sup>b</sup>	19.847 <sup>***</sup>
조회분	1.96±0.59 <sup>a</sup>	1.85±0.05 <sup>b</sup>	1.85±0.01 <sup>b</sup>	1.83±0.06 <sup>b</sup>	4.122 <sup>*</sup>
조단백질	24.51±0.36 <sup>c</sup>	30.44±0.52 <sup>b</sup>	30.51±0.40 <sup>b</sup>	31.38±0.05 <sup>a</sup>	215.287 <sup>***</sup>
조지방	1.65±0.02 <sup>d</sup>	2.81±0.09 <sup>c</sup>	3.52±0.14 <sup>b</sup>	5.62±0.40 <sup>a</sup>	414.458 <sup>***</sup>

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

<sup>\*</sup> $p<0.05$ , <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

### 7. 자색당근 연육제 침지 돈육 가열육의 조직감

자색당근 연육제 침지 돈육의 조직감 결과는 <표 6>과 같다. 자색당근 연육제 침지에 따라 돈육의 조직감 특성은 유의미한 변화를 나타냈다. 경도(hardness)는 대조군의 4490.67 g, 실험군 1887.17~1168.67 g으로 자색당근 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 실험군 3이 가장 낮았다( $p<0.001$ ). 이는 자색당근을 첨가한 연육제가 돈육의 섬유 구조에 영향을 주어 조직을 부드럽게 한 것으로 해석된다. 검성(gumminess)과 씹힘성(chewiness) 역시 대조군에 비해 모든 처리군에서 유의적으로 낮은 값을 보여( $p<0.001$ ), 연육 효과가 명확하게 확인되었다. 특히 씹힘성은 대조군의 47.82 mJ에서 실험군 3의 12.51 mJ로 크게 감소하였다.

반면, 부착성, 응집성, 탄력성 등은 처리군 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 특히 경도, 검성, 씹힘성이 유의적으로 감소한 결과는 자색당근의 단백분해효소 및 생리활성 성분이 육류 단백질과 결합하여 근섬유 단백질의 결합을 약화시키고 조직을 연화시킨 결과로 판단되며(Gault, 1985; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005), 천연 연육제로서 자색당근의 활용 가능성을 뒷받침하는 근거로 볼 수 있다. 육제품의 조직감은 함유된 원료육의 상태, 지방과 수분

함량, 첨가물의 종류 등에 따라서 다르게 나타나기도 하고, 제조가공 중 가열 온도에 의한 단백질의 열변성 정도가 차이가 나서 조직특성이 달라질 수 있다(송형익 외, 2000).

### 8. 자색당근 연육제 침지 돈육 가열육의 기호도 조사

자색당근 연육제 침지 돈육의 기호도 조사 결과는 <표 7>과 같다. 기호도 검사 결과, 6개 항목 중 ‘조직감’과 ‘전반적인 기호도’에서 대조군과 실험군 1은 유의적인 차이를 보였으며, 실험군 2는 대부분의 항목에서 대조군보다 유의하게 높은 기호도를 나타내었다. 실험군 3은 더 낮은 수치를 나타내었다( $p<0.001$ ). 특히 자색당근 분말 3%를 첨가한 연육제에 침지한 돈육인 실험군 2에서 가장 높은 값을 나타내었다. 그러나 첨가량이 5%로 증가한 실험군 3에서는 대부분의 항목에서 기호도가 유의적으로 감소하였으며, 특히, 외관, 색, 향미가 매우 낮은 점수를 나타내었다. 이는 앞선 연육제 색도 결과, <표 4>에서 실험군 3이 보라색을 띄어 외관, 색의 기호도 저하의 요인이 된 것으로 생각된다. 또한, 자색당근 분말 첨가량이 많아지면 자색당근 특유의 향이 일부 소비자에게 관능적 거부감을 유발했을 가능성이 있는 것으로 보인다. 당근의 향은 주로 모노·세스퀴테르펜 계열의 휘발성유기화합물(VOCs)에 의해 형성되며, 특

<표 6> 자색당근 연육제 침지 돈육의 조직감

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
경도(g)	4490.67±449.70 <sup>a</sup>	1877.17±158.54 <sup>b</sup>	1557.00±103.95 <sup>bc</sup>	1168.67±118.48 <sup>c</sup>	107.956 <sup>***</sup>
부착성(mJ)	0.03±0.02	0.06±0.02	0.03±0.04	0.02±0.02	1.444
응집성	0.65±0.06	0.83±0.03	0.79±0.10	0.79±0.23	1.191
탄력성(mm)	1.66±0.03	1.61±0.05	1.66±0.06	5.71±7.78	0.818
검성(g)	2943.50±540.07 <sup>a</sup>	1564.47±150.49 <sup>b</sup>	1230.97±113.41 <sup>bc</sup>	920.73±265.67 <sup>c</sup>	24.004 <sup>***</sup>
씹힘성(mJ)	47.82±7.98 <sup>a</sup>	24.67±1.92 <sup>b</sup>	20.06±2.27 <sup>bc</sup>	12.51±4.48 <sup>c</sup>	29.988 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test( $p<0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

