

TITLE PAGE - Food and Life-

Upload this completed form to website with submission

ARTICLE INFORMATION	Fill in information in each box below
Article Type	Review
Article Title (English)	The importance of juiciness in meat quality and its determinant factors
Article Title (Korean) English papers can be omitted	식육 다즙성의 중요성과 다즙성 결정 요인들
Running Title (English, within 10 words)	Factors affecting juiciness in meat
Author (English)	Hayeon Jeon, Kyung Jo, Seul-Ki-Chan Jeong, Seokhee Han, Soeun Kim, Minkyung Woo, and Samooel Jung*
Affiliation (English)	¹ Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
Author (Korean) English papers can be omitted	전하연, 조경, 정슬기찬, 한석희, 김소은, 우민경, 정사무엘*
Affiliation (Korean) English papers can be omitted	충남대학교 축산학과
Special remarks – if authors have additional information to inform the editorial office	
ORCID and Position(All authors must have ORCID) (English) https://orcid.org	Hayeon Jeon (Doctoral Course, https://orcid.org/0009-0006-3741-7696) Kyung Jo (Ph.D, https://orcid.org/0000-0002-3006-5396) Seul-Ki-Chan Jeong (Doctoral Course, https://orcid.org/0000-0002-2163-8340) Seokhee Han (Master's Course, https://orcid.org/0009-0006-0816-3471) Soeun Kim (Master's Course, https://orcid.org/0009-0008-5794-0198) Minkyung Woo (Master's Course, https://orcid.org/0009-0007-5885-8340) Samooel Jung (Professor, https://orcid.org/0000-0002-8116-188X)
Conflicts of interest (English) List any present or potential conflict s of interest for all authors. (This field may be published.)	The authors declare no potential conflict of interest.
Acknowledgements (English) State funding sources (grants, funding sources, equipment, and supplies). Include name and number of grant if available. (This field may be published.)	This study was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture, Science, and Technology Development (Project No. RS-2021-RD010001) of the Rural Development Administration of the Republic of Korea.
Author contributions (This field may be published.)	
Ethics approval (IRB/IACUC) (English) (This field may be published.)	This manuscript does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

CORRESPONDING AUTHOR CONTACT INFORMATION

For the <u>corresponding</u> author (responsible for correspondence, proofreading, and reprints)	Fill in information in each box below
First name, middle initial, last name	Samooel Jung
Email address – this is where your proofs will be sent	samooel@cnu.ac.kr
Secondary Email address	

Postal address	Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
Cell phone number	
Office phone number	+82 42-821-5774
Fax number	+82 42-825-9754

ACCEPTED

The importance of juiciness in meat quality and its determinant factors

ACCEPTED

Abstract

Juiciness is a key sensory attribute of meat, closely associated with perceived moisture during consumption. Alongside tenderness and flavor, it is a critical quality parameter that directly or indirectly affects consumer acceptance and satisfaction. This study systematically reviewed literature published over the past two decades (2005–2025) following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, to comprehensively analyze the principal factors influencing meat juiciness. The findings reveal that juiciness is determined by the multifactorial interplay of various physicochemical and processing parameters, including water-holding capacity, intramuscular fat content, muscle structure, ultimate pH, aging conditions, cooking methods, and muscle type. Among these, intramuscular fat and water-holding capacity emerged as the primary contributors to the enhancement of sensory juiciness. Juiciness also showed a significant correlation with tenderness and flavor, and was strongly linked to consumer repurchase intent and overall acceptability. This review provides a scientific basis for producing high-quality meat and developing quality management strategies aligned with consumer expectations by comprehensively examining the major determinants of meat juiciness.

Keywords: meat quality, juiciness, intramuscular fat, pH, water-holding capacity

서론

육류는 고품질 단백질과 다양한 필수 영양소의 주요 공급원으로, 인류의 식생활에서 핵심적인 역할을 수행해 왔으며, 최근에는 세계 인구 증가와 소득 수준 향상에 따라 그 소비량이 지속적으로 증가하고 있다(Cho and Kim, 2023; Jeong et al., 2023). 과거에는 소득 수준과 가격이 육류 소비에 가장 큰 영향을 미쳤으나, 최근에는 소비자의 육류 품질에 대한 기대가 높아지면서 관능적 품질 특성이 구매 결정의 중요한 기준으로 작용하고 있다(Cha et al., 2025; Jo et al., 2024). 육류 품질은 주로 pH, 색도, 보수력, 수분 및 지방 함량과 같은 이화학적 특성, 풍미, 연도, 다즙성과 같은 관능적 특성, 그리고 미생물학적 특성에 의해 결정되며, 이는 다양한 내재적·외재적 요인의 영향을 받는다. 이 중 다즙성(Juiciness)은 섭취 시 입안에서 느껴지는 수분감으로 정의되며, 육류의 식감과 전반적인 기호성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 품질 특성이다(Jeon et al., 2024). 다즙성은 소비자의 만족도, 지불의향, 재구매 의사 등과 밀접하게 연관되며, 특히 삼겹살, 목심 등 지방 함량이 높은 돈육 부위에서는 연도 및 풍미와 함께 관능적 품질을 결정짓는 핵심 요소로 작용한다(Jo et al., 2024; Kim et al., 2024; Liu et al., 2020).

다즙성은 근육 내 수분과 지방 함량의 영향을 크게 받으며, 특히 가열감량(조리 과정에서 손실되는 수분량)과 높은 상관관계를 나타내는 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2023; Lee et al., 2025). 보수력은 육류 제품의 수율뿐만 아니라 가열 후 나타나는 관능적 품질에도 직접적인 영향을 미치므로, 생산 및 유통 전 과정에서 관리가 요구되는 핵심 품질 특성이다(Jo et al., 2024). 또한, 근내지방 역시 다즙성에 기여하는 주요 요소 중 하나로, 지방은 씹는 과정에서 마찰을 줄여 연도를 개선하고, 풍미와 함께 입안에서 느껴지는 육즙감에 긍정적인 영향을 미친다(Tian et al., 2025).

