Curr. Top. Lact. Acid Bact. Probiotics 2024;10(2):63-74
https://doi.org/10.35732/ctlabp.2024.10.2.63
ISSN 2287-853X

Review Article

반려동물과 프로바이오틱스

조석철

서원대학교 식품공학과

Companion Animals and Probiotics

Seok-Cheol Cho

Department of Food Science & Engineering, Seowon University, Cheongju 28674, Republic of Korea.

Received: Dec. 12, 2024
Revised: Dec. 24, 2024
Accepted: Dec. 24, 2024

*Corresponding author :
Department of Food Science & Engineering, Seowon University, Cheongju 28674, Republic of Korea.
Tel: +82-43-299-8642
E-mail: cscho@seowon.ac.kr

ORCID
Seok-Cheol Cho
https://orcid.org/0000-0001-7546-5089

Abstract

Companion animals, which help people in various aspects, are a part of the family and the market related to companion animals is expanding to all industries. Among them, pet food is growing both domestically and globally, focusing on advanced feed and functional supplements. With human and pet food becoming increasingly vigilant, probiotics, which have become common as raw materials for health functional foods, are being applied as pet food and supplements. In the field of probiotics research, where research on human digestive health, strengthening immunity, and improving mental health continues, it is similarly applied to companion animals, and by controlling the intestinal flora, it is showing effects such as alleviating joint inflammation, stabilizing bowel patterns, reducing smell, preventing skin diseases, and relieving stress responses, especially solving problems that are diversified with aging. In the research and development of probiotics for companion animals after resistance, species-specific design taking into account differences in digestive and intestinal environments, and interactions with specific health problems and diets of companion animals should be continuously considered.

Keywords

companion animals, pet food, probiotics, functional supplements

서 론

반려동물이라는 말은 우리나라에서는 1980년대 말에 사용되기 시작하여 지금은 애완동물을 대신하는 보편적인 단어가 되고 있다. 우리나라에서 반려동물의 범주는 국내 동물보호법(제32조 제1호)상 가정에서 반려의 목적으로 사육하는 개, 고양이, 토끼, 페럿, 기니피그, 햄스터가 포함되나 2022년 동물보호에 대한 국민의식조사 결과 반려동물 양육가구의 75.6%가 개를, 27.7%가 고양이를 키우고 있어(1) 대부분의 가정이 개와 고양이를 반려동물로 키우고 있는 것으로 집계되었다. 2020년 기준으로 전체 가구 중 반려동물을 키우는 가구는 312만 9000가구로 전체의 15% 수준이며 고양이의 성향이 더 독립적이고 강아지보다 손이 적게 간다는 인식으로 인하여 2,30 대에서는 고양이를 키우는 비중이 높게 나타났다(2).

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © Korean Society for Lactic Acid Bacteria and probiotics

반려동물은 사람들에게 다양한 측면에서 도움을 주고 있는데 반려동물은 키우는 사람들에게 심리적 안정감을 준다(3). 개나 고양이 같은 반려동물과의 교감은 스트레스 호르몬인 코티솔 수치를 낮추고 옥시토신을 분비하여 행복감을 증가시키며 우울증 환자들의 증상이 완화되는 사례도 보고되었다(4). 반려견과의 산책은 사회적 네트워크의 확대는 물론 신체활동의 증가를 통하여 신체건강을 개선하는 효과도 있어 심혈관질환의 발병위험을 낮춘다(5, 6, 7). 어린아이와 노인들에게 반려동물이 주는 효과는 더욱 긍정적인 요소로 작용하여 어린이는 반려동물과의 상호작용을 통하여 공감능력과 책임감을 배우며(8) 노인들에게는 치매의 초기증상을 완화시키는 순기능이 있다(9). 또한 동물 매개 치료(animal-assisted therapy)는 신체적, 정서적 회복을 지원하는 방법으로, 치료견과의 상호작용은 정신 질환 환자나 장애인들의 재활 효과를 높이는데 도움을 주며(10), PTSD(외상 후 스트레스 장애)를 앓고 있는 환자들이 반려동물을 통해 정서적 안정감을 얻는 사례가 증가하고 있다(11). 이와 같이 반려동물은 단순히 동물이 아닌 인간의 동반자로서 정서적, 신체적, 사회적 웰빙에 큰 영향을 미치고 있으며 특히 심리적 안정감과 사회적 관계 개선, 신체 건강 증진, 그리고 재활치료에서의 긍정적인 역할로 인하여 현대 사회에서 반려동물의 가치는 더욱 강조되고 있다.

이와 같이 반려동물에 대한 순기능이 밝혀지면서 2018년 삼정KPMG에서 발간된 “펫코노미 시대, 펫 비즈니스 트랜드에 대한 연구보고서”는 반려동물 관련 시장의 중요성을 소개한다. 보고서에 따르면 반려동물을 의미하는 펫(pet)과 경제를 의미하는 이코노미(economy)의 합성인 펫코노미(petconomy)는 반려동물과 연관된 다양한 생산 및 소비활동을 뜻하며, 반려동물의 사료는 물론 펫택시, 펫헬스케어, 반려동물을 위한 장례서비스 및 IT 결합상품 등 신규서비스가 지속적으로 생산되고 있다(12). 펫코노미의 시대에 펫과 관련된 다양한 비즈니스는 전세계적으로 반려동물에 대한 애정과 관심으로 지속적으로 성장하고 있으며 대표적으로 펫푸드산업을 들 수 있다.

사람과 펫이 섭취하는 식품원료의 경계가 사라지는 시대에 반려동물과 관련된 산업을 살펴보고 동시에 건강기능성 식품 원료로 보편화된 프로바이오틱스의 반려동물을 위한 적용사례를 검토해봄으로써 반려동물용 프로바이오틱스를 개발하는 연구자들에게 도움을 주고자 한다.

반려동물 관련 시장

펫을 인간으로 대체하는 개념인 펫휴머나이제이션(pet humanization, 인간화)현상은 펫푸드 시장에서의 고급화 및 가족에게 아낌없이 지갑을 여는 기조확산으로도 설명된다(13). 대한민국에서 반려동물을 기르는 ‘반려가구’는 2022년 말 552만 가구로 2020년 532만 가구 대비 약 2.8% 증가하였으며 이는 전체 가구의 25.7%에 해당한다(14). 향후 1인 가구와 저출산에 따르는 고령화 추세가 지속되면서 반려가구는 증가할 것이며 이에 따라 반려동물과 관련된 시장규모 또한 확대될 것이다. 그 중 가장 많은 비중을 차지하는 반려동물 식품시장은 2020년 기준으로 약 1조 2650억원 규모로 집계되는데(15), 이는 2015년의 반려가구 비율이 21.8%이고 2014년 동물사료와 간식시장이 4,841억원이었던 것과 비교하면 가파르게 상승하는 규모를 확인할 수 있다(16, 17). 국내의 반려동물 식품시장은 웰빙, 유기농, 천연성분 등을 사용한 고급사료와 간식의 수요가 증가하고 있으며 국내 산업이 고급화의 요구를 만족시키지 못하고 있어 시장의 58%를 다국적기업에서 만든 고급사료가 차지하고 있다. 고급사료는 곡류 무첨가 제품 및 생식, 동결건조 공정으로 제조된 고급원료를 사용한 제품 및 기능성 및 안전성 등에 대한 소비자의 욕구를 충족시키고 있다(18).

