

益生菌研究进展及其在宠物食品加工中的应用现状分析

蔡源起^{1*}, 宁新蓓^{1*}, 陈绮桥¹, 符晓桐¹, 田赛赛², 鲍小柔³, 柴佳乐^{1#}

¹珠海科技学院生命科学学院, 广东 珠海

²珠海科技学院计算机学院, 广东 珠海

³珠海科技学院金融与贸易学院, 广东 珠海

收稿日期: 2024年10月15日; 录用日期: 2024年11月13日; 发布日期: 2024年11月27日

摘要

益生菌作为一类对宿主有益的活性微生物, 近年来在食品、保健品及宠物食品领域得到了广泛关注。本文综述了益生菌的研究进展, 包括其定义、分类、作用机理及宠物食品加工工艺对益生菌的影响。同时, 本文详细分析了益生菌在宠物食品加工中的应用现状。通过本文综述, 旨在为宠物食品行业提供益生菌应用的科学依据和技术参考。

关键词

益生菌, 宠物食品, 研究进展, 功能特性, 应用现状

Analysis of Progress in Probiotics Research and Its Application Status in Pet Food Processing

Yuanqi Cai^{1*}, Xinbei Ning^{1*}, Qiqiao Chen¹, Xiaotong Fu¹, Saisai Tian², Xiaorou Bao³, Jiale Chai^{1#}

¹School of Life Sciences, Zhuhai College of Science and Technology, Zhuhai Guangdong

²School of Computer Science, Zhuhai College of Science and Technology, Zhuhai Guangdong

³School of Finance and Trade, Zhuhai College of Science and Technology, Zhuhai Guangdong

Received: Oct. 15th, 2024; accepted: Nov. 13th, 2024; published: Nov. 27th, 2024

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 蔡源起, 宁新蓓, 陈绮桥, 符晓桐, 田赛赛, 鲍小柔, 柴佳乐. 益生菌研究进展及其在宠物食品加工中的应用现状分析[J]. 食品与营养科学, 2024, 13(4): 436-441. DOI: 10.12677/hjfn.2024.134054

Abstract

Probiotics, as a type of beneficial active microorganisms to the host, have received extensive attention in the fields of food, health products, and pet food in recent years. This article reviews the research progress of probiotics, including their definition, classification, mechanisms of action, and the impact of pet food processing methods on probiotics. Additionally, this article provides a detailed analysis of the current status of probiotics application in pet food processing. The purpose of this review is to provide scientific basis and technical references for the use of probiotics in the pet food industry.

Keywords

Probiotics, Pet Food, Research Progress, Functional Characteristics, Application Status

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着生活品质的提升，现代人越来越热衷于饲养猫狗等宠物，宠物已成为许多家庭不可或缺的成员。这一趋势直接推动了宠物食品市场的迅猛发展，各类高品质、功能化的宠物食品层出不穷。其中，益生菌作为一类重要的饲料添加剂，因其对宠物肠道健康的积极作用，在宠物食品中得到了广泛应用[1]。益生菌能够调节宠物肠道菌群平衡，增强免疫力，促进营养吸收，对提升宠物整体健康水平具有重要意义。然而，益生菌在宠物食品中的应用并非随意添加，我国政府高度重视饲料添加剂中微生物的管理，制定了一系列法律法规，对饲料添加剂的品种、质量、生产和使用进行了明确规定。在此背景下，本文旨在探讨益生菌的研究进展及其在宠物食品加工中的应用现状，以期为宠物食品行业的健康发展提供有益参考。

2. 益生菌的定义与分类

2.1. 益生菌的定义

益生菌是一类对人类和动物健康有益的活性微生物，它们能够在动物体内定植，保持机体肠道内的菌群相对平衡，进而调控机体的肠道健康[2]。这些微生物在肠道内通过代谢活动产生有益物质，如乳酸、过氧化氢、细菌素等，从而维护肠道微生态平衡，促进宿主健康。

2.2. 益生菌的分类

Table 1. Probiotic classification table

表 1. 益生菌分类表

益生菌分类	常见种类	特点	现阶段研究发现
乳酸菌类	乳杆菌、双歧杆菌等	革兰氏阳性、低 GC、耐酸、兼性厌氧、杆状或球形	在自然界分布广泛，是人体内必不可少的菌群，具有促进动物生长、调节胃肠道菌群、改善胃肠道功能、提高食物消化率和生物效价、降低血清胆固醇、控制内毒素、提高机体免疫力等生理功能

