

益生菌在牛生产中的研究及应用

邓良贤* 缪舒琪 金程 欧阳晓芳 和晓明

云南农业职业技术学院畜牧兽医学院

DOI:10.12238/as.v8i5.2954

[摘要] 牛作为反刍动物依靠瘤胃内超高密度微生物群(如细菌、真菌)高效分解纤维素为挥发性脂肪酸(VFA),实现低质纤维向优质蛋白的转化。肠道菌群易受抗生素、饮食等因素干扰,菌群失调可能引发慢性疾病。益生菌(如双歧杆菌、乳酸杆菌、酵母菌)可通过调节肠道菌群平衡、抑制病原菌、增强免疫及改善营养吸收,提升反刍动物生产性能。不同的益生菌组合可降低犊牛腹泻率、提高水牛产奶量,并通过竞争性抑制减少沙门氏菌等食源性病原体传播,同时降低甲烷排放。当前,益生菌作为抗生素替代品,在提升饲料效率、优化健康养殖中潜力巨大。未来需结合多组学技术,解析宿主与微生物互作机制,开发精准调控策略,并协同“One Health”理念,平衡畜牧生产、环境安全与人类健康。

[关键词] 益生菌; 牛生产; 瘤胃微生物; 禁抗

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A

Study and application of probiotics in cattle production

Liangxian Deng* Shuqi Miao Cheng Jin Xiaofang Ouyang Xiaoming He

College of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Yunnan Vocational and Technical College of Agriculture

[Abstract] Cattle, as ruminants, rely on the ultra-high-density microbial community in their rumen (such as bacteria and fungi) to efficiently break down cellulose into volatile fatty acids (VFA), facilitating the conversion of low-quality fiber into high-quality protein. The gut microbiota is susceptible to interference from antibiotics, diet, and other factors, and dysbiosis can lead to chronic diseases. Probiotics (such as bifidobacteria, lactobacilli, and yeasts) can improve the production performance of ruminants by regulating gut microbial balance, inhibiting pathogens, enhancing immunity, and improving nutrient absorption. Different combinations of probiotics can reduce calf diarrhea rates, increase water buffalo milk yields, and reduce the spread of foodborne pathogens like Salmonella through competitive inhibition, while also lowering methane emissions. Currently, probiotics have great potential as alternatives to antibiotics in improving feed efficiency and optimizing healthy farming practices. Future research should integrate multi-omics technologies to elucidate host-microbe interaction mechanisms, develop precise regulatory strategies, and align with the "One Health" concept to balance livestock production, environmental safety, and human health.

[Key words] probiotics; cattle production; rumen microorganisms; anti-biotic ban

牛作为典型的反刍动物,其消化系统由四个胃(瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃)组成,其中,瘤胃是反刍动物特有的消化结构,能容纳超100亿/ml的微生物群(细菌、原生动物、真菌等),通过纤维素分解菌分泌复合酶系,将纤维素转化为挥发性脂肪酸(VFA)。这种独特的消化方式使牛能将低质量的纤维饲料转化为高品质动物蛋白,其能量转化效率显著高于单胃动物。瘤胃微生物生态系统的稳定性对牛的健康至关重要,菌群失调会导致细菌和病毒感染以及慢性疾病的风险因素增加,所以维持足够的生物多样性水平对胃肠道健康至关重要。通过改变肠道菌群可抑制有害菌的生长,减少病原菌的传播及其在感染期间的释放,降低肠道通透

性,改善牲畜的临床症状,增强免疫力,提高抗病能力和健康状况。故而益生菌作为改善健康的添加剂被广泛应用在养殖业中。

益生菌的历史与人类历史一样悠久,大多数益生菌属于革兰氏阳性菌(乳酸杆菌和双歧杆菌)。益生菌被认为是肠道微生物群中最关键的一部分,能够增强肠道健康、提高生长性能、维持肠道菌群平衡、增强对病原菌的免疫力、改善消化功能。当摄入足量的益生菌时,它们会定植于结肠的不同位置,通过发酵抗消化的食物成分产生短链脂肪酸等代谢物,为宿主提供营养与能量,同时维持肠道菌群的稳态^[1]。此外,益生菌对于调节新陈代谢、刺激免疫系统抵抗潜在感染源以及预防慢性疾病至关