미국의 반려동물 산업은 2020년 약 1,036억 달러의 시장을 형성하고 그 중 사료와 간식이 41%를 차지하고 있으며 일본은 전체가구의 약 27%가 반려동물을 키우며 소형견 및 기능성 사료의 수요가 증가하고 있다. 중국의 반려동물 산업규모는 2021년 2,490억 위안(340억 달러)으로 미국시장의 1/3 수준이나 고급 및 천연 제품에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있다(19, 20). 따라서 반려동물 관련 시장, 그 중에서도 반려동물 사료시장은 전세계적으로 성장하고 있어 2023년 기준, 글로벌 시장 규모는 약 1,209억 달러로 평가되며, 2032년까지 연평균 성장률(CAGR) 5.45%로 성장하여 1,936억 5천만 달러에 이를 것으로 예상된다(21).

프리미엄 사료

반려동물 사료 시장의 성장세에 맞추어 프리미엄제품의 상품화가 보편화되고 있다. 반려동물을 양육하는 소비자의 68%가 가격보다 품질을 우선시하며(22) 고령 반려동물을 위한 수요가 증가함에 따라 고급화된 기능성 사료가 필요해지기 때문이다(23). 반려동물을 가족구성원으로 여기는 인식변화에 따라 반려동물의 건강에 대한 관심이 지속적으로 높아져 반려동물의 고급화된 프리미엄 사료 시장은 글로벌 사료 시장의 40%를 차지한다(20). 프리미엄 사료는 일반 사료와 차별화를 위하여 다양한 기능성을 중심으로 개발되고 있다. 그 중 대표적인 것이 반려동물과 함께하는 기간이 길어지면서 발생하는 고령화에 따르는 문제를 해결하려는 프리미엄 사료의 개발이다. 글루코사민과 콘드로이친이 첨가된 사료가 퇴행성 관절질환을 가진 고령 반려견을 대상으로 관절기능 개선과 통증감소 효

과를 나타냈으며(24) 골관절염이 있는 개들에게는 연골대사를 개선하는 효과를 보였다(25). 또한 인지기능 저하가 흔히 발생하는 고령반려동물에게 EPA나 DHA와 같은 오메가-3 지방산은 신경보호 효과를 제공하여 중추 신경계의 염증을 줄이고 학습 및 기억 능력을 개선하는 데 효과적으로, 고령의 비글견에게 오메가-3 지방산이 풍부한 식단의 제공을 통해 학습능력과 기억력이 향상되었고(26) 중쇄트리글리세라이드와 어유를 포함한 식이 보충제는 고령견의 학습능력과 기억력을 향상시켰다(27).

소화기 건강은 모든 연령대의 반려동물의 전반적인 건강에 중요한 영향을 미친다. 프리바이오틱스와 프로바이오틱스는 장내 미생물 환경을 개선하고 면역력을 강화하는데 효과적이었으며 설사 및 변비와 같은 문제를 완화하는데 유익한 역할을 한다. 프로바이오틱스의 생육에 유리한 프락토올리고당과 만난올리고당은 면역력을 강화하고 장내 세균의 균형을 유지하는 데 효과적이다(28). 반려동물의 건강은 물론 외모에도 중요한 프리미엄 사료에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 가려움증을 앓는 개들에게 EPA가 풍부한 어유를 보충제로 사용하여 피부염증 및 가려움증을 감소시킴으로써 피부윤기와 촉감을 개선시켰으며(29) 오메가-3 지방산을 섭취한 개들은 혈중 면역세포의 활성화로 염증반응은 감소하고 피부 질환 예방에 긍정적인 효과를 나타내었다(30).

이러한 추세에 부응하며 세계적인 대기업에서도 반려동물의 영양요구를 충족시키기 위한 노력으로 혁신적인 성분개발, 맞춤형 영양솔루션 및 지속가능한 원료를 사용한 사료를 통해 반려동물의 건강과 영양에 대한 혁신을 진행한다고 하였으며(31) 유럽 반려동물 사료 산업의 표준을 설정하는 유럽펫푸드산업연합(European Pet Food Industry Federation, FEDIAF)는 개와 고양이를 위한 완전 및 보충 사료의 영양 기준을 상세히 제공함으로써 제조업체들이 안전하고 영양적으로 균형 잡힌 사료를 생산할 수 있도록 가이드라인을 제시하고 있다(32). 식품의약품안전처에서 제공되는 건강기능성 식품 및 기능성 원료에 대한 다양한 가이드라인 수준의 내용이 부족한 반려동물에게 기능성 사료의 신중한 접근이 필요할 수도 있다. 반려동물의 질병의 종류 및 신체상태는 물론 영양 및 건강상태도 확인하여야 어유의 사용량을 정할 수 있으며(33) 개나 고양이에서 과도한 오메가-3 지방산 보충은 잠재적인 부작용이 있어 혈소판 기능 변화, 위장관 부작용, 상처치유 지연 등의 부작용을 유발할 수 있다고 한다(34). 국내에서는 2024년에 들어서야 국내 실정에 맞는 반려동물 사료 영양표준을 발표한 수준이다(35). 따라서 기능성 프리미엄 사료의 선택은 다양한 정보를 바탕으로 진행되어야 할 것이다.

반려동물용 보충제

사료의 고급화와 함께 반려동물용 보충제 시장도 확장되고 있다. 1996년부터 2012년까지 반려동물 제품에 대한 소비는 60% 증가하였는데 이는 반려동물과 관련된 지출이 중요한 소비 카테고리가 됨을 보여준다(36). 2023년의 세계 반려동물 보충제 시장 규모는 약 24.9억 달러로 추정되며, 2024년부터 2030년까지 연평균 5.9%의 성장률(CAGR)을 기록할 것으로 전망된다. 이러한 성장은 면역력 강화, 심장건강 개선 등 기능성 보충제의 인기 및 새롭게는 항스트레스 및 항불안 효과, 피부 건강 개선 성분인 어유와 비오틴 등이 포함된 보충제 시장의 확장에 기인한다. 제품 유형별로는 일반 판매(OTC) 보충제가 시장의 86.6%를 차지하며 주요 소비 형태로 자리 잡고 있으나 특정 건강 문제를 해결하기 위한 처방 보충제의 빠른 성장이 예상된다(37). 미국은 전 가정의 67%가 반려동물을 키우며 사료, 간식, 의료 등의 항목에 대한 지출이 증가하여 2020년 기준으로 가구당 1,500 달러에 이르며(38) 중국은 급속한 도시화와 경제발전으로 반려동물 가구의 증가와 함께 중소형견과 반려묘의 인기가 오르며 특히 반려묘가 반려견의 숫자를 상회하는 현상과 함께 프리미엄 사료 및 보충제에 대한 수요가 증가하고 있다(39). 인도 역시 팬데믹 이후 사회적 고립감 해소를 위한 반려동물 입양률이 급증하여 대도시 중심으로 윤리적 입양이 활성화되며 반려동물 보충제 수요가 증가하고(40). 유럽에서는 반려동물 복지와 입양 문화가 확산되며 시장 성장을 뒷받침하고 있다(41). 이러한 상황을 종합해볼 때 세계적으로 반려동물용 프리미엄 사료 및 보충제 시장은 계속 성장할 것이다.

