



## REVIEW

# 펫푸드의 기능성 원료로서의 케피어: 과학적 근거와 실용적 적용 전략

천정환<sup>1†</sup> · 서건호<sup>2†</sup> · 송광영<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 식품생명공학과

<sup>2</sup>건국대학교 수의과대학 및 원헬스연구소

<sup>3</sup>대구한의대학교 반려동물보건학과 및 반려동물산업학과

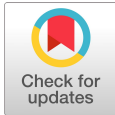
## Kefir as a Functional Ingredient in Pet Foods: Scientific Evidence and Practical Application Strategies

Jung-Whan Chon<sup>1†</sup>, Kun-Ho Seo<sup>2†</sup>, Kwang-Young Song<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

<sup>2</sup>College of Veterinary Medicine and Center for One Health, Konkuk University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Companion Animal Health and Department of Pet Industry, College of K-Bio Health, Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea



Received: January 8, 2026

Revised: February 25, 2026

Accepted: March 4, 2026

†These authors contributed equally to this study.

\*Corresponding author :

Kwang-Young Song  
Department of Companion Animal Health and Department of Pet Industry, College of K-Bio Health, Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea  
Tel : +82-53-819-1605  
Fax : +82-53-819-1273  
E-mail : drkysong@gmail.com

Copyright © 2026 Korean Society of Dairy Science and Biotechnology.

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.

### ORCID

Jung-Whan Chon  
<https://orcid.org/0000-0003-0758-6115>  
Kun-Ho Seo  
<https://orcid.org/0000-0001-5720-0538>  
Kwang-Young Song  
<https://orcid.org/0000-0002-5619-8381>

### Abstract

The pet food industry has increasingly shifted from basic nutritional support toward functional strategies targeting gut health, immune modulation, and recovery from microbiota disruption. Kefir is a fermented food containing a complex consortium of lactic acid bacteria, yeasts, and acetic acid bacteria, which has been widely studied in humans but remains insufficiently characterized as a functional ingredient for companion animal nutrition. This review aims to systematically summarize recent *in vivo* and *in vitro* studies investigating the effects of kefir and kefir-derived microorganisms on gut microbiota composition, fermentation activity, and short-chain fatty acid (SCFA) production in dogs, and to discuss its potential application in functional pet food development. Peer-reviewed studies focusing on kefir-related interventions in dogs, including short-term feeding trials and *in vitro* fecal fermentation models, were reviewed. Evidence regarding microbiota modulation, fermentation kinetics, SCFA production, and interactions with dietary fiber substrates was critically evaluated. Available *in vivo* studies indicate that short-term kefir supplementation is associated with shifts in canine gut microbiota composition, including increased lactic acid bacteria and reduced relative abundance of specific taxa, without adverse clinical effects. *In vitro* fermentation studies further suggest that fecal microbiota from kefir-fed dogs exhibit enhanced fermentation efficiency, lower pH, and increased SCFA production across various dietary fiber substrates. These findings imply that kefir may modulate not only microbial composition but also functional metabolic capacity. Collectively, current evidence supports the potential of kefir as a functional ingredient capable of modulating gut microbial fermentation in dogs. When combined with moderately fermentable dietary fibers, kefir-based synbiotic strategies may represent a promising approach for next-generation functional pet foods. However, standardization of microbial composition, quality control, and long-term clinical validation are required before broader commercial application.

### Keywords

kefir, pet food, gut microbiota, short-chain fatty acids (SCFA), synbiotic strategy

## 서론

최근 반려동물 식품 산업은 단순히 필수 영양소를 충족시키는 수준을 넘어, 반려동물의 장 건강 유지, 면역 기능 조절, 항생제 사용 저감 및 대체 전략을 포함하는 기능성 식품을 핵심 가치로 확장하

고 있다. 이러한 변화는 반려동물을 가족 구성원으로 인식하는 사회적 인식 변화와 더불어, 반려동물의 삶의 질을 과학적으로 개선하고자 하는 수요 증가에 기인한다. 특히 반려견과 반려묘를 포함한 반려동물에서 장내 미생물 군집이 소화기 건강, 면역 항상성, 에너지 대사, 염증 반응 조절뿐만 아니라 행동 및 스트레스 반응과도 밀접하게 연관되어 있음이 보고되면서, 장내 미생물을 표적으로 한 식이 전략에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다[1,2].

반려견의 장내 미생물 군집은 주로 Firmicutes, Bacteroidetes, Fusobacteria로 구성되어 있으며, 이들의 상대적 비율과 기능적 활성은 식이 조성, 특히 발효 가능한 탄수화물과 식이섬유의 종류에 따라 크게 달라진다[3,4]. 장내 미생물에 의해 생성되는 단쇄지방산(short-chain fatty acid, SCFA)은 장 상피세포의 주요 에너지원으로 작용할 뿐 아니라, 장 장벽 기능 강화, 국소 및 전신 면역 반응 조절, 항염증 효과에 핵심적인 역할을 수행한다. 이러한 이유로 SCFA 생성 패턴과 이를 유도하는 미생물 조성 변화는 반려동물 장 건강 연구에서 중요한 기능적 지표로 활용되고 있다[5].

이러한 과학적 배경을 바탕으로, 프로바이오틱(probiotic), 프리바이오틱(prebiotic), 신바이오틱(synbiotic) 개념이 반려동물 식품 분야에 적극적으로 도입되고 있다. 그러나 단일 균주 기반 프로바이오틱의 경우 장내 정착성의 한계, 균주 간 경쟁, 항생제 병용 시 생존성 저하 등 구조적 한계가 반복적으로 지적되어 왔다[2,6]. 이에 따라 최근에는 다종 미생물이 공존하며 복합적인 대사 네트워크를 형성하는 발효식품 기반 기능성 원료가 대안으로 주목받고 있다.

Kefir는 유산균(lactic acid bacteria, LAB), 효모, 초산균(acetic acid bacteria)이 공존하는 대표적인 복합 발효식품으로, 전통적으로 인간 식품 영역에서 장 건강 증진을 목적으로 소비되어 왔다[7]. Kefir는 단일 균주 제품과 달리 수십 종 이상의 미생물이 공생적으로 존재하며, 발효 과정에서 유기산, 알코올, 이산화탄소, 비타민, 생리활성 펩타이드 및 exopolysaccharide(kefiran)와 같은 다양한 대사산물을 생성하는 것이 특징이다[8,9]. 이러한 복합적인 미생물 및 대사산물 조성은 kefir가 단순한 미생물 전달체를 넘어, 장내 미생물 생태계 전체의 기능적 활성을 조절할 수 있는 식품 매트릭스로 작용할 가능성을 보여준다.

반려동물 분야에서도 kefir의 잠재적 효용에 대한 관심은 점차 증가하고 있으며, 일부 *in vivo* 연구에서는 단기간 kefir 급여가 반려견의 장내 미생물 조성을 유의적으로 변화시키는 것으로 보고되었다. 2주간 kefir를 급여한 반려견에서 LAB 수의 증가, Firmicutes/Bacteroidetes 비율 감소, Fusobacteria 감소가 관찰되었으며, 임상적으로 뚜렷한 부작용은 나타나지 않았다고 보고하였다[10]. 이러한 결과는 kefir가 반려동물 장내 미생물 균형을 조절할 수 있는 기능성 식품 소재로 활용될 가능성을 제시한다.

한편, 최근에는 *in vitro* 장내 발효 모델을 활용하여 kefir 섭취가 반려견 분변 미생물의 기능적 활성에 미치는 영향을 분석한 연구들이 보고되고 있다. Kefir, 또는 kefir 섭취 후 분변을 접종원으로 사용한 *in vitro* 발효 실험에서, 식이섬유 기질에 대한 발효 속도 증가, pH 감소, SCFA 생성 증가 및 미생물 군집 구조 변화가 관찰되었음을 보고하였다[11]. 유사하게, 효모 기반 식이를 섭취한 반려견의 분변 접종원이 식이섬유 발효 시 더 높은 SCFA 생성과 낮은 pH를 유도함을 보고하여, 발효식품 섭취가 장내 미생물의 기능적 잠재력을 변화시킬 수 있음을 시사하였다[12].

또한 항생제 처리 후 장내 미생물 기능 저하를 모사한 *in vitro* 모델에서도 발효 특성 변화가 보고되었다. Metronidazole 처리 후 반려견 분변 미생물을 이용한 *in vitro* 발효 실험에서 미생물 다양성과 SCFA 생성이 감소함을 보고하였으며, 발효 기질과 접종원에 따라 발효 회복 양상이 달라질 수 있음을 제시하였다[13]. 이러한 결과는 kefir와 같은 복합 발효식품이 항생제 처리 후 장내 미생물 기능 회복을 위한 식이 전략으로 활용될 가능성을 뒷받침한다.

