종설
Food Preserv Process Ind 2026;25(1):23-41
https://doi.org/10.11002/fppi.2026.25.1.23

식품저장과 가공산업
Food Preservation and Processing Industry
pISSN: 1598-7418, eISSN: 3092-0116

과학적 근거에 기반한 반려동물 영양학: 원료 특성, 가공 기술, 기능성 영양, 식품 안전성 및 디지털 평가의 통합적 고찰

천정환[1‡] · 서건호[2‡] · 김현주[3] · 정현아[4] · 송광영[4*]

[1]강원대학교 식품생명공학과, [2]건국대학교 수의과대학 및 원헬스연구소,
[3]부천대학교 반려동물과, [4]대구한의대학교 반려동물보건학과 및 반려동물산업학과

Evidence-driven companion animal nutrition: Integrated perspectives on ingredients, processing technologies, functional nutrition, food safety, and digital assessment

Jung-Whan Chon[1†], Kun-Ho Seo[2†], Hyun-Ju Kim[3], Hyeon A Jung[4] and Kwang-Young Song[4*]

[1]Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chunchon, Korea
[2]College of Veterinary Medicine and Center for One Health, Konkuk University, Seoul. Korea
[3]Department of Companion Animal, Bucheon University, Bucheon, Korea
[3]Department of Companion Animal Health and Department of Pet Industry, Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea

Abstract

The global companion animal industry has rapidly evolved due to pet humanization, dietary premiumization, and growing demand for scientifically substantiated nutrition. Modern pet foods are now evaluated through a multifactorial framework encompassing ingredient sourcing, processing technologies, functional additives, palatability, food safety, and digital health monitoring. However, these domains are often discussed independently, resulting in fragmented interpretations. This review presents an integrated overview of contemporary

Date Received: Feb. 05, 2026, **Date Revised:** Mar. 04, 2026, **Date Accepted:** Mar. 30, 2026
†These authors contributed equally to this study
***Corresponding author:** Kwang-Young Song, Tel: +82-53-819-1605, E-mail: drkysong@gmail.com

Copyright © 2026 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

companion animal nutrition, focusing on dogs and cats. Major ingredient categories, including plant-based materials, animal-derived co-products, and emerging insect proteins, are examined with respect to nutritional value, sustainability, and digestibility. Key processing technologies-extrusion, retort sterilization, and fresh formats-are discussed in relation to nutrient retention, safety, and functional performance. The roles of functional ingredients such as probiotics, phytogenics, essential oils, and melatonin are evaluated for their effects on gut health, immunity, behavior, and metabolism. Approaches to palatability assessment, food safety considerations, and regulatory frameworks are reviewed. Finally, the integration of digital and AI-driven technologies is highlighted as a future direction for precision nutrition in companion animals.

Key words: companion animal nutrition, pet food processing, functional ingredients, food safety, precision nutrition

Ⅰ. 서론

지난 반려동물, 특히 개와 고양이는 점차 재산이나 가축이 아닌 가족 구성원의 일원으로 인식되고 있다. 이러한 인식의 변화는 일반적으로 반려동물의 인간화(pet humanization)로 설명되며, 반려동물 식품 산업에 지대한 영향을 미쳐 프리미엄화, 기능성 강화, 개인 맞춤형 식이 제품의 급속한 성장을 이끌어왔다(Forbes 등, 2018; Schleicher 등, 2019). 지난10여 년간 전 세계 반려동물 식품 및 관련 서비스에 대한 지출은 지속적으로 증가해 왔으며, 이는 영양, 건강, 수명에 대한 보호자의 인식이 크게 향상되었음을 반영한다(Forbes 등, 2018). 이와 동시에 반려동물 식품 조성의 복잡성도 크게 증가하였다. 현대의 반려동물 식품은 다양한 원료 공급원, 고도화된 가공 기술, 그리고 위장관 건강, 면역 기능, 인지 기능 및 전반적인 웰빙 향상을 목표로 하는 기능성 첨가물을 포함하고 있다(Bosch 등, 2015; Shoveller 등, 2021). 또한 디지털 급이 시스템, 웨어러블 센서, 인공지능(artificial intelligence, AI) 기반 분석 도구와 같은 새로운 평가 기술이 건강 지표와 급이 행동을 모니터링하는 데 점차 활용되고 있다(Arshad 등, 2025; Castillo-Arceo 등, 2024). 이러한 기술적 진보는 상당한 기회를 제공하는 동시에, 학술적 논의의 분절화와 소비자 이해의 혼선을 초래하는 요인이 되기도 했다(Freeman 등, 2013). 반려동물 영양에 관한 기존의 과학 문헌은 전통적으로 원료의 소화율, 가공의 영향, 또는 기능성 보충제와 같은 개별 요소를 분리하여 다루어 왔다. 예를 들어 옥수수와 같은 곡물 원료는 종합적인 영양학적 근거보다는 마케팅 중심의 서사를 통해 논의되는 경우가 많았으며(Corsato Alvarenga 등, 2022), 동물성 부산물은 기능적·영양적 가치를 충분히 고려하지 않은 채 지속가능성 측면에서만 다뤄져 왔다(Bou 등, 2025). 이와 유사하게, 가공 기술 역시 영양소 생체이용률과 안전성에 대한 영향이 맥락에 따라 달라짐에도 불구하고, 유해하거나 유익하다는 이분법적 관점에서 설명되는 경우가 많았다(Jobe과Downs, 2026). 프로바이오틱스, 식물유래 기능성 화합물, 에센셜 오일, 멜라토닌과 같은 기능성 원료는 기존의 치료적 접근을 보완하거나 대체할 수 있는 수단으로 주목받고 있다(Karukayil Gopalakrishnan 등, 2025; Ruiz-Cano 등, 2022). 그러나 연구 설계의 다양성, 종 특이적 반응 차이, 그리고 규제 체계의 차이로 인해 이들 성분의 효능을 일관되게 해석하는 데에는 한계가 존재한다(Zha 등, 2024). 기호성 평가는 또 다른 핵심적이면서도 도전적인 영역으로, 개와 고양이는 감각적 인식을 언어로 표현할 수 없기 때문에 행동 관찰과 섭취량에 기반한 간접적 평가가 요구된다(Aldrich과 Koppel, 2015). 최근 인공지능과 머신러닝 기술의 발전은 기호성 및 건강 평가를 정교화할 수 있는 가능성을 제시하고 있으나, 실제 적용은 아직 초기 단계에 머물러 있다(Calderón 등, 2024;

Zamansky 등, 2021). 식품 안전성은 반려동물 영양의 모든 측면을 지탱하는 근간이다. 대규모 오염 사고와 고위험 리콜 사례는 규제 체계의 강화와 소비자 신뢰 형성에 중대한 영향을 미쳐 왔다(DeBeer 등, 2024). 그럼에도 불구하고, “휴먼그레이드”, “무첨가”, “최소 가공”과 같은 품질 관련 주장은 충분한 과학적 근거 없이 확산되고 있는 실정이다(Jobe과 Downs, 2026). 이러한 배경을 고려할 때, 원료 과학, 가공 효과, 기능성 영양, 기호성 평가, 식품 안전성, 디지털 혁신을 통합적으로 아우르는 시스템 기반 총설의 필요성이 명확하다. 본 논문의 목적은 이들 영역에 대한 최신 근거를 종합하고, 주요 지식 공백을 도출하며, 학문적 연구자와 산업계 이해관계자 모두에게 적용 가능한 근거 중심 반려동물 영양의 통합적 프레임워크를 제시하는 데 있다.

본 종설에서 다루는 주제들은 과학적 근거, 산업적 적용, 그리고 소비자 인식 사이에 차이가 존재하는 영역을 중심으로 선정하였다. 이러한 영역은 근거 기반 평가의 필요성이 특히 높은 분야이기 때문에 반려동물 영양학의 최근 논의를 이해하는 데 중요한 의미를 가진다.

Ⅱ. 본론

본 종설에서는 반려동물 영양 및 펫푸드 연구 분야에서 최근 중요하게 논의되고 있는 주요 연구 영역과 연구 동향을 종합적으로 정리하였다. 특히 원료의 다양화와 지속가능한 단백질원의 탐색, 가공 기술의 발전과 이에 따른 영양 이용성 변화, 기능성 성분의 활용 가능성, 식품 안전 관리, 그리고 기호성 평가 방법의 발전 등 다양한 연구 주제를 중심으로 최근의 학술적 연구 결과와 산업적 적용 동향을 함께 검토하였다. 이러한 주요 연구 영역과 관련된 핵심 연구 주제와 최근 연구 동향을 체계적으로 정리하고, 이를 표 1에 요약하여 제시하였다.

2.1. 식물성 원료: 옥수수의 영양적·기능적 역할

식물 유래 원료는 상업용 반려동물 식품에서 여전히 핵심적인 구성 요소로, 특히 건식 압출 사료에서 전분 공급원은 키블의 구조 형성, 팽화, 에너지 제공에 필수적이다. 이러한 원료 중 옥수수는 수십 년 동안 개와 고양이 사료에 가장 널리 사용되어 온 곡물 중 하나이다. 장기간의 사용 이력과 영양적 가치를 뒷받침하는

표 1. 반려동물 영양 및 펫푸드 연구 분야의 주요 연구 영역과 최근 연구 동향

연구 영역	주요 연구 주제	최근 연구 동향	펫푸드 산업적 의미
원료 (Ingredients)	식물성 원료, 동물성 부산물, 곤충 단백질	지속가능 단백질원 개발, 곤충 단백질 활용 증가, 부산물의 영양학적 가치 재평가	원료 비용 절감, 지속가능성 확보, 대체 단백질 시장 확대
가공 기술 (Processing)	펫푸드 제조 공정 및 열처리 기술	압출 공정 최적화, 레토르트 제품 개발, 신선식 및 최소가공 제품 증가	영양소 이용률 개선, 저장 안정성 향상, 제품 차별화
기능성 성분 (Functional ingredients)	생리활성 물질 및 건강 기능성 성분	멜라토닌, 프로바이오틱스, 오메가-3 지방산 등 기능성 성분 연구 증가	건강 기능성 펫푸드 개발, 프리미엄 제품 시장 확대
기호성 평가 (Palatability evaluation)	반려동물의 섭취 반응 및 선호도 평가	one-bowl test 및 two-bowl test 기반 평가, 행동 데이터 기반 기호성 분석 연구 확대	제품 기호성 향상 및 소비자 만족도 증대
식품 안전 (Food safety)	미생물 오염, 독소, 리콜 관리	펫푸드 리콜 사례 분석, 미생물 안전성 관리 강화	품질 관리 체계 강화, 규제 대응
디지털·AI 기술 (Digital and AI technologies)	데이터 기반 펫푸드 평가 기술	AI 기반 기호성 평가, 디지털 행동 모니터링 시스템 개발	데이터 기반 제품 개발 및 산업 혁신