프로바이오틱스 최신 연구 동향

반려동물과 인간의 식품원료의 경계가 점차 사라지는 상황에서 건강 기능성 식품의 원료로 보편화된 프로바이오틱스에 대한 연구는 다양하게 진행되고 있다(Table 1). 향후 주목받을 프로바이오틱스 중 하나로 평가되고 장 점액층에 서식하며 장내 미생물의 약 1~4%를 차지하는 절대 혐기성 그람 음성균인 *Akkermansia muciniphila*는 비만 및 대사 증후군 치료에 유망한 차세대 프로바이오틱스로 평가되며 세포에서 추출된 외막 단백질과 세포외소포(EV)는 장 점막 강화와 대사 장애 치료에 효과가 있는 것으로 확인되었으며(42), 고지방 식이로 유도된 비만 마우스의 체중과 지방량을 유의하게 감소시켰다(43), *Faecalibacterium prausnitzii*는 건강한 장내 미생물의 약 5%를 구성하며, butyrate를 생성하여 염증성 장질환(inflammatory bowel disease, IBD), 과민성 대장 증후군(irritable bowel syndrome, IBS), 당뇨병 등의 면역 조절 치료에 기여할 수 있는 프로바이오틱스로 간주된다(44, 45). 면역체계와

Table 1. Latest trends in probiotics research

Research area	Strain	Effect	Ref.
Treatment of obesity and metabolic syndrome	*Akkermansia muciniphila* (Resides in the mucus layer of the intestine and accounts for about 1-4% of gut microbiota)	- Outer membrane proteins and extracellular vesicles (EVs) enhance intestinal barrier function and treat metabolic disorders - Significantly reducing body weight and fat mass	(42, 43)
Immune regulation for IBD, IBS, and diabetes	*Faecalibacterium prausnitzii* (Accounts for about 5% of gut microbiota)	- Produces butyrate and contributes to immune regulation therapies	(44, 45)
Respiratory infection treatment	*Lactobacillus* & *Bifidobacterium*	- Promotes IgA secretion to strengthen mucosal immunity - Regulates gut and lung microbiota	(46)
Gut-brain axis research	*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*	- Contributes to relieving stress, depression, and anxiety - Effective in alleviating depression	(47)
Skin diseases	*Bifidobacterium breve, Lactobacillus casei, Lactobacillus acidophilus*	- Anti-inflammatory effects on acne and atopic dermatitis-strengthens skin barrier and reduces inflammation levels	(48)
Reduction of antibiotic side effects	*Saccharomyces boulardii*	- Reduces antibiotic-associated diarrhea by over 50% - More effective in children	(49)

관련되어 폐와 장의 미생물군은 혈액과 대사산물을 통해 양방향 소통하면서 면역조절과 염증반응에 영향을 미치는데 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium* 균주는 IgA 분비를 촉진하여 점막 면역을 강화하여 장 및 폐 미생물군을 조절하고 이들 미생물 군의 상호작용을 통한 특정미생물의 변화는 호흡기 감염치료에 효과가 있다는 결과도 발표되었다(46). 이렇게 프로바이오틱스의 전통적인 장관 건강 또는 이에 따르는 면역력 증강의 효과 이외에도 장-뇌 축(gut-brain axis)에 긍정적인 영향을 미쳐 스트레스, 우울증, 불안 완화에 기여한다는 결과도 지속적으로 발표되고 있다. 우울증, 불안 또는 두 증상을 동시에 보유한 사람을 대상으로 한 총 34개의 무작위 대조 시험의 메타분석 결과 *Lactobacillus* 속과 *Bifidobacterium* 속의 특정 균주가 우울 및 불안 증상을 유의미하게 감소시켰으며 복합균주 혼합체가 더 큰 효과를 나타내어 균주 특이적인 결과를 보였다(47). 프로바이오틱스의 염증성 피부 질환(예: 여드름, 아토피)에 대한 효능도 입증되고 있다. 대표적인 프로바이오틱스인 *Bifidobacterium breve, Lactobacillus casei, Lactobacillus acidophilus*를 이용한 장내 유익균의 증가는 사이토카인의 분비를 감소시키고 항염증 작용과 함께 피부장벽을 강화하여 여드름 병변 수와 염증수준을 낮추었으며(48) 항생제의 부작용으로 발생하는 설사를 *Saccharomyces boulardii*의 사용으로 심각한 부작용 없이 50% 이상 감소시켰으며 특히 어린이에서 더 두드러진 효과를 보였다(49). 이렇게 프로바이오틱스는 장내 환경을 최적화하여 소화기 건강, 면역 강화, 정신건강 개선, 피부질환 완화 등 다양한 방법으로 인체에 긍정적인 영향을 미치며 최근 뇌-장 축과 관련된 연구들은 정신건강에 다양하게 기여함을 확인시키고 있다.

소화기관의 비교

프로바이오틱스에 대한 연구는 새로운 효능이 밝혀지거나 기존의 효능을 과학적으로 증명하는 분야에서 지속되고 있으며 펫휴머나이제이션 시대에 프로바이오틱스는 반려동물을 대상으로도 인간과 유사한 분야에서 적용되고 있다. 물론 인간과 반려동물의 소화기 구조와 장내 세균은 차이가 있다. 장내 미생물군은 숙주의 소화와 건강에 중요한 영향을 미치는 생태계로 개와 고양이는 인간과 비교하여 소화기 구조와 장내 미생물군에서 명확한 차이를 보이며, 이러한 차이는 각 종의 진화적 배경, 식습관, 생리적 특성에 의해 형성된다(50). 개와 고양이의 소화기 구조는 인간과 비교해 단백질과 지방 소화에 특화된 특징을 가지고 있으며 인간의 위는 공복 상태에서 pH 1.5~2를 유지하지만, 음식 섭취 후에는 pH 2.0~3.5로 약간 상승하여 단백질 분해 효소(펩신)가 활성화되는 반면, 개와 고양이는 식후에도 pH 2.0 정도의 강한 산성을 유지하여 단백질을 효과적으로 분해할 수 있는데 이는 육식성 동물로서 부패한 고기를 섭취할 확률이 높은 상황에서 섭취물을 안전하게 소화할 수 있도록 진화한 결과이다. 특히 엄격한 육식동물인 고양이는 식후에도 pH 2.0 이하의 낮은 산도를 유지한다(51, 55). 개와 고양이의 낮은 산도는 살모넬라, 대장균 증의 병원균을 효과적으로 제거할 수 있고 소화효소의 활성화를 극대화한다(53, 54).

인간의 소장은 약 6~7 m로 다양한 영양소를 흡수할 수 있도록 최적화되어 있는 반면, 개의 소장은 약 3~4 m, 고양이는 약 1.5~2 m로 인간보다 짧으며 길이가 짧아질수록 탄수화물보다는 동물성 단백질과 지방의 소화와 흡수에 유리한 구조를 가지고 있다(52, 56). 대장의 경우, 인간은 약 1.5 m로 수분 흡수와 장내 미생물

발효를 통해 추가적인 영양소를 흡수할 수 있으나 개와 고양이의 대장은 각각 약 0.6, 0.4 m로 짧아 발효 과정이 제한적이고 주로 수분 흡수와 대변 형성에 집중되는 것을 알 수 있다(50).

