

## REVIEW

# 반려묘와 반려견을 위한 반려동물용 기능성 식품 개발에 관한 전망: 총설

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

<sup>1</sup>부천대학교 반려동물과

<sup>2</sup>강원대학교 식품생명공학전공

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

## Prospects for the Development of Functional Foods for Companion Cats and Dogs: A Review

Hyun-Ju Kim<sup>1†</sup>, Jung-Whan Chon<sup>2†</sup>, Hyeon A Jung<sup>3</sup>,  
Kwang-Young Song<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Companion Animal, Bucheon University, Bucheon, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

<sup>3</sup>Department of Companion Animal Health and Department of Pet Industry, Daegu Hanny University, Gyeongsan, Korea



Received: March 8, 2025  
Revised: March 20, 2025  
Accepted: March 20, 2025

†These authors contributed equally to this study.

\*Corresponding author :  
Kwang-Young Song,  
Department of Companion Animal  
Health and Department of Pet Industry,  
Daegu Hanny University, Gyeongsan,  
Korea  
Tel : +82-53-819-1605  
Fax : +82-53-819-1273  
E-mail : drkysong@gmail.com

Copyright © 2025 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

Hyun-Ju Kim  
<https://orcid.org/0009-0005-7784-6121>  
Jung-Whan Chon  
<https://orcid.org/0000-0003-0758-6115>  
Hyeon A Jung  
<https://orcid.org/0000-0003-2386-3119>  
Kwang-Young Song  
<https://orcid.org/0000-0002-5619-8381>

### Abstract

Recently, as the number of family members has decreased, companion animals such as cats and dogs have been recognized as 'family members.' Therefore, the health and well-being of companion animals are important issues for their owners. In addition, companion animals positively affect human emotional and physical health. For these reasons, companion animal foods are recognized as important. Nevertheless, understanding companion-animal food labels is challenging. Therefore, it is necessary to provide various types of education to companion animal owners who use companion animal food and to promote companion animal food-containing functionalities. Above all, research on companion animal food with added functionality should be conducted more actively because the ultimate goal of functional companion animal food will be achieved by developing safe, biologically active ingredients that effectively reduce the risk of disease in companion animals and maintain their health. Therefore, future basic and applied nutritional research should focus on the roles and mechanisms of action of functional foods in companion animals.

### Keywords

companion animal, cat, dog, functionality, food (or feed)

## 서론

새로운 식품과 식품 성분은 비타민, 미네랄, 물, 단백질, 탄수화물, 지방과 같은 필수 영양소를 제공할 뿐만 아니라 그 이상의 건강상 다양한 이점을 제공하기 때문에 일반적으로 "기능성"으로 인식될 수 있다[1]. 반려동물 가운데, 기능성 식품의 역할은 대부분 반려묘(*Felis catus*)와 반려견(*Canis familiaris*)에서 연구를 통하여 물질대사를 더 잘 이해할 수 있게 되었다. 이러한 결과로서 반려동물의 영양 및 건강 상태를 최적화하는데 많은 기여를 할 수 있었다[2]. 오랜 공존의 역사 이후, 현대 사회에서 가장 흔한 반려동물은 바로 반려묘와 반려견이다. 반려묘와 반려견은 소화 관련 과정에서 상당한 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 반려묘는 육식성인 반면 반려견은 인간과 마찬가지로

가지로 잡식성인 것으로 알려져 있다[3]. 반려견은 반려묘와 일부 육식성의 특성을 공유하는데, 즉, 반려묘와 반려견 모두 침샘 아밀라아제가 없고, 위장관이 짧으며, 비타민 D를 합성할 수 없다는 것이 다[4]. 이와 대조적으로, 반려견들은 오랜 시간 길들여지는 동안 진화한 AMY2B, MGAM 및 SGLT1의 3개 유전자는 전분 소화 및 포도당 흡수에 관여할 수 있다고 밝혀졌다[5]. 반려견의 소화계에 있어서 또 다른 특징은 니아신, 타우린, 아르기닌과 같은 여러 필수 영양소를 합성할 수 있다는 것이다[3]. 반려묘는 아미노산을 분해하여 포도당 신생성을 위한 에너지원으로 사용할 수 있다[6]. 반려묘는 단백질 52%, 지방 36%, 탄수화물 12%로 구성된 식단을 섭취한다[7]. 따라서 반려묘와 반려견을 별도로 구분하여 반려동물 영양을 연구하는 것이 가장 바람직하다는 방향으로 인식되고 있다. 특히, 반려동물의 주인들은 반려동물이 가족 구성원으로 인식하기 때문에, 반려동물에게 상업적으로 판매되는 자연식, 생식품, 채식 식단과 같은 대체 식품 등을 제공하는 경향이 지속적으로 증가되고 있다[8]. 인간과 동물 사이의 유사점은 아기가 성인(또는 부모)의 중복적인 행동을 따라하는 것과 유사하게, 반려동물은 주인으로부터 잘된(또는 잘못된) 식습관을 그대로 습득한다는 것을 알 수 있다[8,9]. 이러한 증거는 반려동물 영양에 대한 이해를 하는데 반려동물 주인과의 연관성에 대한 연구도 중요하다는 것을 시사하는 것이다[10].

따라서 본 총설은 반려묘와 반려견을 위한 반려동물용 기능성 식품 개발에 관한 현황과 전망을 자세하게 소개하고, 본 총설 논문에서 서술된 모든 내용 등은 발표되어진 다양한 과학적인 논문 및 문헌 등을 참고하여 조사한 후 재정리하여 새롭게 서술하였다.

## 본 론

다양한 선행 연구에 의하면, 상업적으로 판매되는 기능성 식품에서 발견되는 성분의 건강상의 이점들은 대부분 인간 중심으로 연구가 되어서 얻어진 결과물들이다. 따라서 이러한 성분들도 반려묘와 반려견에게 유익한 효과를 발휘할 수 있을 것으로 예상은 될 수도 있지만, 하지만 여전히 연구가 진행되지 않은 많은 부분들이 있다는 것이다. 이러한 이유 등으로 현재 상업적으로 판매되는 반려동물 사료의 적절성에 대한 관심은 전 세계적으로 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 일반적으로 건강상의 이점으로 인해 높은 평가를 받고 있는 기능성 식품의 종류에는 과일과 채소, 식물성 식품, 통곡물, 피크노제놀, 콜라겐, 코엔자임 Q10, 저분자량 히알루론산, 콘드로이틴 황산염 및 글루코사민 황산염을 포함한 식이 보충제, 음료, 프리바이오틱스 및 프로바이오틱스 등이 포함되어져 있다 [11,12].

이러한 기능성 식품의 대부분은 포만감을 개선하고, 식후 포도당과 인슐린 농도를 감소시켜 당뇨병 관련 합병증을 줄일 수 있다는 것이다[13]. 또한 이눌린과 올리고프루кто오스와 같은 기능성 식품은 반려묘, 반려견 및 인간의 장내 미생물총을 변화시킬 수 있는 것으로 밝혀졌다. 반려동물 사료에서 일반적으로 발견되는 식이 섬유는 공생 박테리아 성장을 촉진하여 장내 미생물총을 변화시킬 수 있다 [14]. 위 배출 감소, 혈중 콜레스테롤 농도, 위 통과 시간 감소, 식이 칼로리 밀도 희석, 포만감 증가, 포도당 흡수율 및 대변 배설도 식이 섬유질에 기인하는 것으로 알려져 있다[15].