방대한 과학적 근거에도 불구하고, 옥수수는 프리미엄 반려동물 식품 시장에서 지속적으로 부정적인 인식을 받아왔으며, 흔히“필러(filler)”로 묘사되거나 식이 과민 반응과 연관된 원료로 언급되어 왔다(Corsato Alvarenga 등, 2022). 영양학적 관점에서 옥수수는 소화율이 높은 탄수화물을 제공하며, 식이 에너지 공급에 중요한 기여를 한다. 통제된 급이 시험 결과에 따르면, 적절히 가공된 옥수수는 개와 고양이 모두에서 효율적으로 소화되며, 압출 조건이 최적화될 경우 전분 소화율이 90% 이상에 이르는 것으로 보고되었다(Corsato Alvarenga 등, 2024; Tran 등, 2008). 에너지 공급 외에도 옥수수는 피부와 피모 건강에 중요한 역할을 하는 리놀레산을 포함한 필수 지방산을 제공하며, 단독으로는 완전 단백질이 아니지만 동물성 단백질과 상호 보완적으로 작용하는 단백질 분획을 함유하고 있다(Corsato Alvarenga 등, 2022). 옥수수의 영양적 기능성은 가공 조건에 의해 크게 좌우된다. 압출 가공은 전분을 호화시키고, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 결정 구조를 붕괴시켜 소화 효소에 대한 접근성을 향상시킨다. 특정 온도 및 수분 조건에서는 압출 과정에서 저항성 전분(resistant starch)의 형성이 촉진될 수 있으며, 이는 소장에서 소화되지 않고 대장으로 이동하여 발효 과정을 거친다. 이러한 발효는 장내 미생물 군집 조성과 단쇄지방산 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되어, 옥수수 기반 원료가 결장 건강을 지원할 잠재적 역할을 가질 수 있음을 시사한다(Corsato Alvarenga 등, 2022). 다량영양소 외에도 옥수수는 루테인과 지아잔틴(zeaxanthin)과 같은 카로티노이드를 포함한 생리활성 화합물의 중요한 공급원이다. 이러한 성분은 충분한 농도로 섭취될 경우 항산화 활성 및 면역 조절과 연관된 효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다. 또한 옥수수 가공 과정에서는 옥수수 글루텐 밀(corn gluten meal)과 증류 건조 곡물 부산물(distillers dried grains with solubles)과 같은 영양적으로 가치 있는 부산물이 생성되며, 이들 원료는 고품질 단백질과 기능성 섬유 분획을 유지하고 있어 특정 식이 목적에 적합하게 활용될 수 있다(Corsato Alvarenga 등, 2022). 옥수수와 관련된 식품 알레르기에 대한 우려는 수의영양학 연구에서 대부분 반박되고 있다. 역학 자료에 따르면 곡물에 의한 진정한 식이 과민 반응은 개와 고양이의 식품 알레르기 사례 중 극히 일부에 불과하며, 오히려 동물성 단백질이 더 빈번한 원인으로 보고되고 있다(Verlinden 등, 2006). 또한 마이코톡신 오염 문제는 옥수수에만 국한된 것이 아니라 모든 곡류에 공통적으로 적용되는 위험 요소로, 현대적인 품질 관리 시스템, 공급업체 검증, 규제 모니터링을 통해 효과적으로 관리되고 있다. 종합하면, 반려동물 식품에서 옥수수에 대한 부정적 인식은 과학적 근거보다는 마케팅에 의해 형성된 측면이 크며, 식물성 원료에 대한 근거 중심 평가의 필요성을 강조한다(Corsato Alvarenga 등, 2022).

2.2. 동물 유래 원료와 육류 부산물

동물 유래 원료는 높은 단백질 품질, 우수한 아미노산 조성, 뛰어난 소화율로 인해 반려동물 영양의 핵심을 이룬다. 골격근육육(skeletal muscle meat)뿐만 아니라, 현대 반려동물 식품에서는 내장, 결합조직, 기타 식용 가능한 부위 등 많은 지역에서 인간 식품으로는 일반적으로 소비되지 않는 동물성 부산물(offal 또는by-products)이 광범위하게 활용되고 있다(Bou 등, 2025). 이러한 부산물은 고품질 단백질, 철과 아연과 같은 생체이용률이 높은 무기질, 지용성 비타민, 그리고 콜라겐과 펩타이드를 포함한 생리활성 물질을 풍부하게 함유한 영양 밀도가 높은 원료이다. 지속가능성 측면에서 볼 때, 동물성 부산물의 활용은 육류 생산 체계 내 자원 효율성을 극대화하는 핵심 전략에 해당한다. 전 세계적으로 식용 및 비식용 부산물은 동물 생체중의 약 20–30%를 차지하며, 이를 반려동물 식품에 활용함으로써 폐기물 감소와 함께 경제적·환경적 지속가능성에 기여할 수 있다(Bou 등, 2025; Jayathilakan 등, 2012). 최근의 총설 연구들은 육류 부산물이 단순

한 영양 공급원을 넘어 기술적·기능적 잠재력을 지니고 있음을 강조하고 있다. 효소 가수분해, 제어된 열처리, 분획화와 같은 가공 기술의 발전을 통해 기능성 단백질, 콜라겐, 젤라틴, 생리활성 펩타이드의 추출이 가능해졌으며, 이는 반려동물 식품, 사료, 바이오메디컬 분야에서 활용되고 있다. 이러한 성분들은 관절 건강, 피부 구조 유지, 위장관 기능을 지원할 수 있어 기능성 및 특정 질환 맞춤형 식이에 대한 수요 증가와 부합한다(Bou 등, 2025; Caponio 등, 2022).

동물성 부산물의 규제 분류는 국가 및 지역에 따라 상이하여 소비자 혼란을 야기하기도 한다. 유럽연합(EU)에서는 동물성 부산물을 위험도에 따라 분류하며, 건강한 동물에서 유래하고 동물 섭취에 적합한 Category 3 원료가 반려동물 식품의 주된 원료로 사용된다. 중요한 점은 이러한 규제 분류가 영양적 열등성을 의미하는 것이 아니라 안전성과 사용 목적을 규정하는 것이라는 점이다. 따라서 영양 조성과 생체이용률의 관점에서 볼 때, 육류 부산물을 저품질 원료로 인식하는 것은 과학적 근거가 부족하다(Bou 등, 2025). 물론 동물 유래 원료는 성분 변동성, 산화 취약성, 부적절한 취급 시 미생물 위험과 같은 도전 과제도 동반한다. 이는 엄격한 품질 관리, 적절한 가공, 투명한 원료 조달 체계의 중요성을 강조한다. 이러한 요소들이 적절히 관리될 경우, 동물성 부산물은 현대 반려동물 식품에서 영양적으로 건전하고 지속가능하며 기능적으로 활용도가 높은 원료로 자리매김할 수 있다(Caponio 등, 2022).

2.3. 신흥 대체 단백질로서의 곤충 유래 단백질

곤충 유래 원료는 지속가능성에 대한 우려, 동물성 단백질 수요 증가, 그리고 새로운 저알레르기성 식이에 대한 관심 증가에 따라 반려동물 영양에서 대체 단백질원으로 주목받고 있다. 현재 반려동물 식품에서 가장 활발히 연구되고 상업적으로 활용되는 곤충 종으로는 블랙 솔저 플라이 유충(*Hermetia illucens*), 밀웜(*Tenebrio molitor*), 귀뚜라미(*Acheta domesticus*)가 있다(Valdés 등, 2022). 곤충은 높은 조단백 함량, 양호한 아미노산 조성, 그리고 개에서의 우수한 소화율을 제공한다. 실험 연구 결과, 곤충 분말은 개에서 양호한 내성을 보이며 정상적인 성장과 건강 지표를 유지하고, 장내 미생물 군집에 미치는 영향도 제한적인 것으로 보고되었다. 또한 대부분의 반려동물이 과거에 노출된 경험이 적다는 점에서, 곤충 단백질은 잠재적인 저알레르기성 대안으로 제시되고 있으나, 장기 임상 근거는 아직 제한적이다(Bosch 등, 2015; Corsato Alvarenga 등, 2014; Valdés 등, 2022). 단백질 외에도 곤충은 중쇄지방산이 풍부한 지질과 키틴(chitin)과 같은 생리활성 성분을 제공하며, 키틴은 프리바이오틱 유사 효과를 나타낼 가능성이 제시되고 있다. 그러나 키틴 함량이 높을 경우 단백질 소화율을 저하시킬 수 있어, 표준화된 생산 및 가공 공정의 중요성이 강조된다. 곤충 기반 식이는 이미 이국동물(exotic pets) 분야에서는 널리 활용되고 있으나, 개와 고양이에 대한 적용은 아직 초기 단계이며, 특히 고양이 대상 연구가 현저히 부족한 불균형이 존재한다(Valdés 등, 2022). 여러 지역에서 곤충을 반려동물 식품 원료로 인정하는 규제 환경이 확대되면서 상업화 기반은 점차 강화되고 있다. 그럼에도 불구하고 소비자 수용성, 비용 경쟁력, 생산 규모의 확장성, 종합적인 안전성 평가 등은 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다. 곤충 유래 원료가 틈새 시장을 넘어 주류 원료로 자리 잡기 위해서는 장기적인 건강 영향, 적정 배합 수준, 기존 동물성 단백질과의 비교 성능을 명확히 규명하는 추가 연구가 요구된다(Bosch 등, 2014; Valdés 등, 2022).