장내 미생물군의 차이

소화기 구조의 차이와 함께 장내미생물 군을 비교하면 인간의 장내 미생물군은 약 100조 개의 미생물로 구성되며, 주로 Bacteroides와 Firmicutes 문(phylum Firmicutes)이 우세하게 차지하고 있다. 이들은 소화, 면역 조절, 비타민 합성, 병원균 억제 등 다양한 역할을 수행하며 두 문의 균형은 건강상태에 좌우된다(57). 개는 인간과 유사한 미생물군을 가지지만, 육식성 식단에 적응하여 단백질과 지방 소화에 특화된 미생물이 많다. 고양이보다는 인간의 장내 미생물군과 유사한데 주요 미생물군은 Firmicutes와 Bacteroides이며, 식단 변화에 빠르게 적응하는 특성을 보인다(58). 고양이는 순수 육식성 식단에 적응한 장내 미생물군을 가지고 있으며, Firmicutes와 Proteobacteria가 주요 문으로 나타나는데 이들의 미생물군은 단백질과 지방 소화에 특화되어 있으며, 섬유질 소화는 제한적인 특징이 있다. 개와 고양이의 장내 미생물 군집은 10개 이상의 세균 문으로 구성되며, 주로 Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria, Actinobacteria 등이 전체 미생물의 99% 이상을 차지하며(59, 62), 인간과 유사하게 장내 미생물은 병원균 방어, 소화 보조, 영양소 합성, 면역 시스템 자극에 중요한 역할을 한다(60, 61).

고양이의 장내 미생물군은 개보다 제한적이고 균일한 분포를 보이는데 이는 고양이가 육식 동물로서 고단백 식단을 선호하기 때문이며, 식단의 섬유질 함량이 낮기 때문이다. 개는 잡식성 식단을 가지고 있어 더 다양한 장내 세균과 곰팡이 군집을 보이는데 특히 섬유질을 분해하는 박테리아의 비율이 고양이보다 높다. 고양이의 장내 균총은 단백질 대사 및 단쇄 지방산(SCFAs)의 생성에 중점을 두지만 개의 장내균총은 섬유질 분해와 다양한 대사 경로를 지원하여 식이 변화에 더 잘 적응하는 형태로 개와 고양이의 장내 미생물군은 식단 변화, 항생제 사용, 프로바이오틱스 투여에 따라 다르게 반응할 수 있다(62). 상대적으로 단순한 장내 생태계를 갖는 고양이는 미생물 균형이 깨질 경우 건강에 더 큰 영향을 받을 가능성이 높고 장내 미생물의 구성 변화는 개와 고양이의 염증성 장질환(IBD)과 같은 만성 질환의 병리학적 요인으로 확인되었다(63, 64). 개와 고양이의 장내 균총은 조절이 가능한데 사료로 제공되는 섬유질 종류에 따라 고양이의 장내 균총은 변화하여 장 건강유지에 필수적인 단쇄지방산 생산을 유도하는데 이는 Firmicutes와 같은 균주의 발효 활동을 통해 이루어진다(65). 비트펄프를 포함한 식이섬유의 급이가 고양이의 장내 미생물의 다양성을 증가시키고 단쇄 지방산의 생성을 촉진하여 장내환경을 개선하고(66) 사료를 통한 프럭토올리고당과 이눌린의 섭취는 대변 내의 단쇄지방산과 부티르산의 농도 증가와 함께 *Bifidobacterium* spp.와 *Lactobacillus* spp.를 증가시키고 *Clostridium perfringens* 등의 병원성 세균은 감소시킴으로써 장내 환경을 변화시켰으며(67) 펙틴과 프럭토올리고당은 셀룰로오스와 비교하여 대변 내 단쇄지방산의 농도를 증가시키고 부드러운 대변을 유도하였으며 프럭토올리고당은 *Bifidobacterium* spp.의 농도 증가와 함께 *Escherichia coli*의 농도는 감소시켰다. 펙틴의 경우는 *Lactobacillus* spp. 와 함께 *Clostridium perfringens*와 *E. coli* 농도도 증가시켰다(68).

개의 장내 미생물은 Firmicutes, Bacteroidetes, Fusobacteria가 지배적으로 섬유질발효, 단백질대사, 병원체방어 단쇄지방산 생성에 핵심적인 역할을 하는데 식이에 따라 균총이 변한다(69, 70). 고단백 저탄수화물 식단은 *Fusobacterium*과 같은 단백질 기반 미생물을 증가시켜 부티르산을 생성해 장점막 재생을 지원하며 고섬유질 식단은 Bacteroides, Prevotella, *Faecalibacterium*과 같은 단쇄지방산 생성 균주의 농도를 증가시키는 반면 생식식단은 장내 미생물의 다양성을 증가시켰으나 일부 병원성 세균 비율도 증가하였다(71). 육류, 채소, 곡물 등의 자연식과 상업용 건식사료를 건강한 개에게 제공한 경우, 두 그룹 모두 Firmicutes, Proteobacteria, Actinobacteria가 주요 미생물 문(phyla)으로 나타났으나, 자연식 그룹에서 미생물 다양성이 더 높고, *Bifidobacterium*과 *Lactobacillus* 같은 유익균의 비율과 단쇄지방산을 생성하는 *Faecalibacterium*과 *Clostridium*이 더 풍부해 장 건강에 긍정적인 영향을 미쳤으나 상업용 사료 그룹에서는 병원성 세균의 비율이 증가했으며 미생물 다양성이 낮고 아민 및 황화합물이 더 많이 생성되어 잠재적으로 장내 환경에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 제기되었다(72).

육아종성 대장염을 앓는 복서견의 대장점막에서는 *E. coli*의 과잉증식이 관찰되었으며, 전반적인 미생물 다양성이 감소하였으나 항생제 치료 후 장내미생물 다양성을 회복하였다(73). 복서견의 염증성 장질환은 특정 유전적 요인과 연관되어 있어 장내 미생물군의 불균형과 병원성 대장균의 침투 및 증식이 발생하는 반면 건강한 복서견의 장내 미생물 군집은 다양성이 높고 균형이 잘 유지되는 것으로 나타났다(74).

프로바이오틱스의 반려동물 적용사례

반려동물의 장내 미생물은 건강 유지와 질병 예방에 중요한 역할을 하며 장내 미생물의 불균형은 다양한 질병의 원인이 된다. 이를 개선하기 위한 다양한 프로바이오틱스가 반려동물에게 적용되고 있

다(Table 2) *Bifidobacterium animalis* AHC7은 급성 설사를 완화하는데 효과적으로 유해균의 증식을 억제하고 장내 염증을 줄였으며(75) *Bacillus subtilis*와 *Bacillus licheniformis*는 개의 분변에서 단백질 대사산물의 양을 줄이고 분변의 냄새를 감소시키는 역할을 하였다(76). 개에게 상업용 건식사료와 함께 *Lactobacillus* spp.와 *Bifidobacterium* spp.를 제공한 결과, 유익균(*Bifidobacterium, Lactobacillus*) 비율이 유의미하게 증가하고 병원성 세균(*Clostridium perfringens*) 비율은 감소했으며 장내 환경 개선에 중요한 아세트산, 부티르산 및 항염증성 사이토카인(IL-10)의 농도는 증가하고 염증성 사이토카인(IL-6, TNF-α) 농도는 감소하였다(77). 이러한 장내 환경의 변화는 배변 패턴의 안정화 및 배변 냄새 개선으로 이어져 반려동물의 배변 관련 문제를 겪고 있는 보호자들에게 중요하게 평가된다. 반려견 집단에 *Enterococcus faecium*을 투여한 결과도 유사하게 나타나, 프로바이오틱스가 영양소 소화율을 높이고, 결과적으로 소화기능을 전반적으로 개선시킨다는 점을 확인했다(78).