重要。然而,肠道微生态容易受到宿主年龄、生活方式、饮食、疾病、药物和抗生素等因素的影响而发生紊乱。动物肠道是宿主细胞、微生物群和可用营养物的复杂生态系统,益生菌作为对健康有益的微生物菌株,形成的微生物群可通过免疫调节预防和改善动物疾病。当前被广泛认为具有益生作用的微生物包括细菌、噬菌体、微藻和酵母等,其中,乳酸杆菌、链球菌、肠球菌、乳球菌和双歧杆菌仍然是牲畜中最常用的益生菌剂。益生菌通过有益菌与病原菌竞争、益生菌替代病原菌、调节先天性和适应性免疫等方式影响宿主的健康^[2]。同时,益生菌还能有效减少食源性病原菌,例如沙门氏菌、大肠杆菌、弯曲杆菌、梭菌、金黄色葡萄球菌和产气荚膜杆菌,从而改善肠道消化和营养吸收,维持健康的微生态状态。甚至有助于减少有害代谢产物的积累,降低畜禽排泄物中氨的排放,减轻环境污染^[3]。

随着抗生素作为生长促进剂在畜禽日粮中的使用逐步被限制甚至禁止,而益生菌作为其潜在替代方案,在动物生长促进方面的应用则受到了前所未有的全球关注。尽管益生菌具有良好的应用前景,其生理效应仍存在物种差异,不同的益生菌在胃肠道腔内或壁内的活性作用不同,目前尚未完全明晰。因此,进一步研究益生菌的作用机制和筛选适用于特定动物种类的优势菌株,将是未来提高其应用效果的关键方向。

1 双歧杆菌(*Bifidobacterium*)在牛生产中的应用

双歧杆菌(*Bifidobacterium*)属于双歧杆菌科(*Bifidobacteriaceae*),是哺乳动物肠道中重要益生菌类群,由法国微生物学家Tissier于1899年首次从母乳喂养婴儿的粪便中分离出来^[4]。在哺乳期犊牛的胃肠道菌群中,双歧杆菌作为优势菌群的比例较高,能够分泌多种代谢产物,参与调节免疫系统发育并抵御病原菌侵袭,对犊牛早期健康具有重要保护作用。研究表明,双歧杆菌丰度,尤其是与球双歧杆菌(*Bifidobacterium globosum*)和伪长双歧杆菌(*Bifidobacterium pseudolongum*)相同的16S rRNA V3-V4基因区的扩增子序列变体,对高产动物的健康及生产性能密切相关。同时,作为牛粪便微生物群的潜在关键成员,双歧杆菌的种群动态与奶牛整个泌乳期的生产性能之间存在显著关联,有助于提高奶牛的生产性能^[5]。此外,双歧杆菌在肠道中可通过代谢乳糖、多糖类碳源,合成短链脂肪酸(SCFAs)及其他活性物质,调节局部pH值、增强屏障功能、刺激免疫反应。泛基因组分析发现,双歧杆菌中含有大量编码碳水化合物活性酶的基因,表明其在碳源利用方面较强。综上,双歧杆菌因其代谢和免疫调节活性而对宿主健康产生积极影响,在维持宿主健康中发挥着多维度、系统性的作用。

2 乳酸菌(*Lactobacillales*)在牛生产中的应用

乳酸菌(*Lactobacillales*)是厚壁菌门(*Firmicutes*)中乳杆菌目(*Lactobacillales*)的核心类群,其分类学范畴涵盖乳杆菌属(*Lactobacillus*)、乳球菌属(*Lactococcus*)等20余属。其特征为不形成芽孢、兼性厌氧的革兰氏阳性杆菌。乳杆菌能够通过发酵乳糖等碳水化合物产生乳酸,并释放能量。乳杆菌具有维持体内菌群平衡,降低胆固醇水平,提高机体免疫力,促进营