续表

芽孢杆菌类	芽孢杆菌属细菌	革兰氏阳性、严格需氧或兼性厌氧、有荚膜、能形成芽孢、对外界有害因子抵抗力强	在工农业及医药生产中广泛应用，产生的抗菌物质能防治植物病害、用于生产生物肥料，对畜禽具有促生长、保健和治疗疾病的作用，可用于发酵食品及生产工业酶类
酵母菌类	单细胞真核微生物	形态多样、无鞭毛、不能游动、具有真核细胞结构	在食品、医药、饲料等领域广泛应用，如烘焙面包、酿造啤酒和葡萄酒、制造酵母片、含硒酵母等药品、作为动物饲料的蛋白质补充物，具有调节肠道平衡、促进饲料转化以及提高机体免疫功能等益生特性
其他类	光合细菌、放线菌等	光合细菌为革兰氏阴性细菌，形态多样；放线菌产生抗生素和其他生物活性物质	光合细菌具有净化水质、促进饵料生物生长繁殖、作为水产养殖生物的饲料添加剂等多种作用；放线菌菌株具有抑制病原菌生长、促进宿主健康的益生作用

益生菌能够通过调节宿主肠道微生态平衡，发挥促进健康的作用。益生菌种类繁多，根据其特性可分为乳酸菌类、芽孢杆菌类、酵母菌类和其他类[3]。各类益生菌在自然界中分布广泛，具有不同的生理特点和功能，被广泛应用于食品、医药、农业等多个领域，具体见表 1。

3. 益生菌的作用机理

3.1. 调节肠道微生态平衡

益生菌在肠道内通过与有害菌的竞争性抑制、产生抑菌物质等方式，抑制有害菌的生长，同时促进有益菌的繁殖，从而有效维护肠道微生态平衡。这种平衡状态对于宿主的肠道健康至关重要，能够预防肠道疾病的发生。崔欣美等人[4]在研究中发现，受试者服用 G-NiiB 益生菌后，肠道内 30 种有益菌的数量显著提升，16 种有害菌的含量下降，这证明了益生菌在调节肠道微生态平衡方面的有效性。中国科学院微生物研究所的研究团队也指出，益生菌可以改善肠道菌群的结构，增加有益菌的数量，降低有害菌的数量，从而对肠道健康起到保护作用[5]。

3.2. 促进营养吸收

益生菌能够分泌多种酶类，如淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶等，这些酶类能够分解食物中的大分子物质，如淀粉、蛋白质和脂肪，使其转化为小分子物质，更易于被宿主吸收利用。同时，益生菌还能够合成多种维生素和氨基酸等有益物质，提高宿主对营养物质的利用率。支海美等人[6]在研究中发现，益生菌可以改善肠道微生态环境，促进营养物质的吸收和利用，从而对营养不良和代谢性疾病的预防和治疗具有一定的作用。益生菌通过分解食物中的大分子物质，使其转化为小分子物质，如葡萄糖、氨基酸、脂肪酸等，这些小分子物质更容易被肠道吸收和利用。此外，益生菌还能合成维生素 B 族、维生素 K 等有益物质，这些维生素对于宿主的正常生理功能具有重要意义。

3.3. 提高机体免疫力

益生菌通过刺激宿主免疫系统的发育和功能，能够显著提高机体的免疫力。兰州大学、山东大学和中国微生物研究所的科研团队联合发表的综述论文指出，益生菌在肠道内不仅能够增加免疫细胞的数量，如巨噬细胞、树突状细胞以及 T 细胞和 B 细胞等，还能提升这些免疫细胞的活性，使它们更有效地应对外来病原体和异常细胞[7]。在促进免疫因子分泌方面，益生菌的作用尤为显著。它们能够刺激肠道黏膜下的淋巴组织，促进免疫球蛋白 A (IgA) 的分泌。IgA 是一种重要的免疫抗体，它能够附着在肠道黏膜表

面，形成一层保护屏障，有效阻止病原体和有害物质的入侵。此外，益生菌还能促进其他免疫因子的分泌，如白细胞介素(IL)、干扰素(IFN)和肿瘤坏死因子(TNF)等，这些免疫因子在调节免疫反应、增强免疫细胞活性以及促进炎症消退等方面发挥着重要作用。