프로바이오틱스가 반려동물의 면역체계 강화에 미치는 긍정적 효과는 다수의 연구에서 입증되었다. 특히, 면역력이 약한 어린 반려동물이나 노령 반려동물에서 프로바이오틱스는 감염 질환 예방에 효과적인 보조제로 활용될 가능성이 크다. 노령 반려견의 면역력 증진을 목표로 한 연구에서, 특정 프로바이오틱스 혼합물이 염증성 반응을 감소시키고 면역 조절을 지원한다는 결과가 발표하였다(84). 최근 연구는 프로바이오틱스가 장-뇌 축(gut-brain axis)을 조절하여 반려동물의 행동 및 건강에 부정적인 영향을 미치는 스트레스 반응을 완화할 수 있다는 가능성을 제시한다. 스트레스 반응이 높은 반려묘에게 *Bifidobacterium* spp.를 투여한 결과, 불안으로 인한 과도한 그루밍과 공격성이 감소하고, 반려묘의 전반적인 기분 상태가 안정화된 것으로 평가되었다. 뿐만 아니라 장내 미생물이 스트레스 호르몬인 코티솔(cortisol) 분비를 조절할 수 있다는 점에서, 프로바이오틱스는 특히 예민한 반려동물에게 효과적인 보조 수단이 될 수 있다(81).

반려동물의 피부건강 역시 반려동물을 키우는 사람들에게 중요한 측면이 된다는 점에서 프로바이오틱스의 아토피성 피부염과 같은 염증성 피부 질환에 대한 긍정적인 효과를 주목할 수 있다. 프로바이오틱스를 투여한 아토피성 피부염 환견의 발진 및 가려움증이 유의미하게 감소했는데 이는 장내 유익균이 염증 반응을 조절하여 피부 상태 개선에 기여한 것으로 해석된다(80). 피부 질환은 반려동물의 삶의 질을 크게 저하시키는 문제 중 하나로, 기존의 약물 치료에 대한 보조적 수단으로 프로바이오틱스의 가능성이 높게 평가된다. 프로바이오틱스뿐 아니라 프리바이오틱스가 반려견에 미치는 긍정적인 영향도 밝혀지고 있는데 반려견에게 프리바이오틱스를 보충할 경우 섬유질 발효를 통해 SCFA 생산이 증가하고, 대장의

Table 2. Probiotic applications for companion animals

Research area	Strain	Effect	Ref.
Acute diarrhea relief and reduction of intestinal inflammation	*Bifidobacterium animalis* AHC7	- Reduces intestinal inflammation - Alleviating symptoms of acute diopathic diarrhea	(75)
Reduction of fecal odor and metabolites	*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*	- Reduce concentration and odor of proteolytic products in feces	(76)
Improvement of gut environment	Commercial product (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp. and etc. mixture)	- Increases beneficial bacteria and decreases pathogenic bacteria - Enhances levels of acetate, butyrate, and anti-inflammatory cytokines - Reduces levels of inflammatory cytokines	(77)
	Probiotics, prebiotics, synbiotics	- Inhibits pathogenic bacteria - Produces antimicrobial substances - Regulates gut microbiota	(79)
Digestive function improvement	*Enterococcus faecium*	- Stabilizes defecation patterns - Improves nutrient digestibility and overall digestive function	(78)
Skin disease improvement	*Probiotics*	- Reduces rash and itching in dogs with atopic dermatitis - Contributes to improved skin condition	(80)
Stress response mitigation	*Bifidobacterium* spp.	- Reduces excessive grooming and aggression caused by anxiety - Stabilizes overall mood-regulates cortisol, a stress hormone	(81)
Immune system enhancement	Specific probiotic mixtures	- Reduces inflammatory responses - Supports immune regulation - Helps prevent infectious diseases	(84)

건강이 개선되었으며(82), 이는 병원성 미생물 억제 및 유익균 증가를 동시에 달성함으로써 질환을 개선할 수 있으며 질환의 보유에 따르는 장내 미생물 군의 차이를 강조하고 있다(83, 84). 이렇게 프로바이오틱스는 병원성 세균과의 경쟁, 항균물질생성 등을 통해 장건강을 개선하며 프로바이오틱스, 프리바이오틱스, 그리고 신바이오틱스를 사용하여 개의 장내 미생물군의 조절이 가능하였으나(79) 이러한 효과에 대한 과학적 증거는 아직 제한적이라고 평가하고 있으며 개의 질병 유무 및 균주의 종류, 용량 등에 따르는 추가 연구가 필요하다고 강조한다(88). 반려견에 있어서 프로바이오틱스와 프리바이오틱스의 사용은 장내 미생물군을 조절하는 유망한 방법으로 평가되지만 동일한 균주라도 개체별 반응이 다르고 반려견을 대상으로 한 장기 연구와 임상 시험이 제한적이며 현재까지 연구된 분변 미생물군은 장내 실제 상태를 완전히 반영하지 않을 수 있다는 문제가 있다. 따라서 추가 연구를 통해 특정 균주의 장기적인 효과와 안전성을 평가하고, 개인 맞춤형 미생물 조절 전략을 개발할 필요가 있다(85, 86). 또한 반려동물의 장내 미생물 군은 다양한 방법으로 조절 가능하며 균형있는 조성은 건강을 위해 필수적이나 장기적인 안전성 평가 등이 수반되어야 한다(87). 최근 들어 개의 장내 미생물 군은 사람과 유사한 측면이 많아 개와 인간의 공존으로 인한 미생물 군 교환의 가능성도 존재하는 상황에서 반려동물의 장내 균총연구의 중요성은 보다 강조된다(88).

국내에서 반려동물용으로 판매되는 일부 프로바이오틱스 제품을 테이블로 정리하였다. 대부분이 배합사료 형태로 각 사에서 개발한 유산균이나 유산균발효물 또는 다양한 프리바이오틱스와 혼합된 형태로 판매되고 있으며 일부 수입제품도 팔리고 있다. 각 기업의 상품 설명을 참조하면 대부분이 장건강을 내세우고 있으나 피부개선에 도움이 되는 제품도 있으며 다양한 형태와 안정성이 강조되고 있어 사람에게 판매되는 제품과 큰 차이는 보이지 않는다(Table 3).

고 찰

현재까지 발표된 내용들은 반려동물용 프로바이오틱스 개발 시 반려동물의 생리적 특성, 장내 미생물 생태계, 안전성, 효과성 등을 종합적으로 고려해야 한다고 한다. 첫 번째로 반려동물의 장내 미생물 군집은 사람과 다르며, 개와 고양이 간에도 차이가 있다. 따라서, 이러한 종 특이적 미생물 구성을 고려하여 프로바이오틱스를 설계해야 한다(89, 90). 두 번째, 안전성을 평가해야 한다. 프로바이오틱스 균주는 기본적으로 병원성이 없고, 독소를 생성하지 않으며, 항생제 내성 유전자를 보유하지 않아야 한다. 특히, 면역력이 약한 반려동물에게서 과도한 면역 반응을 유발하지 않도록 주의해야 한다(91). 세 번째로는 반려동물의 소화기 환경에서 생존하고 정착할 수 있어야 한다. 사람보다 산성인 위 환경과 담즙염에 대한 내성이 필요하며, 장 점막에 부착하여 장기간 생존할 수 있는 능력이 중요하다. 또한, 기존 병원성 세균을 억제하거나 유익균의 성장을 촉진하는 능력도 고려해야 한다(92). 네 번째로는 반려동물의 식단과의 상호작용을 고려해야 하는데 반려동물의 식단은 장내 미생물 군집에 영향을 미친다. 고양이는 육식 동물로 고단백, 저섬유질 식단을 선호하며, 이는 장내 미생물 다양성에 영향을 준다. 반면, 개는 잡식 동물로 다양한 식단을 소화할 수 있다. 따라서, 프로바이오틱스는 이러한 식단 특성을 고려하여 설계되어야 하며, 프리