그러나 현재 시판 중인 반려동물용 kefir 제품의 경우, 미생물 구성, 생균수(colony-forming unit), 균주 정보의 정확성 및 과학적 근거가 충분히 검증되지 않은 사례가 다수 보고되고 있다. 상업적 반려동물 kefir 제품의 미생물 구성과 표기된 생균수 간에 상당한 불일치가 존재함을 보고하였으

며, 이는 kefir 기반 펫푸드(pet food) 소재의 표준화 및 품질 관리 필요성을 강하게 보여준다[11].

따라서 kefir를 반려동물 식품 산업에 적용하기 위해서는, 개별 연구 결과를 단편적으로 해석하기 보다는 *in vivo* 및 *in vitro* 연구들을 통합적으로 검토하여 과학적 근거를 체계화하는 작업이 요구된다. 이에 본 총설에서는 최근 발표된 반려견 및 반려동물 대상 kefir 관련 *in vivo* 급여 연구와 *in vitro* 장내 발효 연구들을 중심으로, kefir 및 kefir-유래 미생물이 반려동물 장내 발효 특성, 미생물 군집 조성, SCFA 생성에 미치는 영향을 종합적으로 정리하고자 한다. 더 나아가 이러한 근거를 토대로 kefir를 활용한 반려동물 펫푸드 개발 전략을 제시하고, 상업적 적용을 위한 규제 및 품질 관리 측면의 쟁점을 비판적으로 논의함으로써 kefir 기반 기능성 반려동물 식품 개발을 위한 학술적·산업적 토대를 제공하고자 한다.

또한 본 총설에서 kefir 제형(formulation)은 전통적 액상 kefir, 동결건조 분말 kefir, 그리고 kefir 유래 미생물 컨소시엄을 포함하는 포괄적 개념으로 사용하였다. 또한 미생물 컨소시엄은 단일 균주 혼합과 구분되는 개념으로, LAB·효모·초산균이 상호작용하며 형성하는 기능적 미생물 집합체를 의미한다. 본 논문에서는 이러한 정의에 따라 용어를 일관되게 사용하였다.

## Kefir의 정의와 미생물학적 특성

### 1. Kefir의 기원과 정의

Kefir는 구전 및 전통적 발효 식품 문화에 뿌리를 둔 발효유로서, 특히 코카서스(Caucasus) 지역의 목축 문화에서 수 세기 동안 소비되어 온 숙성 유제품이다[14]. 이 전통 발효식품의 이름은 터키어 'keif'에서 유래하는데, 이는 “좋은 기분” 혹은 “기분 좋게 하는 것”이라는 의미를 지닌다고 알려져 있다[15]. 전통적으로 kefir는 kefir grain이라 불리는 것으로 알려진 다당류-미생물 복합체를 우유 또는 당 용액에 접종하여 자연 발효시킨 식품으로 제조된다. 이러한 grain은 단순한 균주 배양체가 아니라, 고도로 복잡한 미생물 군집이 기질 다당체와 물리·화학적으로 결합된 생태계이며, 그 결과 탄력적이고 지속적인 발효 능력을 갖는다[16].

국제 식품 기준인 Codex Alimentarius에서도 kefir를, LAB, 초산균, 효모가 공존하는 복합 발효유로 정의하고 있다[17]. 즉 kefir는 단일 프로바이오틱 또는 단일 발효산물의 전달체가 아니라, 다양한 미생물이 상호작용하는 자연적 발효 생태계로 간주된다. 이와 같은 구조는 kefir를 단순 발효식품이 아닌 복합 미생물 기반 기능성 소재로 바라보는 현대적 관점의 기초가 된다.

### 2. Kefir의 미생물 군집 구성

전통 kefir grain은 수십 종 이상의 박테리아 및 효모로 구성되는 것으로 보고된다. 대표적인 균주는 LAB 계열에서는 *Lactobacillus kefirianofaciens*, *Lactobacillus kefirii*, *Leuconostoc mesenteroides* 등이 있으며, 초산균과 효모(*Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus* 등)도 공존한다[18,19].

이러한 다종 공존 구조는 kefir의 핵심 특성으로, 단일 균주를 사용하는 전형적 프로바이오틱 제품과 명확히 구분된다. 미생물 간에는 cross-feeding이나 공생적 발효 생리(cross-metabolism)가 일어나며, 이는 다양한 발효산물을 생성하고 숙주 장내 환경에 복합적인 영향을 미친다는 점에서 기능적 중요성을 가진다[20]. 예를 들어, LAB이 유산을 생성하면, 일부 효모는 이를 활용하여 에탄올과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 생성하면서 복잡한 대사 네트워크를 형성한다[19]. 이러한 다종 대사 경로의 상호작용은 단일 균주 발효에서는 얻기 어려운 복합 대사체 풀(pool)을 만들어낸다.

최근 metagenomic 분석에 따르면, kefir grain 안에는 총 50종을 훌쩍 넘는 박테리아·효모 종이 존재할 수 있으며, 이들 미생물 구성은 기원과 제조 조건에 따라 상당한 다양성을 보인다[21]. 이는 kefir grain 제조 시 원유의 특성, 온도, 발효 시간 등 작은 변수가 미생물 구성에 영향을 줄

수 있음을 의미한다.

### 3. Kefir 유래 대사산물

Kefir 발효 동안 다양한 1차 및 2차 대사산물이 생성되며, 그 구성은 발효 조건 및 원료에 따라 달라지나, 일반적으로 다음과 같은 성분들이 확인된다.

첫째, 유산과 초산과 같은 유기산이 주로 생성된다. 유산은 장내 pH를 낮추어 유해 세균 성장을 억제하며, 초산은 에너지 대사 및 장 면역에 긍정적 영향을 줄 수 있다[19].

둘째, 발효 과정에서는 에탄올과 이산화탄소가 생성되어 kefir 특유의 탄산감과 풍미를 형성한다[7].

셋째, kefir는 exopolysaccharide(kefiran)을 생성하는 것으로 잘 알려져 있다. Kefiran은 고분자 다당체로서 발효 과정에서 분비되며, 점도 및 텍스처 조절뿐만 아니라 장내 미생물 기질로서도 잠재적 기능이 제기되고 있다[16,18].

넷째, 비타민 B군, 비타민 K, 그리고 펩타이드와 같은 생리활성 대사산물이 생성된다. 펩타이드 중 일부는 항산화 또는 항미생물 활성을 보이는 것으로 보고되었으며, 이는 숙주의 생리적 기능 조절에 기여할 수 있다[22].

이러한 대사산물은 장내 미생물 및 숙주 상피세포·면역계와 신호 분자 수준에서 작용함으로써, kefir가 단순 영양 공급을 넘어 기능성 소재로 작용할 수 있는 생물학적 기반을 제공한다. 특히 SCFA 생성 기전과 연계될 때, kefir 유래 발효산물은 반려동물 장내 환경의 미생물 대사 경로 및 면역 균형에 영향을 미칠 수 있다는 점이 최근 연구에서 제기되고 있다[23].

## 반려동물 장내 미생물과 발효 대사의 중요성

반려견을 포함한 반려동물의 장내 미생물 군집은 숙주의 소화기 기능, 면역 조절, 대사 항상성 유지에 핵심적인 역할을 수행하는 복합 생태계로 인식되고 있다. 특히 반려견의 장내 미생물 군집은 Firmicutes, Bacteroidetes, Fusobacteria를 주요 구성 축으로 하며, 이들 미생물군의 상대적 비율과 기능적 활성은 식이 조성, 연령, 건강 상태, 항생제 사용 여부 등에 따라 유의적으로 달라지는 것으로 보고되어 왔다[1,4].

이들 미생물군은 숙주가 소화하지 못하는 식이 섬유 및 비소화성 탄수화물을 발효하여 SCFA를 생성하는데, 대표적인 SCFA으로는 acetate, propionate, butyrate가 있다. SCFA의 생성량과 비율은 공급되는 발효 기질의 종류와 발효 특성(속도, 용해도, 분지 구조)에 따라 크게 달라지며, 이는 곧 장내 환경의 화학적 특성과 미생물 군집 구조에 영향을 미친다[3,5].