<표 7> 자색당근 연육제 침지 돈육의 기호도 조사

	대조군	실험군 1	실험군 2	실험군 3	F-value
외관	2.70±0.79 <sup>b</sup>	3.20±0.63 <sup>ab</sup>	3.60±0.52 <sup>a</sup>	1.50±0.71 <sup>c</sup>	78.000 <sup>***</sup>
맛	2.90±0.60 <sup>b</sup>	3.20±0.63 <sup>ab</sup>	3.70±0.67 <sup>a</sup>	2.50±0.71 <sup>b</sup>	18.915 <sup>***</sup>
색	3.40±0.49 <sup>a</sup>	3.20±0.79 <sup>a</sup>	3.30±0.82 <sup>a</sup>	1.90±0.57 <sup>b</sup>	40.779 <sup>***</sup>
향미	2.80±0.75 <sup>b</sup>	3.10±0.74 <sup>b</sup>	4.30±0.67 <sup>a</sup>	1.90±0.74 <sup>c</sup>	78.600 <sup>***</sup>
조직감	2.90±1.20 <sup>c</sup>	3.80±0.42 <sup>b</sup>	4.90±0.57 <sup>a</sup>	3.80±0.63 <sup>b</sup>	49.771 <sup>***</sup>
전반적 기호도	2.80±0.63 <sup>c</sup>	3.60±0.52 <sup>b</sup>	4.60±0.52 <sup>a</sup>	2.30±0.67 <sup>c</sup>	125.944 <sup>***</sup>

<sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test( $p<0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

히  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -myrcene, limonene, (E)- $\beta$ -caryophyllene,  $\gamma$ -terpinene, bornyl acetate, cymene 등이 대표적이다 (Quarrell et al., 2023; Tian et al., 2015). 자색당근을 첨가한 설기떡(김미리 외, 2021), 푸딩(강선아 외, 2016), 국수(김명현, 2022), 양갱(황수정, 2022), 돈육 패티(고영주, 유승석, 2018), 스펀지 케이크(정채림, 윤혜현, 2022), 죽(김순연, 2020) 연구에서도 적정량 이상 첨가 시 기호도가 저하된 결과를 보였다. 이에 자색당근 연육제 제조시 자색당근 분말 첨가량은 3% 수준인 실험군 2인 것으로 판단된다.

#### IV. 결론 및 요약

본 연구는 돼지고기 비선호 부위인 뒷다리살의 소비 증진을 위한 기초자료를 마련하고자 수행되었다. 자색당근 분말을 활용한 연육제를 제조하고 돼지고기 뒷다리살에 침지 처리한 후 품질특성을 분석하였다. 자색당근 분말을 1%(실험군 1), 3%(실험군 2), 5%(실험군 3)로 각각 첨가한 연육제의 pH, 당도는 첨가량 농도가 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 색도 측정 결과, 명도 및 적색도, 황색도가 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌다. 총폴리페놀 함량은 자색당근 분말 첨가 농도가 증가할수록 유의적인 증가를 보였으며, 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능도 동일한 경향을 나타냈다. 자색당근 분말을 첨가한 연육제에 침지한 돈육(뒷다리살)의 조단백질, 조지방 함량은 대조군보다 실험군에서 유의적으로 증가하였다. 수분 함량은 대조군에 비해 실험군 3에서 유의적으로 낮아졌으며, 조지방 함량은 실험군에서 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났다. 조직감 특성 분석 결과, 경도, 검성 및 씹힘성이 자색당근 분말의 첨가 농도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 기호도 조사 결과 외관, 맛, 향미, 조직감 모두 실험군 2에서 가장 높은 결과를 보였으며 실험군 3에서 조직감은 대조군보다 높은 기호도를 보였으나, 맛과 전반적 기호도는 대조군과 비슷한 경향을 보였고, 외관과 향미, 색은 대조군보다 낮은 기호도를 보였으며, 특히, 외관, 색, 향미에서 매우 낮은 기호도를 보였다. 이상의 결과를 통해 자색당근 분말을 활용한 연육제는 돼지고기 뒷다리살의 연화와 항산화력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다. 다만 적정량 이상의 첨가는 기호도를 낮추는 요인이므로 향후 소비자 기호도 평가 및 상업적 활용 가능성 검토를 위한 추가 연구가 필요하였다. 본 연구는 자색당근을 이용한 연육제의 기능성과 활용 가능성에 대한 과학적 근거를 제공하였