3.4. 其他功能特性

除了上述功能特性外，益生菌还具有抗氧化、抗肿瘤、降低胆固醇等多种功能。例如，乳酸菌和双歧杆菌等能生成抗氧化物质，如谷胱甘肽过氧化物酶等，能够清除体内的自由基，减轻氧化应激对机体的损伤。此外，益生菌还能够通过调节脂质代谢，降低血液中的胆固醇水平，预防心血管疾病的发生。

4. 宠物食品加工工艺对益生菌的影响

4.1. 挤压

挤压工艺是一种高效的宠物食品生产方式，它结合了热能和机械能，对原料进行加工处理。挤压过程中，原料在高压和高温下被塑形成颗粒状。然而，这种高温高压环境对益生菌的存活构成了挑战。在挤压过程中，益生菌的存活率会受到显著影响，例如，一些嗜热微生物如芽孢杆菌具有较高的耐热性，能够在挤压过程中存活下来，而其他益生菌则可能因无法承受高温高压而死亡[8]。因此，在选择挤压工艺时，需要特别考虑益生菌的耐热性，以确保最终产品中的益生菌活性。

4.2. 蒸煮

蒸煮是宠物食品生产中常用的另一种加工方法。通过蒸煮，可以杀死原料中的有害微生物，延长产品的保质期。然而，蒸煮过程中的高温同样会对益生菌造成破坏。嗜热微生物如芽孢杆菌由于其较高的耐热性，在蒸煮过程中更容易存活。相比之下，其他益生菌则可能因无法承受高温而失去活性。因此，在蒸煮过程中，需要严格控制温度和时间，以尽量减少对益生菌的破坏。

4.3. 烘焙

烘焙是一种广泛应用于宠物零食和食品生产的加工方法。然而，烘焙过程中的高温对益生菌的存活构成了巨大挑战。高温会导致益生菌细胞结构的破坏，从而使其失去活性。为了提高益生菌在烘焙过程中的存活率，一些研究者采用了可食用薄膜或涂层包裹益生菌细胞的方法，或者在烘焙前进行微胶囊化处理，这些技术可以在一定程度上保护益生菌免受高温的破坏，从而提高其在最终产品中的活性。然而，这些方法的效果可能因益生菌种类和烘焙条件的不同而有所差异。

4.4. 冷冻干燥

冷冻干燥是一种相对温和的脱水过程，对益生菌的破坏较小。在冷冻干燥过程中，原料首先被冷冻成固态，然后在真空环境下将固态的冰升华成水蒸气。这种方法可以最大限度地保留益生菌的活性成分和营养成分。然而，未脱水的营养细胞在冻干过程中可能会因细胞内冰晶的形成而受损。因此，在冷冻干燥前，需要对益生菌进行脱水处理，以减少细胞内冰晶的形成。此外，冷冻干燥后的益生菌呈海绵状，疏松多孔，具有速溶性，可以方便地添加到宠物食品中。

5. 益生菌在宠物食品加工中的应用现状

5.1. 调节肠道微生态平衡

益生菌的有效性是其应用于宠物食品中的核心问题。益生菌的作用机理包括调节肠道微生态平衡、

促进营养物质吸收和提高机体免疫力等，但这些功能的实现依赖于益生菌在宠物肠道内的存活、定植和繁殖能力。然而，目前市场上的益生菌宠物食品在有效性方面存在以下问题：

1) 菌株选择不当：不同益生菌菌株的功能特性存在差异，而一些宠物食品生产商在选择益生菌菌株时缺乏科学依据，导致所选菌株可能并不适合宠物肠道环境，从而无法发挥预期的益生作用[9]。

2) 益生菌数量不足：益生菌的数量是影响其有效性的关键因素之一。一些宠物食品中的益生菌含量较低，无法满足宠物肠道内益生菌的需求，从而无法有效调节肠道微生态平衡。

3) 加工过程中的损失：宠物食品的加工过程，如高温、高压、挤压等，可能对益生菌的存活造成不利影响，导致益生菌数量减少或活性降低，从而影响其有效性。

5.2. 安全性问题

益生菌的安全性是宠物食品生产商和宠物主人共同关注的问题。尽管益生菌通常被认为是安全的，但在实际应用中仍存在一些潜在的安全风险：

1) 致病菌污染：如果益生菌的生产、加工或储存过程中存在卫生问题，可能导致致病菌污染，从而对宠物健康造成威胁。

2) 过敏反应：部分宠物可能对某些益生菌菌株存在过敏反应，导致皮肤瘙痒、呼吸困难等症状[10]。

5.3. 稳定性问题

益生菌的稳定性是指益生菌在宠物食品中的存活能力和稳定性。由于宠物食品在加工、储存和运输过程中可能受到多种因素的影响，如温度、湿度、光照等，这些因素可能导致益生菌的存活率和活性降低，从而影响其稳定性。