Acetate는 반려견 장내에서 가장 풍부하게 생성되는 SCFA으로, 말초 조직에서 에너지원으로 활용되거나 다른 SCFA의 전구체로 기능한다. Propionate는 간에서 포도당 신생합성에 기여하며, 대사 조절과 연관된 신호 분자로 작용할 수 있다. Butyrate는 대장 상피세포(colonocyte)의 주요 에너지원으로서, 상피 세포 증식 조절, tight junction 단백질 발현 유지, 장 장벽 기능 강화에 핵심적인 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다[5,24].

특히 butyrate는 항염증 효과와 밀접하게 연관되어 있으며, NF- $\kappa$ B 신호 억제, 조절 T 세포(regulatory T cells) 활성화 등을 통해 장 점막 면역 항상성 유지에 기여하는 것으로 보고되었다[25]. 이러한 SCFA 매개 기전은 반려견에서 관찰되는 만성 장염, 항생제 연관 설사, 장 장벽 손상 등 다양한 소화기 질환과 직접적으로 연결되는 생리적 축으로 이해되고 있다[2].

식이 섬유의 종류는 SCFA 생성 패턴을 결정짓는 가장 중요한 요인 중 하나이다. 고도로 발효 가능한 수용성 섬유(예: pectin)는 빠른 발효와 급격한 pH 감소를 유도하는 반면, 중등도 발효성 섬유(예: beet pulp, chicory pulp)는 비교적 안정적인 SCFA 생성과 장내 환경 완충 효과를 나타내는 것으로 보고되었다[3,12]. 이러한 차이는 장내 미생물 군집의 선택적 증식과 대사 활성에 직접적인 영향을 미친다.

최근 *in vitro* 발효 모델을 활용한 연구들은 반려견의 분변 미생물을 접종원으로 사용하여, 식이 기질에 따른 SCFA 생성 양상과 미생물 군집 변화를 정량적으로 평가하고 있다. 이들 연구에 따르면, 동일한 식이 섬유라도 분변 접종원의 미생물 상태(예: 항생제 처리 여부, 기능성 식이 섭취 이력)에 따라 SCFA 생성량과 발효 속도가 현저히 달라질 수 있음이 확인되었다[12,13]. 이는 장내 미생물 군집이 단순한 구성뿐만 아니라 기능적 잠재력의 관점에서 평가되어야 함을 연관 가능성을 제기한다.

항생제 사용은 이러한 발효 대사 축을 교란하는 대표적인 요인으로, metronidazole과 같은 항생제 투여 후 반려견의 장내 미생물 다양성 감소, SCFA 생성 저하, 장내 미생물불균형(dysbiosis)이 반복적으로 보고되어 왔다[13,26]. 이러한 발효 기능 저하는 장 상피 에너지 공급 감소 및 장 장벽 기능 약화를 초래할 수 있으며, 이는 항생제 연관 설사 및 장 기능 회복 지연의 기전적 배경으로 제시되고 있다(Fig. 1).

이러한 점에서, 장내 미생물의 발효 대사를 회복하거나 강화할 수 있는 식이 전략은 반려동물 영양학에서 중요한 의미를 가진다. 특히 미생물 군집 자체를 공급하는 것뿐 아니라, 기존 장내 미생물의 발효 효율과 SCFA 생성 능력을 증진시키는 접근법은 기능성 펫푸드 개발에 있어 핵심적인 전략으로 간주되고 있다. 최근 연구들은 발효식품 또는 발효 유래 성분이 이러한 미생물 기능 회복에 기여할 수 있음을 시사하고 있으며, 이는 kefir와 같은 복합 발효식품을 반려동물 식이 전략에 통합하려는 시도의 과학적 근거로 작용한다[10,13].

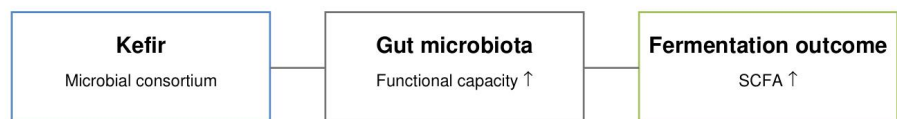
종합하면, 반려견 장내 미생물 군집과 발효 대사는 SCFA 생성을 중심으로 숙주의 장 건강과 면역 항상성 유지에 핵심적인 역할을 수행하며, 식이 섬유와 발효 기질의 조절은 이러한 미생물-숙주 상호작용을 조절할 수 있는 중요한 수단이다. 따라서 반려동물 펫푸드 개발에서 발효 대사를 고려한 미생물 기반 전략은 단순 보조적 요소가 아니라, 기능성 식품 설계의 핵심 축으로 인식되어야 한다.

## Kefir의 반려동물 적용 연구 현황

현재까지 보고된 kefir 관련 반려동물 연구의 대부분은 반려견을 대상으로 수행되었으며, 반려묘 및 기타 반려동물 종에 대한 직접적 근거는 제한적이다. 따라서 본 논문에서 논의되는 생리적 반응과 기능적 해석은 주로 반려견을 중심으로 한 결과에 기반하며, 타 종으로의 일반화에는 신중한 해석이 필요하다.

### 1. *In vivo* 연구: 반려동물에서의 kefir 급여 효과

반려동물을 대상으로 한 kefir 급여 연구는 아직 제한적인 수에 머물러 있으나, 최근 발표된 연구들은 kefir가 반려견의 장내 미생물 군집 구성에 영향을 미칠 수 있음을 일관되게 시사하고 있다. 건강한 성견을 대상으로 2주간 kefir를 급여한 결과, 장내 LAB의 유의적인 증가와 함께 미생물 군집 구조의 변화를 관찰하였다[10]. 특히 kefir 급여 후 Firmicutes/Bacteroidetes 비율이 감소하고,



**Fig. 1.** Conceptual framework of kefir-mediated modulation of gut microbiota fermentation in dogs. Kefir provides a complex microbial consortium and fermentation-derived metabolites that interact with the resident gut microbiota, enhancing microbial functional capacity and cross-feeding interactions. This modulation is proposed to improve dietary fiber fermentation efficiency, potentially resulting in increased short-chain fatty acid (SCFA) production. Elevated SCFA levels may support epithelial energy metabolism and promote functional recovery of the gut microbiota, particularly following antibiotic-associated perturbations.

일부 연구에서 소화기 질환과 연관되는 것으로 보고된 Fusobacteria의 상대적 비율이 감소한 점은 장내 미생물 균형 측면에서 긍정적인 변화로 해석된다.

이 연구에서는 kefir 급여 기간 동안 체중 변화, 식이 섭취량, 분변 상태, 혈액학적 지표 등에서 임상적으로 유의한 부작용이 관찰되지 않았으며, 이는 kefir가 단기간 급여 시 반려견에서 안전하게 적용 가능한 발효식품임을 보여준다[10]. 이러한 결과는 인간을 대상으로 보고된 kefir의 장내 미생물 조절 효과와 유사한 경향을 보이며, 종 간 차이를 고려하더라도 kefir의 기본적인 미생물 조절 잠재력이 반려동물에서도 유지될 수 있음을 의미한다.

다만, 기존 *in vivo* 연구들은 대부분 소규모 개체 수, 단기간 급여(약 2주)에 기반하고 있어 kefir의 장기 급여 효과, 용량-반응 관계, 특정 건강 상태(예: 항생제 투여 후, 장 질환 보유 개체)에서의 효과를 일반화하기에는 한계가 있다[27]. 그럼에도 불구하고, kefir 급여가 장내 미생물 조성을 급격하게 교란시키기보다는 조절하는 방향으로 작용한다는 점은 반려동물 식품 소재로서의 안정성과 활용 가능성을 뒷받침한다.

## 2. *In vitro* 발효 연구: kefir 섭취 후 분변 미생물의 기능적 변화

최근 반려동물 장내 미생물 연구에서는 *in vitro* 장내 발효 모델을 활용하여 식이 요인에 따른 미생물 기능 변화를 정량적으로 평가하려는 접근이 증가하고 있다. 이러한 모델은 윤리적·실험적 제약이 큰 *in vivo* 시험을 보완하면서, 미생물의 발효 특성, SCFA 생성, pH 변화 등을 체계적으로 분석할 수 있다는 장점을 가진다[5].

특히 kefir 또는 kefir 섭취 이력이 있는 반려견의 분변 미생물을 접종원으로 사용한 연구에서는, 동일한 식이섭취 기질을 사용하였음에도 불구하고 발효 속도 증가, pH 감소, SCFA 생성량 증가가 대조군 대비 유의적으로 높게 나타난 것으로 보고되었다[12]. 이러한 결과는 kefir 섭취가 단순히 특정 미생물을 장내에 추가하는 효과에 그치지 않고, 기존 장내 미생물 군집의 기능적 활성 또는 발효 효율을 변화시킬 수 있음을 보여준다.