다즙성은 씹는 전 과정에 걸쳐 다양한 강도로 지속되는 특성을 가지므로, 섭취 초기의 감각으로 평가되는 연도와는 구별되는 감각으로 간주되어야 한다(Patinho et al., 2024). 또한 다즙성은 소비자의 재구매 의사와 강한 상관관계를 가지므로, 이를 정확히 예측할 수 있는 기술이 요구된다. 이러한 필요성에 따라, 보다 정밀한 평가 및 예측을 위한 다양한 기술 개발이 시도되고 있다. 최근에는 초분광 이미징(NIR hyperspectral imaging)과 같은 비파괴적 기술을 활용하여 다즙성과 연도를 예측하려는 연구가 보고되고 있으나, 현재까지 그 예측 정확도는

제한적 수준에 머물러 있어 기술적 개선이 필요한 상황이다(Wang et al., 2024). 본 논문은 지난 20년간 발표된 주요 연구들을 기반으로, 육류의 다즙성에 영향을 미치는 요인을 체계적으로 검토하였다. 구체적으로, 다즙성의 정의 및 평가 방법, 다른 육질 특성과의 상관관계 등을 정리함으로써 향후 고품질 육류 생산 및 소비자 만족도 제고를 위한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

문헌 수집

본 연구는 Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) 지침을 준수하여 문헌 선정 과정을 수행하였다(Page et al., 2021). 육류 품질 중 다즙성에 관한 연구를 포함하였으며, 특히 다즙성에 영향을 미치는 요인을 다룬 연구를 중심으로 선정하였다. 문헌 검색은 SCOPUS 및 Web of Science 데이터베이스를 이용하였으며, 검색 범위는 최근 20년(2005–2025) 이내에 출판된 최종 게재 연구 논문으로 제한하였다. 검색에 사용된 코드는 Supplementary Table S1에 제시하였다. 수집된 문헌을 기반으로 VOSviewer software (Van Eck and Waltman, 2010)를 이용하여 키워드 분석을 수행하였으며(Fig. 1), 이를 통해 육류 품질에서 다즙성 및 이에 영향을 미치는 주요 요인을 도출하였다.

데이터베이스 문헌 검색을 통해 총 1300편의 논문을 확보하였으며, 문헌 선정 및 적합성 평가 과정을 거쳐 일부를 제외하였다(Fig. 2). 먼저, 중복된 515편의 문헌은 Microsoft Excel을 이용하여 우선 제외하였다. 이어서 제목과 초록을 기준으로 연구 주제와 부합하지 않거나 원본 확보가 불가능한 문헌을 제외하였으며, 남은 논문에 대해서는 전체 본문을 검토하였다. 이 과정에서 선정 기준에 부합하지 않는 문헌을 추가로 제외한 결과, 최종적으로 43편의 논문이 선정되었다. 본 연구에서는 이들 문헌의 데이터를 요약·정리하여 분석에 활용하였다.

식육의 관능적 품질에 미치는 다즙성의 영향

식육의 다즙성은 일반적으로 섭취 시 느껴지는 수분감과 육즙의 풍부함을 의미한다. 다즙성은 단순한 수분감 제공을 넘어, 연도와 풍미와 같은 주요 관능적 특성을 증진시켜 소비자 만족도를

높이는 데 기여한다. 저작 과정에서 분출되는 수분과 지방은 풍미 화합물을 용해하고 운반하여 풍미 인지를 강화하며, 이로 인해 다즙성은 풍미 인식에 중요한 영향을 미친다. 또한, 높은 다즙성은 입안의 건조함을 완화하고 지속적인 풍미감을 유지하는 데 기여하는 것으로 보고되고 있다. 아울러, 다양한 육질 지표와의 상관관계를 통해 육류의 전반적인 품질을 예측하는 데에도 활용될 수 있다.

Albechaalany 등(2024)은 15개 유럽 품종의 육우 436두를 대상으로 생리학, 근육조직학적, 감각적 특성 간의 연관성을 분석하였다. 공분산분석(ANCOVA) 결과, 다즙성은 연도, 풍미, 육색과 유의한 양의 상관관계를 나타냈으며, 이는 다즙성이 우육의 관능적 품질을 예측하는 데 있어 주요한 품질 특성 중 하나임을 시사하였다. 주성분 분석(PCA) 결과에서도 연도 및 다즙성 클러스터는 풍미, 지질, 적색도 클러스터와 강한 양의 상관관계를 나타냈으며, 성숙도, 성장율, 근육량 클러스터와는 음의 상관관계를 나타냈다. 이와 유사하게, Judge 등(2021)은 4791두의 교잡우를 대상으로 수행한 우육 평가에서 다즙성과 연도, 풍미 간의 양의 상관 관계를 보고하였다. 분석 결과, 다즙성과 연도, 풍미 간의 상관계수는 중등도 이상($r \geq 0.43$)으로 나타났으며, 특히 연도와 다즙성 간의 부분 상관계수는 육성우에서 0.76, 거세우에서 0.65, 암소에서 0.59로 보고되었다. 이러한 결과는 다즙성이 연도 및 풍미와 밀접하게 연관되어 있으며, 이들 관능 특성이 유사한 생리적 메커니즘에 의해 조절될 가능성을 시사한다.

Kawamura 등(2025)은 육계 닭가슴살을 대상으로 서로 다른 냉각 처리 조건에서 관능적 특성을 평가하였다. 소비자 패널과 훈련된 패널 평가 모두에서 저온 염수 냉각과 열수 분사를 병행한 냉각 조건에서 다즙성과 연도 점수가 다른 조건에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$, $n=97$). 해당 냉각 조건에서는 전단력이 감소하고 근절 길이가 증가하여 근섬유 수축이 완화되었으며, 이로 인해 보수력이 증가하고 다즙성이 향상되는 구조적 변화가 관찰되었다. 반면, 저온 염수 냉각만 적용한 조건에서는 다즙성과 연도 점수가 중간 수준으로 평가되었다. 이러한 결과는 육류의 물리적 특성과 근육 구조 변화가 다즙성과 연도를 통해 관능적 품질에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

보수력이 높은 조직은 저작 과정에서 더 많은 수분을 방출하여 다즙성 지각을 증가시키며, 이는 연도 체감과 함께 섭취 중 복합적인 식감 경험을 형성한다. 실제로, 소비자 조사에서도

다즙성과 연도는 모두 기호도를 높이는 핵심 관능 특성으로 확인되었으며, 두 특성은 육류의 전반적인 관능 품질 인식에 복합적으로 기여하는 것으로 나타났다. Junior 등(2024)은 소비자 패널을 통해 돈육 등심의 관능 품질을 평가한 결과, 다즙성이 연도, 풍미 및 전반적 기호도와 유의한 양의 상관관계를 나타낸다고 보고하였다. 특히, 전반적 기호도($r = 0.691$)와 연도($r = 0.710$)와의 상관관계가 가장 높게 나타나, 다즙성이 단일 감각 특성을 넘어 소비자의 전반적인 기호도에 핵심적으로 작용하는 요소임을 시사한다. 이는 다즙성이 단순한 수분감 지각에 국한되지 않고, 저작 과정에서의 육즙 방출, 구강 내 윤활감 제공, 타액 분비 자극 등 다양한 생리적·감각적 반응을 통해 섭취 만족도를 향상시킨다는 점을 보여준다. 이러한 결과는 육류의 관능적 품질 평가에서 다즙성을 중요한 품질 지표로 고려해야 함을 강조하며, 다즙성과 연도, 풍미 특성 간의 상호작용을 통합적으로 분석할 필요성을 제시한다.