2.4. 반려동물 식품의 가공 기술과 영양소 보존성

가공 기술은 현대 반려동물 식품 생산에서 핵심적인 역할을 수행하며, 제품의 안전성과 저장 안정성뿐만 아니라 영양소의 생체이용률, 기능적 성능, 기호성에도 직접적인 영향을 미친다(Riaz, 2000; Tran 등,

2008). 그 중요성에도 불구하고, 식품 가공은 종종 지나치게 단순화되어 영양 품질에 본질적으로 해롭다는 식으로 인식되곤 한다. 이러한 관점은 원료와 가공 공정 간의 복잡한 상호작용과, 반려동물 식단에서 안전성과 영양적 일관성을 확보하는 데 있어 가공이 수행하는 필수적 역할을 간과한다(Jobe와Downs, 2026). 상업용 반려동물 식품은 압출, 레토르트 살균, 그리고 최소 가공된 신선 또는 냉장 형태 등 다양한 가공 경로를 통해 제조된다. 각 공정은 열, 압력, 수분, 기계적 에너지의 조합이 서로 다르며, 이로 인해 다량영양소, 미량영양소, 생리활성 화합물에 미치는 영향 또한 상이하다. 중요한 점은 가공의 영양학적 결과가 단순히 가공 강도에 의해서만 결정되는 것이 아니라, 원료 조성, 배합 전략, 가공 후 취급 방식에 따라 크게 달라진다는 것이다(Jobe와 Downs, 2026; Tran 등, 2008).

2.4.1. 압출 가공의 기능적 · 영양학적 특성

압출 가공은 건식 반려동물 식품, 특히 키블(kibble) 형태의 사료 생산에 가장 널리 사용되는 기술이다. 이 열-기계적 공정은 원료를 수분과 열로 전처리한 후, 고압 상태에서 가열·성형하여 다이를 통해 형태를 만드는 과정을 포함한다. 압출은 일반적으로140–180℃ 범위의 온도에서 짧은 체류 시간으로 이루어지며, 전반적인 영양 적정성을 유지하면서도 효과적인 미생물 불활화를 가능하게 한다(Riaz, 2000). 영양학적 관점에서 압출 가공은 전분의 호화를 촉진하여 탄수화물 소화율과 에너지 이용성을 현저히 향상시킨다. 이러한 효과는 본래 효소 접근성이 제한적인 전분 입자를 지닌 곡류나 두류와 같은 식물성 원료에서 특히 중요하다(Tran등, 2008). 또한 압출 과정에서 단백질 변성은 단백질 구조를 펼쳐 펩타이드 결합을 소화 효소에 노출시킴으로써 소화율을 개선할 수 있다. 그러나 과도한 열 처리나 장시간 노출은 리신과 같은 열 민감성 아미노산의 이용성을 감소시킬 수 있으므로, 정밀한 공정 제어가 필수적이다(Riaz, 2000; Tran 등, 2008). 압출 가공은 균일한 영양소 분포, 가공 후 코팅을 통한 지방 및 기호성 물질의 효과적 도입, 그리고 일관된 키블 구조 형성을 가능하게 함으로써 반려동물 식품의 기능적 완성도를 높인다. 이러한 특성은 개와 고양이에서 예측 가능한 영양 섭취와 기호성 확보에 중요하다. 더불어 압출은 항영양 인자의 감소와 수분 함량 조절을 통해 저장 안정성을 향상시키고 미생물 위험을 낮추는 데 기여한다(Tran 등, 2008). 압출 과정 중 영양소 손실에 대한 우려가 제기되어 왔으나, 비타민 보강(overage)과 공정 조건의 적절한 제어를 통해 이러한 영향은 대부분 상쇄될 수 있다는 근거가 축적되고 있다. 따라서 압출 가공은 타협적 선택이 아니라, 대량 반려동물 식품 생산에서 안전성, 소화성, 실용성을 균형 있게 달성하게 하는 핵심 기술로 평가되어야 한다(Jobe과Downs, 2026; Riaz, 2000).

2.4.2. 습식 반려동물 식품에서의 레토르트 및 열 살균 공정

캔이나 파우치 형태의 습식 반려동물 식품은 인간 식품 통조림 공정과 유사한 레토르트 살균 공정을 통해 생산되는 경우가 일반적이다. 이 공정은 제품을 용기에 밀봉한 후, 통상 116–129℃ 범위의 온도에서 비교적 장시간 열처리를 수행하여 상업적 무균성을 확보하는 방식이다(Freeman 등, 2013). 열 살균은 병원성 미생물과 포자를 효과적으로 제거하여 상온 저장이 가능한 안전성과 장기 저장성을 제공한다. 반면, 장시간의 열 노출은 일부 비타민이나 생리활성 화합물과 같은 열 민감성 영양소에 영향을 미칠 수 있으며, 배합 및 가공 조건에 따라 단백질 변성이나 지질 산화가 발생할 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 습식 반려동물 식품은 정교한 배합 설계, 안정제 사용, 필요 시 가공 후 영양소 보강을 통해 전반적으로 우수한 영양적 완성도를 유지한다(Freeman 등, 2013). 습식 식품은 높은 수분 함량이라는 고유한 영양·생리학적 장점을 가지며, 특히 고양이에서 수분 섭취 증가와 요로 건강 유지에 기여할

수 있다. 또한 레토르트 가공으로 형성되는 질감과 향미 특성은 기호성을 향상시켜, 편식 성향이 있거나 치아 상태가 좋지 않은 동물에게 적합하다. 따라서 레토르트 공정은 열 노출과 기능적 이점 간의 균형을 반영하는 선택으로 이해되어야 하며, 영양 가치의 일률적 저하로 간주되어서는 안 된다(Freeman 등, 2013).

2.4.3. 최소 가공 및 신선 반려동물 식품 형태

최근 "자연적"이거나 "휴먼 그레이드(human-grade)"로 인식되는 제품에 대한 소비자 수요 증가에 따라, 최소 가공 및 신선 반려동물 식품이 빠르게 확산되고 있다. 이러한 제품은 증기 가열, 로스팅, 수비드(sous-vide)와 같은 비교적 온화한 조리법을 사용한 후 냉장 또는 냉동 보관을 통해 안전성과 품질을 유지하는 것이 일반적이다. 저장 안정형 압출 또는 레토르트 제품과 달리, 신선 반려동물 식품은 미생물 제어를 위해 보존제보다 콜드체인 물류에 의존하는 경우가 많다(Jobe과 Downs, 2026). 신선 반려동물 식품의 지지자들은 낮은 열 처리로 인해 영양소 무결성과 감각적 품질이 더 잘 보존된다고 주장한다. 실제로 일부 열 민감성 비타민과 생리활성 화합물은 온화한 가공 조건에서 더 높은 잔존성을 보일 수 있다. 그러나 과학적 근거에 따르면, 영양적 결과는 가공 유형 자체보다는 원료 선택, 배합 균형, 취급 방식에 따라 크게 달라진다. 메타분석 자료는 가공이 소화율과 영양소 이용성을 향상시키거나 감소시킬 수 있으며, 그 결과가 원료와 공정에 따라 크게 다름을 보여준다(Jobe과Downs, 2026). 신선 반려동물 식품은 또한 짧은 유통기한, 온도 관리 실패 시 증가하는 미생물 오염 위험, 높은 생산·유통 비용과 같은 고유한 한계를 지닌다. 더 나아가"신선(fresh)"이나"휴먼 그레이드"와 같은 용어에 대한 명확한 규제 정의가 부족하여, 기존 제품과의 객관적 비교가 어려운 점도 문제로 지적된다. 이러한 요소들은 가공 라벨을 영양 품질의 대리 지표로 사용하는 대신, 근거 기반 평가의 중요성을 강조한다(Jobe과Downs, 2026).

최근 펫푸드 산업에서는 압출 공정(extrusion)을 기반으로 한 건식 사료가 여전히 가장 널리 사용되고 있으나, 고온·고압 공정 과정에서 일부 열 민감성 영양소의 손실과 단백질 구조 변화가 발생할 수 있다는 점이 지속적으로 논의되고 있다. 이러한 문제를 보완하기 위해 저온 가공 공정이나 신선식(fresh pet food)과 같은 대체적인 가공 방식이 관심을 받고 있으나, 미생물학적 안전성 확보와 유통 안정성 측면에서 추가적인 관리가 요구된다. 또한 최근 반려동물 보호자 사이에서 생식(raw diet)에 대한 관심이 증가하고 있지만, 병원성 미생물 오염 위험과 영양 균형의 불확실성으로 인해 수의영양학적 관점에서는 여전히 논쟁의 대상이 되고 있다. 한편, 지속가능한 단백질 공급원으로 주목받고 있는 곤충 단백질은 높은 단백질 함량과 환경적 장점에도 불구하고, 소비자 인식, 알레르기 가능성, 그리고 장기적인 영양학적 영향에 대한 연구가 아직 충분하지 않은 상황이다. 따라서 향후 펫푸드 연구에서는 가공 기술, 원료 안전성, 영양학적 균형을 종합적으로 고려한 보다 체계적인 연구가 필요하다.

2.4.4. 기호성 및 기능적 성능에 대한 가공의 영향

가공 기술은 반려동물 식품 수용성의 핵심 요소인 기호성에 지대한 영향을 미친다. 마이야르 반응이나 지질 산화와 같은 열 반응은 향과 풍미를 형성하는 휘발성 화합물을 생성한다. 과도한 반응은 바람직하지 않은 풍미나 영양 손실을 초래할 수 있으나, 적절히 제어된 가공은 육류 유사 향미의 형성을 통해 감각적 매력을 증진시킬 수 있다(Aldrich과Koppel, 2015). 질감 역시 가공에 의해 결정되는 중요한 기호성 요인이다. 압출 공정은 다양한 형태와 밀도의 키블 생산을 가능하게 하며, 레토르트 공정은 일부 동물이 선호하는 부드럽고 응집력 있는 질감을 제공한다. 이러한 물리적 특성은 종 특이적 섭식 행동과 구강 처리 양상과 상호작용하여 섭취량과 선호도에 영향을 미친다(Calderón 등, 2024). 중요하게도 기호성은 영양 적정성과 안전성과

분리하여 평가되어서는 안 된다. 영양 요구를 충족하지 못하거나 안전성을 저해하는 고기호성 제품은 장기적인 건강 이점을 제공할 수 없다. 적절히 적용된 가공 기술은 기호성과 영양 균형, 안전성 목표를 동시에 달성할 수 있게 한다(Aldrich와Koppel, 2015).