또한 항생제(metronidazole) 처리 전·후 반려견 분변 미생물을 이용한 *in vitro* 발효 실험에서, 항생제 처리 후 발효 능력과 SCFA 생성이 현저히 감소함을 보고하였다[13]. 이러한 결과는 장내 미생물의 구성 변화뿐만 아니라 기능 저하가 항생제 사용의 중요한 결과임을 보여준다. 이와 같은 맥락에서 kefir와 같은 복합 발효식품이 항생제 처리 후 장내 미생물의 발효 기능 회복을 돕는 식이 전략으로 활용될 가능성이 제기되고 있다.

중요한 점은, *in vitro* 발효 연구에서 관찰되는 SCFA 생성 증가는 특정 균주의 증식만으로 설명되기보다는, 미생물 군집 전체의 대사 네트워크 재구성에 기인할 가능성이 크다는 점이다. 이는 kefir에 포함된 다양한 미생물과 발효 대사산물이 장내 미생물 간 상호작용을 촉진하고, 섬유질 기질에 대한 미생물 이용 효율을 향상시킬 수 있음을 의미한다[23].

따라서 kefir 섭취 후 분변 미생물을 활용한 *in vitro* 발효 연구 결과들은 kefir가 반려동물 장내 미생물의 기능적 잠재력을 증진시킬 수 있음을 보여주는 간접적이지만 중요한 근거로 평가된다. 이러한 접근은 kefir를 반려동물용 펫푸드에 적용하기 위한 기전 기반 과학적 근거로서 특히 유용하며, 향후 *in vivo* 장기 급여 연구 설계의 방향성을 제시하는 데에도 기여할 수 있다(Table 1).

## Kefir와 식이섭취의 상호작용

### 1. 발효 기질에 따른 차이

식이섭취의 발효 특성은 반려동물 장내 미생물에 의해 생성되는 SCFA의 양과 조성을 결정짓는 핵심 요인 중 하나로, 섬유질의 용해도, 화학적 구조, 분지 정도 및 분자량에 따라 발효 속도와 발효 산물의 패턴이 크게 달라진다[3,5]. 특히 수용성이고 고도로 발효 가능한 섬유질과, 불용성 또는 중등

**Table 1.** Summary of *in vivo* and *in vitro* studies evaluating kefir-related interventions and their effects on gut microbiota and fermentation characteristics in dogs

Study type	Subjects (condition)	Duration	Intervention	Primary endpoints	Key findings	References
<i>In vivo</i> study	Healthy adult dogs	2 weeks	Kefir supplementation	Gut microbiota composition (LAB abundance, F/B ratio), clinical signs	↑ Lactic acid bacteria; ↓ F/B ratio; no adverse clinical effects	[10]
Product analysis	Commercial pet kefir products	-	Microbial composition & CFU enumeration	Labeled vs. detected microbes; viable cell counts	Discrepancy between label and actual composition; high variability in CFU	[11]
<i>In vitro</i> fecal fermentation	Fecal inoculum from dogs with kefir history	Incubation period ( <i>in vitro</i> )	Dietary fiber fermentation assay	SCFA production; pH change	↑ SCFA production; greater pH reduction (enhanced fermentation efficiency)	[12]
<i>In vitro</i> fecal fermentation (post-antibiotic)	Fecal inoculum from dogs treated with metronidazole	Incubation period ( <i>in vitro</i> )	Fermentation assay	SCFA production; fermentation capacity	↓ Fermentation capacity and SCFA production (functional impairment post-antibiotic)	

CFU, colony forming unit; LAB, lactic acid bacteria; F/B ratio, firmicutes/bacteroidetes; SCFA, short-chain fatty acid.

도 발효성 섬유질은 장내 미생물에 의해 매우 상이한 방식으로 이용된다.

대표적인 고발효성 섬유질인 펙틴(pectin)은 장내 미생물에 의해 빠르게 분해되어 단시간 내 급격한 pH 감소와 높은 SCFA 생성을 유도하는 것으로 보고되어 왔다[3]. 이러한 특성은 발효 초기에 미생물 활성을 급격히 증가시키는 장점이 있으나, 지나치게 빠른 발효는 장내 환경의 급격한 산성화를 초래할 수 있으며, 일부 개체에서는 가스 생성 증가나 장내 불편감으로 이어질 가능성도 제기된다[5].

반면 사탕무 유래 섬유질(beet pulp)과 치커리 유래 섬유질(chicory pulp)는 수용성 및 불용성 섬유가 혼합된 중등도 발효성 섬유질로 분류되며, 비교적 완만한 발효 속도와 함께 장내 환경을 안정적으로 유지하면서 SCFA를 지속적으로 생성하는 특성을 가진다[3,12]. 이러한 특성은 장내 pH를 급격히 변화시키지 않으면서도 SCFA 공급을 유지할 수 있다는 점에서, 반려동물 사료 설계 시 널리 활용되는 이유로 설명된다.

최근 *in vitro* 발효 연구에 따르면, kefir, 또는 kefir 섭취 이력이 있는 반려견의 분변 미생물을 접종원으로 사용하였을 때, 펙틴, 사탕무 유래 섬유질, 치커리 유래 섬유질 등 다양한 섬유질 기질에 대한 발효 효율이 전반적으로 증가하는 경향이 관찰되었다[12,13]. 특히 동일한 섬유질 조건에서도 kefir 섭취군의 분변 접종원은 더 빠른 pH 감소와 더 높은 총 SCFA 생성을 나타내었으며, 이는 kefir 섭취가 장내 미생물의 기질 이용 효율을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

이러한 결과는 kefir가 특정 섬유질의 발효 특성을 근본적으로 변화시키기보다는, 장내 미생물 군집의 전반적인 발효 능력과 대사 활성도를 증진시켜 다양한 섬유질 기질에 대해 보다 효율적인 발효 반응을 유도하는 역할을 할 가능성을 제기한다. 즉 kefir 섭취는 발효 기질의 종류와 무관하게 장내 미생물의 기능적 잠재력을 상향 조절하는 조절 인자로 작용할 수 있다.

## 2. 신바이오틱 관점에서의 kefir와 식이섬유 결합 전략

신바이오틱은 프로바이오틱과 프리바이오틱을 함께 제공함으로써, 장내 미생물의 생존성 및 기능적 활성을 동시에 증진시키는 전략으로 정의된다[28]. 반려동물 영양학에서도 신바이오틱 개념은 장내 미생물 조절의 효과를 극대화할 수 있는 접근으로 점차 주목받고 있다[5].

이러한 관점에서 kefir는 단일 또는 소수 균주를 공급하는 전통적 프로바이오틱과 달리, 다종 미생물 컨소시엄과 다양한 발효 대사산물을 동시에 제공한다는 점에서 신바이오틱 전략의 핵심 구성 요소로

활용될 수 있다. Kefir 자체가 미생물 공급원으로 기능함과 동시에, kefir 발효 과정에서 생성되는 대사 산물은 기존 장내 미생물의 활성을 촉진하는 기능적 보조 인자로 작용할 가능성이 제기되고 있다[23].

여기에 사탕무 유래 섬유질 또는 치커리 유래 섬유질과 같은 중등도 발효성 식이섬유를 결합할 경우, 장내 미생물은 비교적 안정적인 환경에서 지속적으로 기질을 공급받게 되며, 이는 SCFA의 점진적 생성과 장내 pH 완충 효과를 동시에 기대할 수 있는 구조를 형성한다[3]. 최근 *in vitro* 연구 결과들은 kefir 섭취 후 분변 미생물 접종원에서 이러한 섬유질 기질의 발효 효율이 더욱 향상된다는 점을 보여주며, kefir-섬유질 조합이 기능적 신바이오틱 조합으로 작동할 수 있음을 뒷받침한다[12].

따라서 kefir와 중등도 발효성 섬유질의 결합은 단순히 미생물 수를 증가시키는 접근이 아니라, 장내 미생물의 발효 대사 경로를 조절하고 SCFA 생성을 최적화하는 기전 기반 펩푸드 개발 전략으로 이해될 수 있다. 이러한 신바이오틱 접근은 장내 미생물 균형 회복이 요구되는 항생제 사용 후, 스트레스 노출 후, 또는 소화기 민감성이 높은 반려동물에서 특히 유망한 전략으로 평가된다.