다즙성 영향 요인

pH 및 보수력

육류의 최종 pH(ultimate pH, pHu)는 근육 내 잔존 글리코겐 함량과 미토콘드리아 함량 등 생리적 요인에 의해 결정되며, 이는 보수력 및 관능적 품질에 영향을 미치는 핵심 요인이다. Patinho 등(2024)은 우육을 pHu 수준에 따라 intermediate pHu (≥ 5.8)와 normal pHu (< 5.6) 두 그룹으로 구분하고, 다즙성을 포함한 관능적 및 이화학적 특성을 비교하였다. 관능 평가 결과, intermediate pHu 그룹은 normal pHu 그룹에 비해 다즙성 점수가 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 이는 pHu 수준이 다즙성에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 물리적 특성 분석에서도 이러한 경향이 확인되었으며, intermediate pHu 그룹은 상대적으로 높은 보수력을 보였다. 이는 근원섬유 단백질의 등전점 이상에서 음전하 증가와 미세구조 확장으로 인해 수분 결합력이 향상된 결과로 해석될 수 있다. 따라서 육류의 pHu 수준은 다즙성과 밀접하게 연관되며, intermediate pHu 범위의 육류에서 관능적 품질이 향상될 가능성이 있음을 시사한다. Leighton 등(2023)의 연구에서는 소비자 패널을 활용하여 다크커팅(dark-cutting) 우육의 다즙성을 평가하였다. 다양한 pH와 마블링 등급을 가진 도체에서 조리한 립아이 스테이크를 소비자에게

제공하여 외관, 연도, 다즙성, 풍미, 전반적 기호도 및 구매 의사를 평가하였다. 연구 결과, 상대적으로 높은 마블링 등급과 pH(6.14)를 가진 스테이크에서 다즙성 점수가 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$, $n=112$), 이는 근내지방 함량 증가, 보수력 향상, 근육 단백질의 전하 분포 변화 및 조직 구조 확장과 관련된 것으로 해석된다. 특히 pH가 6.14인 도체에서는 근육 단백질이 등전점에서 멀어짐에 따라 정전기적 반발력과 보수력이 증가하여 소비자가 더 높은 다즙성을 인지한 것으로 보인다. 반면, 중간 마블링 등급과 상대적으로 낮은 pH(5.94)를 가진 스테이크에서는 다즙성 점수가 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$, $n=112$), 이는 상대적으로 낮은 pH(5.94)에 따른 보수력 감소와 관련이 있다. 또한, 높은 pH 조건에서 근육 내 calpain 활성화와 근섬유 단백질 변화가 보고되었으며, 이러한 조건에서 연도와 다즙성 점수가 상대적으로 높게 나타났다. 따라서 다즙성은 pH와 보수력 수준에 따라 달라지며, 높은 pH와 보수력에서 더 높게 인지되었다.

근내지방

다즙성은 근내지방 함량과 높은 상관관계를 보이는 감각 특성으로, 일반적으로 근내지방 함량이 증가할수록 다즙성이 향상되는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 2020). Tian 등(2025)은 근내지방 함량이 높은 돈육에서 가열 후 다즙성 및 연도가 우수하게 나타남을 보고하였다. 이는 근내지방이 육류 내 보수력과 조직감 유지에 기여함으로써 다즙성을 향상시키는 주요 요인임을 시사한다. 본 연구에서는 근내지방 함량 증가와 함께 팔미트산(C16:0), 스테아르산(C18:0), 올레산(C18:1), 리놀레산(C18:2) 등의 지방산 함량이 함께 증가하며, 인지질 함량도 증가하였다. 인지질은 중성지질에 비해 다가불포화지방산의 비율이 높아 근내지방의 지질 조성 and 육류 특성에 중요한 영향을 미친다(Enser et al., 1996). 이러한 지방산 조성 and 지질 형태의 변화는 육류의 보수력과 풍미를 개선하여 육류 품질 유지와 밀접하게 연관될 수 있다(Cameron et al., 2000). 따라서 다즙성은 근내지방 함량뿐만 아니라 지방산 조성 and 지질 형태 분포에 의해 영향을 받으며, 이는 돈육 육질 개선을 위한 핵심 요인으로 고려될 수 있다(Tian et al., 2025). 근내지방은 근섬유 사이에 위치한 지방세포로 결합 조직으로 둘러싸여 있으며, 돈육의 주요 육질 특성으로 연도, 풍미,

다즙성에 영향을 미친다. 근내지방 함량이 증가할수록 육류의 관능적 품질, 특히 다즙성과 연도 및 풍미가 향상되며, 피하 지방은 주로 등지방 두께에 영향을 준다. 따라서 근내지방 함량 증가는 다즙성 개선과 육질 향상을 위한 핵심 요인으로 평가될 수 있다(Qiu et al., 2025). Gajaweera 등(2020)은 한우 등심 부위에서 근내지방 함량이 다즙성($r = 0.47$)과 유의한 양의 상관관계를 나타내며, 연도($r = 0.55$)와 풍미($r = 0.47$)에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 반면 전단력과는 음의 상관관계($r = -0.39$)를 보여, 근내지방 증가는 육류의 기계적 경도를 낮추고 다즙성을 포함한 관능적 품질을 향상시키는 핵심 요인임을 시사한다.

