

微生态制剂在动物营养与饲料的应用

周 盟 刁其玉 张乃峰 董晓丽

中国农业科学院饲料研究所

摘 要 微生态制剂作为一种新型无毒害饲料添加剂广泛应用于动物营养与饲料中,越来越受到重视,其目的在于逐渐取代抗生素。就微生态制剂的作用机制及其在动物营养与饲料中的进展展开综述,并对其在使用中存在的问题做简单探讨。

关键词 动物微生态制剂 作用机制 生长性能 免疫性能

中图分类号: S 816.7 文献标志码: B 文章编号: 1002-2813(2012)01-0017-04

1 微生态制剂的定义和种类

1.1 微生态制剂的定义

微生态制剂在不同的发展时期,其定义也不尽相同。微生态制剂最早由 Parker 提出,将其定义为有助于肠道菌群的微生物和物质。随后 Fuller 提出,微生态制剂是一种活的微生物添加剂,通过改善肠道内菌群平衡而对动物产生有利的影响。1994 年,在德国召开的国际微生态学术讨论会上,将其定义为供口服或经由其他黏膜途径投入,旨在黏膜表面处改善微生物和酶的平衡,或刺激特异性和非特异性免疫机制的微生物制剂。目前对微生态制剂的定义不再限定于活菌,概念更加全面:它是指在微生物生态学理论指导下,将从动物体内分离得到的有益微生物通过特殊工艺制成的含活菌或包含菌体及其代谢产物的制剂。

1.2 微生态制剂常用菌种

常用作微生态制剂的菌种主要有原核生物中的芽孢杆菌、乳酸杆菌、乳酸球菌、链球菌、肠球菌、片球菌、双歧杆菌、拟杆菌、假单胞菌及真核生物中的酵母菌、曲霉和木霉等。美国食品药品监督管理局和美国饲料管理协会 1989 年公布了 42 种可以直接饲喂,且通常认为是安全的微生物,我国农业部也于 2000 年公布了干酪乳杆菌、植物乳杆菌、粪链球菌、地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、两歧双歧杆菌、乳酸肠球菌、嗜酸乳杆菌、乳酸肠球菌、乳酸

杆菌、乳酸片球菌、戊糖片球菌、产朊假丝酵母、酿酒酵母、沼泽红假单胞菌和保加利亚乳杆菌。

乳酸杆菌类制剂能调节肠道 pH,维护肠道健康,增强免疫系统和营养物质的生物利用率,减少乳糖不耐症。这类制剂可利用糖类发酵产生大量乳酸,有的还产生乙酸和其他挥发性脂肪酸,降低肠道 pH,防止外来菌在肠道的定植,抑制大肠杆菌和沙门菌等病原菌的生长,对维持消化道微生物平衡和消化机能正常起重要作用。此外,乳酸杆菌还可以通过调节肠道的 pH 以激活蛋白酶,促进胃肠蠕动,帮助食物消化吸收,减轻胀气和促进肝功能等。乳酸还可以刺激免疫系统,提高机体免疫力,增强肠组织对细菌侵袭的抵抗能力。

芽孢杆菌类在动物肠道中存在数量极少,目前应用的主要是蜡样芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌等。芽孢杆菌好氧且无害,能产生芽孢,耐酸碱、耐高温并耐挤压,在配合饲料制粒过程及肠道酸性环境中具有高度的稳定性,能促进有益菌的生长,颌颌肠道内有害菌,增强机体免疫力,提高抗病能力,分泌多种消化酶及营养物质,明显提高动物对饲料的利用率并促进动物生长速度。

双歧杆菌类是人和动物生命活动中重要的微生物,对调整 and 维持正常微生物区系和稳定的消化道内环境起关键作用,特别是维持幼龄动物消化机能正常和防制腹泻有明显作用。能抑制肠内细菌产生氨等有害物质,并能中和肠内有毒物质,是应用最早的防制幼畜腹泻的生物制剂。与乳酸杆菌属相比,

收稿日期: 2011-09-28

基金项目: 低碳氮排放的饲料高效利用技术引进与研发(2011-C7)

通信作者: 刁其玉

其缺点主要有：对营养成分要求严格和复杂，培养基中必须含有生长素和酵母膏才能生长，厌氧条件严格，在低 pH 环境下存活时间短。

酵母菌类在动物肠道中存在极少，具有很强的产酶活性，目前常用制剂有啤酒酵母和假丝酵母菌等。一般在消化道内参与营养物质代谢，特别是对复杂的细胞壁结构物质具有较强的降解能力，同时还产生丰富的 B 族维生素、麦角固醇和谷胱甘肽等，用作饲料添加剂具有提供营养物质、助消化、促生长和提高饲料利用率等。