으며, 비선호 부위의 육류 소비 촉진과 고부가가치화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 자색당근, 돈육 뒷다리살, 연육제, 항산화 활성

#### REFERENCES

- 강선아, 이수현, 심영남, 오민지, ... 박선민(2016). 안토시아닌 함유 과채소류의 생리활성성분 함량과 항산화능 및 저장에 따른 자색당근 추출물 첨가 푸딩의 품질특성 비교. *한국응용생명화학회지*, 59(4), 273-280.
- 고영주, 유승석(2018). 자색당근 첨가가 돈육 햄버거 패티의 품질에 미치는 영향. *한국식품영양학회지*, 31(3), 345-354.
- 구수경, 김태경, 한예진, 박종대, ... 최윤상(2017). 물리적 연육처리 및 숙성 복합공정이 우육 저지방 부위의 품질특성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회 학술대회발표집*(p.248), 부산, 한국.
- 김계웅, 김석은(2009). 국내 소비자의 돼지고기 선호도와 소비행태 분석. *한국축산학회지*, 51(1), 81-90.
- 김명현(2022). 자색당근 분말을 첨가한 국수의 품질특성. *한국지역사회생활과학회지*, 33(4), 645-656.
- 김미리, 김명현, 한영실(2021). 자색당근 첨가 설기떡의 항산화 활성 및 품질 특성. *한국식품영양학회지*, 34(1), 114-122.
- 김순연(2020). 자색당근을 첨가한 기능성 죽의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국조리학회지*, 26(12), 85-93.
- 김영(2021). 자색당근 분말을 첨가한 설기떡의 품질특성 및 항산화 효과. *조선대학교 석사학위논문*.
- 김예슬(2021). 수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성. *조선대학교 석사학위논문*.
- 김윤숙, 김우일, 정은호(2018). 사과연육제 처리에 따른 돼지고기와 소고기의 적정 저장온도 및 숙성시간. *한국원예학회 춘계학술발표회 자료집*(p.146), 대전, 한국.
- 김재성(2016). 천연물의 첨가가 육포의 품질에 미치는 영향. *경상대학교 석사학위논문*.
- 김천제, 백현동, 정종연, 한두정, ... 이미애(2007). 특허등록 10-0749338. 대전: 대한민국 특허청.

- 김혜인, 심예선, 이산하, 임소현, ... 김문주(2018). 과일 종류에 따른 돼지고기 연육효과. *농업생명과학연구*, 49(1), 1-4.
- 남형욱, 민동규, 조항혁, 이승화, 권상철(2024). 발효 배리 착즙액의 항산화 활성 및 연육효과에 미치는 영향. *한국산학기술학회논문지*, 25(3), 126-134.
- 노봉수, 이승주, 백형희, 이재환, ... 이희섭(2017). *생각이 필요한 식품재료학*. 경기도: 수학사.
- 농촌진흥청(2020). *국가표준식품성분표 제9개정판*. 전주: 농촌진흥청.
- 문윤희(2005). 냉장 기간이 긴 진공포장 우육의 숙성 효과. *한국축산식품학회지*, 25(2), 127-133.
- 박영미, 한병렬, 김영중, 윤혜현(2013). 구아바 잎 분말 첨가가 양념둔육의 품질에 미치는 영향. *한국조리학회지*, 19(4), 1-12.
- 박옥경(2022). 과일즙첨가 간장소스를 이용한 돼지불고기 이화학적 성질 및 감각적 특성. 영산대학교 석사학위논문.
- 박중희, 김호경(2019). 동결건조한 키위분말을 첨가한 우육의 연육 효과. *한국산업융합학회논문집*, 22(5), 545-551.
- 배영희, 노정해(2000). 배, 키위, 무화과, 파인애플, 파파야에 존재하는 단백질 분해효소의 특성 비교. *한국식품조리과학회지*, 16(4), 363-366.
- 송형익, 문귀임, 문윤희, 정인철(2000). 저온저장에 의한 햄버거의 품질 및 저장 안전성. *한국축산식품학회지*, 20(1), 72-78.
- 신배근, 강선아, 한정인, 박선민(2015). *Aspergillus oryzae* 로 발효한 자색당근을 첨가한 발효유의 품질 및 관능 특성에 관한 연구. *한국식생활문화학회지*, 30(3), 370-376.
- 신복음, 백일선, 김정한, 이윤혜(2019). 느티만가닥버섯의 단백질분해효소 활성과 연육 증진효과. *한국버섯학회지*, 17(4), 235-240.
- 정구민, 안희정(2012). 느타리버섯이 육류의 연육에 미치는 효과. *한국식품영양과학회지*, 41(6), 829-833.
- 정수정, 최승철, 김민경(2024). 돼지고기 비선호부위 재고가 삼겹살 가격에 미치는 영향에 관한 연구. *식품유통연구*, 41(1), 93-110.
- 정채림, 윤혜현(2022). 자색당근 분말을 첨가한 스펀지케이크의 관능적 품질 특성. *한국조리학회지*, 28(3), 1-12.
- 조미라, 정해정(2019). 자색당근 분말 첨가 쿠키의 품질특성 및 항산화활성. *한국식생활문화학회지*, 34(5), 612-619.
- 한국농촌경제연구원(2024). *농업전망2024: 돼지고기 수급 실적 및 소비 동향*. 세종: 한국농촌경제연구원.
- 한승관, 진구복(2004). 국산배에서 추출한 단백질 분해효소의 식육 연화제로서의 활용에 관한 연구. *한국축산식품학회지*, 24(4), 326-328.
- 황수정(2022). 자색당근 첨가 양갱의 항산화 활성 및 품질 특성. *한국외식산업학회지*, 18(3), 229-242.
- 황은선, 김소연(2023). 주황색과 자색당근의 가열 방법에 따른 품질특성, 생리활성 물질 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 52(4), 394-402.
- 황인호(2002). 전기자극의 연도증진 기작에 관한 연구동향. *한국축산식품학회지*, 22(3), 234-239.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International (16th ed.)*. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Gault, N. F. S. (1985). The relationship between water holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Meat Science*, 15(1), 15-30.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135-199). Orlando, FL: Academic Press.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204.
- Kammerer, D., Carle, R., & Schieber, A. (2004). Quantification of anthocyanins in black carrot (*Daucus carota* L. ssp. sativus var. atropurpureus) extracts and evaluation of their color properties. *European Food Research and Technology*, 219(3), 270-275.
- Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., ... & Baranski, R. (2013). The content of phenolic compounds and radical scavenging activity varies with carrot origin and root color. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(2), 163-170.