다즙성에 영향을 미치는 근내지방 함량과 관련하여 Junior 등(2024)은 소비자 평가를 통해 도체 등급에 따른 돈육의 관능 품질을 분석하였다. 그 결과 등지방 두께와 근내지방 함량이 중간 이상 등급(medium/high, high)에 해당하는 시료에서 다즙성과 연도 점수가 상대적으로 높게 나타났다. 이는 고지방 도체에서 근내지방이 근섬유 사이에 적절히 분포함으로써 저작 시 수분 손실을 줄이고 조직 연도를 개선하는 구조적 변화를 유도하여, 전반적인 다즙성 향상에 기여할 수 있음을 시사한다. Moyes 등(2025)은 우육에서 근내지방 함량이 약 17%를 초과할 경우 다즙성 향상 효과가 둔화된다고 보고하였다. 본 연구에서 분석된 양육의 최대 근내지방 함량은 12.8%로 해당 범위에는 포함되지 않았으나, 다즙성 기여도의 유의적인 증가는 관찰되지 않았다($p > 0.05$). 이는 분석된 근내지방 범위(평균 5%, 최대 12.8%)가 제한적이었고, 다즙성이 풍미 등 다른 감각 특성과 밀접하게 연관되어 소비자가 이를 개별적으로 평가하기 어려웠기 때문으로 해석된다. 이러한 결과는 근내지방과 다즙성 간의 관계가 단순한 선형적 증가가 아닌 일정 수준 이후 둔화되는 특성을 가질 수 있음을 시사한다. 또한 근내지방 함량이 7% 이하일 경우 다즙성과의 선형관계가 유지된다는 보고가 있으나, 이는 제한된 범위 내에서 관찰된 결과이다. 따라서 근내지방은 일정 수준까지 다즙성 향상에 기여하지만, 그 이상의 축적은 다즙성 기여도에 미치는 영향이 제한적일 수 있으며, 이는 육질 개선을 위한 적정 근내지방 함량 설정 시 중요한 고려 요소가 된다. Realini 등(2021)은 근내지방 함량이 1-6%까지 다양한 범위를 가진 뉴질랜드산 양육 등심을 대상으로 소비자 기호도를 평가하였다. 회귀 분석 결과, 다즙성 기호도는 근내지방 함량이 약 3.6-4.1% 범위에서 가장 높았고, 이후에는 기호도의 향상이 정체되거나 다소 감소하는 경향을 보였다. 또한 소비자 집단을 군집화한 결과, 일부 소비자는 근내지방이 증가할수록 다즙성

기호도가 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나, 다른 일부는 2.5-3.5% 범위의 근내지방을 선호하는 경향을 보여 근내지방에 대한 소비자 선호 양상이 다양함을 확인할 수 있으며, 이는 육류 제품 개발 시 소비자의 선호도 특성을 고려한 근내지방 함량 설정의 필요성을 시사한다.

근육 구조 및 숙성

다즙성은 가열 과정 중 수분 손실 정도와 밀접한 관련이 있으며, 이는 근섬유의 구조적 안정성에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다. Bezerra 등(2025)의 연구에 따르면, 세포외기질 단백질(extracellular matrix proteins) 및 근절 외 세포골격 단백질(extrasarcomeric cytoskeletal proteins)의 열 변성이 억제될 경우, 가열 중 근육 조직의 수축 및 수분 손실에 대한 저항성이 증가하여 근육 구조가 안정적으로 유지되며, 결과적으로 가열감량이 감소하며 다즙성이 향상된다고 보고하였다.

Moyes 등(2024)은 다양한 양고기 부위를 대상으로 숙성 기간이 소비자 기호도에 미치는 영향을 평가하였다. 그 결과, 숙성 기간이 5일에서 14일로 증가할 경우 대부분의 부위에서 다즙성이 유의적으로 향상되었으나($p<0.05$), 14일부터 21일까지의 추가 숙성은 다즙성 개선에 큰 영향을 미치지 않았다($p>0.05$). 이러한 결과는 다즙성이 근육 내 보수력, 단백질 분해, 콜라겐 특성, 근육 내 대사 부산물 등 다양한 근육의 구조적 및 화학적 요인의 상호작용에 의해 결정되는 감각적 특성임을 시사한다. Guimarães 등(2024)은 우육을 대상으로 숙성 방식(건식 숙성 및 습식 숙성) 및 냉동/해동 전처리가 다즙성에 미치는 영향을 평가하였다. 연구 결과, 숙성 기간과 처리 조건 간의 상호작용이 다즙성에 유의한 영향을 미쳤으며, 특히 14일차 숙성에서 다즙성 점수가 유의적으로 높게 나타났으며, 28일차까지 그 수준이 유지되는 경향을 보였다. 숙성 방식 또한 다즙성에 유의한 영향을 미쳤으며, 동일 숙성 기간에서 건식 숙성 시 습식 숙성보다 다즙성 점수가 높게 나타났다($p<0.05$). 이는 건식 숙성 과정에서 육류의 수분이 일부 증발하며 지방과 용해성 성분이 상대적으로 농축되어, 저작 시 육즙 방출이 강화되기 때문으로 해석할 수 있다. 한편, 냉동/해동 처리 여부와 관계없이 14일 숙성 시 다즙성 점수는 유사하게 나타났으나, 냉동/해동 처리 후 28일간 숙성된 시료에서는 다즙성 점수가 유의적으로 낮게 나타났으며, 이는 장기간 숙성과 냉동/해동 과정에서 수분 손실 증가로 인해 저작 시 방출되는 육즙량이 감소한 데 기인한 것으로 보인다. Jeneske 등(2024)은 두 가지 낮은 등급의 우육 부위를 대상으로 가속

숙성(Accelerated Aging, AA)이 관능적 품질, 특히 다즙성에 미치는 영향을 평가하였다. AA는 진공 포장된 육류를 49–54 °C의 수중에서 2–3시간 가열하는 방법으로, 저온 장시간 조리법(low-temperature long-time, LTLT)에서 파생된 기술이다. 이 방법은 내인성 카텡신(cathepsin) 효소 활성을 촉진하여 숙성 반응을 가속화하고, 단기간 내 연도 개선 및 미생물학적 안정성을 확보할 수 있는 대안 숙성법으로 제안되었다(Farmer et al., 2022). 연구 결과, AA 처리군은 대조군(3일 숙성)에 비해 관능 평가에 따른 연도 점수가 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$), 전단력 값은 유의적으로 낮아져($p<0.05$) 연도가 개선된 것으로 나타났다. 특히 특히 AA 처리 후 2-3시간만으로도 냉장 숙성 21일 시료와 유사한 연도를 달성할 수 있었으며, 이는 AA가 단기간 내 근육 단백질 구조 및 결합조직 변화를 촉진했기 때문으로 해석된다. 반면 다즙성 평가에서는 냉장 숙성 21일 시료에서 가장 높은 다즙성 점수가 관찰되었으며, 3일 숙성 대조군이 그 뒤를 이었다. 모든 AA 처리 시료는 유의적으로 낮은 다즙성 점수를 나타냈으며, 이는 AA 처리로 인해 수분 손실이 증가하여 저작 시 방출되는 수분량이 감소함으로써 다즙성 인식에 부정적인 영향을 미쳤기 때문으로 해석된다. 실제로 AA 처리군에서는 수분 함량이 감소하고 저장 감량이 증가한 것이 확인되었다. 따라서 AA는 낮은 등급의 부위에서 연도 개선 및 저장 안정성 측면에서는 효과적일 수 있으나, 관능적 품질 특히 다즙성 유지 측면에서는 수분손실로 인해 부정적인 영향을 미칠 수 있음이 확인되었다.