## 항생제 처리 후 회복과 kefir의 잠재적 역할

항생제는 반려동물의 세균성 감염 및 소화기 질환 치료에 필수적인 치료 수단이지만, 동시에 장내 미생물 군집에 비의도적이고 광범위한 교란을 유발하는 주요 요인으로 작용한다. 특히 반려견에서 흔히 사용되는 metronidazole은 혐기성 세균과 일부 원충에 효과적이거나, 반복적 또는 단기간 투여 후에도 장내 미생물 다양성 감소, 특정 유익균의 급격한 감소, 발효 대사 기능 저하가 보고되어 왔다 [2,26].

항생제 처리 후 반려견의 장내 미생물 군집에서는 alpha-diversity 감소, Firmicutes 및 Bacteroidetes 비율 변화, 그리고 발효에 핵심적인 미생물군의 기능적 저하가 관찰되며, 이는 장내 발효 능력의 약화로 직접 연결된다[5]. 이러한 미생물 기능 저하는 장내에서 생성되는 SCFA의 총량 감소로 이어지며, 특히 대장 상피세포의 주요 에너지원인 butyrate의 감소는 장 장벽 기능 약화 및 염증 감수성 증가와 연관되는 것으로 알려져 있다[24].

최근 *in vitro* 장내 발효 모델을 활용한 연구들은 항생제 처리 후 미생물 기능 저하를 보다 정량적으로 입증하고 있다. Metronidazole 처리 전후 반려견 분변 미생물을 접종원으로 사용한 발효 실험에서, 항생제 처리 후 발효 속도 감소, pH 변화 완만화, 총 SCFA 및 개별 SCFA 생성 감소가 유의적으로 나타났음을 보고하였다[13]. 이러한 결과는 항생제에 의한 장내 dysbiosis가 단순한 미생물 조성 변화에 그치지 않고, 미생물 대사 기능의 실질적 손상을 동반함을 보여준다.

이러한 맥락에서, 항생제 처리 후 장내 미생물 기능 회복을 목표로 한 식이 전략의 중요성이 점차 강조되고 있다. 기존의 접근은 주로 단일 균주 기반 프로바이오틱 투여에 초점을 맞추어 왔으나, 최근 연구들은 항생제 처리 환경에서는 외래 균주의 장내 정착성이 제한적일 수 있으며, 미생물 군집 전체의 기능 회복에는 한계가 있을 수 있음을 지적하고 있다[5]. 이에 따라 미생물 군집 간 상호작용과 발효 대사를 동시에 고려한 복합 미생물 기반 접근법이 대안으로 제시되고 있다.

Kefir는 LAB, 효모, 초산균이 공존하는 복합 발효식품으로, 장내 미생물 군집에 다양한 미생물과 발효 대사산물을 동시에 제공할 수 있다는 점에서 항생제 후 회복 단계에서 잠재적 이점을 가질 수 있다[19]. 특히 kefir 유래 미생물과 대사산물은 장내 미생물 간 cross-feeding을 촉진하고, 기존 장내 미생물의 발효 기질 이용 효율을 향상시킬 가능성이 제기되고 있다[23].

직접적인 항생제-kefir 병용 *in vivo* 연구는 아직 제한적이지만, kefir 섭취 이력이 있는 반려견의 분변 미생물을 활용한 *in vitro* 발효 연구에서는 발효 능력과 SCFA 생성이 상대적으로 향상된 결과가 보고되고 있다[12]. 이러한 결과는 kefir가 항생제 처리로 저하된 장내 미생물의 기능적 잠재력을 회복시키는 방향으로 작용할 수 있음을 간접적으로 보여준다.

또한 kefir 발효 과정에서 생성되는 exopolysaccharide(kefiran) 및 기타 발효 대사산물은 장내

미생물의 기질로 작용하거나 장 상피 및 면역 세포와 상호작용함으로써, 항생제 처리 후 손상된 장내 환경 회복을 보조할 가능성이 제기되고 있다[16,19]. 이러한 작용은 특정 균주의 단독 증식보다는, 장내 미생물 생태계 전반의 대사 네트워크 재구성을 통해 이루어질 가능성이 크다.

종합하면, 항생제 처리 후 반려견의 장내 미생물 군집은 조성적 변화뿐 아니라 발효 대사 기능 저하를 동반하며, 이는 SCFA 감소 및 장 장벽 기능 약화로 이어질 수 있다. *In vitro* 연구에서 관찰된 kefir 관련 미생물 활성 증진 효과는 kefir 기반 식이가 항생제 후 회복 단계에서 장내 미생물 발효 기능을 보조적으로 회복시키는 기능성 식이 전략으로 활용될 수 있음을 보여준다. 이러한 특성은 kefir를 단순한 보조 간식이 아닌, 항생제 사용 후 회복을 목표로 한 기능성 펫푸드 원료로 개발할 수 있는 과학적 근거를 제공한다.

## Kefir 기반 펫푸드 개발 전략

Kefir를 반려동물용 펫푸드에 적용하기 위해서는, 단순히 인간용 발효유를 전용하는 접근을 넘어 원료 형태, 안정성, 기능 유지, 급여 편의성을 종합적으로 고려한 개발 전략이 요구된다. 특히 반려동물 식품은 가공 공정(열, 압출), 유통 환경, 급여 방식에서 인간 식품과 큰 차이를 가지므로, kefir의 미생물학적·기능적 특성을 유지하면서 산업적으로 적용 가능한 형태로 전환하는 것이 핵심 과제이다[5,19].

### 1. 원료 형태별 개발 전략

#### 1) 액상 kefir

액상 kefir는 전통적인 kefir의 형태를 가장 충실히 유지하는 원료 형태로, 살아있는 미생물과 발효 대사산물을 동시에 제공할 수 있다는 장점을 가진다[7]. 이러한 특성은 kefir의 복합 미생물 컨소시엄과 발효 대사산물이 장내 미생물과 직접 상호작용할 수 있는 환경을 제공한다는 점에서 기능적 측면에서 이상적인 적용 형태 중 하나로 평가된다. 그러나 액상 kefir는 냉장 유통이 필요하고, 저장 중 미생물 조성 변화 및 과발효 위험이 존재하며, 반려동물 사료 산업의 표준적인 건식 사료 공정과의 호환성이 제한적이라는 단점이 있다[11]. 따라서 액상 kefir는 장기 보관용 주식 사료보다는, 단기 급여용 보조 식이 또는 회복기능 기능성 식이 형태로 활용될 가능성이 높다.

#### 2) 분말화 kefir(동결건조)

동결건조를 통한 분말화 kefir는 저장 안정성과 취급 편의성을 크게 향상시킬 수 있는 원료 형태로, 반려동물 사료 산업에서 가장 현실적인 적용 방식으로 평가된다. 동결건조 공정은 미생물의 생존성을 상대적으로 잘 유지하면서 수분을 제거할 수 있어, kefir 유래 미생물과 일부 발효 대사산물을 동시에 보존할 수 있다[16]. 분말화 kefir는 건식 사료, 습식 사료, 토피, 간식 등 다양한 제품 유형에 유연하게 적용할 수 있으며, 급여량 조절이 용이하다는 장점을 가진다. 다만, 건조 및 저장 과정에서 일부 미생물의 생존성이 감소할 수 있으므로, 기능성 효과를 생균수 중심으로만 평가하기보다는, 발효 대사산물 및 미생물 기능적 활성까지 포함한 평가 체계가 필요하다[23]. 이는 kefir 기반 펫푸드가 단순 프로바이오틱 제품과 차별화되는 중요한 지점이기도 하다.

#### 3) Kefir 유래 미생물 컨소시엄

최근에는 전통 kefir grain에서 분리·동정된 미생물들을 선별하여 kefir 유래 미생물 컨소시엄 형태로 적용하려는 시도도 보고되고 있다[19]. 이러한 접근은 미생물 조성을 보다 정밀하게 제어할

수 있으며, 규제 측면에서 균주 안전성 평가와 표준화가 용이하다는 장점을 가진다. 다만, kefir의 핵심 특성 중 하나인 다종 미생물 간 상호작용과 발효 과정에서 생성되는 대사산물의 복합성이 일부 감소할 가능성도 존재한다. 따라서 kefir 유래 컨소시엄 적용 시에는, 단순 균주 혼합이 아닌 기능적 상호작용을 유지할 수 있는 조성 설계가 중요하며, *in vitro* 발효 모델을 통한 기능 검증이 병행되어야 한다[12].