Table 3. Probiotic products for pets available in Korea

제품명	판매원	특징
듀오펫 유산균	듀오락	특허받은 유산균 6종과 프리바이오틱스 배합, 씹을 수 있는 타블렛 형태로 급여 편리
라비벳 장 건강&피부 유산균	종근당바이오	락토바실러스 사케이 프로바이오65 균주 활용, 강아지와 고양이 모두 섭취 가능
프로엔테릭	엘랑코	특수캡슐코팅 기법으로 소화흡수 강화, 유럽식품안전청(EFSA) 승인, 간편하게 짜먹이는 형태
라이프펫 유산균	라이프펫	프리바이오틱스 함유, 사료에 뿌려서 간편하게 급여, HACCP 및 ISO 인증시설에서 생산
럭스테일 푸푸유산균	럭스테일	액상 형태로 소화 건강 지원, 높은 생존율을 자랑하는 SCD 소화건강 강아지 액상 유산균
댕댕유산균	한국야쿠르트	강아지 전용 유산균으로, 장 건강과 피부 개선에 도움, 식물성 코팅으로 장까지 안전하게 도달
라보펫 포스트바이오틱스	JW생활건강	반려동물 장 건강을 위한 포스트바이오틱스 포함
웰펫 락토텍스트린	수제명가	반려동물 장 건강 지원, 유산균 함유 영양제

바이오틱스와의 조합도 효과적일 수 있다. 다섯째 특정 건강 문제와의 연계성으로 프로바이오틱스는 소화기 질환, 면역력 강화, 피부 및 알레르기 관리 등 특정 건강 문제를 개선하는 데 활용될 수 있어 반려동물의 목표하는 건강 효과에 맞는 균주를 선택해야 한다(91). 그 밖에 상품화된 프로바이오틱스 제품은 반려동물이 섭취하기 편리한 형태로 제조되어야 하며, 저장 및 유통 중에도 균주의 활성이 유지되어야 한다. 이를 위해 충분한 생균수(colony forming unit, CFU)를 포함하고, 안정성을 보장하는 포장 기술이 필요하다(90).

반려동물용 프로바이오틱스 개발은 종 특이적 설계, 안전성 평가, 장내 환경 적응성, 식단과의 상호작용, 특정 건강 문제와의 연계, 품질 관리, 법적 규제 준수 등을 종합적으로 고려해야 한다. 이를 통해 반려동물의 건강 증진과 질병 예방에 기여하는 효과적인 프로바이오틱스를 개발할 수 있다.

요 약

사람들에게 다양한 측면에서 도움을 주는 반려동물은 가족의 일원으로 자리잡고 있으며 반려동물과 관련된 시장은 모든 산업분야로 확장되고 있다. 그중에서도 반려동물식품은 고급화된 사료와 기능성 보충제를 중심으로 국내는 물론 세계적으로 성장 중이다. 인간과 반려동물의 식품이 경계가 사라지고 있는 상황에서 건강기능성 식품의 원료로 보편화된 프로바이오틱스는 반려동물 사료와 보충제로 적용되고 있다. 인간의 소화기 건강, 면역 강화, 정신건강 개선 등에 대한 연구가 지속되는 프로바이오틱스의 연구영역에서 반려동물에게도 유사하게 적용되고 있어 장내균총을 조절함으로써 관절염증 완화, 배변패턴 안정화 및 냄새 감소, 피부질환 예방 및 스트레스반응 완화 등의 효과를 보이면서 특히 고령화로 다양해지는 문제를 해결하고 있다. 향후 반려동물용 프로바이오틱스의 연구 및 개발에는 소화기 및 장내환경의 차이를 고려한 종 특이적 설계와 반려동물의 특정건강 문제 및 식단과의 상호작용 등이 지속적으로 고려되어야 한다.

References

1. Alexander C, Cross TL, Devendran S, Neumeier WH, Shearer GC and Swanson KS (2018) Effects of prebiotic inulin-type fructans on blood metabolite and hormone concentrations and faecal microbiota and metabolites in overweight dogs. *British Journal of Nutrition*, **120**, 711–720.
2. American Pet Products Association (2020) Statistical Breakdown of U.S. Pet Ownership and Spending Patterns.
3. Animal and Plant Quarantine Agency (2017) Results of the 2017 Public Awareness Survey: Pet Ownership in Korea. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
4. Ashrafian F, Behrouzi A, Shahriary A, Ahmadi Badi S, Davari M, Khatami S, Rahimi Jamnani F, Fateh A, Vaziri F and Siadat SD (2019) Comparative study of effect of *Akkermansia muciniphila* and its extracellular vesicles on toll-like receptors and tight junction. *Gastroenterology and Hepatology from Bed to Bench*, **12**, 163–168.
5. Ashrafian F, Shahriary A, Behrouzi A, Ahmadi Badi S, Davari M, Khatami S, Vaziri F and Siadat SD (2019) *Akkermansia muciniphila*-derived extracellular vesicles as a mucosal delivery vector for amelioration of obesity in mice. *Frontiers in Microbiology*, **10**, 2155.
6. Bag S, Ghosh TS and Daset Bl (2017) *Faecalibacterium prausnitzii* isolated from the gut of a healthy Indian adult. *Genome Announc.*, **5**, e01286-17.
7. Baillon MLA, Marshall-Jones ZV and Butterwick RF (2004) Effects of probiotics on the fecal microflora and nutrient digestibility of dogs. *Journal of Nutrition*, **134**, 2087S–2089S.
8. Barko PC, McMichael MA, Swanson KS and Williams DA (2018) The gastrointestinal microbiome: A review. *Veterinary Internal Medicine*, **32**, 9–25.
9. Barry KA, Wojcicki BJ, Middelbos IS, Vester BM, Swanson KS and Fahey GC Jr. (2010) Dietary cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. *Journal of Animal Science*, **88**, 2978–2987.
10. Bastos TS, de Lima DC, Souza CMM, Maiorka A, de Oliveira SG, Bittencourt LC and Félix AP (2020) *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* reduce faecal protein catabolites concentration and odour in dogs. *BMC Veterinary Research,* **16**, 116.
11. Bauer JE (2007) Therapeutic use of fish oils in companion animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **231**, 1594–1601.