조리 방법

가열 공정은 관능적 품질 전반을 결정하는 주요 요인으로, 특히 다즙성에 중요한 영향을 미친다. Moyes 등(2025)은 양육을 그릴(grill) 및 로스트(roast) 방식으로 가열한 후 소비자를 대상으로 관능 평가를 수행하였다. 그 결과, 로스트 방식으로 가열한 양육은 그릴 방식보다 다즙성 점수가 유의적으로 낮게 나타났으며, 이는 로스트 처리 과정에서 근섬유의 열변성과 수분 손실, 가열 감량이 증가한 데 기인한 것으로 해석된다. 또한 전반적 기호도에 대한 다즙성의 상대적 기여도는 로스트 처리육에서 더 높게 나타났다. 이는 다즙성 점수가 낮았음에도, 소비자가 평가한 전반적 기호도에서는 다즙성이 보다 큰 영향을 미쳤음을 의미한다. 즉, 로스트 방식에서 다즙성 감소가 전반적 기호도에 상대적으로 큰 영향을 미쳐, 다즙성의 중요성이 더욱 부각된

것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 가열 방법이 감각적 특성의 점수 차이뿐만 아니라, 해당 특성이 소비자 기호도에 미치는 상대적 영향력까지 변화시킬 수 있음을 보여준다. 따라서 가열 방법은 육류의 다즙성 자체에 미치는 영향 외에도, 소비자 기호도 측면에서도 중요한 변수로 고려되어야 하며, 육제품 가공 및 판매 전략 수립 시 핵심적인 요소로 작용할 수 있다. Kurp와 Danowska-Oziewicz(2024)는 다양한 온도(57–63 °C)와 시간(3–5.5시간) 조건에서 수비드(sous vide) 가열 공정이 돈육 등심의 품질 특성에 미치는 영향을 평가하였다. 연구 결과, 가열 온도와 시간이 증가함에 따라 가열감량이 증가하고 수분 함량이 감소하는 경향이 나타났다. 관능평가에서는 59 °C에서 4.5시간 동안 가열된 시료에서 가장 높은 다즙성 및 전반적 기호도 점수를 나타냈으며, 이보다 높은 온도 또는 더 긴 시간으로 처리된 시료에서는 다즙성이 유의적으로 감소하였다. 이는 과도한 열 처리에 따른 단백질 변성과 수분 손실 증가가 감각적 다즙성 저하에 영향을 미친 것으로 해석된다. 반면 낮은 온도에서 적절한 시간으로 가열한 조건은 수분 손실을 최소화하고 다즙성과 연도를 개선하여 전반적인 기호도 개선에 긍정적인 영향을 미쳤다.

그외 요인들

동물의 생산적 특성 및 유전적 특성은 육류 다즙성에 영향을 미치는 요인으로 작용할 수 있다. Cantarero-Aparicio 등(2025)은 스페인 전통 품종인 Lidia 암소를 대상으로 도축 개체 유형에 따른 육질 특성 변화를 평가하였다. 본 연구에서는 미경산우(24–48개월)와 경산우(48개월 이상)를 비교한 소비자 관능평가 결과, 경산우육은 미경산우육에 비해 다즙성, 풍미, 연도 및 전반적인 기호도에서 유의적으로 높은 점수를 나타냈다($p<0.05$). 이러한 차이는 경산우육에서 근내지방 함량이 높게 나타났으며, 보수력, 해동손실, 육즙손실, 가열감량과 같은 수분 관련 지표도 상대적으로 높은 경향을 보인 것과 관련이 있다. 즉, 근내지방 함량이 높고 보수력이 높은 육류는 저작 시 육즙이 풍부하게 느껴지며, 이러한 특성이 소비자가 인식하는 다즙성 향상에 기여했을 가능성이 있다.

육류의 다즙성은 해부학적 부위에 따른 근조직의 구조적 특성, 지방 분포, 보수력 등 다양한 이화학적 요인에 의해 영향을 받는다. Moyes 등(2025)은 8개의 주요 양육 부위를 대상으로 관능 평가를 수행한 결과, 부위 간 다즙성 점수에 유의적인 차이를 확인하였다. 등심(loin), 우둔(rump),

전지(shoulder) 부위에서는 상대적으로 높은 다즙성 점수가 나타난 반면, 도가니살(knuckle), 사태(shank) 부위에서는 낮은 점수가 관찰되었다. 이러한 차이는 부위별 근섬유 배열, 결합 조직 구성, 수분 및 지방 함량 등의 구조적·이화학적 특성 차이가 다즙성 인식에 복합적으로 작용한 결과로 해석된다. 또한, 관능적 특성의 전반적 기호도에 대한 기여도를 분석한 결과, 다즙성은 모든 부위에서 평균 약 25% 내외로 일정한 기여도를 보였다. 풍미가 전체 기호도에 가장 큰 영향을 미쳤지만, 다즙성 역시 소비자가 인식하는 전반적 기호도 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 이는 근육 부위의 해부학적 및 이화학적 특성이 다즙성 평가 점수와 소비자 기호도 형성 모두에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 아울러, 다즙성, 연도, 풍미 기호도 간 상관계수($r = 0.71-0.91$)가 높게 나타나, 소비자들은 개별 관능 특성을 독립적으로 평가하기보다 통합적인 인식을 통해 전반적 기호도를 형성하는 경향이 있음을 시사한다. 결론적으로, 근육 부위에 따라 평가된 다즙성 점수에는 차이가 존재하나, 다즙성이 전체 기호도에 미치는 상대적 기여도는 부위와 관계없이 일정하게 유지된다.