养物质吸收等多种功能。乳酸菌产生的乳酸是碳水化合物降解的主要副产物,在增强先天免疫力方面发挥着重要作用。在众多益生菌中,乳酸菌是安全并且应用较早的益生菌,作为添加剂在牛养殖生产中广泛应用并收到了较好的效果^[6]。在代谢过程中乳酸菌可将乳糖分子分解为葡萄糖和半乳糖等小分子单糖,从而更容易被动物机体吸收^[6]。乳酸杆菌作为益生菌可影响育肥周期内饲喂减少草料、增加谷物的日粮的饲养场牛。在青贮饲料中添加乳酸菌接种剂与青贮饲料消化率、干物质摄入量(DMI)和产奶量有关,长期接种乳酸菌对牛奶中的脂肪酸组成有显著的影响。单独添加乳酸菌对瘤胃发酵具有与离子载体类似的效果,可增加瘤胃丙酸浓度和pH值,同时降低瘤胃蛋白质降解,增加高产奶牛瘤胃未降解蛋白质逃逸的潜力。乳酸菌繁殖所产生的大量蛋白质是优质蛋白质,能够有效改善牛体重^[7]。

3 酵母菌在牛生产中的研究应用

酵母菌(*Saccharomyces spp.*)是真核单细胞微生物,属于真菌界。其代表性种类酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)具有将碳水化合物转化为二氧化碳和酒精的能力,是典型的化能有机营养型微生物,能在无光条件下利用有机化合物为能量来源,进行生长、代谢和繁殖。在动物营养领域展现出重要应用价值。目前全球范围内,大量酵母产品和含酵母饲料成分已实现商业化生产、销售,并广泛应用于动物饲料。大量研究以评估在动物饲料中添加酵母、酵母衍生物和含酵母成分对动物生长性能和健康的潜在益处。饲料中添加活性酵母制剂可使反刍动物日增重提高,饲料转化效率改善,调节瘤胃pH值至适宜范围,促进纤维分解菌增殖,竞争性抑制大肠杆菌等致病菌定植。由于其蛋白质、氨基酸、能量和微量营养素含量相对较高,因此常被用作动物饲料的补充剂^[8]。活性干酵母通常单独使用,或与其他益生菌产品中的有益菌组合使用。酵母产品含有存在于酵母细胞和细胞壁中的营养化合物(例如 β -葡聚糖、甘露寡糖和核苷酸),这些化合物已被普遍证明可以改善动物的生长性能和健康状况。酵母菌可维持和恢复胃肠道中的天然菌群,可以减轻动物急性腹泻症状。

4 益生菌组合在牛生产中的研究应用

益生菌制剂既可为单一菌株,也可以由不同菌株按一定比例复配组成。多菌株益生菌组合通常通过筛选具有互补代谢和协同效应的微生物群体构建而成,体现出“共生平衡+功能叠加”的技术优势,在欧洲已经广泛用于畜禽饲养管理中。根据研究结果显示,使用益生菌联合技术对提高肉牛生产力具有巨大潜力。奶牛犊腹泻发作时,使用含有五种菌株(两歧双歧杆菌、乳酸干酪杆菌、嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌和屎肠球菌)的多菌株益生菌、肽提取物、死酵母提取物、乳清粉、酶混合物和天然香料,可快速缓解腹泻症状,缩短症状持续时间,还可提高犊牛的日增重。给牛补充含有六种细菌菌株(屎链球菌、干酪乳杆菌、嗜酸乳杆菌、保加利亚乳杆菌、罗伊氏乳杆菌、乳酸乳杆菌)和两种酵母菌株(米曲霉、酿酒酵母)的多菌株益生菌后,可提高水牛的平均日产奶量。接受益生菌联合技术的动物在饲养场的前27天内往

往具有更好的粪便评分,但对采食行为和胴体性状没有显著影响。饲喂复合酵母、复合乳酸菌组的新生小牛具有紧密聚集的肠道细菌群落和较低的腹泻率,复合益生菌能够调节新生犊牛肠道微生物群落结构,改善肠道健康^[9]。