1) 加工过程中的稳定性：如前所述，宠物食品的加工过程可能对益生菌的存活造成不利影响。因此，如何在加工过程中保持益生菌的存活率和活性是宠物食品生产商需要解决的关键问题。

2) 储存和运输过程中的稳定性：益生菌在储存和运输过程中也可能受到温度、湿度等因素的影响，导致存活率和活性降低[11]。因此，如何确保益生菌宠物食品在储存和运输过程中的稳定性也是亟待解决的问题。

6. 结语

益生菌作为一类对宠物健康有益的活性微生物，其在宠物食品中的应用前景愈发广阔。随着消费者对宠物健康意识的提升和宠物食品行业的不断发展，益生菌市场呈现出多元化、精准化、技术化和持续增长的趋势。未来，益生菌种类将更加多样化，以满足不同宠物种类、年龄和健康状况的需求。科学的配比和精确的计量将确保益生菌在食品中的最佳效果，同时避免过量添加带来的潜在风险。为了提高益生菌的稳定性和活性，加工技术将更加先进，微胶囊化、冷冻干燥、低温加工和先进包装等技术将成为保障益生菌品质的重要手段。随着宠物食品市场的持续增长，益生菌作为重要的功能性添加剂，其市场需求也将不断扩大。因此，加强益生菌的研究和开发，提高其稳定性和活性，以满足不同宠物的需求，成为宠物食品行业的重要发展方向。同时，加强行业监管和规范，确保益生菌在宠物食品中的安全性和有效性，也是保障宠物健康和消费者权益的重要一环。总之，通过持续创新和规范发展，益生菌将在宠物健康领域发挥更大的作用，为宠物主人和宠物带来更多的健康和快乐。

基金项目

广东省大学生创新创业训练计划项目(S202413684031)；广东省大学生创新创业训练计划项目(S202413684028)。

参考文献

- [1] 王诚, 董桂红, 范秋苹, 等. 复合益生菌对幼犬生长性能和肠道养分消化率的影响[J]. 中国畜牧业, 2024(4): 125-126.
- [2] 常艺海, 牛俊轲, 秦立群, 等. 富硒益生菌在动物养殖中的应用研究进展[J]. 饲料研究, 2022, 45(23): 154-156.
- [3] 张国华, 田慧颖, 何国庆. 益生菌安全性与功能性评价方法研究进展[J]. 山西农业科学, 2022, 50(11): 1505-1510.
- [4] 崔欣美, 乌力吉德力根. 益生菌及其食品中应用研究进展[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2023, 39(2): 34-38.
- [5] Guo, P., Wang, W., Xiang, Q., Pan, C., Qiu, Y., Li, T., *et al.* (2024) Engineered Probiotic Ameliorates Ulcerative Colitis by Restoring Gut Microbiota and Redox Homeostasis. *Cell Host & Microbe*, **32**, 1502-1518.e9. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2024.07.028>
- [6] 支海美, 崔巍, 周锐, 等. 益生菌对肠道健康的功效及其作用机制研究进展分析[J]. 中国食品工业, 2022(11): 112-115.
- [7] Ji, J., Jin, W., Liu, S., Jiao, Z. and Li, X. (2023) Probiotics, Prebiotics, and Postbiotics in Health and Disease. *MedComm*, **4**, e420. <https://doi.org/10.1002/mco2.420>
- [8] 郭星, 苏建宇, 李丽梅, 等. 益生菌合成纳米粒子及其在食品安全领域的研究进展[J]. 现代食品, 2024, 30(12): 125-127.
- [9] 张赛赛. 益生菌研究进展及其在宠物食品加工中的应用现状[J]. 饲料工业, 2023, 44(18): 93-98.
- [10] 李伟, 杨敏一. 复合益生菌对肉鸡生长性能、免疫性能及肠道微生物的影响[J]. 饲料研究, 2023, 46(16): 49-54.
- [11] 何淼, 纪昕彤, 张华, 等. 宠物益生菌的应用现状及研究进展[J]. 饲料研究, 2022, 45(14): 142-145.