2.4.5. 식품 가공 평가의

반려동물 식품을"가공" 또는"비가공"으로 이분법적으로 분류하려는 경향은 가공이 지닌 다면적 역할을 지나치게 단순화한다. 축적된 근거는 가공 효과가 원료 특이적이며 맥락 의존적이라는 점을 점점 더 명확히 보여주고 있으며, 긍정적·부정적 결과가 모두 가능함을 시사한다(Jobe과 Downs, 2026). 열 및 기계적 처리는 소화성을 개선하고 병원체를 비활성화하며, 기능적 성능을 향상시킬 수 있지만, 부적절한 가공은 민감한 영양소를 손상시킬 수 있다(Tran 등, 2008). 시스템 기반의 가공 평가 접근법은 원료 조성, 가공 조건, 배합 전략, 가공 후 취급을 상호 의존적인 변수로 통합적으로 고려한다. 이러한 접근은 단순한 이분법적 판단을 넘어 영양 품질에 대한 보다 정확한 평가를 가능하게 한다. 가공 투명성에 대한 소비자 관심이 증가하는 상황에서, 과학적 소통은 가공이 어떻게 안전하고 영양적으로 균형 잡힌, 그리고 기호성 높은 반려동물 식품 생산에 기여하는지를 근거 중심으로 설명해야 할 필요가 있다(NRC, 2006; Shoveller 등, 2021).

2.5. 반려동물 영양에서의 기능성 성분과 건강 조절

기능성 성분(functional ingredients, 흔히 뉴트라슈티컬로 지칭됨)은 기본적인 영양소 충족을 넘어서는 식이 전략을 모색하는 반려동물 보호자와 수의사의 요구가 증가함에 따라 현대 반려동물 영양학에서 점차 중요한 위치를 차지하고 있다(Shoveller 등, 2021). 이러한 성분들은 생리적 기능을 조절하고 건강 유지를 지원하며, 경우에 따라 약물적 중재에 대한 의존도를 낮추는 것을 목적으로 반려동물 식품 및 보충제에 첨가된다(Freeman 등, 2013). 반려동물 영양 분야에서 가장 폭넓게 연구된 기능성 성분으로는 프로바이오틱스, 에센셜 오일을 포함한 식물유래 기능성 물질(phytogenics), 그리고 멜라토닌과 같은 생리활성 분자가 있다(Karukayil Gopalakrishnan 등, 2025; Ruiz-Cano 등, 2022). 기능성 성분의 반려동물 식단 내 도입은 인간 영양학의 전반적인 흐름과 궤를 같이하지만, 개와 고양이 간의 종 특이적 생리 차이로 인해 효능, 안전성, 적용 범위에 대한 신중한 평가가 요구된다(Bosch 등, 2015). 특히 기능성 성분을 뒷받침하는 과학적 근거는 성분의 종류, 목표로 하는 건강 지표, 적용 대상 동물 종에 따라 큰 차이를 보이므로, 근거 중심 해석의 필요성이 강조된다(Zha 등, 2024)(표 2).

표 2. 반려동물 영양에서 연구되고 있는 주요 기능성 성분과 기대 효과

기능성 성분	주요 생리적 기능	적용 대상	연구 동향 및 특징
프로바이오틱스	장내 미생물 균형 조절, 면역 기능 조절	개, 고양이	장내 미생물 조절 및 소화기 건강 개선 연구 증가
오메가-3 지방산 (EPA, DHA)	항염증 작용, 피부 및 피모 건강, 인지 기능	개, 고양이	피부 질환 및 관절 건강 관련 연구 확대
식물유래 기능성 물질 (phytogenics)	항산화, 항균, 항염증 효과	개	에센셜 오일 및 식물 추출물 활용 연구 증가
멜라토닌	수면 조절, 스트레스 완화, 항산화	개	행동 조절 및 수면 관련 연구 진행
프리바이오틱스	장내 유익균 성장 촉진	개, 고양이	장 건강 및 대사 건강 관련 연구 확대
곤충 유래 단백질	고단백 공급원, 잠재적 저알레르기 단백질	개	지속가능 단백질원으로 연구 증가

2.5.1. 프로바이오틱스와 위장관 건강

프로바이오틱스는 적절한 양으로 섭취될 경우 숙주에게 건강상 이점을 제공하는 살아있는 미생물로 정의되며, 반려동물 영양에서 가장 널리 활용되는 기능성 성분 중 하나이다(WHO/FAO/UNU, 2007). 개와 고양이의 위장관에는 소화, 면역 조절, 장 장벽 기능에 핵심적인 역할을 하는 복잡한 미생물 생태계가 존재한다. 이러한 미생물 균형의 붕괴, 즉 장내 불균형(dysbiosis)은 위장관 질환, 대사 이상, 면역 관련 질환과 연관되는 것으로 보고되고 있다(Suchodolski, 2016). 개를 대상으로 한 연구에서는 프로바이오틱스가 소화기 건강 개선, 영양소 흡수 증진, 면역 반응 조절에 기여할 수 있다는 근거가 점차 축적되고 있다. 임상 및 실험 연구들은 프로바이오틱스 보충이 분변 상태 개선, 염증 지표 감소, 장관 스트레스에 대한 회복력 향상과 연관됨을 보고하였다. 또한 장기간 항생제 사용이 장내 불균형을 악화시키고 항균제 내성 위험을 높일 수 있는 만성 위장관 질환의 경우, 프로바이오틱스는 항생제의 보조적 또는 대체 수단으로 제안되고 있다(Karukayil Gopalakrishnan 등, 2025). 반면, 고양이를 대상으로 한 프로바이오틱스 연구는 상대적으로 제한적이다. 현재까지의 고양이 관련 지식 상당 부분은 개 또는 인간 연구 결과를 근거로 추론된 것으로, 위장관 생리와 영양 요구가 상이함에도 불구하고 직접적인 근거는 부족한 실정이다. 일부 연구에서는 프로바이오틱스가 고양이의 장 건강, 면역 기능, 구강 건강을 지원할 가능성을 시사하나, 근거의 강도는 일관되지 않으며 표준화된 투여 기준 또한 확립되어 있지 않다(Zha 등, 2024). 이러한 점은 고양이 영양 연구에서 중요한 지식 공백을 드러낸다. 프로바이오틱스의 효과는 기술적 요인에 의해서도 영향을 받는다. 특히 압출이나 레토르트 살균과 같은 고온 가공 조건은 프로바이오틱스의 생존율을 감소시킬 수 있다. 이에 따라 미세캡슐화(microencapsulation)와 같은 전달 기술이 개발되어, 가공 및 저장 과정에서 미생물을 보호하고 위장관까지 충분한 양이 전달되도록 하고 있다. 이러한 기술적 고려는 이론적 효능을 실제 식이 효과로 전환하는 데 필수적이다(Karukayil Gopalakrishnan 등, 2025).

2.5.2. 기능성 성분으로서의 식물유래 물질과 에센셜 오일

식물유래 기능성 물질은 폴리페놀, 이소프레노이드, 알칼로이드, 에센셜 오일 등 다양한 생리활성 화합물을 포함한다. 반려동물 영양 분야에서는 항균, 항산화, 항염증, 행동 조절 효과로 인해 에센셜 오일이 특히 주목받고 있다(Frankič등, 2009). 대표적으로 연구된 에센셜 오일은 오레가노, 타임, 로즈마리, 감귤류 식물에서 유래한 성분들이다(Ruiz-Cano 등, 2022). 에센셜 오일은 장내 미생물 조절, 산화 스트레스 감소, 신경계와의 상호작용 등 다양한 기전을 통해 유익한 효과를 나타낼 수 있다. 개를 대상으로 한 연구에서는 에센셜 오일의 식이적 또는 국소 적용이 스트레스, 불안, 피부 질환, 위장관 장애 관리에 활용될 가능성이 탐색되어 왔다. 그러나 에센셜 오일은 고농축·지용성 특성을 지니므로, 과도한 노출 시 독성이나 부작용을 초래할 수 있어 엄격한 용량 관리가 요구된다(Ruiz-Cano 등, 2022). 또한 규제 및 배합 측면의 고려사항 역시 에센셜 오일 활용을 복잡하게 만든다. 식물 원산지, 추출 방법, 저장 조건에 따른 화학 조성의 변동성은 생리적 효과의 일관성을 저해할 수 있다. 더불어 에센셜 오일은 다른 식이 성분이나 약물과 상호작용할 가능성이 있어, 체계적인 안전성 평가와 표준화된 품질 관리가 필수적이다. 따라서 에센셜 오일의 반려동물 영양 적용은 인간 영양의 단순한 전이보다는, 통제된 연구 결과에 근거해 이루어져야 한다(Frankič등, 2009; Ruiz-Cano 등, 2022).

2.5.3. 다기능 생리활성 물질로서의 멜라토닌

멜라토닌은 동물 체내에서 내인적으로 생성되는 인돌아민으로, 일주기 리듬과 수면-각성 주기 조절에 핵

심적인 역할을 하는 것으로 잘 알려져 있다(Reiter et al., 2014). 최근에는 항산화, 면역 조절, 신경 조절 특성으로 인해 개 영양 및 보충제 분야에서 기능성 성분으로 주목받고 있다(Ruiz-Cano 등, 2022). 개를 대상으로 한 연구에서는 멜라토닌 보충이 스트레스 관련 행동, 수면 장애, 탈모증, 계절성 생식 패턴 조절에 활용될 가능성이 탐색되어 왔다. 멜라토닌은 친수성과 지용성을 모두 지닌 양친매성 분자로서, 수용성 및 지질 환경 모두와 상호작용할 수 있어 광범위한 생리적 효과를 나타낸다. 식이 보충제나 국소 제형으로 사용될 경우, 적절한 조건 하에서 비교적 양호한 안전성 프로파일과 함께 잠재적 효능을 보이는 것으로 보고되고 있다(Ruiz-Cano 등, 2022). 그럼에도 불구하고, 완전배합 반려동물 식품에서 멜라토닌의 기능성 성분으로서의 활용은 아직 제한적이다. 가공 중 안정성, 다른 영양소와의 상호작용, 장기 사용 시 안전성 등은 추가적인 연구가 필요한 영역이다. 특히 고양이에 대해서는 종 특이적 반응과 최적 용량에 대한 자료가 매우 부족한 실정이다(Reiter 등, 2016).