5 结语

益生菌被定义为“通过改善微生物平衡对宿主动物产生有益影响的活微生物饲料补充剂”,饲喂益生菌是对牛生产有益的抗生素替代方法之一。抗生素的长期使用会导致产生耐药性的细菌群落扩增,从而对人和动物健康构成威胁,并对环境产生负面影响。抗菌药物耐药性会通过食物链或环境途径传播给人类,因此需要减少抗生素的使用并寻找替代品。自2020年我国禁止在饲料中使用抗生素以来,在抗生素替代策略中,饲料添加剂的使用对动物的生产性能和福利有积极影响,尤其是基于益生菌的肠道菌群调控策略已成为当前研究热点。益生菌能够刺激健康微生物群的发展,防止肠道病原体在肠道定植,提高消化能力,降低pH值,提高粘膜免疫力,从而增强肠道健康^[10]。调节动物肠道菌群作为益生菌的核心功能之一,在改善家畜健康状态及生产性能方面具有重要作用。益生菌移植技术在人类及家畜中的应用已取得显著成效,而益生菌制剂在畜禽养殖各环节中均展现出可观的应用潜力。值得关注的是,过去三十年间,直接饲喂益生菌在畜牧生产体系中的应用规模呈指数级增长。益生菌作为饲料添加剂的替代品能够通过产生抗菌化合物(如细菌素和有机酸)来抑制病原微生物,提高干物质采食量和饲料转化效率,提高营养利用率和生产性能,减少甲烷产生,从而最大限度地减少反刍动物的能量损失、整体生长、促进健康以及肉类和奶制品的生产^[10]。

尽管益生菌在畜牧生产中的应用已取得显著进展,但其作用机制与生态效应仍存在诸多亟待深入探索的科学问题。未来研究需重点关注宿主与微生物互动机制的分子基础,结合多组学技术解析益生菌调控肠道稳态的动态网络与代谢通路。针对不同动物品种、生理阶段及饲养环境开发精准化菌群调控策略,将成为提升益生菌应用效能的关键方向。随着“One Health”理念的深化,如何通过益生菌干预实现动物健康、环境安全与人

类福祉的协同提升,将成为畜牧领域可持续发展的核心议题。

[课题名称及编号]

云南农业职业技术学院博士科研专项项目(BSZX202501)。

[参考文献]

- [1]Youssef,M.,Korin,A.,Zhan,F.,et al.Encapsulation of Lactobacillus Salivarius in Single and Dual Biopolymer—ScienceDirect[J].Journal of Food Engineering,2020,294,110398.
- [2]Zeng W,Shen J,Bo T,et al. Cutting Edge: Probiotics and Fecal Microbiota Transplantation in Immunomodulation[J].Journal of Immunology Research,2019,2019:1–17.
- [3]Rhouma,M.,Fairbrother,J.M.,Beaudry,F.,et al.Post weaning diarrhea in pigs: Risk factors and non-colistin-based control strategies[J].Acta Veterinaria Scandinavica,2017,59(1).
- [4]胡会萍.益生菌及其在功能食品中的应用[J].食品研究与开发,2007,28(2):3.
- [5]Bruhin L,Ducrocq S,Even G,et al.Short communication: Bifidobacterium abundance in the faecal microbiota is strongly associated with milk traits in dairy cattle[J].Animal: an International Journal of Animal Bioscience,2024,18(8):5.
- [6]张勇,郭亮,郭上铭,等.乳酸菌在犊牛生产中的应用研究进展[J].中国奶牛,2018(10):4.
- [7]李新林.乳酸菌制剂在牛育肥中的使用效果[J].当代畜牧,2017(52):1.
- [8]刘思彤,高智强,项艺超.介绍用于饲料添加剂中的酵母[J].养殖与饲料,2018(9):2.
- [9]LiuB, Wang C, Huasai S,Han A, Zhang J, He L, Aorigele C. Compound Probiotics Improve the Diarrhea Rate and Intestinal Microbiota of Newborn Calves[J].Animals(Base1).2022,12(3):322.
- [10]高磊,石红梅,刘汉丽,等.益生菌对反刍动物生产及降低甲烷排放的研究进展[J].中国牛业科学,2022(002):048.

*通讯作者:

邓良贤(2004—),男,汉族,云南蒙自人,大专,研究方向: 畜牧兽医。