12. Belkaid Y and Hand TW (2014) Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell,* **157**, 121–141.
13. Bermingham EN, Maclean P, Thomas DG, Cave, NJ and Young W (2017) Key bacterial families (Clostridiaceae, Erysipelotrichaceae and Bacteroidaceae) are related to the digestion of protein and energy in dogs. *PeerJ*, **5**, e3019.
14. Bradshaw JWS and Cook SE (1996) Carnivorous adaptations of the domestic cat's digestive system. *Journal of Small Animal Practice*, **37**, 79–88.
15. Bureau of Labor Statistics (2012) Consumer Expen-Diture Survey: Spending Trends in the Pet Industry (1996-2012).
16. Case LP, Carey DP, Hirakawa DA and Daristotle L (2010) Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals (3rd ed.). Mosby Elsevier.
17. China Pet Industry Association (2020) Pet Ownership in China: White Paper Report. Retrieved from http://www.chinapetindustryassociation.cn
18. Choi JH, Park EJ and Lee HJ (2019) Analysis of the domestic pet food and supplies market status. *Journal of the Korea Contents Association*, **19**, 115–122.
19. Craven M, Simpson KW, Marks SL, Rishniw M, Suchodolski JS and Steiner JM (2010) Genetic susceptibility in boxer dogs with granulomatous colitis. *Journal of Veterinary Internal Medicine,* **24,** 725.
20. Deidda F, Biazzo M, Amoruso A, Pane M, Allesina S and Mogna L (2021) Facial acne: A randomized, double-blind, placebo-controlled study on the clinical efficacy of a food supplement containing *Bifidobacterium breve* BR03, *Lactobacillus casei* LC03, and *Lactobacillus acidophilus* LA02. *Dermatology and Therapy*, **11**, 285–295.
21. Desai AR, Musaad SM and Leung KT (2009) Characterization of feline fecal microbiota using cpn60 sequence-based methods and investigation of animal-to-animal variation in microbial population structure. *Veterinary Microbiology*, **137**, 120–128.
22. Endenburg N and Baarda B (1995) The role of pets in enhancing human well-being: Effects on child development. In I. Robinson (Ed.), The Waltham Book of Human–Animal Interaction: Benefits and Responsibilities of Pet Ownership(pp. 7–17). Pergamon Press.
23. Euromonitor International (2021) Pet Care in South Korea: A Leading Frontier in the Asia Pacific Market.
24. European Pet Food Industry Federation (FEDIAF) (2021) Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food.
25. Fortune Business Insights (2020) Pet Food Market Size, Share & Industry Analysis by Product Type (Dry Pet Food, Wet Pet Food), by Animal Type (Dog, Cat, Others), by Distribution Channel (Supermarkets, Online Retail, Specialized Pet Shops), and Regional Forecast, 2020–2027.
26. Friedmann E, Thomas SA and Eddy TJ (2018) Pet ownership and cardiovascular risk. *The American Journal of Cardiology*, **131**, 162–169.
27. Gee NR and Rodriguez KE (2017) The role of therapy dogs in human healing. *Animal Frontiers*, **7**, 32–36.
28. Grand View Research (2023) Global Pet Supplements Market Report.
29. Grønvold AMR, L'Abée-Lund TM, Sørum H, Skancke E, Yannarell AC amd Mackie RI (2010) Changes in fecal microbiota of healthy dogs administered amoxicillin. *FEMS Microbiology Ecology*, **71**, 313–326.
30. Hall JA, Tooley KA, Gradin JL, Jewell DE and Wander RC (2003) Effects of dietary n-6 and n-3 fatty acids and vitamin E on the immune response of healthy geriatric dogs. *American Journal of Veterinary Research*, **64**, 762–772.
31. Hand D, Wallis C and Dowd SE (2013). The canine microbiome: Implications for human and canine health. *Trends in Microbiology*, **21**, 91–98.
32. Handl S, Dowd SE, Garcia-Mazcorro JF, Steiner JM and Suchodolski JS (2011) Massive parallel 16S rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial and fungal communities in healthy dogs and cats. *FEMS Microbiology Ecology*, **76**, 301–310.
33. Hendriks WH, Emmens MM, Trass B and Pluske JR

(2012) Gastrointestinal pH and nutrient digestibility in carnivorous mammals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **96**, 527–534.
34. Hesta M, Janssens GPJ, Debraekeleer J and De Wilde R (2001) The effect of oligofructose and inulin on fecal characteristics and nutrient digestibility in healthy cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **85**, 135–141.
35. Inness VL, McCartney AL, Khoo C, Gross KL and Gibson GR (2007) Molecular characterization of the gut microflora in cats with inflammatory bowel disease. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **91**, 48–53.
36. Jeong SU (1999) Gastrointestinal surgery in dogs and cats III. *Journal of the Korean Veterinary Medical Association*, **35**, 448–462.
37. Jergens AE, Crandell JM, Morrison JA, Deitz K, Pressel M and Ackermann MR (2006) Clinical benefits of probiotic canine-derived *Bifidobacterium animalis* strain AHC7 in dogs with acute idiopathic diarrhea. *American Journal of Veterinary Research*, **67**, 1190–1197.
38. Jergens AE, Pressel M, Crandell J, Morrison JA, Sorden S, Suchodolski JS and Steiner JM (2010) Mucosal gene expression in dogs with inflammatory bowel disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine,* **24**, 725.
39. Ji IB, Kim HJ, Kim WT and Seo GC (2017) *A Study on Development Strategies for Pet-Related Industries.* Korea Rural Economic Institute.
40. Johnson KA, Hulse, DA, Hart RC and Kochevar DT (2001) Effects of an orally administered mixture of chondroitin sulfate, glucosamine hydrochloride, and manganese ascorbate on synovial fluid composition in dogs with osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*, **62**, 775–783.
41. KB Management Research Institute (2023) 2023 Korea Pet Report. KB Financial Group.
42. Kim HJ, Cheon JH, Oh HS, Kim HJ, Jeong EA, Seo GH and Song KY (2023) Research and current status of pet food supplemented with probiotics: A review. *Journal of Dairy Science and Biotechnology,* **41**, 179–190.
43. Kim J, An JU, Kim W, Lee J and Hwang W (2017) Differences in the gut microbiota of dogs (*Canis lupus familiaris*) fed a natural diet or a commercial feed revealed by the Illumina MiSeq platform. *Gut Pathogens*, **9**, 68.
44. Kim JP, Seong MH and Kim EJ (2013) The integration of pets and ICT. KT Economic Research Institute Report.
45. Korea Institute for Industrial Economics & Trade (2023) *Growth and Innovation Strategies for the Domestic Pet Economy-related Industries.* Korea Institute for Industrial Economics & Trade Report.
46. Kramer CK, Mehmood S and Suen RS (2019) Dog ownership and survival: A systematic review and meta-analysis. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, **12**, e005554.
47. Lee HY (2019) Consumer characteristics analysis on the selection attributes of pet food. *Journal of the Korean Society of Food Distribution*, **19**, 115-122.
48. Lee JP, Lee JJ, Yang JW and Kim YH (2022) Research and prospects on pet probiotics and gut microbiome. *Livestock Food Science and Industry*, **11**, 45–53.
49. Lee SJ and Kim OJ (2020) Effects of a group animal-assisted therapy program on cognitive function, depression, and quality of life in elderly people with dementia. *Journal of Arts Therapy in Korea*, **20**, 115–134.
50. Lenox CE and Bauer JE (2013) Potential adverse effects of omega-3 fatty acids in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **27**, 217–226.
51. Logas D and Kunkle G (1994) Double-blinded crossover study with marine oil supplementation containing high-dose eicosapentaenoic acid for the treatment of canine pruritic skin disease. *Veterinary Dermatology*, **5**, 99–104.
52. Marrella V, Nicchiotti F and Cassani B (2024) Microbiota and immunity during respiratory infections: Lung and gut affair. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, 4051.
53. Mars Petcare (2023) Product Launch Report: Pedigree