2.5.4. 과학적 근거의 수준 및 한계와 적용 가능성

기능성 성분은 반려동물 건강 증진에 매력적인 가능성을 제시하지만, 이를 뒷받침하는 근거의 강도는 매우 다양하다. 많은 연구가 단기간 수행되거나 표본 수가 제한적이며, 임상적으로 의미 있는 결과보다는 대리 지표(surrogate endpoint)에 초점을 맞추는 경우가 많다(Shoveller 등, 2021). 또한 연구 설계, 성분 제형, 대상 집단의 이질성은 연구 간 비교를 어렵게 한다. 또 다른 중요한 고려사항은 완전배합 식단을 통한 기능성 성분 제공과 보충제를 통한 제공 간의 차이다. 기능성 성분이 포함되었더라도, 식단 자체가 불완전하거나 부적절하게 설계될 경우 영양 적정성이 저해될 수 있다. 따라서 기능성 성분은 균형 잡힌 영양 설계를 대체하는 요소가 아니라, 이를 보완하는 수단으로 인식되어야 한다(NRC, 2006). 실용적 관점에서 기능성 성분을 반려동물 식품에 통합하기 위해서는 효능, 안전성, 안정성, 비용 간의 균형이 필요하다. 근거 수준과 기대 효과에 대한 투명한 소통은 효능 과장의 위험을 줄이는 데 필수적이다. 향후 연구가 축적됨에 따라, 반려동물 기능성 영양은 보다 표적화되고 질환 특이적인 적용으로 발전할 가능성이 크며, 이는 보다 견고한 임상 근거에 의해 뒷받침되어야 할 것이다(Shoveller 등, 2021).

2.6. 반려동물 영양에서의 기호성 및 관능평가

반려동물 급여 연구의 맥락에서 *palatability*는 식품이 지니는 전반적인 감각적 매력도를 의미한다. 반면 *acceptance*는 동물이 단일식이를 제공받았을 때 이를 섭취하려는 의지를 나타내는 개념으로, 일반적으로 단일 급여 시험(one-bowl test)을 통해 평가된다. 또한 *preference*는 두 가지 식이를 동시에 제공했을 때 동물이 어느식이를 선택하는지를 나타내는 상대적 선택 개념으로, 비교 급여 시험(two-bowl test)을 통해 평가된다.

기호성(palatability)은 반려동물 식품의 성공을 결정하는 핵심 요인으로, 영양학적으로 아무리 최적화된 식단이라 하더라도 동물이 자발적으로 섭취하지 않으면 건강상 이점을 제공할 수 없다(Aldrich과 Koppel, 2015). 반려동물 영양에서 기호성은 향(aroma), 맛(taste), 조직감(texture), 온도(temperature)와 같은 관능적 특성뿐 아니라 학습된 행동, 급여 환경 등 복합적인 요인의 상호작용을 포함하는 개념이다(Tobie 등, 2015). 인간의 관능평가와 달리, 개와 고양이는 선호나 감각 인식을 언어로 표현할 수 없기 때문에 기호성 평가에는 본질적인 방법론적 한계가 존재한다(Aldrich와 Koppel, 2015). 역사적으로 기호성은 주로 섭취량을 기반으로 한 급여 시험을 통해 평가되어 왔다. 이러한 방법은 수용성(acceptance)과 선호도(preference)에 대한 실용적인 정보를 제공하지만, 섭식 행동을 유발하는 근본적인 감각 요인에 대해서는 제한적인 해석만 가능하다(Tobie 등, 2015). 반려동물 식품 시장이 프리

미엄화 및 개인맞춤형 영양으로 진화함에 따라, 보다 정교하고 객관적인 기호성 평가 전략의 필요성이 점차 커지고 있다(Calderón 등, 2024).

2.6.1. 전통적인 기호성 평가 방법

반려동물 식품의 기호성을 평가하는 데 가장 널리 사용되는 방법은 단일 급여(one-bowl, 수용성 시험)와 이중 급여(two-bowl, 선호도 시험)이다. 단일 급여 시험에서는 하나의 식이를 제공하고 일정 기간 동안의 섭취량을 측정하여 수용성을 평가한다. 이중 급여 시험에서는 두 가지 식이를 동시에 제공하여 최초 선택, 섭취 비율, 각 식이에 소비한 시간 등을 기준으로 직접적인 비교가 가능하다(Aldrich과Koppel, 2015). 이러한 방법은 단순하고 실제 급여 환경과의 연관성이 높다는 장점으로 인해 널리 활용되고 있다. 그러나 여러 한계점도 존재한다. 섭취량은 감각적 매력과 무관한 요인, 예를 들어 공복 정도, 이전 식이 경험, 환경적 스트레스, 보호자의 개입 등에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한 이중 급여 시험은 제형 간의 미세한 차이를 과도하게 부각시킬 수 있는 반면, 단일 급여 시험은 의미 있는 미묘한 선호 차이를 감지하지 못할 수 있다(Tobie 등, 2015). 그럼에도 불구하고, 전통적인 급여 시험은 전체적인 수용성과 시장 출시 가능성을 확인하는 데 여전히 필수적인 도구이다. 이러한 시험의 유효성은 통제된 실험 설계, 충분한 표본 수, 표준화된 시험 프로토콜과 결합될 때 더욱 강화된다(Aldrich과Koppel, 2015).

2.6.2. 관능 특성과 인간 관능 서술 분석

기호성을 결정하는 관능적 특성을 보다 정밀하게 이해하기 위해, 최근에는 훈련된 인간 패널을 활용한 서술적 관능 분석(descriptive sensory analysis)이 점차 적용되고 있다. 이 접근법은 표준화된 용어 체계를 이용하여 향, 풍미, 조직감 특성을 체계적으로 기술하는 방식이다(Calderón 등, 2024). 개 사료의 경우“육수 향(brothy)”, “곡물 향(grainy)”, “산화된 유지 향(oxidized oil)”, “육향(meaty)” 등의 속성이 보고되었으며, 고양이 사료에서는 “어취(fishy)”, “탄 향(burnt)”, “메티오닌 유사 향(methionine-like)”, “감칠맛(savory)”과 같은 표현이 사용된다(Calderón 등, 2024).

인간 관능 패널은 동물의 감각을 직접적으로 재현할 수는 없지만, 서술 분석은 제품의 일관성, 배합 차이, 원료 선택 및 가공이 관능 특성에 미치는 영향을 이해하는 데 유용한 정보를 제공한다. 이러한 자료는 제품 개발 및 품질 관리 단계에서 특히 가치가 높으며, 제조사가 배합 변경과 관능적 결과 간의 연계를 파악하는 데 기여한다(Rogues 등, 2022). 다만 인간 관능 데이터를 동물의 선호도로 직접 확장 해석하는 데에는 주의가 필요하다. 개와 고양이는 종 특이적인 감각 우선순위를 가지며, 개는 후각에 크게 의존하는 반면 고양이는 특정 아미노산과 휘발성 황 화합물에 대한 민감도가 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 인간 관능 분석은 동물 기반 평가를 대체하는 수단이 아니라 보완적인 도구로 활용되어야 한다(Calderón 등, 2024).

2.6.3. 행동 지표와 고급 기호성 평가 지표

섭취량 측정 외에도, 행동 지표는 기호성 평가에 추가적인 차원을 제공한다. 첫 섭취까지의 지연 시간(latency), 섭식 속도, 식사 지속 시간, 머리 방향, 꼬리 움직임, 자세 변화 등은 섭식 동기와 선호도를 반영하는 지표로 보고되어 왔다(Tobie 등, 2015). 고양이의 경우 귀 위치, 수염 움직임, 얼굴 표정과 같은 미묘한 행동 변화가 감각적 수용 또는 회피를 나타낼 수 있다(Vitale Shreve와 Udell, 2015). 최근에는 비디오 분석과 행동 목록(ethogram)을 활용하여 이러한 행동을 표준화된 방식으로 정량화하려는 연구가 진행되고 있다. 이러한 접근은 단순한 수동적 섭취와 적극적인 선호를 구분할 수 있는 가능성을 제공하며, 감각 기반 섭식 행동에 대한 보다 깊은 이해를 가능하게 한다. 다만 행동 분석은 해석과 재현성을 확보하기 위해 신중한 검증이 요구된다(Zamansky 등, 2021).

2.6.4. 기기 기반 및 AI 활용 기호성 평가

분석 기기와 인공지능 기술의 발전은 기호성 평가에 새로운 가능성을 열고 있다. 가스 크로마토그래피-질량 분석기(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 및 전자코(electronic nose)와 같은 기술은 반려동물 식품의 휘발성 향기 프로파일을 특성화하고, 화학적 지문과 섭취 패턴 간의 상관관계를 분석하는 데 활용되고 있다. 이를 통해 원료 및 가공 조건에 따라 생성되는 향기 화합물을 객관적으로 비교할 수 있다(Calderón 등, 2024). 최근에는 화학적, 관능적 행동 데이터를 통합하는 AI 및 머신러닝 접근법이 적용되고 있다. 예측 모델은 특정 배합 변수나 휘발성 프로파일과 실제 수용성 결과 간의 연관성을 학습하여, 제품 개발 과정에서의 신속한 선별과 최적화를 가능하게 한다. 또한 AI 기반 비디오 분석은 행동 점수화를 자동화함으로써 관찰자 편향과 노동 집약도를 줄일 수 있는 잠재력을 가진다(Zamansky 등, 2021). 이러한 기술은 아직 초기 도입 단계에 있으며, 모델의 정확도는 학습 데이터의 질과 다양성에 크게 의존한다. 또한 데이터 수집 과정에서의 윤리적 고려와 동물 복지 문제도 함께 논의되어야 한다. 그럼에도 불구하고 AI 기반 기호성 평가는 보다 객관적이고 확장 가능하며 예측력이 높은 평가 체계로 나아가는 중요한 진전으로 평가된다(Calderón 등, 2024).

2.6.5. 기호성과 영양·건강 결과의 통합적 평가

기호성은 영양 적정성과 건강 영향과 분리되어 고려되어서는 안 된다. 지나치게 기호성이 높은 식이는 과잉 섭취를 유도하여 비만 및 대사성 질환의 위험을 증가시킬 수 있다(German, 2006). 반대로 건강상의 이점을 우선시하여 설계된 식단은 기호성이 낮을 경우 실제 적용 효과가 제한될 수 있다(Aldrich와 Koppel, 2015). 기호성 평가의 통합적 접근은 관능적 매력, 영양 조성, 가공 효과, 장기적인 건강 결과를 상호 연계된 요소로 고려한다. 이러한 틀은 반려동물 영양을 시스템 기반으로 이해하려는 보다 넓은 관점과 부합하며, 최적의 반려동물 식품은 생물학적 요구와 행동적 선호를 동시에 충족해야 함을 강조한다(Shoveller 등, 2021).