밀, 옥수수, 귀리, 보리 및 호밀이 주요 공급원인 통곡물은 식이 섬유질, 미량 미네랄, 비타민 B 및 E, 토코트리에놀, 리그난 및 폴리페놀과 같은 생리활성 화합물, 콜린, 메티오닌, 베타인, 이노시톨 및 폴산과 같은 지방 분해 물질 및 메틸 공여체, 항영양소가 풍부한 것으로 알려져 있다. 이는 항산화 및 항암 효과가 있는 피틴산, 탄닌 및 사포닌과 같은 영양소의 흡수를 방해하는 화합물로 정의될 수 있다[16].

곡물은 주로 동물 사료에 사용되며(~90%), 영양 성분은 총 식이 섬유의 21%-27%, 조단백질의 12%-16%, 조지방의 18%-22%이다[17]. 옥수수는 맛과 영양소 소화율에 해로운 영향을 미치지 않고

반려견 중에서 성견의 혈당 반응을 낮추기 때문에 또 다른 귀중한 섬유질 공급원이다[14]. 옥수수 섬유에는 항산화, 항돌연변이 및 콜레스테롤 저하 효과가 있는 페놀성 화합물이 포함되어 있지만, 인간의 대장암 발생률을 줄일 수 있다[18]. 이러한 효과는 반려묘와 반려견에서는 조사되지 않았기에 추가 연구가 필요하다. 미강유는 유헴 함유 아미노산, 마그네슘, 망간 및 비타민 B와 같은 미량 영양소, 토코페롤, 토코트리엔올, 페룰산 및  $\alpha$ -리포산과 같은 폴리페놀, 식물 에스테르,  $\gamma$ -오리지놀 및 카로틴, 리코펜, 루테인 및 제아잔틴과 같은 카로티노이드와 같은 생리활성 분자가 특히 풍부하기 때문에 필수 아미노산의 우수한 공급원이다[19]. 이 모든 성분은 강력한 항산화, 항염증 및 화학적 예방 특성을 가지고 있어 심혈관 질환, 제2형 당뇨병 및 비만과 같은 만성 질환의 관리 및 예방에 효과적이다[19]. 또한 미강유는 대부분 단일 및 다중 불포화 지방산(올레산(38.4%), 리놀레산(34.4%) 및  $\alpha$ -리놀렌산(2.2%))과 약 1.5%의  $\gamma$ -오리지놀을 포함하여 우수한 지방산 프로필을 함유하고 있으며, 이는 모두 설치류, 토끼, 비인간 영장류 및 인간에서 관찰된 바와 같이 강력한 항산화 능력을 가지고 있다[20]. 반려동물 사료 열 가공 중에 마이아르 반응, 즉 비효소적 갈변 및 풍미 반응은 라이신과 같은 필수 아미노산의 생물학적 이용 가능성을 감소시킨다[21]. 따라서 반려동물 사료는 동물이 필요로 하는 것보다 적은 라이신을 공급할 수 있으므로 이러한 결핍을 보충하기 위해 식이 보충제를 추가해야 한다. 현재 이용 가능한 기능성 식품의 영양적 이점을 이해하는 것은 반려묘와 반려견에게 건강을 유지하기 위한 올바른 식단을 제공하는 데 매우 중요하다. 이러한 이유로, 소비자가 원하는 성분과 식단에 따라 적절한 반려동물 사료를 선택할 수 있도록 하는 다양한 컴퓨터 기반 소프트웨어가 온라인에서 제공되고 있다.

## 반려묘의 영양과 기능성 식품과의 연관성

반려견과 비교했을 때, 반려묘는 육식 동물이며 영양소 요구 사항이 다르다. 만성 설사가 있는 55마리의 반려묘를 대상으로 한 무작위 이중 맹검 대조 임상 시험에서 고지방(10%) 또는 저지방(23%) 고소화성 식단(대두 플레이크, 대두 단백질 분리물, 칠면조 및 칠면조 부산물 식사, 옥수수 전분, 귀리 가루, 귀리 섬유질, 쇠고기 지방, 비타민 및 미네랄)의 효능은 분변점수를 측정하여 평가하였다. 모든 반려묘는 시험한 식단에 첫 주 안에 분변점수가 증가하여 반응하였고, 3주 안에 식단 보충에 대한 최대 반응을 얻을 수 있었다. 또한 반려묘의 3분의 1은 정상적인 대변을 보였다. 하지만 두 식단 모두에 대한 반응에서 유의미한 차이는 관찰되지는 않았는데, 이는 식이 지방량이 설사가 있는 반려묘의 식단 관리에서는 중요한 요소가 아니라는 것을 의미하기 때문이다[22].

그리고 추가적인 연구에서 정제되어진 반려묘 사료에 26% 전지방 미강유를 포함시킨 경우, 옥수수 전분이 26% 포함된 정제된 사료를 먹인 대조군과 비교했을 때 평균 전혈 타우린 농도가 상당히 낮아졌다[23]. 미강유를 먹인 반려묘에서 관찰된 낮은 타우린 농도는 미강유의 소화 불가 단백질 분획이 타우린을 분해할 수 있기 때문에 후장(뒤 창자) 미생물군의 변화 외에도 공액 담즙산의 배설이 증가했기 때문이다. 왜냐하면 이 아미노산은 생리적 조건에서 분해되지 않는다. 이 결과에 따르면, 미강유를 함유한 반려묘 사료에는 더 높은 농도의 식이 타우린(>0.05%)을 포함시켜야 한다. 반려묘는 상업용 반려묘 사료의 수분 함량과 질감 특성의 차이에 관계없이 거대 영양소 섭취를 균형 있게 조절하기 위해 음식 선택과 섭취를 스스로 조절할 수 있다[24].

인간이 동물의 식단을 크게 결정하는 가축화와 같은 인위적인 선택 조건하에서도, 다양한 영양 성분을 지닌 음식을 선택할 수 있게 되었을 때 반려묘들은 영양소 섭취량을 균형 있게 조절하기 위해 다양한 음식을 다른 양으로 섭취한다는 것이 밝혀졌다[8,24]. 45마리의 반려묘에게 2가지 다른 상업용 사료(습식 사료와 습식사료)를 다양한 다른 조합으로 먹이는 방식으로 실험하여 결과를 보여주었다[24]. 사료는 동시에 제공되었고, 3일 주기로 사료를 순차적으로 제공하는 단계로 구분되었다. 이 연구는 각 실험 내에서 뿐만 아니라 3일 주기 동안에도 동일한 식이 거대 영양소 구성으로 집중되는

것을 보여준다. 또한, 식이 옵션의 차이에도 불구하고 모든 실험에서 식이의 거대 영양소 구성은 놀라울 정도로 유사하였다. 구성 외에도 영양소의 수용성 및 소화율은 반려묘 영양에서 고려해야 할 다른 주요 요소이다.