## 2. 적용 제품 유형별 전략

### 1) 주식 사료 보강제

Kefir 기반 원료는 기존 주식 사료의 영양 조성을 변경하지 않으면서 장내 미생물 기능을 보완하는 사료 보강제 형태로 적용될 수 있다. 특히 항생제 투여 후 회복기, 스트레스 노출 후, 또는 소화기 민감성이 높은 개체에서 주식 사료와 병행 급여하는 방식은 실용적 적용 가능성이 높다[2]. 이러한 접근은 kefir를 주식 사료의 필수 구성 요소로 포함시키기보다는, 상황별 맞춤 기능성 원료로 활용할 수 있다는 점에서 산업적 유연성을 제공한다.

### 2) 토퍼(topper)

토퍼는 주식 사료 위에 소량을 추가하여 급여하는 형태로, 기호성 개선과 기능성 성분 보강을 동시에 달성할 수 있는 제품 유형이다. Kefir 기반 토퍼는 발효 유래 풍미와 미생물 대사산물을 통해 기호성을 높일 수 있으며, 동시에 장내 미생물 발효 활성 증진을 기대할 수 있다[10]. 특히 분말화 kefir 또는 저수분 액상 kefir 형태는 토퍼 제품으로 적용하기에 적합하며, 보호자가 급여량을 조절하기 쉽다는 장점이 있다.

### 3) 기능성 간식

기능성 간식은 반려동물 식품 시장에서 보호자의 수용성이 높은 제품군으로, kefir 기반 원료를 적용하기에 유망한 플랫폼으로 평가된다. 간식 형태는 고온 압출 공정이 상대적으로 제한적이거나 후첨 공정 적용이 가능하므로, kefir 유래 미생물 및 대사산물의 기능을 비교적 잘 유지할 수 있다[11]. 또한 기능성 간식은 장 건강, 항생제 후 회복, 스트레스 완화 등 특정 기능을 명확히 표방할 수 있어, kefir의 과학적 근거를 소비자에게 효과적으로 전달할 수 있는 장점을 가진다.

종합하면, kefir 기반 펫푸드 개발은 원료 형태와 적용 제품 유형에 따라 기능적 초점과 기술적 전략이 달라질 수 있으며, 액상-분말-미생물 컨소시엄이라는 다양한 원료 옵션을 상황에 맞게 조합하는 접근이 요구된다. 특히 kefir는 단일 균주 기반 프로바이오틱과 달리, 장내 미생물의 발효 대사와 기능적 잠재력을 조절하는 복합 식이 인자로 작용할 가능성이 크므로, 이러한 특성을 반영한 제품 설계가 중요하다.

## 품질 관리와 표준화 문제

Kefir 기반 반려동물 식품의 산업적 적용 가능성이 확대되고 있음에도 불구하고, 현재 상업적으로 유통 중인 반려동물용 kefir 제품에서는 품질 관리 및 표준화 부족이 반복적으로 지적되고 있다. 특히 미생물 구성의 불일치, 생균수의 과장 표기, 제품 간 품질 변동성은 kefir를 기능성 펫푸드 원료로 정착시키는 데 있어 핵심적인 장애 요인으로 작용한다.

실제로 북미 시장에서 유통 중인 반려동물용 kefir 제품을 대상으로 미생물 조성과 생균 수를 분석한 결과, 제품 라벨에 표기된 미생물 종과 실제 검출된 미생물 종 간에 상당한 불일치가 존재함을

보고하였다[11]. 또한 일부 제품에서는 표기된 생균수 수준이 실측값과 크게 차이를 보였으며, 유통 기간 내에서도 미생물 생존성이 급격히 저하되는 사례가 확인되었다. 이러한 결과는 kefir 제품이 “발효식품”이라는 특성에도 불구하고, 과학적 근거에 기반한 품질 관리 체계가 충분히 확립되지 않았음을 보여준다.

이러한 문제는 kefir의 본질적 특성과도 밀접하게 연관되어 있다. Kefir는 단일 균주 기반 제품과 달리, 다종 미생물이 공존하는 복합 생태계이기 때문에 제조 공정, 원료 특성, 발효 조건, 저장 환경에 따라 미생물 군집 구조가 쉽게 변할 수 있다[19]. 즉 동일한 “kefir”라는 명칭을 사용하더라도, 제품 간 미생물 조성 및 기능적 특성은 상당히 상이할 수 있으며, 이는 기능성 효과의 재현성을 저해하는 요인으로 작용한다.

또한 반려동물 식품 분야에서는 기능성 원료의 효과를 생균수 중심으로 단순화하여 평가하는 경향이 여전히 강한데, kefir의 경우 이러한 접근은 본질적인 한계를 가진다. Kefir의 기능적 효과는 살아 있는 미생물뿐 아니라, 발효 과정에서 생성된 유기산, exopolysaccharide(kefiran), 생리활성 펩타이드 등 비생균성(postbiotic-like) 성분에 의해서도 매개될 가능성이 제기되고 있기 때문이다[23]. 따라서 생균수 수치만으로 kefir 제품의 기능성을 판단하는 것은 과도한 단순화로 이어질 수 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서는, kefir 기반 펫푸드 원료에 대한 다층적 품질 관리 기준의 확립이 필요하다. 첫째, 단순한 생균수 표기를 넘어, 핵심 미생물 군집의 범주적 정의 또는 기능적 지표를 설정할 필요가 있다. 둘째, 저장 및 유통 기간 동안의 미생물 조성 변화와 기능 유지 여부를 평가하는 안정성 검증 체계가 요구된다. 셋째, *in vitro* 발효 모델을 활용하여 제품 간 기능적 차이를 비교·평가하는 접근은 kefir 제품의 기능적 일관성을 확보하는 데 유용한 도구가 될 수 있다[12].

반려동물 식품 산업의 특성상, 소비자 신뢰는 제품의 과학적 근거와 직결된다. 따라서 kefir 기반 펫푸드가 단기적인 트렌드 제품이 아닌 지속 가능한 기능성 식품 소재로 자리 잡기 위해서는, 전통 발효식품의 다양성과 유연성을 존중하면서도, 표준화된 품질 관리 프레임워크를 구축하는 균형 잡힌 접근이 요구된다. 이러한 표준화는 kefir의 미생물 다양성을 제한하기 위한 것이 아니라, 기능적 재현성과 안전성을 확보하기 위한 최소한의 과학적 기준을 제시하는 과정으로 이해되어야 한다.

종합하면, 상업적 반려동물 kefir 제품에서 보고된 생균수 과장 표시와 미생물 종 불일치 문제는 kefir 기반 펫푸드 개발에서 품질 관리와 표준화의 중요성을 명확히 보여준다. 향후 kefir가 반려동물 기능성 식품 원료로 안정적으로 활용되기 위해서는, 미생물 조성·기능·안정성을 통합적으로 평가하는 품질 관리 체계가 선행되어야 하며, 이는 규제 및 안전성 논의와도 긴밀히 연계되어야 한다.

## 규제 및 안전성 고려사항

Kefir를 반려동물 식품에 적용하기 위해서는 기능성 근거와 더불어 규제 적합성과 안전성 확보가 선행되어야 한다. 현재 반려동물 식품 규제 체계에서 kefir는 국가 및 관할 규제 기관에 따라 사료 첨가물 또는 보조사료로 분류될 가능성이 높으며, 이는 제품의 표시·광고, 사용 범위, 안전성 자료 요구 수준에 직접적인 영향을 미친다[5,11].

### 1. 미생물 안전성 평가의 핵심 요소

반려동물 식품에 적용되는 미생물 기반 원료는 병원성 여부, 독소 생성 가능성, 항생제 내성 보유 여부에 대한 검증이 요구된다. Kefir는 전통적으로 안전한 발효식품으로 인식되어 왔으나, 다종 미생물이 공존하는 특성상 모든 구성 미생물이 반려동물 식품 규제 기준에서 동일하게 안전하다고 가정할 수는 없다[19]. 따라서 kefir 기반 원료를 사용할 경우, 균주 수준에서의 안전성 평가가 요구된다.

특히 LAB 및 효모는 일반적으로 안전한 미생물로 분류되는 경우가 많으나, 일부 균주는 기회감염성, 또는 항생제 내성 유전자를 보유할 가능성이 보고된 바 있다[5]. 이에 따라 반려동물 식품용 kefir

원료는 유전자 기반 동정(16S rRNA sequencing, whole-genome sequencing)을 통해 균주를 명확히 규명하고, 항생제 내성 및 독성 인자 유무를 확인하는 절차가 바람직하다.

## 2. 균주 동정과 조성의 투명성

앞서 언급한 바와 같이, 상업적 kefir 제품에서는 미생물 조성의 불일치 문제가 반복적으로 보고되어 왔으며[11], 이는 규제 및 안전성 측면에서도 중요한 쟁점이다. 반려동물 식품에서 kefir를 적용할 경우, 제품에 포함된 미생물의 범주적 구성 또는 대표 균주 목록을 명확히 제시하고, 제조 로트 간 조성 일관성을 관리하는 체계가 필요하다.