- Montilla, E. C., Arzaba, M. R., Hillebrand, S., & Winterhalter, P. (2011). Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* ssp. sativus var. atrovirens Alef.) cultivars Antonina, Beta Sweet, Deep Purple, and Purple Haze. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(7), 3385-3390.
- Ozdam, T., Capanoglu, E., & Altay, F. (2013). A review on protein-phenolic interactions and associated changes. *Food Research International*, *51*(2), 954-970.
- Padayachee, A., Netzel, G., Netzel, M., Day, L., ... & Gidley, M. J. (2013). Lack of release of bound anthocyanins and phenolic acids from carrot plant cell walls and model composites during simulated gastric and small intestinal digestion. *Food & Function*, *4*(6), 906-916.
- Poudyal, H., Panchal, S. K., Brown, L. (2010). Comparison of purple carrot juice and  $\beta$ -carotene in a high-carbohydrate, high-fat diet-fed rat model of the metabolic syndrome. *British Journal of Nutrition*, *104*(9), 1322-1332.
- Quarrell, S. R., Weinstein, A. M., Hannah, L., Bonavia, N., ... & Cook, D. F. (2023). Critical pollination chemistry: Specific sesquiterpene floral volatiles in carrot inhibit honey bee feeding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *71*(42), 16079-16089.
- Rasheed, H., Shehzad, M., Rabail, R., Kowalczewski, P. Ł., ... & Aadil, R. M. (2022). Delving into the Nutraceutical benefits of purple carrot against metabolic syndrome and cancer: A Review. *Applied Sciences*, *12*(6), 3170.
- Son, W.-Y., Hwang, J., Park, J.-H., Kim, J.-H., ... & Ahmad, R. (2025). Enhancement of physicochemical and functional properties of chicken breast protein through polyphenol conjugation: A novel ingredient for protein supplements. *Molecules*, *30*(3), 448.
- Tena, N., Martín, J., & Asuero, A. G. (2020). State of the art of anthocyanins: Antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health. *Antioxidants*, *9*(5), 451.
- Tian, C., Jiang, Q., Wang, F., Wang, G. L., ... & Xiong, A. S. (2015). Selection of suitable reference genes for qPCR normalization under abiotic stresses and hormone stimuli in carrot leaves. *PloS One*, *10*, e0117569.
- Uyan, S. E., Baysal, T., Yurdagel, Ü., & El, S. N. (2004). Effects of drying process on antioxidant activity of purple carrots. *Nahrung*, *48*(1), 57-60.
- Wang, Y., Zhang, Y., Wang, X., Liu, Y., & Xia, M. (2012). Supplementation with cyanidin-3-O- $\beta$ -glucoside protects against hypercholesterolemia-mediated endothelial dysfunction and attenuates atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. *The Journal of Nutrition*, *142*(6), 1033-1037.
- Zhang, D., & Hamazu, Y. (2004). Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *2*(1), 95-100.

Received 06 August 2025;

Accepted 20 August 2025