사과 찌꺼기는 소화율이 낮기 때문에, 10%, 20%, 40%의 포함 수준으로 육류 기반 식단과 혼합하여 9마리의 성숙하고 중성화된 유럽 단모 비만 반려묘에게 먹였다[25]. 사과 찌꺼기를 포함시켜도(식단의 10% 또는 20%) 음식 맛이 떨어지지 않고, 에너지 밀도가 감소하고, 지방 소화율이 약간 변하며, 조단백질 소화율이 상당히 감소하였다. 에너지 밀도는 식단에 추가된 사과 찌꺼기의 비율에 비례하여 감소하였다. 하지만 40%에서는 음식의 섭취량이 오히려 감소되었다[25]. 따라서 비만 반려묘의 식단에 맛있는 섬유질 성분을 제한된 비율로 포함시키는 것은 음식 에너지 함량을 줄이고 생리학적 수준의 음식 섭취를 유지하는 좋은 방법이다.

## 반려견의 영양과 기능성 식품과의 연관성

반려견의 영양에 있어서 기능성 식품의 역할에 초점을 맞춘 다양한 선행 연구가 있었다[26-28].

성숙한 수컷 비글의 경우, 올리고프룩토오스가 풍부한 식단은 대변 암모니아와 클로스트리디움 퍼프린젠스 농도를 감소시키고 총 호기성 세균은 증가시켜 전반적인 반려견의 건강을 개선하였다[29]. 과당올리고당은 육류 기반 식단을 섭취한 반려견에게 단독으로 또는 만난올리고당과 함께 사용되었다[30]. 반려견은 회장 면역글로불린 A 농도가 더 높았지만, 처리하지 않은 대조군과 비교했을 때 대변 총 인돌과 페놀 농도가 낮았다. 그리고 추가적인 연구에서는 6개월간 유지 식단이 12마리의 성숙한 반려견의 산화 스트레스 마커에 미치는 영향을 조사하였다[31]. 식단은 과당올리고당, 옥수수, 어분, 가공 닭고기 단백질, 가금류 지방, 사탕무 펄프, 효모, 어유, 미네랄, 건조 효모(바이오 만난올리고당), 유카 시디게라, 비타민 A, D3 및 E, 염화콜린, 아미노산 킬레이트 구리 수화물, DL-메티오닌, 타우린, L-카르니틴 및 토코페롤, 알로에 베라, *Carica papaya*, *Curcuma longa*, *Grifola frondosa*, *Haematococcus pluvialis*, *Polygonum L.*, *Punica granatum*, *Solanum lycopersicum*, *Vitis vinifera* 등이 포함되었다. 이 반려견들은 반응성 산소 대사산물의 유도체 증가와 생물학적 항산화 잠재력 및 레티놀 감소의 형태로 산화적 불균형을 나타냈다[31]. 6개월 후, 반응성 산소 대사산물, 주로 과산화물 및 혈소판이 상당히 감소하였고, 레티놀과 생물학적 항산화 잠재력이 모두 증가하여 산화적 균형이 회복되었음을 보여주었다[31]. 이러한 결과는 반려견에서 좋은 산화적 균형을 달성하는 데 적절한 식단이 중요하다는 것을 뒷받침한다.

하지만, 산화적 불균형은 고혈당지수 식사를 섭취한 후에 발생할 수도 있다[32]. 이러한 원인을 밝히기 위해서, 6마리의 반려견에게 4가지 복합 탄수화물 공급원(보리, 옥수수, 완두콩, 쌀)과 단순 탄수화물(포도당)의 식사 후 반응을 비교했는데, 완두콩이 보리와 쌀(각각 51%와 55%)에 비해 가장 낮은 당지수(29%)를 보였고 균형 잡힌 식단의 일부로 간주될 수 있다고 보고하였다[32]. 그리고 추가적인 연구에서는 4개 연령대(1-2세, 3-4세, 5-7세, 8-10세)로 나눈 14마리의 생식 가능한 수컷 반려견에게 4개월 동안 특정 식단이 생식에 미치는 영향을 평가했으며, 그 전에 3개월 동안 일반적인 식단을 제공하는 사전 치료 기간을 두었다[33]. 특정식단의 구성성분에는 가수분해 어류 단백질, 가수분해 감자 단백질, 건조 효모, 과당올리고당, 비타민 E, 아스코르브산, 비타민 B12, 니아신, 비타민 A, 판토텐산 칼슘, 리보플라빈, 피리독신 염화물, 티아민 모노니트레이트, 엽산, 콜린 클로라이드, DL-메티오닌, L-카르니틴, 유카 시디게라 추출물, 베타카로틴, *Lepidium meyenii*, *Tribulus terrestris* 등이 포함되었다[33]. 항산화제가 풍부한 식단을 시작한 지 45일 이내에 대사 활동(자유티록신 및 테스토스테론)이 지속적으로 향상되어 생식력과 갑상선 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 특히, 정액의 정성적 분석 결과 2-7세의 반려견에서 운동성과 활력이 상당히 증가하였다[33]. 이러한 결과는 항산화제가 풍부한 식단을 사용하면 더 나은 생식 성과를 얻을 수 있음을 시사한다.

반려견 모델은 노화에 따른 인지 장애, 뇌유래 신경영양인자 및 식이요법뿐만 아니라 행동 장애, 신경내분비 매개변수 변화 및 식이요법간의 관계를 조사하는 데 사용되었다[8,28,34]. 이 연구에서는 두 가지 다른 항산화제 및 식물성 강화 식단을 반려견에서 급여하였다. 식물성 강화식단에는 쌀, 어분, 식물성 지방 및 오일, 어유, 사탕무 펄프, 미네랄, 탈수 효모, 과당올리고당, 알로에 베라, *C. papaya*, *C. longa*, *G. frondosa*, *H. pluvialis*, *Polygonum cuspidatum*, *P. granatum*, *Rosmarinus officinalis*, *Solanum lycopersicum*, *V. vinifera*, *Yucca schidigera* 등이 포함되었다. 결과적으로 섭취한 반려견에서 뇌유래 신경영양인자가 상당히 더 높았고, 반응성 산소 대사산물이 더 낮았고, 신경내분비 매개변수 수치가 정상화되었으며, 또한 쌀가루, 생선 단백질 가수분해물, 감자 단백질 가수분해물, 미네랄, *P. granatum*, *R. officinalis*, *Tilia* spp., *Valeriana officinalis* 로 구성된 식단을 섭취한 반려견에서는 행동 장애와 관련된 임상적 징후가 전반적으로 개선되었음을 보여주었다[8,28,35]. 따라서 이러한 연구결과를 통해서 식이 개입이 반려견의 인지적 결함과 행동 장애를 치료하는 데 가치 있는 대안이 될 수 있음을 시사한다.