특히 규제 당국은 “kefir”라는 명칭 자체보다도, 실제 제품에 포함된 미생물과 그 기능적 특성에 초점을 맞추는 경향이 강하다. 따라서 kefir 기반 펫푸드는 전통 식품으로서의 명칭 사용보다는, 미생물 구성과 기능을 중심으로 한 과학적 설명을 병행하는 것이 규제 대응 측면에서 유리할 수 있다[19].

## 3. 유통기한 중 생존성 및 기능 유지 검증

반려동물 식품에서 미생물 기반 원료의 안전성은 제조 직후뿐 아니라 유통기한 전반에 걸친 안전성을 포함한다. 특히 분말화 kefir나 kefir 유래 미생물 컨소시엄의 경우, 저장 기간 동안 생균 수 감소, 미생물 조성 변화, 기능 저하가 발생할 수 있으므로, 유통기한 동안의 생존성 검증이 요구된다[23].

그러나 kefir의 기능은 생균수만으로 설명되지 않을 가능성이 크므로, 단순 생존성 평가 외에도 기능 유지 여부를 평가하는 접근이 요구된다. 최근 제안된 *in vitro* 장내 발효 모델은 저장 전·후 kefir 기반 원료의 발효 특성, SCFA 생성 능력, pH 변화 양상을 비교할 수 있는 도구로 활용될 수 있으며, 이는 규제 대응을 위한 기능적 근거 자료로서의 활용 가능성을 가진다[12].

## 4. 기능성 표시(claim)와 규제의 경계

반려동물 식품에서 kefir를 적용할 경우, 장 건강 개선, 항생제 후 회복 보조와 같은 기능성 주장은 소비자에게 매력적이지만, 규제 측면에서는 신중한 접근이 필요하다. 일반적으로 사료 또는 보조사료로 분류되는 제품은 질병 예방·치료에 대한 직접적 표현을 제한받는 경우가 많으며, 과학적 근거 없이 과도한 기능성 주장을 할 경우 규제 리스크가 발생할 수 있다[5].

따라서 kefir 기반 펫푸드의 기능성 주장은 미생물 조절, 발효 활성 증진, 장내 환경 개선과 같은 생리적·영양학적 수준의 표현으로 설계하는 것이 바람직하며, 이러한 접근은 *in vitro* 및 제한적 *in vivo* 연구 결과와도 합리적으로 부합한다.

종합하면, 반려동물 식품에서 kefir는 사료 첨가물 또는 보조사료로 활용될 가능성이 높으며, 이를 위해서는 미생물 안전성 평가, 균주 동정과 조성 관리, 유통기한 중 생존성 및 기능 유지 검증이 요구된다. 이러한 규제 및 안전성 고려사항은 kefir 기반 펫푸드 개발의 제약 조건이기보다는, 과학적 신뢰성과 산업적 지속 가능성을 확보하기 위한 핵심 전제 조건으로 이해되어야 한다.

## 향후 연구 방향

Kefir 기반 반려동물 펫푸드의 과학적 근거는 최근 *in vivo* 및 *in vitro* 연구를 통해 점진적으로 축적되고 있으나, 현재까지의 연구들은 주로 단기간 관찰 또는 기능적 가능성 제시에 머물러 있다. Kefir가 반려동물 장내 미생물 조절 및 발효 대사에 미치는 영향을 보다 정밀하게 이해하고, 이를 산업적으로 활용 가능한 기능성 식품으로 발전시키기 위해서는 다음과 같은 연구 과제가 단계적으로

수행될 필요가 있다.

### 1. 장기 급여 임상시험(long-term feeding trials)

현재 보고된 kefir 급여 연구는 대부분 2주 내외의 단기 실험에 기반하고 있으며, 장기 급여 시 장내 미생물 군집의 안정성, 적응 양상, 기능적 지속성에 대한 정보는 제한적이다[10]. 장내 미생물 군집은 단기간 변화 이후 새로운 평형 상태에 도달할 수 있으므로, kefir 급여 효과의 지속 여부와 장기 안전성을 평가하기 위해서는 수 주~수개월 단위의 장기 급여 임상시험이 요구된다.

특히 장기 급여 연구에서는 단순한 미생물 조성 변화뿐 아니라, SCFA 생성 패턴의 안정성, 분변 특성, 체중 및 체성분 변화, 면역·염증 지표와의 연관성을 함께 평가하는 통합적 접근이 요구된다. 이러한 연구는 kefir 기반 식품이 일시적 보조 식이를 넘어, 지속적 급여가 가능한 기능성 펫푸드 원료로 활용될 수 있는지를 판단하는 핵심 근거를 제공할 것이다.

### 2. 용량-반응 관계 규명

Kefir의 기능적 효과는 급여량에 따라 상이하게 나타날 가능성이 높으나, 현재까지 반려동물 대상 연구에서는 명확한 용량-반응 관계가 체계적으로 규명되지 않았다. 인간 영양학 및 프로바이오틱 연구 분야에서는 과도한 미생물 투여가 반드시 기능성 효과의 증가로 이어지지 않으며, 오히려 장내 발효 불균형을 유발할 수 있다는 보고도 존재한다[5].

따라서 kefir 기반 펫푸드 개발을 위해서는 최소 유효 용량과 기능 포화 지점을 규명하는 연구가 필요하다. 이는 제품 설계 시 불필요한 과잉 첨가를 방지하고, 안전성과 비용 효율성을 동시에 확보하는 데 중요한 과학적 기준으로 작용할 수 있다.

### 3. 질환 모델 적용 연구

현재까지 kefir 연구의 대부분은 건강한 반려견을 대상으로 수행되었으나, kefir의 기능적 가치가 보다 분명하게 드러날 수 있는 영역은 질환 또는 스트레스 상황에서의 장내 미생물 교란 상태이다. 특히 설사, 비만, 항생제 투여 후 회복과 같은 조건은 장내 미생물 조성 및 발효 기능이 크게 변화하는 대표적인 모델로, kefir 기반 식이 전략의 효과를 검증하기에 적합하다[2].

예를 들어, 항생제 처리 후 장내 미생물 다양성과 SCFA 생성이 저하된 상태에서 kefir 급여가 발효 기능 회복을 가속화할 수 있는지, 또는 비만 모델에서 kefir 급여가 SCFA 패턴 변화 및 에너지 대사 조절과 연관되는지를 평가하는 연구는 kefir의 질환 특이적 적용 가능성을 명확히 할 수 있다. 이러한 연구는 kefir 기반 펫푸드를 일반 건강 보조 식이뿐 아니라, 특정 생리적 상태를 고려한 맞춤형 기능성 식이로 확장하는 데 중요한 근거가 될 것이다.

### 4. Multi-omics 기반 기전 규명

Kefir의 작용 기전은 단일 미생물 또는 단일 대사산물로 설명되기보다는, 미생물 군집 간 상호작용과 대사 네트워크 변화에 의해 매개될 가능성이 크다[19]. 따라서 향후 연구에서는 16S rRNA 기반 미생물 조성 분석에 더해, shotgun metagenomics, metatranscriptomics, metabolomics를 통합한 multi-omics 접근이 요구된다.

이러한 접근은 kefir 섭취가 장내 미생물의 기능적 유전자 풀, 발효 경로, SCFA 및 기타 대사산물 생성에 미치는 영향을 정밀하게 규명할 수 있으며, 단순 상관관계를 넘어 기전적 인과관계를 제시할 수 있다. 특히 *in vitro* 발효 모델과 *in vivo* 급여 시험을 multi-omics 데이터로 연결하는 전략은 kefir 기반 펫푸드 개발을 위한 과학적 근거를 한 단계 끌어올리는 데 기여할 것으로 기대된다.

종합하면, kefir 기반 반려동물 펫푸드의 과학적·산업적 발전을 위해서는 장기 급여 임상시험, 용량-반응 관계 규명, 질환 모델 적용 연구, 그리고 multi-omics 기반 기전 연구가 유기적으로 수행될 필요가 있다. 이러한 연구들은 kefir를 단순한 발효식품 원료가 아닌, 근거 기반(evidence-based) 기능성 반려동물 식품 소재로 정립하는 데 핵심적인 역할을 할 것이다.