2.7. 반려동물 영양에서의 식품 안전, 리콜, 그리고 품질 주장

식품 안전은 반려동물 영양의 근간을 이루는 핵심 요소로서, 원료 선택, 가공, 배합, 유통의 모든 단계에 영향을 미친다(Freeman 등, 2013). 기호성이나 기능성 효능과 달리, 안전성 실패는 급성 건강 피해, 대규모 리콜, 그리고 장기적인 소비자 신뢰 상실로 직결될 수 있다. 지난 20여 년간 반려동물 사료 산업에서는 여러 차례의 대형 안전 사고가 발생하였으며, 이는 규제 체계의 강화와 함께 글로벌 공급망의 취약성을 부각시키는 계기가 되었다(DeBeer 등, 2024). 동시에“휴먼 그레이드(human-grade)”, “무첨가(additive-free)”, “최소 가공(minimally processed)”과 같은 마케팅 중심의 품질 주장이 확산되면서, 소비자들이 안전하고 영양적으로 적절한 반려동물 식품을 판단하는 데 혼란을 초래하고 있다. 따라서 식품 안전 위험과 품질 주장에 대한 비판적이고 근거 중심의 검토는 과학적이고 투명한 반려동물 영양 체계를 확립하는 데 필수적이다(Jobe과 Downs, 2026).

2.7.1. 반려동물 식품 리콜의 역사적 고찰

미국 식품의약국(FDA)의 2003-2022년 리콜 데이터를 분석한 결과, 반려동물 식품 산업이 직면해 온 안전 문제의 규모와 다양성이 명확히 드러난다. 이 기간 동안 수천 건의 리콜이 발생하였으며, 그중 대부분이 반려동물 식품 및 원료와 관련되어 있었다. 주요 원인은 생물학적 오염(특히 살모넬라), 화학적 오염, 그리고 현행 우수제조관리기준(cGMP) 위반이었다(DeBeer 등, 2024). 이들 사건 중에서도 2007-2008년 발생한 멜라민 오염 사고는 전환점으로 평가된다. 단백질 함량을 위조하기 위해 단백질 원료에 멜라민을 고의로 혼입한 결과, 개와 고양이에서 광범위한 신부전과 폐사가

발생하였고, 이는 대규모 리콜과 규제 개혁으로 이어졌다. 이 사건은 기존의 품질 지표가 지닌 한계를 드러냈으며, 공급업체 검증과 추적 시스템의 중요성을 분명히 보여주었다(DeBeer 등, 2024; Freeman 등, 2013). 생물학적 위해 요소는 여전히 지속적인 문제로 남아 있으며, 특히 건식 사료와 생식(raw) 사료에서 두드러진다. 살모넬라 관련 리콜은 Class I 리콜의 상당 부분을 차지하고 있으며, 이는 심각한 건강 피해 가능성을 반영한다. 비록 많은 오염 사례가 임상 증상으로 보고되지는 않지만, 오염된 반려동물 식품을 취급하는 과정에서 발생할 수 있는 인수공통감염 위험은 공중보건적 중요성을 더욱 높이고 있다(DeBeer 등, 2024).

2.7.2. 규제 체계와 안전성 확보

반려동물 식품 안전은 지역별로 상이하지만 공통된 원칙을 공유하는 복합적인 규제 체계에 의해 관리된다. 미국에서는 연방 식품·의약·화장품법(Federal Food, Drug, and Cosmetic Act)에 따라 FDA가 반려동물 식품을 관리하며, 미국사료관리협회(AAFCO)의 지침이 이를 보완한다. 유럽연합(EU)에서는 동물성 부산물, 위생, 사료 안전에 관한 규정이 위험도 분류와 관리의 구조적 틀을 제공한다(Freeman 등, 2013). 현대적인 안전 관리 체계는 위해 분석 및 위험 기반 예방관리(HARPC), 공급업체 승인 프로그램, 병원성 미생물, 곰팡이 독소, 중금속 등 오염물질에 대한 정기적 검사를 포함한다. 압출 및 레토르트 살균과 같은 가공 기술은 미생물 위험 저감에 핵심적인 역할을 수행하며, 최소 가공 및 신선 사료의 경우 콜드체인 관리가 안전성 확보의 핵심 요소이다(Riaz, 2000; Tran 등, 2008). 중요한 점은 규제 준수가 최소한의 안전 기준을 보장할 뿐, 영양적 우수성을 자동으로 의미하지는 않는다는 것이다. 규제 용어에 대한 소비자와 마케터의 오해는 원료 품질과 가공 강도에 대한 혼란을 더욱 가중시키고 있다(Jobe과 Downs, 2026).

2.7.3. 일반적인 품질 주장에 대한 평가

안전 관리가 강화됨과 동시에, 반려동물 식품 마케팅에서는 건강을 중시하는 소비자를 겨냥한 품질 주장이 점차 강조되고 있다. “무첨가·무보존료”, “휴먼 그레이드 원료”, “통원료 또는 신선 원료”와 같은 표현은 종종 우수한 안전성과 영양을 암시하는 지표로 사용된다. 그러나 이러한 주장에 대한 과학적 평가는 보다 복합적인 현실을 보여준다(Jobe과 Downs, 2026). 체계적 문헌고찰과 메타분석 결과에 따르면, 규제 범위 내에서 사용되는 승인된 첨가물과 보존료가 개나 고양이의 건강에 부정적인 영향을 미친다는 일관된 근거는 확인되지 않았다. 베이지안 분석 및 랜덤 효과 모델 분석에서도 해당 성분과 관련된 위험 차이는 극히 미미한 것으로 나타나, 첨가물이 본질적으로 해롭다는 통념에 의문을 제기한다(Jobe과 Downs, 2026). 오히려 보존료는 미생물 증식을 억제하고 유통기한을 연장함으로써 안전성을 향상시키는 중요한 역할을 수행한다(Freeman 등, 2013). “휴먼 그레이드” 개념 역시 규제 기관 간에 표준화된 정의가 부재하다. 휴먼 그레이드와 사료 등급(feed-grade) 원료를 비교한 연구는 수적으로 제한적이며 방법론적 엄밀성이 부족하여, 안전성이나 영양적 우수성에 대한 명확한 결론을 도출하기 어렵다. 실제로 반려동물 식품에 사용되는 사료 등급 원료는 인간 식품 원료와 유사한 수준의 엄격한 안전 및 품질 관리 절차를 거치는 경우가 많다(Jobe과 Downs, 2026). 통원료 또는 최소 가공 원료를 선호하는 주장 또한 신중한 검토가 필요하다. 일부 영양소는 완만한 가공 조건에서 더 잘 보존될 수 있지만, 가공은 동시에 소화율을 개선하고 병원성 미생물을 불활성화하며 영양소 균일성을 향상시킬 수 있다. 가공이 영양소 이용성에 미치는 영향은 보편적인 것이 아니라, 원료와 방법에 따라 크게 달라진다는 점이 반복적으로 보고되고 있다(Tran 등, 2008).

2.7.4. 신선식·생식 사료의 안전성 평가

신선 및 생식 반려동물 사료 시장의 급격한 성장과

함께 안전성 논쟁도 심화되고 있다. 최소 가공 제품은 바람직한 관능 특성과 일부 열 민감성 영양소를 보존할 수 있지만, 위생 관리와 온도 관리가 충분하지 않을 경우 미생물 오염 위험이 증가할 수 있다. 여러 연구에서 일부 생식 사료에서 병원성 세균의 검출 빈도가 높게 보고되어, 반려동물과 사람 모두의 건강에 대한 우려가 제기되고 있다(DeBeer 등, 2024; Freeman 등, 2013). 이러한 위험이 신선식이나 생식 식단이 본질적으로 안전하지 않음을 의미하는 것은 아니지만, 엄격한 안전 관리 시스템, 명확한 표시, 그리고 올바른 취급 지침의 중요성을 강조한다. 규제 및 공중보건 관점에서 볼 때, 안전성은 가공 유형 자체보다는 제조 관리 수준과 공급망 통제에 의해 더 크게 좌우된다(Jobe과 Downs, 2026).

2.7.5. 과학적 근거 기반 안전성 커뮤니케이션

반려동물 영양 분야에서 반복적으로 제기되는 문제는 과학적 근거와 소비자 인식 간의 괴리이다. 안전 사고와 마케팅 중심의 담론은 가공, 첨가물, 전통적 원료에 대한 불신을 증폭시켜 왔으며, 이는 실증적 데이터에 비례하지 않는 경우가 많다(Shoveller 등, 2021). 이러한 간극을 해소하기 위해서는 위험 인식과 실제 측정된 위험을 구분하는 투명하고 근거 중심의 소통이 필요하다(Freeman 등, 2013). 향후 반려동물 식품 안전의 발전은 예방 관리 체계의 지속적 고도화, 오염물질 검출을 위한 분석 기술의 향상, 그리고 디지털 추적 시스템의 통합에 달려 있다. 동시에 과학자, 수의사, 제조사는 품질 주장을 영양 적정성, 안전성, 장기적 건강 결과라는 보다 넓은 틀 속에서 맥락화할 책임이 있다(DeBeer 등, 2024; Shoveller 등, 2021).

2.8. 반려동물 영양에서의 디지털 및 AI 기반 영양 관리

디지털 기술과 인공지능(AI)의 반려동물 영양 분야 도입은 집단 평균에 기반한 급여 전략에서 벗어나, 데이터 기반의 개인 맞춤형 영양 관리로의 패러다임 전환을 의미한다(Arshad 등, 2025; Castillo-Arceo 등, 2024). 센서 기술, 연결성, 계산 분석 역량의 발전은 생리적·행동적·환경적 지표를 지속적으로 모니터링할 수 있게 하였으며, 이를 통해 식이, 건강 상태, 실제 생활 환경에서의 결과를 연계할 수 있는 전례 없는 기회를 제공하고 있다(Zamansky 등, 2021). 전통적으로 반려동물 영양 권장량은 생애 단계, 체중, 품종 평균을 기준으로 한 정적 가이드라인에 의존해 왔다. 이러한 접근은 기본적인 영양 적정성을 확보하는 데에는 효과적이지만, 개체 간 대사 차이, 활동 수준, 건강 상태, 급여 행동의 다양성을 충분히 반영하지 못한다(NRC, 2006). 디지털 및 AI 기반 도구는 동적 평가와 적응형 영양 전략을 가능하게 함으로써 이러한 한계를 보완할 잠재력을 지닌다(Arshad 등, 2025).