구취는 반려견과 사람 모두에게 영향을 미치는 질환으로, 그들의 관계에 영향을 미친다[36]. 무작위 위약 대조 교차 임상 평가에서 16마리의 다른 품종과 연령대의 반려견에게 전용 식단이 만성 구취를 개선하는 데 효과적인지 평가하였다[36]. 식단은 쌀, 어분, 식물성 지방과 오일, 어유, 비트펄프, 미네랄, 탈수 효모, 과당올리고당, 프로롤리스, 리소자임, 바이오플라보노이드, *Ribes nigrum*, *Salvia officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Y. schidigera* 등이 포함되었다. 간단히 말해, 가스 크로마토그래피를 사용하여 30일 동안 상기 화합물의 농도를 평가함으로써 메틸머캅탄, 황화수소, 디메틸설파이드 등의 경구 휘발성 유황 화합물에 대한 식단의 효능을 평가하였다. 구취 관련 유황 화합물의 상당한 감소가 관찰되었다[36]. 또한, 이러한 개선은 식단 중단 후 20일 후에도 여전히 분명하여 화합물의 장기적인 효능을 뒷받침하였다. 만성 외이염 관련 증상을 완화하는 데 기능성 식단의 중심적인 역할을 관찰하여 이 상태를 치료하기 위한 약물 치료의 필요성을 제한하였다[37]. 기능성 식단은 물고기와 식물성 유래의 가수분해 단백질, 활택제로 사용되는 미네랄, 아연, *Allium sativum* L., *Melaleuca alternifolia*, *Rosa canina* L., *Tilia platyphyllos scapoli et cordata* 등이 포함되었다. 이 연구에서는 만성 외이염에 걸린 다양한 품종과 연령의 성숙한 반려견 15마리에게 약물 치료와 함께 기능성 식단을 제공하였다. 항염 및 항산화 활성을 지닌 건강기능식품은 개입 90일 후 모든 증상(귀관 폐쇄, 홍반, 분비물 양, 냄새)의 평균 점수 강도를 현저히 감소시켰다[37]. 이 평가에서 반려견은 식단 보충의 처음 8일 동안 약물 치료를 받았고, 나머지 82일 동안은 식단만 제공하였다. 이 결과는 약물 치료에 대한 항균제 내성이 커지고 있다는 점을 감안할 때 상당한 관련성이 있으며 항균 활성을 지닌 기능성 식품을 개발하기 위한 시작점을 나타낸다.

추가 연구에서는 면역조절식단 또는 표준식단과 항리슈마니아 약리학적 요법(메글루민 안티몬산염 및 알로퓨리놀)을 병용한 효과를 반려견 리슈마니아증에 걸린 반려견 20마리(면역조절식단 및 표준식단 그룹)의 0, 3, 6 및 12개월에 조사하였다[38]. 면역조절식단은 표준식단을 받은 반려견과 비교했을 때 반려견 리슈마니아증 동안 감소한 조절 T 세포 수준을 3, 6 및 12개월에 회복시켰다. 6개월과 12개월에 면역조절식단을 먹은 반려견은 건강한 반려견에서 관찰된 수준과 비슷한 수준의 T 헬퍼 세포 감소를 보였다. 이 증거는 특정 식단이 약리학적 치료 중에 반려견 리슈마니아증에 걸린 반려견에서 면역 반응을 조절할 수 있음을 시사한다. 동일한 면역조절식단은 눈물 생성, 결막염증, 각막 각질화, 각막 색소 밀도 및 점액 분비의 전반적인 평균 강도를 줄이는 데 특히 효과적이었다. 이는 반려견 건성각결막염의 가장 흔한 증상이다[26].

반려동물 사료의 맛도 적합성과 안전성 측면에서 매우 중요하기 때문에 연구 대상이 된다. 건조되어진 반려견 사료의 맛과 안정화된 쌀겨 소화에 미치는 영향을 배변 특성, 음식 섭취량, 선택된 면역 매개체 및 혈액 지질 특성을 결정하여 조사하였다[39]. 첫 번째 실험에서 가금류 지방(식단 1) 또는 대두유(식단 2)를 12% 안정화(식단 3) 또는 탈지 쌀겨(식단 4)와 함께 함유한 4가지 식단의 맛을

20마리의 반려견에게 4일 동안 먹인 것과 비교하였다. 식단 1과 12% 안정화 쌀겨를 함께 먹은 반려견에서 음식 섭취가 개선되었다. 두 번째 실험에서, 비글 36마리에게 12% 안정화 또는 탈지 쌀겨 사료와 가금류 지방, 쇠고기 지방 또는 가금류 지방:콩기름(50:50)을 합친 6가지 사료를 제공하였다. 탈지 쌀겨 사료를 먹은 반려견은 안정화 쌀겨 사료를 먹은 개에 비해 혈장 인지질 총 단일불포화지방산이 상당히 낮았다. 그들은 안정화 쌀겨가 반려견에게 잘 견디며 영양소 소화율과 배변 특성에 해로운 영향을 미치지 않고 염증 및 면역 반응의 변화를 촉진하지 않는다는 것을 관찰하였다. 또한, 안정화 쌀겨 사료는 탈지 쌀겨 사료에 비해 맛이 더 좋았다.

## 프로바이오틱스를 반려묘와 반려견에 적용한 현황

반려묘, 반려견 및 기타 종에서 유래한 프로바이오틱스는 건강한 동물과 단일 균주 또는 다중 균주 형태로 장 질환이 있는 동물에서 다양하게 평가되어졌다[40-43]. 반려묘와 반려견에서 가장 많이 연구된 프로바이오틱스는 비피도박테리움, *Enterococcus*, *Lactobacillus* 등이며[44,45], 토착 미생물은 숙주 특이성으로 인해 프로바이오틱스의 중요한 공급원으로 알려져 있다. 반려묘와 반려견에서 분리된 여러 균주들은 프로바이오틱스 특성뿐만 아니라 다양한 기능성 등을 보여 주어서 향후에 많이 이용될 것으로 예상된다[41,43,46]. 반려묘와 반려견에서 프로바이오틱스를 활용하면 장내 미생물 균형을 개선하고, 염증을 조절하고, 면역 기능을 향상시키고, 질병원균으로 인한 감염으로부터 보호하는 것으로 나타났다[46,47].

### 1. 반려묘에 적용된 프로바이오틱스

건강한 반려묘의 대변에서 대부분 검출되는 비피도박테리움과 유산을 생성 박테리아는 프로바이오틱스로 선택될 수 있는 가능성을 가지고 있다[48].

*L. acidophilus* DSM13241을 식이 보충제로 섭취되어진 건강한 성인 반려묘의 대변에서 *Lactobacillus*와 *L. acidophilus*의 수가 증가하였고, *Clostridium* spp.와 *Enterococcus faecalis*의 수가 감소하였다[49]. 반려묘의 대변에서 분리한 *Bacteroides* sp. CACC 737은 기능적 유전체 분석을 통해 밝혀진 바와 같이 잠재적인 프로바이오틱스 특성을 보였으며, 건강한 새끼 반려묘에서 분리한 동결건조 *E. hirae*는 설사율을 감소시켰으며, 식단에 *L. acidophilus* CECT 4529를 보충하면 건강한 성인 반려묘의 대변 품질이 개선되고 대변 대장균군이 감소되었다[50-52]. *S. boulardii*와 *Pediococcus acidilactici*로 구성된 다중 균주 프로바이오틱스는 건강한 단모 반려묘의 대변에서 부티르산과 총 단쇄지방산 생성을 증가시키고, 염증 표지자인 myeloperoxidase와 calprotectin의 농도를 감소시키고, 항산화 효소인 superoxide dismutase와 글루타치온의 활성을 개선시켰다[53]. *Bacillus licheniformis* 발효 제품을 경구 투여하면 설사가 완화되었고, *Clostridium* cluster XIVa에 속하는 박테리아가 풍부해지며, 만성 설사가 있는 반려묘의 대변에서 *C. perfringens*가 감소하였다[54]. 8가지 유산균 균주로 구성된 다중 균주 프로바이오틱스를 경구 투여하면 만성 변비와 특발성 거대 결장증이 있는 반려묘에서 임상 증상이 개선되었고 배변 중 *Lactobacillus*와 *Streptococcus*가 증가하는 것으로 나타났다[55]. *Enterococcus faecium* SF68이 급여된 보호소 반려묘의 경우, 설사율이 감소되었으며, *E. faecium* 균주 SF68을 급여하면 구토나 설사를 일으킬 수 있는 아목시실린-클라불라네이트로 치료한 반려묘의 배변 품질이 개선되었다[56,57]. 특히, 장 질환이 있는 반려묘에서도 프로바이오틱스의 긍정적인 효과가 나타났다. 건강한 반려묘의 다양한 생물군에서 분리한 *B. adolescentis*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* 균주는 반려묘의 수술 감염 원인균에 대한 접착 활성 및 항균 활성과 같은 프로바이오틱스 특성을 보였다[45]. 반려묘의 대변에서 *E. faecium*, *Pediococcus pentosaceus*, *L. fermentum*, *L. reuteri* 등 여러 균주들이 확인되었지만, 생체내 안전성 및 효과 확인 등은 반드시 추가적으로 진행되어야 할