## 결론

Kefir는 LAB, 효모, 초산균이 공존하는 복합 미생물 컨소시엄과 발효 과정에서 생성되는 다양한 대사산물을 기반으로, 반려동물 장내 미생물 군집의 구성뿐만 아니라 발효 대사 기능을 조절할 가능성을 시사하는 기능성 식품 소재로 평가된다. 기존의 단일 균주 기반 프로바이오틱 접근과 달리, kefir는 미생물 간 상호작용과 대사 네트워크를 통해 장내 환경 전반에 작용할 수 있다는 점에서 차별화된 특징을 가진다.

최근 보고된 *in vivo* 연구들은 단기간 kefir 급여가 반려견의 장내 미생물 조성을 조절하고, LAB 증가 및 특정 미생물군 감소와 같은 변화를 유도할 수 있음을 보여주었으며, 임상적으로 뚜렷한 부작용 없이 적용 가능성을 보여준다. 또한 *in vitro* 장내 발효 모델을 활용한 연구들은 kefir 섭취 후 분변 미생물이 다양한 식이섬유 기질에 대해 더 높은 발효 효율과 SCFA 생성 능력을 나타냄을 보고함으로써, kefir가 장내 미생물의 기능적 잠재력 향상과 연관될 가능성을 제시한다. 이러한 과학적 근거는 kefir가 단순한 발효 유제품을 넘어, 신바이오틱 전략과 결합될 경우 반려동물 펫푸드 분야에서 장 건강 증진, 항생제 사용 후 회복 보조, 발효 대사 기능 강화 등을 목표로 한 차세대 기능성 원료로 확장될 가능성을 제시한다. 특히 중등도 발효성 식이섬유와의 조합은 장내 발효 환경을 안정적으로 유지하면서 kefir의 기능을 극대화할 수 있는 유망한 접근으로 평가된다.

다만 kefir의 상업적 적용을 위해서는 여전히 해결해야 할 과제가 존재한다. 균주 수준의 표준화, 미생물 조성 및 기능의 일관성 확보, 유통기한 중 안정성 검증, 그리고 장기 급여를 통한 임상적 유효성 평가가 병행되어야 한다. 이러한 과제들은 kefir 기반 펫푸드 개발의 제약 요인이기보다는, 과학적 신뢰성과 산업적 지속 가능성을 확보하기 위한 필수적인 전제 조건으로 인식되어야 한다.

종합하면, kefir는 반려동물 장내 미생물-발효 대사-숙주 건강을 연결하는 기능성 식이 소재로서 높은 잠재력을 지니며, 향후 체계적인 임상 연구 축적을 통해 근거 기반 반려동물 식품 원료로 확립될 가능성이 있다.

특히 현재 근거는 대부분 반려견을 대상으로 한 연구에 기반하고 있으므로, 반려묘를 포함한 다른 반려동물 종에 대한 적용 가능성은 향후 추가 연구를 통해 검증될 필요가 있다.

## Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

## 감사의 글

본 결과물은 2025년도 교육부 및 강원특별자치도의 재원으로 강원RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다(2025-RISE-10-002).

## References

1. Suchodolski JS. Intestinal microbiota of dogs and cats: a bigger world than we

- thought. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2011;41:261-272.
2. Pilla R, Suchodolski JS. The role of the canine gut microbiome and metabolome in health and gastrointestinal disease. *Front Vet Sci.* 2020;6:498.
  3. Hooda S, Minamoto Y, Suchodolski JS, Swanson KS. Current state of knowledge: the canine gastrointestinal microbiome. *Anim Health Res Rev.* 2012;13:78-88.
  4. Deng P, Swanson KS. Gut microbiota of humans, dogs and cats: current knowledge and future opportunities and challenges. *Br J Nutr.* 2015;113:S6-S17.
  5. Schmitz S, Suchodolski J. Understanding the canine intestinal microbiota and its modification by pro-, pre- and synbiotics: what is the evidence? *Vet Med Sci.* 2016;2:71-94.
  6. Sanders ME, Merenstein DJ, Reid G, Gibson GR, Rastall RA. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2019;16:605-616.
  7. Guzel-Seydim ZB, Kok-Tas T, Greene AK, Seydim AC. Review: functional properties of kefir. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2011;51:261-268.
  8. Kim DH, Kim H, Jeong D, Kang IB, Chon JW, Kim HS, et al. Kefir alleviates obesity and hepatic steatosis in high-fat diet-fed mice by modulation of gut microbiota and mycobiota: targeted and untargeted community analysis with correlation of biomarkers. *J Nutr Biochem.* 2017;44:35-43.
  9. Kim DH, Jeong D, Song KY, Kang IB, Kim H, Seo KH. Culture supernatant produced by *Lactobacillus kefir* from kefir inhibits the growth of *Cronobacter sakazakii*. *J Dairy Res.* 2018;85:98-103.
  10. Kim DH, Jeong D, Kang IB, Lim HW, Cho Y, Seo KH. Modulation of the intestinal microbiota of dogs by kefir as a functional dairy product. *J Dairy Sci.* 2019;102:3903-3911.
  11. Metras BN, Holle MJ, Parker VJ, Miller MJ, Swanson KS. Assessment of commercial companion animal kefir products for label accuracy of microbial composition and quantity. *J Anim Sci.* 2020;98:skaa301.
  12. De La Guardia Hidrogo VM, Oba PM, Holt DA, Bauer LL, Rummell LM, Dilger RN, et al. In vitro fermentation characteristics of dietary fibers using fecal inoculum from dogs consuming a dried brewers yeast product. *Animals.* 2025;15:3117.
  13. Martini SE, Oba PM, Geary EL, Bauer LL, Dilger RN, Swanson KS. In vitro fermentation characteristics of dietary fibers using fecal inocula from dogs fed a canned diet and treated with metronidazole. *Front Vet Sci.* 2025;12:1670624.
  14. Zheng Y, Fei Y, Yang Y, Jin Z, Yu B, Li L. A potential flavor culture: *Lactobacillus harbinensis* M1 improves the organoleptic quality of fermented soymilk by high production of 2,3-butanedione and acetoin. *Food Microbiol.* 2020;91:103540.
  15. Cuamatzin-García L, Rodríguez-Rugaría P, El-Kassis EG, Galicia G, de Lourdes Meza-Jiménez M, del Rocío Baños-Lara M, et al. Traditional fermented foods and beverages from around the world and their health benefits. *Microorganisms.* 2022;10:1151.
  16. Vinderola G, Perdígón G, Duarte J, Farnworth E, Matar C. Effects of the oral

- administration of the products derived from milk fermentation by kefir microflora on immune stimulation. *J Dairy Res.* 2006;73:472-479.
17. Codex Alimentarius Commission. Standard for fermented milks (CXS 243-2003) [Internet]. 2003 [cited 2026 Jan 2]. Available from: [https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS\\_243e.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243e.pdf)
  18. de Oliveira Leite AM, Miguel MAL, Peixoto RS, Rosado AS, Silva JT, Paschoalin VMF. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. *Braz J Microbiol.* 2013;44:341-349.
  19. Bourrie BCT, Willing BP, Cotter PD. The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Front Microbiol.* 2016;7:647.
  20. Farnworth ER, Mainville I. Kefir: a fermented milk product. In: Tamang JP, editor. *Health benefits of fermented foods and beverages.* Boca Raton, FL: CRC Press; 2008. p. 89-127.
  21. González-Orozco BD, García-Cano I, Escobar-Zepeda A, Jiménez-Flores R, Álvarez VB. Metagenomic analysis and antibacterial activity of kefir microorganisms. *J Food Sci.* 2023;88:2933-2949.
  22. Baars T, van Esch B, van Ooijen L, Zhang Z, Dekker P, Boeren S, et al. Raw milk kefir: microbiota, bioactive peptides, and immune modulation. *Food Funct.* 2023;14:1648-1661.
  23. Rezac S, Kok CR, Heermann M, Hutkins R. Fermented foods as a dietary source of live organisms. *Front Microbiol.* 2018;9:1785.
  24. Macfarlane GT, Macfarlane S. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health. *J AOAC Int.* 2012;95:50-60.
  25. Vinolo MA, Rodrigues HG, Nachbar RT, Curi R. Regulation of inflammation by short chain fatty acids. *Nutrients.* 2011;3:858-876.
  26. Igarashi H, Maeda S, Ohno K, Horigome A, Odamaki T, Tsujimoto H. Effect of oral administration of metronidazole or prednisolone on fecal microbiota in dogs. *PLOS ONE.* 2014;9:e107909.
  27. Vinderola CG, Duarte J, Thangavel D, Perdigón G, Farnworth E, Matar C. Immunomodulating capacity of kefir. *J Dairy Res.* 2005;72:195-202.
  28. Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2017;14:491-502.