1.3 微生态制剂应具备的条件

作为良好的微生态制剂应满足以下要求：对宿主能产生有益的效应，主要是增质量或抗病；无致病性或毒不良反应；应含大量活菌；能在肠道内存活、定植并参与代谢；具有良好的稳定性，经长期保存后仍可保持一定的活菌数。

2 微生态制剂在畜禽营养生理与饲料中的应用及机制

2.1 维持动物肠道内生态系统的平衡

动物在消化道内有特定的有益微生物来维持消化道内的菌群平衡，促进动物生长和饲料的消化与吸收，但在环境和饲料改变时引起的应激会造成消化道内微生物区系的紊乱，使病原菌大量繁殖，引起消化道疾病，生长受阻。微生态制剂可以调节动物肠道菌群，抑制有害菌的生长。其机制主要有以下几个方面：1) 占据宿主消化道的定植位点，形成生物屏障，减少病原微生物的侵染和定植；2) 通过生物夺氧作用，抑制有害菌的生长；3) 产生具有广谱作用的物质来抑制和灭杀有害菌；4) 产生胞外核苷酶，阻止致病菌对肠黏膜细胞的侵袭；5) 产生包括乳酸、乙酸、丙酸和丁酸等有机酸，下调 pH，抑制病原细菌。

李灵平给仔猪饲喂含有乳酸菌和酵母菌等的复合有益活菌后发现，该活菌制剂可以显著减少仔猪回肠、盲肠和结肠内容物中大肠杆菌、沙门菌及需氧菌的数量，增强双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖程度。使断奶仔猪肠道菌群在极短的时期恢复至动态平衡状态。于卓腾等利用微生态制剂饲喂肉鸡后，肉鸡盲肠中挥发性脂肪酸质量浓度升高，pH 降低，并且促进了肠道内菌群的增殖，其多态性比饲喂抗生素更加复杂和多样化。

2.2 提高动物机体免疫性能

益生菌在动物疾病，特别是肠道感染的防治中起着重要作用，并且通过多种途径弥补了抗生素的不足，为动物的健康和获得安全食品开辟了新的途径。

2.2.1 促进免疫细胞、组织和器官生长发育

马明颖等的研究表明：雏鸡饲喂微生态制剂后，法氏囊指数和脾指数有了显著提高。刘克琳等用微生态制剂饲喂雏鸡后，试验组免疫器官的质量均高于对照组，面积大于对照组。其胸腺的皮质较宽，皮质内 T 淋巴细胞明显增多；法氏囊褶皱数量多；盲肠扁桃体面积增大，表明试验组雏鸡的中枢免疫器官胸腺和法氏囊器官生长发育快和成熟度高。

2.2.2 刺激机体产生抗体，提高免疫细胞的活性

马明颖等的研究发现，雏鸡饲喂益生菌后可以显著提高雏鸡血清中的免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 G (IgG) 和免疫球蛋白 M (IgM) 的水平。司振书和孟喜龙的研究结果表明：饲喂微生态制剂后，10 和 17 日龄肉鸡的脾 T 淋巴细胞百分数显著高于对照组。此外，王莉莉等利用嗜酸乳杆菌细胞壁提取成分对小鼠上皮淋巴细胞共同孵育后，发现小鼠淋巴细胞杀伤活性明显增强。

2.3 改善动物体内消化酶活性

益生菌自身可以分泌多种消化酶，如：蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶、果胶酶、葡聚糖酶和纤维素酶等，或其分泌物能提高消化酶的活性，从而提高营养物质的消化率和能量的利用率，促进动物对营养物质的吸收。

周韶等使用抗生素、酶制剂和微生态制剂饲喂仔猪后发现，与对照组相比，试验组可以显著提高仔猪对蛋白的利用率。此外，付立芝使用芽孢杆菌制剂饲喂雏鸡，发现试验组的蛋白酶、脂肪酶与淀粉酶活性均有显著性提高，其中蛋白酶提高最为明显（3 个试验组分别提高 95.16 %、90.23 % 和 98.32 %）。

2.4 改善动物生产性能，提高畜禽产品质量

邱凌等使用含有芽孢杆菌、乳酸杆菌及酵母菌等复合微生态制剂饲喂奶牛后发现，试验组极显著地提高了产奶量；牛乳品质没有较大影响，但乳蛋白、乳糖和非脂乳固体的含量有所提高，脂肪含量有所降低。石峰等研究发现，肉仔鸡饲喂乳酸菌微生态制剂后可明显提高体质量，显著提高饲料转化率；并且能促进其免疫器官的发育，显著提高循环