것이다[58].

## 2. 반려견에 적용된 프로바이오틱스

프로바이오틱 특성을 가진 다양한 반려견 유래 박테리아 균주가 분리되고 확인되었다. 건강한 반려견에서 수십 개의 *Lactobacillus* 균주를 분리하여 시험관 내에서 *Campylobacter*에 대한 길항적 활동을 밝혀냈다[59]. 반려견의 배설물에서 분리된 *L. plantarum* 균주 RW1은 낮은 pH와 담즙산에 대한 내성, 장 상피 세포에 대한 양호한 접착력, 살모넬라 감염에 의해 유도된 항염증 활동을 보였다[60]. 반려견의 배설물에서 우세한 유산균으로 확인된 *Ligilactobacillus animalis*는 장병원균에 대한 다양한 억제 효과를 보였다[61]. 반려견에서 박테리아 균주(주로 *Lactobacillus*와 *Enterococcus* 속에 속함)를 분리하여 시험관 내에서 프로바이오틱 특성을 분석하였다[44,62,63]. 프로바이오틱스의 특성은 숙주 특이성과 관련이 있으며 토착 미생물 군집에서 분리하면 가장 최적의 프로바이오틱스 균주를 얻을 수 있다고 제안되었다[27,28]. 반려견에서 유래한 *E. faecalis*와 *E. faecium*은 같은 종의 닭에서 유래한 균주보다 반려견의 장 점막에 더 잘 접착하는 것으로 나타났다[64]. 마찬가지로 반려견에서 유래한 *L. acidophilus* 균주는 돼지와 인간에서 유래한 균주보다 반려견 결장 점막에 더 높은 접착력을 보였다[63]. 또한 반려견의 위산과 장에서 프로바이오틱스 균주가 생존할 수 있다는 선행 연구에서 확인되기도 하였다[65].

프로바이오틱스를 사용하면 16S rRNA 유전자 시퀀싱, 메타게놈학 및 대사체학을 채택하여 건강한 반려견에서 장내 미생물 군집 구성이 개선되고 미생물 기능이 변화한다는 것이 나타났다[66]. *L. reuteri* ZJF036을 식이 보충제로 섭취하면 건강한 비글견에서 *Lactobacillus*의 상대적 풍부도가 증가하여 대변 미생물 군집 구성이 변화하였지만 *Turicibacter*와 *Blautia*의 상대적 풍부도는 감소하였다[67]. *S. cerevisiae* 효모를 섭취하면 건강한 성인 비글견에서 *Turicibacter*의 풍부도가 증가하고 *E. coli*의 풍부도가 감소하며 대변 부티레이트가 증가하고 미생물 기능 유전자 프로파일도 변화하였다[68]. *Lactiplantibacillus paraplantarum* L-ZS9를 투여하면 반려견의 장내 미생물 다양성, 구성 및 대사가 변화하였다[69]. 프로바이오틱 혼합물을 섭취한 건강한 반려견은 대변 *C. perfringens*가 감소하고 대변 비피도박테리움과 *Lactobacillus*가 증가하였다[70]. 대사체학은 건강한 비글견에서 프로바이오틱 치즈 섭취와 관련된 장내 대사 변화를 식별하는 데 사용되었다[44]. 프로바이오틱스는 반려견에서도 면역 조절 활동을 할 수 있다[70,71]. 프로바이오틱스 혼합물을 먹이면 대변 IgA와 혈장 IgG가 상승하였으며, 3가지 균주를 함유한 다중 균주 프로바이오틱스는 혈청 IgG와 대변 sIgA 수치를 개선하였다[70,71].

반려견에서 프로바이오틱스 처리를 통해 대변의 질이 개선되고 질소 발효가 감소하였다[72,73]. *S. cerevisiae* 효모를 먹이면 대변 pH와 총 생물학적 아민 및 암모니아 농도가 감소하였다[68]. *Bacillus subtilis*와 *B. licheniformis*를 식이 보충제로 섭취하면 대변 점수가 개선되고 대변의 질소 발효 산물이 감소하며 반려견의 대변 냄새가 감소하였다[72]. *Weissella cibaria* JW15를 식이 보충제로 섭취하면 반려견에서 대변 암모니아 배출이 감소하였다[73]. 다중 균주 프로바이오틱스 화합물이 반려견의 사료 섭취량과 체중 증가를 개선하였다[71].

프로바이오틱스는 다양한 장 질환이 있는 반려견에게 건강상의 이점을 제공할 수 있다. 프로바이오틱스 혼합물은 반려견 대장 운동 장애의 징후를 완화하였다[74]. 반려견에서 분리한 *L. fermentum*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*을 함유한 유산균 제품은 비스테로이드성 항염제를 투여한 반려견에서 설사 빈도를 감소시켰다[61]. *Lactobacillus*와 비피도박테리움 균주를 함유한 프로바이오틱스를 먹이면 설사가 있는 반려견에서 대변 미생물 군집의 다양성이 증가하고 미생물 군집 구조가 개선되며 미생물 기능 경로가 조절되었다[75]. 반려견의 우유에서 분리한 *L. rhamnosus* MP01 또는 *L. plantarum* MP02를 식이 보충제로 섭취하면 강아지의 위장관 감염이 예방되었다[62]. 프로바이오틱스 혼합물을 경구 투여하면 급성 출혈성 설사가 있는 반려견에서 임상적 회복과 장내 미생물 군집

정상화가 가속화되었다[76]. 다중 균주 프로바이오틱스는 염증성 장질환 진단을 받은 반려견에서 임상적 완화를 개선하고 염증을 억제하며 상피 장벽 기능을 증가시켰으며, 또한 프로바이오틱스 복합 요법은 특발성 염증성 장질환이 있는 반려견에서 장내 밀착접합 단백질 발현을 증가시켰다[44,77].