결론

다즙성은 육류 섭취 시 인지되는 수분감과 관련된 복합적인 감각으로, 기호성 및 전반적인 품질 평가에 결정적인 영향을 미치는 주요 관능적 특성이다. 본 연구에서는 최근 20년간 발표된 문헌을 기반으로, 다즙성에 영향을 미치는 주요 요인과 이들 간의 상호작용을 체계적으로 정리하였다. 분석 결과, 다즙성은 수분 손실과 관련된 물리적 특성뿐 아니라, 근내지방 함량, 근육 구조, 결합조직 특성, 최종 pH, 숙성 조건, 가열 방법 등 다양한 물리화학적 요인의 복합적 작용에 의해 결정되며, 연도 및 풍미와도 높은 상관관계를 나타내어 소비자 기호도 예측에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

현재 육류 다즙성 평가에는 관능평가가 주로 활용되며, 이화학적 분석으로는 가열감량 지표가 일반적이다. 그러나 가열감량은 시료간 상대적인 비교만 가능하며, 다즙성의 절대적 평가 지표로는 한계가 있다. 따라서 육류 다즙성을 체계적으로 향상시키고 평가하기 위해, 다즙성을 절대적으로 측정할 수 있는 이화학적 지표 개발이 향후 연구에서 필요하며, 이는 육류 품질 평가와 개선 전략 수립에 중요한 기반이 될 것이다.

References

- Albechaalany J, Ellies-Oury MP, Saracco J, Campo MM, Richardson I, Ertbjerg P, Failla S, Panea B, Williams JL, Christensen M, Hocquette JF. 2024. Modelling the physiological, muscular, and sensory characteristics in relation to beef quality from 15 cattle breeds. *Livest. Sci* 280, 105395.
- Bezerra HVA, Ramírez-Zamudio GD, Santana MHA, Polizel GHG, de Oliveira RÍG, Rissi GP, Filho ARF, Poleti MD, Velloso L, Silva THD, Gallo SB, Silva SDLE, Cônsolo NRB, Leme PR. 2025. Lamb performance and meat quality: The impact of chromium in high-concentrate diets and its molecular effects on skeletal muscle during finishing phase. *Biol. Trace Elem. Res* 2025:1-14.
- Cameron ND, Enser M, Nute GR, Whittington FM, Penman JC, Fiskén AC, Perry AM, Wood JD. 2000. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Sci* 55(2):187–195.
- Cantarero-Aparicio MA, Angón E, González-Esquivel C, Blanco FP, Perea JM. 2025. Exploring the effects of ageing on instrumental and sensory characteristics of meat from Lidia breed females: A comparative study of two commercial types. *Meat Sci* 219, 109648.
- Cha JY, Kim YJ, Kim JH, Park MK, Jung S, Choi YS. 2025. Study on structural analysis and physicochemical properties of meat using hyperspectral image analysis. *Food Life* 2025:15-22.
- Cho H, Kim HY. 2023. Changes in physicochemical characteristics of pork loin, beef loin and chicken breast with various wet aging periods. *Food Life* 2023:19-27.
- Enser M, Hallett K, Hewitt B, Fursey GAJ, Wood JD. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Sci* 42(4):443–456.
- Farmer KJ, Beyer ES, Davis SG, Harr KM, Lybarger KR, Egger LA, Chao MD, Vipham JL,

- Zumbaugh MD, O'Quinn TG. 2022. Evaluation of the impact of bone-in versus boneless cuts on beef palatability. *MMB* 6(1).
- Gajaweera C, Chung KY, Lee SH, Wijayananda HI, Kwon EG, Kim HJ, Cho SH, Lee SH. 2020. Assessment of carcass and meat quality of longissimus thoracis and semimembranosus muscles of Hanwoo with Korean beef grading standards. *Meat Sci* 160, 107944.
- Guimarães AS, Haddad GBS, Guimarães JS, Filho RDAT, Fontes PR, Ramos ADLS, Ramos EM. 2024. Freezing/thawing as an accelerating process of wet- and dry-aged Nellore beef. *Meat Sci* 211, 109443.
- Jeon H, Jeong SKC, Lee S, Kim D, Kim HB, Bae IS, Kim Y, Seong PN, Jung S, Jo K. 2024. Correlation of electrical conductivity and color with water loss and shear force of pork loin. *Korean J Agric Sci* 51:307-314.
- Jeong SKC, Lee S, Jo K, Choi YS, Jung S. 2023. Quality properties of pork gel manufactured by the pork treated with high hydrostatic pressure without phosphate. *Food Life* 2023:29-38.
- Jeneske HJ, Chun CKY, Koulicoff LA, Hene SR, Vipham J, O'Quinn TG, Zumbaugh MD, Chao MD. 2024. Effect of accelerated aging on shelf-stability, product loss, sensory and biochemical characteristics in two lower quality beef cuts. *Meat Sci* 213, 109513.
- Jo K, Lee S, Jeong SKC, Lee DH, Jeon H, Jung S. 2024. Hyperspectral imaging-based assessment of fresh meat quality: Progress and applications. *Microchem. J* 197, 109785.
- Judge MM, Conroy S, Hegarty PJ, Cromie AR, Fanning R, Kelly D, Crofton E, Berry DP. 2021. Eating quality of the longissimus thoracis muscle in beef cattle – Contributing factors to the underlying variability and associations with performance traits. *Meat Sci* 172, 108371.
- Junior DTV, Mandell IB, Bohrer BM, Dorleku JB, Campbell CP, Silva TE, Detmann E, Saraiva

- A, Juárez M, Duarte MS. 2024. Do carcass traits influence consumer perception of pork eating quality? *Meat Sci* 208, 109381.
- Kawamura K, Ma D, Ahn DU, Seo HS, Hogan V, Stephens LN, Moallem J, Jin JW, Kang I. 2025. The combination of hot water spray and subzero saline chilling improved chilling efficiency, meat quality, and sensory attributes. *J. Appl. Poult. Res* 34, 100516.
- Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Pandey S, Lee NR, Kang J, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Bae IS, Cho SH, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2023. Evaluation of the correlation between the muscle fat ratio of pork belly and pork shoulder butt using computed tomography scan. *Korean J Agric Sci* 50:809-815.
- Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Kang J, Kim H, Chae Y, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Kim Y, Seong PN, Bae IS, Cho S, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2024. Assessing the relationship between muscle-to-fat ratio in pork belly and boston butt using magnetic resonance imaging. *Korean J Agric Sci* 51:187-192.
- Kurp L, Danowska-Oziewicz M. 2024. Quality of pork loin subjected to different temperature-time combinations of sous vide cooking. *Appl Sci* 14, 9562.
- Lee S, Jo K, Kim S, Woo M, Choi YS, Jung S. 2025. Constructing stable emulsion gel from gelatin and sodium alginate as pork fat substitute: Emphasis on lipid digestion in vitro. *Food Hydrocoll* 160, 110739.
- Leighton PLA, Pietrasik Z, López-Campos O, Rodas-González A, Aalhus J, Prieto N. 2023. Towards improving classification of Canadian dark-cutting beef carcasses: Consumer sensory evaluation. *Meat Sci* 195, 109008.
- Liu J, Ellies-Oury MP, Chriki S, Legrand I, Pogorzelski G, Wierzbicki J, Farmer L, Troy D, Polkinghorne R, Hocquette JF. 2020. Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Sci* 168, 108190.
- Moyes SM, Pethick DW, Gardner GE, Pannier L. 2024. Ageing of Australian lamb beyond 14