2.8.1. 웨어러블 기기와 건강 모니터링

개와 고양이를 위한 웨어러블 기술은 빠르게 확산되고 있으며, 신체 활동량, 심박수, 수면 패턴, 경우에 따라 체온까지 추적할 수 있는 센서를 탑재하고 있다(Castillo-Arceo 등, 2024). 이러한 기기는 연속적인 데이터 흐름을 생성하며, 이를 분석함으로써 기준선에서의 변화를 조기에 감지하고 건강 문제를 조기 인식하여 선제적인 식이 또는 임상적 개입을 가능하게 한다(Arshad 등, 2025). 영양학적 관점에서 활동량과 에너지 소비 데이터는 보다 정밀한 급여 권장량 설정에 활용될 수 있으며, 과잉 급여나 부족 급여의 위험을 줄이는 데 기여한다. 예를 들어, 활동 수준의 변화는 특히 노령 동물이나 질병 회복기 동물에서 열량 섭취량이나 다량영양소 조성 조정의 필요성을 시사할 수 있다(Shoveller 등, 2021). 현재 상용화된 대부분의 기기는 활동 추적에 초점을 맞추고 있으나, 영양 상태와 직접적으로 연관된 추가 생리지표를 통합하려는 연구도 지속적으로 진행 중이다(Castillo-Arceo 등, 2024).

2.8.2. 스마트 급여 시스템과 섭취량 분석

무게 센서, RFID 식별, 통신 기능을 갖춘 스마트 급여 시스템은 다수 반려동물을 보유한 가정이나 연구 환경에서 사료 섭취량을 모니터링할 수 있는 새로운 가능성을 제시하고 있다(Tobie 등, 2015). 이러한 시스템은 식사량, 급여 빈도, 섭취 속도를 정밀하게 측정할 수 있어, 보호자의 주관적 보고를 넘어서는 객관적인 섭취 데이터를 제공한다(Aldrich과 Koppel, 2015). AI 기반 분석과 결합될 경우, 섭취 데이터는 기호성, 포만감, 행동 요인과 연관된 급여 패턴을 식별하는 데 활용될 수 있다. 또한 자동 분량 조절과 개체별 급여 스케줄 설정을 가능하게 하여 체중 관리 및 질환 맞춤형 영양 관리에 기여한다(German, 2006). 특히 이러한 기술은 단기 급여 시험에 의존하지 않고, 장기간에 걸친 식이 개입 효과를 평가할 수 있는 종단적 모니터링을 가능하게 한다(Arshad 등, 2025).

2.8.3. 행동 분석과AI 기반 기호성 평가

기호성 평가 분야의 발전을 바탕으로, AI는 자동화된 행동 분석에도 점차 활용되고 있다. 기계학습 알고리즘은 영상 및 음성 기록을 분석하여 섭식 관련 행동, 안면 표정, 발성 등을 감지함으로써 선호도와 수용성을 객관적으로 평가할 수 있다(Zamansky 등, 2021). 이러한 접근은 관찰자 편향을 줄이고, 다양한 집단을 대상으로 한 대규모 데이터 수집을 가능하게 한다(Calderón 등, 2024). AI 기반 모델은 행동 데이터와 화학적, 관능적, 배합 관련 변수들을 통합하여 기호성 결과를 예측할 수 있다. 이러한 예측 프레임워크는 광범위한 동물 시험 이전에 최적의 원료 조합과 가공 조건을 도출함으로써 제품 개발 속도를 가속화할 잠재력을 지닌다(Calderón 등, 2024; Zamansky 등, 2021). 아직 초기 단계이지만, 이러한 기술은 관능적 수용성을 근거 기반으로 최적화하는 데 중요한 진전을 의미한다.

2.8.4. 영양 의사결정 지원을 위한 디지털 플랫폼

데이터 수집을 넘어, 디지털 플랫폼은 복잡한 정보를 보호자와 수의사가 활용 가능한 의사결정 도구로 전환하는 역할을 점차 확대하고 있다. 모바일 애플리케이션과 클라우드 기반 시스템은 웨어러블 기기, 급여 장치, 건강 기록에서 수집된 데이터를 통합하여 개인 맞춤형 식이 지침을 제공하고, 이행 여부를 추적하며, 잠재적 문제를 조기에 경고할 수 있다(Arshad 등, 2025). 이러한 플랫폼은 원격 수의 상담 및 텔레-영양 서비스도 가능하게 하여 전문적 조언에 대한 접근성을 확대한다. 다만 AI가 생성하는 권장 사항의 정확성과 신뢰성은 데이터 품질, 알고리즘의 투명성, 그리고 임상 결과를 통한 검증에 크게 의존한다. 적절한 감독이 이루어지지 않을 경우, 복잡한 생물학적 상호작용을 과도하게 단순화한 자동화 시스템에 대한 과신 위험이 존재한다(Shoveller 등, 2021).

2.8.5. 과제와 윤리적 고려사항, 향후 전망

디지털 및 AI 기반 반려동물 영양 관리가 지닌 잠재력에도 불구하고, 여러 도전 과제가 존재한다. 대량의 반려동물 및 가정 관련 데이터가 수집·저장됨에 따라 데이터 프라이버시와 소유권 문제가 제기되고 있다(Arshad 등, 2025). 또한 품종, 생애 단계, 건강 상태 전반에 걸친 데이터 형식의 표준화와 알고리즘 검증은 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다(Zamansky 등, 2021). 윤리적 고려는 동물 복지 측면에서도 중요하다. 모니터링의 강화가 반려동물의 편안함이나 자연스러운 행동을 저해해서는 안 된다. 과학적 관점에서 디지털 도구는 엄밀한 영양 연구와 임상적 판단을 대체하기보다는 이를 보완하는 역할을 수행해야 한다(Shoveller 등, 2021). 향후 디지털 영양 관리의 발전은 다중 오믹스 데이터, 고도화된 바이오센서, 실시간 피드백 시스템의 통합을 통해 진정한 개인 맞춤형 영양 전략을 구현하는 방향으로 나아갈 것으로 예상된다. 견고한 과학적 근거와 윤리적 원칙에 기반할 경우, 디지

털 및 AI 기술은 반려동물 영양의 정밀성, 투명성, 그리고 실효성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다(Arshad 등, 2025).

Ⅲ. 결론

반려동물 영양학 분야는 지난 20여 년 동안 빠르게 발전해 왔으며, 단순한 영양소 충족 중심의 접근에서 벗어나 원료 과학, 가공 기술, 기능성 영양, 기호성, 식품 안전, 디지털 혁신을 포괄하는 다차원적 학문 영역으로 확장되었다(Shoveller 등, 2021). 본 종설에서 논의한 바와 같이, 어느 한 요소도 독립적으로 평가될 경우 과도한 단순화나 오해의 위험이 있다. 현대의 반려동물 영양은 원료, 가공, 기능성, 수용성, 안전성이 상호 연결된 하나의 시스템으로 이해되어야 하며, 이들 요소가 함께 실제 건강 결과를 결정한다(Freeman 등, 2013; NRC, 2006). 반려동물 사료 산업과 연구 분야가 직면한 핵심 과제 중 하나는 환원주의적 서사가 여전히 지속되고 있다는 점이다. 원료는 흔히 “좋은 것” 또는“나쁜 것”으로 이분화되고, 가공은 유해하거나 유익한 것으로 단순화되며, 품질 관련 주장 또한 비판적 검토 없이 받아들여지는 경우가 많다. 그러나 과학적 근거는 영양적 결과가 맥락 의존적임을 일관되게 보여준다(Jobe과 Downs, 2026). 예를 들어, 옥수수와 같은 식물성 원료는 적절히 가공될 경우 소화성이 높은 에너지원이자 기능적 이점을 제공할 수 있으며(Corsato Alvarenga 등, 2022), 동물성 부산물은 적절한 원료 관리와 취급이 전제될 경우 영양 밀도가 높고 지속가능한 자원이 될 수 있다(Bou 등, 2025). 곤충 단백질과 같은 신흥 단백질원 역시 영양 품질, 안전성, 지속가능성, 소비자 수용성을 종합적으로 고려한 균형 잡힌 평가의 필요성을 잘 보여준다(Valdés 등, 2022). 가공 기술 역시 유사하게 복합적인 위치를 차지한다. 압출, 레토르트 살균, 최소 가공 방식은 각각 고유한 장점과 한계를 가지며, 영양소 보존성, 소화성, 안전성, 기호성에 미치는 영향은 배합 조성과 공정 관리에 따라 달라진다(Riaz, 2000; Tran 등, 2008). 신선식 및 최소 가공 사료의 인기가 높아지는 현상은 투명성과 자연성에 대한 소비자 요구를 반영하는 동시에, 엄격한 안전 관리와 근거 기반 소통의 중요성을 부각시킨다(Jobe와 Downs, 2026). 따라서 가공은 본질적인 위험 요소가 아니라, 안전성, 영양적 일관성, 기능적 성능을 조화시키는 핵심 도구로 인식되어야 한다(Shoveller 등, 2021). 기능성 원료는 특히 장 건강 지원, 면역 조절, 행동 관리 측면에서 반려동물 건강 증진을 위한 유망한 접근으로 평가된다. 프로바이오틱스, 식물 유래 기능성 물질, 에센셜 오일, 멜라토닌 등은 생물학적으로 타당한 효과를 제시하지만, 그 근거 수준은 종과 적용 분야에 따라 크게 다르다(Karukayil Gopalakrishnan 등, 2025; Ruiz-Cano 등, 2022; Zha 등, 2024). 향후 연구에서는 종 특이적이며, 임상적으로 의미 있는 결과를 적절한 기간 동안 평가하는 정교한 연구 설계가 우선되어야 한다. 또한 기능성 원료는 완전하고 균형 잡힌 영양을 대체하는 것이 아니라 이를 보완하는 요소로 활용되어야 한다(NRC, 2006). 기호성은 영양 과학과 동물 행동을 연결하는 실질적인 제약 요인으로 남아 있다. 관능 분석, 행동 지표, AI 기반 평가의 발전은 단순 섭취량 측정을 넘어 보다 객관적이고 예측 가능한 수용성 모델로의 전환 가능성을 제시한다(Calderón 등, 2024; Zamansky 등, 2021). 그러나 기호성 최적화는 장기적 건강 고려와 신중히 균형을 이루어야 하며, 감각적 매력에 대한 과도한 강조는 과잉 섭취와 대사성 질환을 유발할 수 있다(German, 2006). 식품 안전은 여전히 반려동물 영양의 모든 측면을 지탱하는 근간이다. 과거 대규모 리콜 사례는 안전 관리 실패의 결과를 분명히 보여주었으며, 품질 관련 주장에 대한 체계적 분석은 마케팅 서사와 과학적 근거 간의 괴리를 드러낸다(DeBeer 등, 2024; Jobe와 Downs, 2026). 규제 체계와 예방적 관리 시스템은 견고한 안전 확보 기반을 제공하지만, 소비자의 위험 인식과 실제 위험 수준을 일치시키기 위해서는 효