## 반려동물 사료 시장의 현황

반려동물용 식품 공급의 적절성과 안전성은 소비자에게 큰 관심사이다. 일반적으로 반려동물 주인은 동물의 건강과 웰빙을 지원할 수 있는 식품을 제공하는 것을 거부하지 않지만 동시에 그 안전성에 대해 의심을 한다. 실제로, 항산화 및 항암 활동이 입증된 옥수수과 밀을 반려동물 사료에 첨가하는 것은 반려동물 주인의 하위 집단에서 부정적인 것으로 인식되고 있다. 이들은 이러한 사료가 미국 사료 관리 협회(AAFCO) 표준과 일치함에도 불구하고 품질이 낮거나 반려묘와 반려견에게 영양가가 낮다고 생각을 한다[78]. 반려동물 주인들은 귀리와 보리와 같은 건강에 좋은 성분이 들어간 전체적이고 자연스러운 식단에 대한 관심이 증가하였다. 이는 비만 위험을 줄이고, 당뇨병을 예방할 수 있는데, 이것은 전곡물 섭취량이 많을수록 공복 인슐린 수치가 낮아질 가능성이 높기 때문이다[79]. 식품 영양 관련 이점 외에도 안전 문제도 고려해야 한다. 최근 몇 년 동안 반려동물 사료 안전은 동물과 사람 모두에게 식품 오염이 직접적 영향을 미치기 때문에 상당한 중요한 문제로 인식되어지고 있다 [80]. 이러한 오염은 올바른 식단 구성에도 불구하고 영양 결핍으로 이어질 수가 있다. 더 나아가서, 특히 미생물에 의해 발생하는 반려동물 사료의 오염이 동물 건강에 미치는 영향에 대한 연구는 향후 지속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 특정 국가에서 가장 흔히 사용되는 반려동물 사료는 소, 돼지, 닭 DNA를 포함한 알려지지 않은 동물성 제품을 다양한 비율과 조합으로 사용하는데, 이는 종종 제품 라벨에 명확하게 표시되지 않고 있다[81]. 따라서 반려동물 사료 산업은 반려묘와 반려견에게 더 정확한 영양 정보를 제공하기 위해서 해결해야 되는 다양한 과제들이 많이 남아있는 실정이다.

## 요 약

기능성 식품은 다양한 식단의 일부로 정기적으로 섭취하면 건강상 다양한 이점을 제공할 수 있다. 본 총설에서는 반려동물 영양에서 있어서 기능성 식품의 가용성과 그 역할에 대해 설명을 하였으며, 특히, 반려동물 중에서도 가장 많은 부분을 차지하는 반려묘와 반려견에 초점을 맞추었다. 실제로 기능성 식품은 위장관 생리적인 상태를 조정할 수 있으며, 생화학적 매개변수의 변화를 촉진할 수 있으며, 뇌 기능을 개선할 수 있으며, 특정 병리의 발병 위험을 줄이거나 최소화할 수 있다는 것이다. 이러한 증거는 대부분 임상 연구에서 얻었지만, 반려동물 중에서 반려묘와 반려견의 연구에서는 일부 제한된 자료만을 확보할 수 있는 현실이다. 따라서 반려동물 영양에서 기능성 식품 섭취를 대한 추가적인 조사를 진행하여, 질병 예방 및 치료에 어떻게 기능성 식품이 사용할 수 있는지에 대한 다양한 이해가 필요한 실정이다. 더 나아가서 현재까지 프로바이오틱스의 다양한 이로운 점이 많이 밝혀지고는 있지만, 모든 프로바이오틱스 균주에서 다양한 능력이 확인된 것은 아니다. 또한 프로바이오틱스 균주 간에는 고유한 차이가 있으며 프로바이오틱스의 효능은 종, 질병 상태, 나이, 성별 등 여러 요인의 영향을 받을 수 있다. 향후 이러한 부분까지 고려하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

## Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

## References

1. Hasler CM. The changing face of functional foods. *J Am Coll Nutr.* 2000;19:499S-506S.
2. Swanson Kelly S, Schook Lawrence B, Fahey George C Jr. Nutritional genomics: implications for companion animals. *J Nutr.* 2003;133:3033-3040.
3. Bosch G, Hagen-Plantinga EA, Hendriks WH. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition? *Br J Nutr.* 2015;113:S40-S54.
4. Clarke KE, Hurst EA, Mellanby RJ. Vitamin D metabolism and disorders in dogs and cats. *J Small Anim Pract.* 2021;62:935-947.
5. Axelsson E, Ratnakumar A, Arendt ML, Maqbool K, Webster MT, Perloski M, et al. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature.* 2013;495:360-364.
6. Morris JG. Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. *Nutr Res Rev.* 2002;15:153-168.
7. Plantinga EA, Bosch G, Hendriks WH. Estimation of the dietary nutrient profile of free-roaming feral cats: possible implications for nutrition of domestic cats. *Br J Nutr.* 2011;106:S35-S48.
8. Di Cerbo A, Morales-Medina JC, Palmieri B, Pezzuto F, Cocco R, Flores G, et al. Functional foods in pet nutrition: focus on dogs and cats. *Res Vet Sci.* 2017;112:161-166.
9. Cook A, Arter J, Jacobs LF. My owner, right or wrong: the effect of familiarity on the domestic dog's behavior in a food-choice task. *Anim Cogn.* 2014;17:461-470.
10. Di Cerbo A. Functional foods in pets and humans. *Int J Appl Res Vet Med.* 2014;12:192-199.
11. Guidetti G, Di Cerbo A, Giovazzino A, Rubino V, Palatucci AT, Centenaro S, et al. In vitro effects of some botanicals with anti-inflammatory and antitoxic activity. *J Immunol Res.* 2016;2016:5457010.
12. Corbo MR, Bevilacqua A, Petrucci L, Casanova FP, Sinigaglia M. Functional beverages: the emerging side of functional foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2014;13:1192-1206.
13. Delzenne NM, Kok N. Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *Am J Clin Nutr.* 2001;73:456S-458S.
14. de Godoy MRC, Bauer LL, Parsons CM, Fahey GC Jr. Select corn coproducts from the ethanol industry and their potential as ingredients in pet foods. *J Anim Sci.* 2009;87:189-199.
15. Rebello CJ, Liu AG, Greenway FL, Dhurandhar NV. Dietary strategies to increase satiety. *Advances in food and nutrition research.* San Diego, CA: Elsevier; 2013. p. 105-182.
16. Jonnalagadda Satya S, Harnack L, Liu Rui H, McKeown N, Seal C, Liu S, et al. Putting the whole grain puzzle together: health benefits associated with whole grains—summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium. *J Nutr.* 2011;141:1011S-1022S.