Multivitamins for Pets.
54. Marsella R, Santoro D and Ahrens K (2009) Clinical efficacy of probiotics in the treatment of canine atopic dermatitis. *Veterinary Dermatology*, **20**, 356–362.
55. Martinsen TC, Bergh K and Waldum HL (2005) The role of pepsin and acid in the gastric physiology of carnivores and omnivores. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, **40**, 887-893.
56. McCarthy G, O'Donovan J, Jones B, McAllister H, Seed M and Mooney C (2007) Randomised double-blind, positive-controlled trial of two glucosamine–chondroitin nutraceuticals in dogs with degenerative joint disease. *The Veterinary Journal*, **174**, 54–61.
57. Middelbos IS, Fastinger ND and Fahey GC (2010) Fermentable fiber inclusion affects short-chain fatty acid and ammonia concentrations in feces and fecal microbiota of healthy adults dogs. *Journal of Animal Science*, **88**, 294–305.
58. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2023) Results of the 2022 Public Awareness Survey on Animal Protection.
59. Ministry of Food and Drug Safety. (2021). Guidelines for Safety Evaluation of Probiotics. Retrieved from MFDS.
60. Mirae Asset Securities Magazine (2024) India also has many Dogs and Cats!
61. National Institute of Animal Science (2024) 반려동물 사료 영양표준(Nutritional Standards for Pet Food). Rural Development Administration.
62. Nestlé Purina PetCare (2020) Nutritional Innovation for Pet Health. Nestlé Research Highlights.
63. Pan Y, Larson B, Araujo JA, Lau W, de Rivera C, Santana R, Gore A and Milgram NW (2010) Dietary supplementation with medium-chain TAG has long-lasting cognition-enhancing effects in aged dogs. *British Journal of Nutrition*, **103**, 1746–1754.
64. Panasevich MR, Kerr KR, Dilger RN, Fahey GC, Guérin-Deremaux L and Middelbos IS (2013) Modulation of the faecal microbiome of healthy adult dogs by inclusion of potato fibre in the diet. *British Journal of Nutrition*, **113**, 125–133.
65. Pilla R, Gaschen FP, Barr JW, Olson E, Honneffer JB, Guard, BC and Suchodolski JS (2020) Alterations in fecal microbiota and fecal bile acids in dogs with idiopathic inflammatory bowel disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **34**, 2609–2621.
66. Rahmannia M, Poudineh M, Mirzaei R, Aalipour MA, Shahidi Bonjar AH, Goudarzi M, Kheradmand A, Aslani HR, Sadeghian M, Nasiri MJ and Sechi LA (2024) Strain-specific effects of probiotics on depression and anxiety: A meta-analysis. *Gut Pathogens*, **16**, 1–10.
67. Rossi G, Pengo G, Caldin M, Palumbo Piccionello A, Steiner JM, Cohen ND and Jergens AE (2014) Effects of a probiotic on the fecal microbiota and metabolite profiles of healthy dogs. *Journal of Animal Science*, **92**, 3261–3271.
68. Rossi G, Pengo G, Caldin M, Piccionello AP, Steiner JM, Cohen ND and Jergens AE (2020) Effects of the probiotic mixture Slab51® (SivoMixx®) as food supplement in healthy dogs: Evaluation of microbiota and immune modulation. *Frontiers in Veterinary Science*, **7**, 613.
69. Samjong KPMG Economic Research Institute (2018) The era of pet economy: Pet business trends. *Issue Monitor*, 93.
70. Sanchis A, Czarnecki-Maulden G and Park J (2019) Probiotic supplementation in cats reduces stress-induced behavior. *Animals*, **9**, 1082.
71. Schmitz S and Suchodolski JS (2016) Understanding the canine intestinal microbiota and its modification by pro-, pre- and synbiotics-what is the evidence? *Veterinary Medicine and Science*, **2**, 71–94.
72. Schoster A, Staempfli HR, Guard BC, Jalali M and Weese JS (2018) The effects of probiotics on the microbiota of healthy dogs: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Veterinary Microbiology*, **221**, 92–96.
73. Shoveller AK, Yamka RJ and Swanson KS (2023) Nutrition and aging in dogs and cats. *Recent Advances in Animal Nutrition*, 1–20.

74. Simpson KW, Dogan B, Rishniw M, Goldstein RE, Klaessig S, McDonough PL, German AJ, Yates RM, Russell R, Johnson SE, Tchernev GA, Harel J, Fairbrother JM and Schukken YH (2006) Adherent and invasive E. coli in boxer dogs. *Infection and Immunity,* **74**, 4778–4792.
75. Souter MA and Miller MD (2007) Animal-assisted therapy: Benefits and challenges. *Clinical Psychology Review*, **27**, 234–245.
76. Statista (2021) Global Pet Supplement Industry Analysis and Market Trends.
77. Statistics Korea (2021) Results of the 2020 Population and Housing Census.
78. Stevens CE and Hume ID (1998) Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System. Cambridge University Press.
79. Suchodolski JS, Markel ME, Garcia-Mazcorro JF, Unterer S, Heilmann RM, Dowd SE, Kachroo P, Ivanov I, Minamoto Y, Dillman EM, Steiner JM, Cook AK and Toresson L (2012) The fecal microbiome in dogs with acute diarrhea and idiopathic inflammatory bowel disease. *PLoS ONE*, **7**, e51907.
80. Suchodolski JS (2011). Intestinal microbiota of dogs and cats: A bigger world than we thought. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, **41**, 261–272.
81. Sunvold GD, Fahey GC, Jr. Merchen NR, Bourquin, LD, Titgemeyer EC, Bauer L L and Reinhart GA (1995) Dietary fiber for cats: *In vitro* fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and *in vivo* utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. *Journal of Animal Science*, **73**, 2329–2339.
82. Sunvold GD, Fahey GC, Merchen NR, Titgemeyer EC, Bourquin LD, Bauer LL and Reinhart GA (1995) Fermentation of fiber sources by cats. *Journal of Nutrition,* **125**, 2604S–2609S.
83. Swanson KS, Dowd SE, Suchodolski JS, Middelbos IS, Vester BM, Barry KA, Nelson KE and Cann IK (2011) Phylogenetic and gene-centric metagenomics of the canine intestinal microbiome reveals similarities with humans and mice. *ISME Journal*, **5**, 639–649.
84. Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Healy HP, Dawson KA, Merchen NR and Fahey GC (2002) Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function and nutrient digestibilities in the large bowel of dogs. *Journal of Nutrition*, **132**, 980–989.
85. Szajewska H and Kołodziej M (2015) Systematic review with meta-analysis: *Saccharomyces boulardii* in the prevention of antibiotic-associated diarrhoea. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, **42**, 793-801.
86. Turnbaugh PJ, Ley RE, Hamady M, Fraser-Liggett CM, Knight R and Gordon JI (2007) The human microbiome project. *Nature,* 449(7164), 804-810.
87. Verified Market Reports (2023) High-End Pet Food Market.
88. Wood L, Giles-Corti B, and Bulsara MK (2015) The pet connection: Pets as a conduit for social capital? *Social Science & Medicine*, **61**, 1159–1173.
89. Yoon YS and Lee BK (2020) The relationship between gut microbiota and probiotics in pets. *Animal Bioscience,* **13**, 145-155.
90. Yount RA, Olmert MD and Lee MR (2012) Service dog training program for treatment of posttraumatic stress in service members. *U.S. Army Medical Department Journal*, April-June, 63–69.
91. Zicker SC, Jewell DE, Yamka RM and Milgram NW (2012) Dietary supplementation with medium-chain triglycerides and fish oil improves cognitive performance in aged dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **26**, 556–563.
92. Zoran DL (2002) The carnivore connection to nutrition in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **221**, 1559–1567.