과적인 소통이 필수적이다(Freeman 등, 2013). 공급망이 점점 더 글로벌화·복잡화됨에 따라, 디지털 추적성과 실시간 모니터링 도구의 통합은 향후 안전 관리 강화를 위한 중요한 수단이 될 것이다(Shoveller 등, 2021). 앞으로 디지털 기술과 인공지능의 통합은 반려동물 영양 분야에 변혁적인 기회를 제공할 것으로 기대된다. 웨어러블 기기, 스마트 급여 시스템, AI 기반 분석은 지속적인 모니터링과 개인 맞춤형 식이 관리를 가능하게 하여, 정밀 영양으로의 전환을 촉진한다(Arshad 등, 2025; Castillo-Arceo 등, 2024). 다만 이러한 기술은 데이터 품질, 알고리즘 검증, 윤리적 고려, 동물 복지에 대한 세심한 주의와 함께 적용되어야 한다. 디지털 도구는 과학적 엄밀성과 전문가 판단을 대체하기보다는 이를 강화하는 방향으로 활용되어야 한다(Shoveller 등, 2021).

결론적으로, 반려동물 영양의 발전은 단순한 구분을 넘어 복합성을 수용하는 시스템 기반, 근거 중심 접근을 요구한다. 원료 과학, 가공 효과, 기능성 영양, 기호성 평가, 식품 안전, 디지털 혁신을 통합함으로써 연구자와 실무자는 개와 고양이의 건강과 복지를 보다 효과적으로 지원할 수 있다. 향후 진전은 학제 간 협력, 투명한 소통, 그리고 엄격한 과학적 탐구에 대한 지속적인 헌신에 달려 있으며, 이를 통해 영양학적 발전이 반려동물과 보호자 모두에게 의미 있고 지속 가능한 혜택으로 이어질 것이다.

반려동물 영양 연구는 최근 데이터 기반 접근과 생명과학 기술의 발전에 따라 새로운 연구 방향으로 확장되고 있다. 특히 반려동물의 유전적 특성, 생리 상태, 생활 환경 등을 고려하여 개별 동물에 맞춘 식이 설계를 수행하는 정밀 맞춤형 영양(precision nutrition) 개념이 점차 중요하게 논의되고 있다. 또한 장내 미생물군(microbiome)이 반려동물의 면역 기능과 대사 건강에 중요한 역할을 한다는 연구가 증가함에 따라, 장내 미생물 조절을 기반으로 한 장내 미생물 기반 식이 전략에 대한 관심도 높아지고 있다. 동시에 환경 지속가능성에 대한 관심이 증가하면서 곤충 단백질, 미세조류, 식물성 단백질 등 친환경 원료의 활용 가능성도 중요한 연구 주제로 부각되고 있다. 더 나아가 인공지능과 데이터 분석 기술을 활용하여 반려동물의 섭취 행동, 건강 상태, 영양 요구량을 분석하는 데이터 기반 영양관리(digital nutrition) 또는 인공지능 기반 급이 관리 시스템(AI-based feeding management system)에 대한 연구도 점차 확대될 것으로 예상된다. 이러한 연구 흐름은 향후 반려동물 영양학이 보다 정밀하고 과학적인 방향으로 발전하는 데 중요한 기반이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업기술정보진흥원(TIPA, Korea)이 지원하는 산학연 콜라보 R&D 사업(RS-2026-25527666)의 지원을 받아 수행되었습니다. 본 결과물은 또한 2025년도 교육부 및 강원특별자치도의 재원으로 강원RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 의 결과입니다(2025-RISE-10-002).

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Jung-Whan Chon
https://orcid.org/0000-0003-0758-6115
Kun-Ho Seo
https://orcid.org/0000-0001-5720-0538
Hyun-Ju Kim
https://orcid.org/0009-0005-7784-6121
Hyeon A Jung
https://orcid.org/0000-0003-2386-3119

Kwang-Young Song
https://orcid.org/0000-0002-5619-8381

참고문헌

Aldrich GC, Koppel K. Pet food palatability evaluation: A review of standard assay techniques and interpretation of results with a primary focus on limitations. Animals (Basel), 5, 43-55 (2015)

Arshad MF, Ahmed F, Nonnis F, Tamponi C, Scala A, Varcasia A. Artificial intelligence and companion animals: Perspectives on digital healthcare for dogs, cats, and pet ownership. Res Vet Sci, 193, 105776 (2025)

Bosch G, Hagen-Plantinga EA, Hendriks WH. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition? Br J Nutr, 113, S40-S54 (2015)

Bosch G, Zhang S, Oonincx DGAB, Hendriks WH. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. J Nutr Sci, 3, e29 (2014)

Bou R, Pinotti L, Zeugolis D, Watigny A, Álvarez C. Advancing the valorisation of meat co-products in food, pet food, and biomedicine applications. Waste Manag, 204, 114948 (2025)

Calderón N, White BL, Seo HS. Measuring palatability of pet food products: Sensory components, evaluations, challenges, and opportunities. J Food Sci, 89, 8175-8196 (2024)

Caponio F, Piga A, Poiana M. Valorization of food processing by-products. Foods, 11, 3246 (2022)

Castillo-Arceo OE, Renteria-Flores RU, Santana-Mancilla PC. Design and development of a smart pet feeder with IoT and deep learning. Eng Proc, 82, 63 (2024)

Corsato Alvarenga I, Dainton AN, Aldrich CG. A review: Nutrition and process attributes of corn in pet foods. Crit Rev Food Sci Nutr, 62, 8567-8576 (2022)

Corsato Alvarenga I, Lierz R, Chen Y, Lu A, Lu N, Aldrich CG. Processing of corn-based dog foods through pelleting, baking and extrusion and their effect on apparent total tract digestibility and colonic health of adult dogs. J Anim Sci, 102, skae067 (2024)

DeBeer J, Finke M, Maxfield A, Osgood AM, Baumgartel DM, Blickem ER. A review of pet food recalls from 2003 through 2022. J Food Prot, 87, 100199 (2024)

WHO/FAO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series No. 935. World Health Organization, Geneva, Switzerland (2007)

Forbes SL, Trafford S, Surie M. Pet Humanisation: What is it and does it influence purchasing behaviour? J Dairy Vet Sci, 5, 555659 (2018)

Frankič T, Voljč M, Salobir J, Rezar V. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. Acta Agric Slov, 94, 95-102 (2009)

Freeman LM, Chandler ML, Hamper BA, Weeth LP. Current knowledge about the risks and benefits of raw meat-based diets for dogs and cats. J Am Vet Med Assoc, 243, 1549-1558 (2013)

German AJ. The growing problem of obesity in dogs and cats. J Nutr, 136, 1940S-1946S (2006)

Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. J Food Sci Technol, 49, 278-293 (2012)

Jobe MT, Downs KM. Systematic review and meta-analysis of quality claims associated with fresh pet food: Evaluating scientific evidence for additives, ingredient quality, and effects of processing in pet nutrition. Animals (Basel), 16, 41 (2026)

Karukayil Gopalakrishnan N, Pappuswamy M, Meganathan G, Shanmugam S, Pushparaj K, Balasubramanian B, Kim IH. Influence of probiotic administration in canine feed: A comprehensive review. Vet Sci, 12, 449 (2025)

National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Dogs and Cats. Washington, DC: National Academies Press (2006)

Reiter RJ, Mayo JC, Tan DX, Sainz RM, Alatorre-Jimenez M, Qin L. Melatonin as an antioxidant: Under promises but over delivers. J Pineal Res, 61,

253-278 (2016)
Riaz MN. Extruders in food applications. 1st ed. CRC Press, Florida, USA (2000)
Rogues J, Csoltova E, Larose-Forges C, Mehinagic E. 16 - Sensory evaluation of pet food products. In: Nonfood Sensory Practices, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, p 313-329 (2022)
Ruiz-Cano D, Sánchez-Carrasco G, El-Mihyaoui A, Arnao MB. Essential oils and melatonin as functional ingredients in dogs. Animals (Basel), 12, 2089 (2022)
Schleicher M, Cash SB, Freeman LM. Determinants of pet food purchasing decisions. Can Vet J, 60, 644-650 (2019)
Shoveller AK, Bosch G, Trevizan L, Wakshlag JJ, Columbus DA. Editorial: Nutrition and management of animals we keep as companions. Front Vet Sci, 8, 748776 (2021)
Suchodolski JS. Diagnosis and interpretation of intestinal dysbiosis in dogs and cats. Vet J, 215, 30-37 (2016)
Tobie C, Péron F, Larose C. Assessing food preferences in dogs and cats: A review of the current methods. Animals (Basel), 5, 126-137 (2015)
Tran QD, Hendriks WH, van der Poel AF. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. J Sci Food Agric, 88, 1487-1493 (2008)
Valdés F, Villanueva V, Durán E, Campos F, Avendaño C, Sánchez M, Domingoz-Araujo C, Valenzuela C. Insects as feed for companion and exotic pets: A current trend. Animals (Basel), 12, 1450 (2022)
Verlinden A, Hesta M, Millet S, Janssens GP. Food allergy in dogs and cats: a review. Crit Rev Food Sci Nutr, 46, 259-273 (2006)
Vitale Shreve KR, Udell MA. What's inside your cat's head? A review of cat (*Felis silvestriscatus*) cognition research past, present and future. Anim Cogn, 18, 1195-206 (2015)
Zamansky A, Sinitca A, van der Linden D, Kaplun D. Automatic animal behavior analysis: Opportunities for combining knowledge representation with machine learning. Procedia Comput Sci, 186, 661-668 (2021)
Zha M, Zhu S, Chen Y. Probiotics and cat health: A review of progress and prospects. Microorganisms, 12, 1080 (2024)