17. Sohail M, Rakha A, Butt MS, Iqbal MJ, Rashid S. Rice bran nutraceuticals: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017;57:3771-3780.
18. Lamy S, Ouanouki A, Béliveau R, Desrosiers RR. Olive oil compounds inhibit vascular endothelial growth factor receptor-2 phosphorylation. *Exp Cell Res.* 2014;322:89-98.
19. Ryan EP. Bioactive food components and health properties of rice bran. *J Am Vet Med Assoc.* 2011;238:593-600.
20. Cicero AFG, Derosa G. Rice bran and its main components: potential role in the management of coronary risk factors. *Curr Top Nutraceutical Res.* 2005;3:29-46.
21. van Rooijen C, Bosch G, van der Poel AFB, Wierenga PA, Alexander L, Hendriks WH. The Maillard reaction and pet food processing: effects on nutritive value and pet health. *Nutr Res Rev.* 2013;26:130-148.
22. Laflamme DP, Xu H, Long GM. Effect of diets differing in fat content on chronic diarrhea in cats. *J Vet Intern Med.* 2011;25:230-235.
23. Stratton-Phelps M, Backus RC, Rogers QR, Fascetti AJ. Dietary rice bran decreases plasma and whole-blood taurine in cats. *J Nutr.* 2002;132:1745S-1747S.
24. Hewson-Hughes AK, Hewson-Hughes VL, Colyer A, Miller AT, Hall SR, Raubenheimer D, et al. Consistent proportional macronutrient intake selected by adult domestic cats (*Felis catus*) despite variations in macronutrient and moisture content of foods offered. *J Comp Physiol B.* 2013;183:525-536.
25. Fekete S, Hullár I, Andrásófszky E, Rigó Z, Berkényi T. Reduction of the energy density of cat foods by increasing their fibre content with a view to nutrients' digestibility. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2001;85:200-204.
26. Destefanis S, Giretto D, Muscolo MC, Di Cerbo A, Guidetti G, Canello S, et al. Clinical evaluation of a nutraceutical diet as an adjuvant to pharmacological treatment in dogs affected by Keratoconjunctivitis sicca. *BMC Vet Res.* 2016;12:214.
27. Di Cerbo A, Sechi S, Canello S, Guidetti G, Fiore F, Cocco R. Behavioral disturbances: an innovative approach to monitor the modulatory effects of a nutraceutical diet. *J Vis Exp.* 2017:e54878.
28. Sechi S, Di Cerbo A, Canello S, Guidetti G, Chiavolelli F, Fiore F, et al. Effects in dogs with behavioural disorders of a commercial nutraceutical diet on stress and neuroendocrine parameters. *Vet Rec.* 2017;180:18.
29. Flickinger EA, Schreijen EMWC, Patil AR, Hussein HS, Grieshop CM, Merchen NR, et al. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets. *J Anim Sci.* 2003;81:2008-2018.
30. Swanson Kelly S, Grieshop Christine M, Flickinger Elizabeth A, Bauer Laura L, Healy HP, Dawson Karl A, et al. Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. *J Nutr.* 2002;132:980-989.
31. Pasquini A, Roberti S, Meucci V, Luchetti E, Canello S, Guidetti G, et al. Association between body condition and oxidative status in dogs. *Food Nutr Sci.* 2013;4:191-196.

32. Adolphe JL, Drew MD, Huang Q, Silver TI, Weber LP. Postprandial impairment of flow-mediated dilation and elevated methylglyoxal after simple but not complex carbohydrate consumption in dogs. *Nutr Res.* 2012;32:278-284.
33. Ponzio PC, Canello S, Guidetti G, Sferra C, Macchi E. Correlation between reproductive efficiency (semen quality and endocrine function) and dietary supplementation in dog breeding. *Veterinaria.* 2013;27:15-22.
34. Fahnestock M, Marchese M, Head E, Pop V, Michalski B, Milgram WN, et al. BDNF increases with behavioral enrichment and an antioxidant diet in the aged dog. *Neurobiol Aging.* 2012;33:546-554.
35. Sechi S, Chiavolelli F, Spissu N, Di Cerbo A, Canello S, Guidetti G, et al. An antioxidant dietary supplement improves brain-derived neurotrophic factor levels in serum of aged dogs: preliminary results. *J Vet Med.* 2015;2015:412501.
36. Di Cerbo A, Pezzuto F, Canello S, Guidetti G, Palmieri B. Therapeutic effectiveness of a dietary supplement for management of halitosis in dogs. *J Vis Exp.* 2015:e52717.
37. Di Cerbo A, Centenaro S, Beribè F, Laus F, Cerquetella M, Spaterna A, et al. Clinical evaluation of an antiinflammatory and antioxidant diet effect in 30 dogs affected by chronic otitis externa: preliminary results. *Vet Res Commun.* 2016;40:29-38.
38. Cortese L, Annunziatella M, Palatucci AT, Lanzilli S, Rubino V, Di Cerbo A, et al. An immune-modulating diet increases the regulatory T cells and reduces T helper 1 inflammatory response in Leishmaniosis affected dogs treated with standard therapy. *BMC Vet Res.* 2015;11:295.
39. Spears JK, Grieshop CM, Fahey GC Jr. Evaluation of stabilized rice bran as an ingredient in dry extruded dog diets. *J Anim Sci.* 2004;82:1122-1135.
40. Ding S, Yan W, Ma Y, Fang J. The impact of probiotics on gut health via alternation of immune status of monogastric animals. *Anim Nutr.* 2021;7:24-30.
41. 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.
42. Lambo MT, Chang X, Liu D. The recent trend in the use of multistrain probiotics in livestock production: an overview. *Animals.* 2021;11:2805.
43. Yan F, Polk DB. Probiotics and probiotic-derived functional factors—mechanistic insights into applications for intestinal homeostasis. *Front Immunol.* 2020;11:1428.
44. Yang Q, Wu Z. Gut probiotics and health of dogs and cats: benefits, applications, and underlying mechanisms. *Microorganisms.* 2023;11:2452.
45. Rudenko P, Vatnikov Y, Sachivkina N, Rudenko A, Kulikov E, Lutsay V, et al. Search for promising strains of probiotic microbiota isolated from different biotopes of healthy cats for use in the control of surgical infections. *Pathogens.* 2021;10:667.
46. Grześkowiak Ł, Endo A, Beasley S, Salminen S. Microbiota and probiotics in canine and feline welfare. *Anaerobe.* 2015;34:14-23.
47. Xu H, Huang W, Hou Q, Kwok LY, Laga W, Wang Y, et al. Oral administration of compound probiotics improved canine feed intake, weight gain, immunity and intestinal microbiota. *Front Immunol.* 2019;10:666.