- days does not further improve eating quality. *Meat Sci* 217, 109620.
- Moyes SM, Pethick DW, Gardner GE, McGilchrist P, Pannier L. 2025. Consumer flavour liking contributes the most to sensory overall liking of Australian lamb. *Meat Sci* 224, 109778.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 372, n71.
- Patinho I, Cavalcante CL, Saldaña E, Gagaoua M, Behrens JH, Contreras-Castillo CJ. 2024. Assessment of beef sensory attributes and physicochemical characteristics: A comparative study of intermediate versus normal ultimate pH striploin cuts. *Food Res. Int* 175, 113778.
- Qiu S, Ding X, Ma X, Zhang L, Chen J, Wei W. 2025. Muscle cells affect the promoting effect of FGF21 on lipid accumulation in porcine adipocytes through AhR/FGFR1 signaling pathway. *Biochem. Biophys. Res. Commun* 754, 151520.
- Realini CE, Pavan E, Johnson PL, Font-i-Furnols M, Jacob N, Agnew M, Craigie CR, Moon CD. 2021. Consumer liking of *M. longissimus lumborum* from New Zealand pasture-finished lamb is influenced by intramuscular fat. *Meat Sci* 173, 108380.
- Tian Z, Yu M, Cui Y, Deng D, Song M, Liu Z, Rong T, Li Z, Ma X. 2025. Source of dietary iron and zinc affects meat quality by altering muscular fatty acid profile, flavor substances, and metabolomics in finishing pigs. *Meat Sci* 225, 109813.
- Van Eck N, Waltman L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84:523-538.
- Wang X, Huang M, Yao Y, Yu J, Cui H, Hayat K, Zhang X, Ho CT. 2024. Crucial textural properties of braised pork to evaluate the oral mastication behavior and its water

distribution to influence tenderness. J. Food Sci 89:6174-6188.

ACCEPTED

Table. 1. Summary of major factors affecting meat juiciness and related research

Factors	Meat sample	key findings	References
pH and water-holding capacity (WHC)	Beef (pHu levels: intermediate ≥ 5.8 , normal < 5.6)	• Intermediate pHu group ▸ Significantly higher juiciness • Higher WHC ▸ Linked to expanded myofibrillar microstructure and enhanced water-binding ability	Patinho et al. (2024)
pH and water-holding capacity (WHC)	Beef (Ribeye steak)	• High pH (6.14) and marbling ▸ Increased juiciness acceptability • Higher pH ▸ Associated with greater WHC ▸ Contributed to higher juiciness and tenderness acceptability	Leighton et al. (2023)
Intramuscular fat(IMF)	Pork (High vs. Low IMF)	• Increased intramuscular fat ▸ Improved juiciness and tenderness • Higher SFA, MUFA, and PUFA levels ▸ Enhanced juiciness, linked to lipid composition and moisture retention from phospholipids	Tian et al. (2025)
Intramuscular fat	Pork	• Intramuscular fat ▸ Between muscle fibers ▸ Surrounded by connective tissue ▸ Enhancing tenderness, flavor, and juiciness; key factor for meat quality improvement	Qiu et al. (2025)
Intramuscular fat	Hanwoo (sirloin)	• Positive correlations with juiciness ($r = 0.47$), tenderness ($r = 0.55$), and flavor ($r = 0.47$) • Negative correlation with shear force ($r = -0.39$), indicating increased juiciness and reduced toughness	Gajaweera et al. (2020)
Intramuscular fat	Pork (classified by carcass quality grades)	• Higher backfat thickness and intramuscular fat content ▸ Increased juiciness and tenderness scores $\uparrow$ • High-fat carcasses ▸ Well-distributed IMF between	Junior et al. (2024)

		muscle fibers	
		▶ Reduced moisture loss during chewing and improved tenderness, contributing to enhanced juiciness	
Intramuscular fat	Beef (Intramuscular fat 7–17%)	• Increased IMF ▶ Positively associated with flavor preference; contribution to juiciness plateaus beyond a certain level • IMF > 17% ▶ Further improvement in juiciness markedly reduced	Moyes et al. (2025)
Intramuscular fat	Lamb (Intramuscular fat 1–6%)	• IMF around 3.6–4.1% ▶ Juiciness: peaks at 3.6–4.1%, followed by plateau or slight decrease • Juiciness preference ▶ Moderate IMF (2.5–3.5%) favored by some consumers, higher IMF favored by others	Realini et al. (2021)
Muscle structure and aging	Lamb	• Juiciness increase ▶ aging 5 → 14 days, most cuts • Juiciness plateau ▶ aging 14 → 21 days, most cuts • Juiciness determined by interaction of water-holding capacity, protein degradation, collagen characteristics, and muscle metabolites	Moyes et al. (2024)
Muscle structure and aging	Beef (Aging methods and freezing/thawing)	• 14 day aging ▶ Peak juiciness, maintained until 28 days for most samples • Juiciness at 14 days ▶ Similar regardless of freezing/thawing • Dry-aging ▶ Higher juiciness than wet-aging at same aging period ($p < 0.05$) ▶ Moisture loss during aging → relative fat concentration • 28-day frozen/thawed samples ▶ Reduced juiciness due to increased moisture loss	Guimarães et al. (2024)