48. Handl S, Dowd SE, Garcia-Mazcorro JF, Steiner JM, Suchodolski JS. Massive parallel 16s rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial and fungal communities in healthy dogs and cats. *FEMS Microbiol Ecol.* 2011;76:301-310.
49. Marshall-Jones ZV, Baillon MLA, Croft JM, Butterwick RF. Effects of *Lactobacillus acidophilus* DSM13241 as a probiotic in healthy adult cats. *Am J Vet Res.* 2006;67:1005-1012.
50. Kim JA, Jung MY, Kim DH, Kim Y. Genome analysis of *Bacteroides* sp. CACC 737 isolated from feline for its potential application. *J Anim Sci Technol.* 2020;62:952-955.
51. Gookin JL, Strong SJ, Bruno-Bárcena JM, Stauffer SH, Williams S, Wassack E, et al. Randomized placebo-controlled trial of feline-origin *Enterococcus hirae* probiotic effects on preventative health and fecal microbiota composition of fostered shelter kittens. *Front Vet Sci.* 2022;9:923792.
52. Fusi E, Rizzi R, Polli M, Cannas S, Giardini A, Bruni N, et al. Effects of *Lactobacillus acidophilus* D2/CSL (CECT 4529) supplementation on healthy cat performance. *Vet Rec Open.* 2019;6:e000368.
53. Li Y, Ali I, Lei Z, Li Y, Yang M, Yang C, et al. Effect of a multistrain probiotic on feline gut health through the fecal microbiota and its metabolite SCFAs. *Metabolites.* 2023;13:228.
54. Lee TW, Chao TY, Chang HW, Cheng YH, Wu CH, Chang YC. The effects of *Bacillus licheniformis*-fermented products on the microbiota and clinical presentation of cats with chronic diarrhea. *Animals.* 2022;12:2187.
55. Rossi G, Jergens A, Cerquetella M, Berardi S, Di Cicco E, Bassotti G, et al. Effects of a probiotic (SLAB51™) on clinical and histologic variables and microbiota of cats with chronic constipation/megacolon: a pilot study. *Benef Microbes.* 2018;9:101-110.
56. Bybee SN, Scorza AV, Lappin MR. Effect of the probiotic *Enterococcus faecium* SF68 on presence of diarrhea in cats and dogs housed in an animal shelter. *J Vet Intern Med.* 2011;25:856-860.
57. Torres-Henderson C, Summers S, Suchodolski J, Lappin MR. Effect of *Enterococcus faecium* strain SF68 on gastrointestinal signs and fecal microbiome in cats administered amoxicillin-clavulanate. *Top Companion Anim Med.* 2017;32:104-108.
58. Kim KT, Kim JW, Kim SI, Kim S, Nguyen TH, Kang CH. Antioxidant and anti-inflammatory effect and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from canine and feline feces. *Microorganisms.* 2021;9:1971.
59. Tomusiak-Plebanek A, Mruk M, Rząca S, Strus M, Arent Z. In vitro assessment of anti-*Campylobacter* activity of *Lactobacillus* strains isolated from canine rectal swabs. *BMC Vet Res.* 2022;18:112.
60. Raheem A, Wang M, Zhang J, Liang L, Liang R, Yin Y, et al. The probiotic potential of *Lactobacillus plantarum* strain RW1 isolated from canine faeces. *J Appl Microbiol.* 2022;132:2306-2322.
61. Xu H, Zhao F, Hou Q, Huang W, Liu Y, Zhang H, et al. Metagenomic analysis revealed beneficial effects of probiotics in improving the composition and function

- of the gut microbiota in dogs with diarrhoea. *Food Funct.* 2019;10:2618-2629.
62. Fernández L, Martínez R, Pérez M, Arroyo R, Rodríguez JM. Characterization of *Lactobacillus rhamnosus* MP01 and *Lactobacillus plantarum* MP02 and assessment of their potential for the prevention of gastrointestinal infections in an experimental canine model. *Front Microbiol.* 2019;10:1117.
  63. Kainulainen V, Tang Y, Spillmann T, Kilpinen S, Reunanen J, Saris PEJ, et al. The canine isolate *Lactobacillus acidophilus* LAB20 adheres to intestinal epithelium and attenuates LPS-induced IL-8 secretion of enterocytes in vitro. *BMC Microbiol.* 2015;15:4.
  64. Hanifeh M, Spillmann T, Huhtinen M, Sclivagnotis YS, Grönthal T, Hynönen U. Ex-vivo adhesion of *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* to the intestinal mucosa of healthy beagles. *Animals.* 2021;11:3283.
  65. Nakamura A, Ohnishi Y, Shirotori K, Matsumoto M. Evaluation of viability *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* LKM512 in dogs. *Benef Microbes.* 2015;6:791-798.
  66. Kim YJ, Park HE, Lee WK, Ham JS, Park SU, Kim JG, et al. Investigations on metabolic changes in beagle dogs fed probiotic queso blanco cheese and identification of candidate probiotic fecal biomarkers using metabolomics approaches. *Metabolites.* 2020;10:305.
  67. Zhao D, Zhang R, Wang J, Zhang X, Liu K, Zhang H, et al. Effect of *Limosilactobacillus reuteri* ZJF036 on growth performance and gut microbiota in juvenile beagle dogs. *Curr Microbiol.* 2023;80:155.
  68. Bastos TS, Souza CMM, Legendre H, Richard N, Pilla R, Suchodolski JS, et al. Effect of yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic on diet digestibility, fermentative metabolites, and composition and functional potential of the fecal microbiota of dogs submitted to an abrupt dietary change. *Microorganisms.* 2023;11:506.
  69. Liu L, Guo S, Chen X, Yang S, Deng X, Tu M, et al. Metabolic profiles of *Lactobacillus paraplantarum* in biofilm and planktonic states and investigation of its intestinal modulation and immunoregulation in dogs. *Food Funct.* 2021;12:5317-5332.
  70. Rossi G, Pengo G, Galosi L, Berardi S, Tambella AM, Attili AR, et al. Effects of the probiotic mixture Slab51® (*SivoMixx*®) as food supplement in healthy dogs: evaluation of fecal microbiota, clinical parameters and immune function. *Front Vet Sci.* 2020;7:613.
  71. Bastos TS, de Lima DC, Souza CMM, Maiorka A, de Oliveira SG, Bittencourt LC, et al. *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* reduce faecal protein catabolites concentration and odour in dogs. *BMC Vet Res.* 2020;16:116.
  72. Sun HY, Kim KP, Bae CH, Choi AJ, Paik HD, Kim IH. Evaluation of *Weissella cibaria* JW15 probiotic derived from fermented Korean vegetable product supplementation in diet on performance characteristics in adult beagle dog. *Animals.* 2019;9:581.
  73. Rossi G, Gioacchini G, Pengo G, Suchodolski JS, Jergens AE, Allenspach K, et al. Enterocolic increase of cannabinoid receptor type 1 and type 2 and clinical improvement after probiotic administration in dogs with chronic signs of colonic dysmotility without mucosal inflammatory changes. *Neurogastroenterol Motil.*

- 2020;32:e13717.
74. Herstad KMV, Vinje H, Skancke E, Næverdahl T, Corral F, Llerena AK, et al. Effects of canine-obtained lactic-acid bacteria on the fecal microbiota and inflammatory markers in dogs receiving non-steroidal anti-inflammatory treatment. *Animals*. 2022;12:2519.
  75. Ziese AL, Suchodolski JS, Hartmann K, Busch K, Anderson A, Sarwar F, et al. Effect of probiotic treatment on the clinical course, intestinal microbiome, and toxigenic *Clostridium perfringens* in dogs with acute hemorrhagic diarrhea. *PLOS ONE*. 2018;13:e0204691.
  76. Wernimont SM, Radosevich J, Jackson MI, Ephraim E, Badri DV, MacLeay JM, et al. The effects of nutrition on the gastrointestinal microbiome of cats and dogs: impact on health and disease. *Front Microbiol*. 2020;11:1266.
  77. White R, Atherly T, Guard B, Rossi G, Wang C, Mosher C, et al. Randomized, controlled trial evaluating the effect of multi-strain probiotic on the mucosal microbiota in canine idiopathic inflammatory bowel disease. *Gut Microbes*. 2017;8:451-466.
  78. Carter RA, Bauer JE, Kersey JH, Buff PR. Awareness and evaluation of natural pet food products in the United States. *J Am Vet Med Assoc*. 2014;245:1241-1248.
  79. Jones JM, Engleson J. Whole grains: benefits and challenges. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2010;1:19-40.
  80. Craig JM. Additives in pet food: are they safe? *J Small Anim Pract*. 2021;62:624-635.
  81. Maine IR, Atterbury R, Chang KC. Investigation into the animal species contents of popular wet pet foods. *Acta Vet Scand*. 2015;57:7.