Muscle structure and aging	Beef (Accelerated aging treatment)	• 21 day refrigerated aging ▸ Highest juiciness, followed by control group (3 day) • Accelerated aging based on low-temperature long-time (LTLT) cooking ▸ Increased moisture loss leading to reduced juiciness • Accelerated aging ▸ Improved tenderness and microbial safety	Jeneske et al. (2024)
Cooking methods	Lamb (Grill vs. Roast)	• Roast ▸ Decreased juiciness scores ↓, Relatively higher contribution of juiciness to overall acceptability ↑ ▸ Increased fiber denaturation, moisture loss, and cooking loss • Grill ▸ Higher moisture retention → leading to significantly higher juiciness scores	Moyes et al. (2025)
Cooking methods	Pork (Sous vide treatment)	• 59°C for 4.5 hours ▸ Highest juiciness and overall acceptability scores • High-temperature, long-time treatment ▸ Increased cooking loss and decreased juiciness	Kurp & Danowska-Oziewicz (2024)
Other factors	Lidia Breed Cows (Slaughter Type)	• Cull cows ▸ Increased juiciness and overall acceptability compared to nulliparous cows ↑ • Older animals ▸ Higher intramuscular fat content → Positive effects on water-holding capacity, reduced thawing/drip/cooking losses, and enhanced perception of juiciness	Cantarero-Aparicio et al. (2025)
Other factors	Lamb (8 Muscle Cuts)	• Sirloin, rump, and foreleg ▸ Higher juiciness scores • Knuckle and shank ▸ Lower juiciness scores • Correlation among sensory traits: juiciness, tenderness, and flavor ($r = 0.71\text{--}0.91$)	Moyes et al. (2025)

- Juiciness
 - Contribution to overall acceptability

IMF, intramuscular fat; BF, backfat thickness; SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid; pHu, ultimate pH of meat.

Supplementary Table 1. Search codes used in SCOPUS and Web of Science in preparing this review

Scopus
TITLE-ABS-KEY ((juiciness) AND (meat) AND (“meat quality”)) AND PUBYEAR > 2004 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final"))
Web of Science ¹
(ALL=(juiciness)) AND (ALL=(meat)) AND (ALL=(“meat quality”))

¹In Web of Science, the information such as language, year, literature type, etc. were manually select

Figure legends

Fig. 1. (A) Keyword search results visualized using VOSviewer, (B) publication trends obtained through a document search using SCOPUS, and (C) major keyword categories from studies on the juiciness in the meat over the past 20 years identified from VOSviewer keyword clustering results.

When analyzing the literature in VOSviewer, we included all articles obtained through the SCOPUS search code. In the VOSviewer settings, the analysis type was set to co-occurrence, the counting method to full counting, and the minimum number of keyword occurrences to 3.

Figure 2. The study selection procedure for the review

Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) flow diagram.

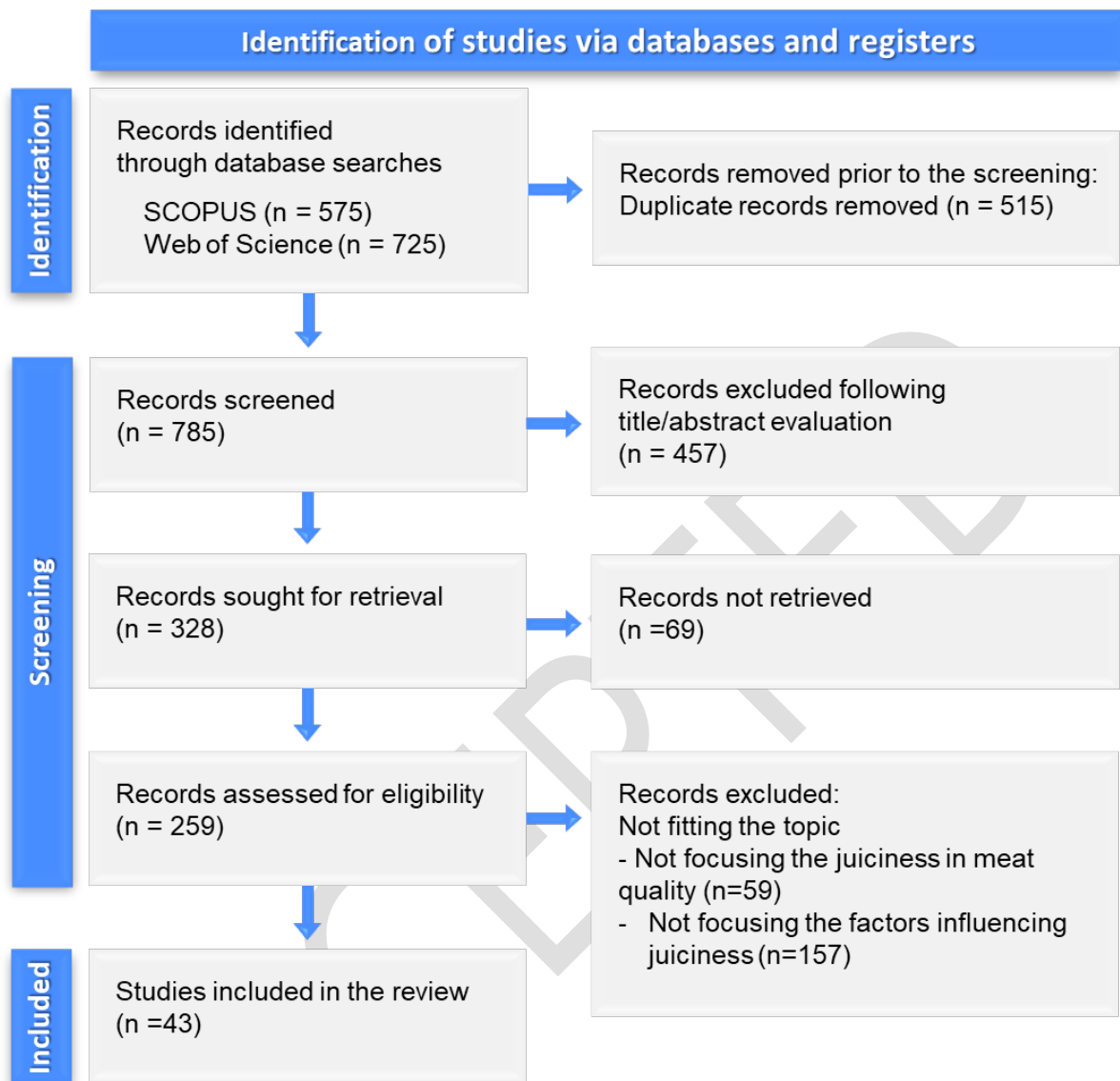


Figure 2.