血液中抗体水平并能很好的保持。潘康成等在不含抗生素添加剂的饲料中分别添加益生菌(蜡样芽孢杆菌)和益生元(甘露聚糖)后能显著促进家兔生长,联合使用后效果更佳;并且能促进下丘脑-垂体-肾上腺皮质(HPA)轴中5-羟色胺(5-HT)分泌细胞的表达。5-HT分泌细胞分泌的5-HT对机体生理功能具有广泛的调节作用,可以刺激胃肠黏液分泌,促进平滑肌收缩,从而促进机体的消化能力。此外,5-HT还可以直接作用于淋巴细胞,增强肠道黏膜免疫。

2.5 净化畜禽房舍环境

畜禽由于对饲料营养物质消化不全,缺乏妥善管理,对环境造成了巨大影响,同时也影响了畜禽的安全生产和人们的食品安全情况。微生态制剂可以抑制肠道内腐败菌的生长,降低脲酶活性,减少蛋白质向胺和氨的转化,降低肠内和血液中氨及铵的含量,减少氨等有害气体的排出,改善舍内空气质量。此外,益生菌还能影响矿物元素的代谢,提高宿主对矿物元素的吸收,减轻生物病原污染及氮和磷对环境的污染。元娜等的研究表明:使用微生态制剂饲喂蛋种鸡23 d后,试验组粗蛋白、钙和磷消化率分别比对照组提高10.37%、19.05%和7.8%;大肠杆菌数量降低37.51%,鸡舍内氨气质量浓度下降了2.01 mg/kg。此外,赵芙蓉等报道,在猪饲料中添加复合益生菌后,试验开始第1~3周CO₂含量对照组极显著高于试验组,试验组比对照组降低了58.3%;猪舍内氨气质量浓度试验1和2组与对照组间无显著差异,在第3周,试验组比对照组降低32.3%,差异显著;试验组与对照组硫化氢质量浓度虽没有显著差异,但试验组比对照组降低了28.12%。说明微生态制剂能够很好地净化畜舍环境,改善空气质量。

3 影响益生菌产品性能的因素

3.1 菌种本身的特性

作为饲料添加剂用微生态制剂菌株首先必须保证不产生任何内外毒素,无毒、无害和无不良反应。由于多数微生态制剂是以活菌形式发挥作用的,而且需要通过消化道途径发挥作用,这就要求所用菌株应能够耐受胃酸和胆汁酸等肠内对益生菌不利环境因素的菌株。此外,微生态制剂需要黏附在肠道中才能发挥作用,因此在选育益生菌时还应考虑其黏附性。

3.2 宿主动物生理因素

宿主因素对微生态制剂影响也是多方面的,宿主的生理状态改变,如:年龄的改变(幼龄、育成期、老龄期、断奶期和泌乳期等)都会影响微生态制剂的应用效果。此外,宿主肠道内的正常菌群对外来菌群具有强烈的定植抗力,作为非宿主原有正常菌群成员的微生态制剂很难在宿主肠道中黏附定植。此外,一些应激因素等可诱使肠道习惯性产生激素,降低肠道黏膜层的厚度,降低益生菌的黏附力,减弱益生菌功效水平。

3.3 宿主动物的日粮成分

饲料成分也会对微生态制剂功效的发挥产生影响,某些食物成分可以使胃酸或胆汁酸的分泌增多,影响微生态制剂在经过胃和十二指肠的存活率。另外,由于抗生素会抑制或杀死某些微生物,因此在饲喂微生态制剂时,不宜与抗生素同时使用。

3.4 生产及保存条件

生产工艺条件对微生态制剂发挥功效具有很大影响,目前常用的发酵技术,主要包括液体深层发酵和固体发酵。利用液体深层发酵效果比较稳定,但使用固体发酵时,经常会混有杂菌污染,从而影响微生态制剂的功效,甚至无效。饲料在搅拌机内混合,尤其是在制粒过程中会出现暂时的高温,一些不耐热的活菌制剂在制粒过程中可能会丧失活性。在混合饲料时,活菌制剂还会受到来自饲料原料颗粒的摩擦和挤压,使菌体细胞壁破损导致死亡。贮存条件是影响益生菌存活的关键因素。一般情况下,微生物在干燥状态下存活状态较好,当湿度加大,随时间延长,存活率降低,影响微生态制剂功能的发挥;当贮存温度超过30℃时,微生态制剂活性就会受到影响,因此微生态制剂一般都要求冷藏;除乳酸菌外,在低pH环境下(pH低于4),微生物极易死亡,因此不能将微生态制剂与酸化剂存放在一起。

3.5 使用方法和使用剂量缺乏标准

微生态制剂的功效是通过有益微生物在动物体内的一系列生理活动来实现的,其最终效果同动物食入活菌的数量密切相关。目前对微生态制剂的使用剂量还没有形成一个统一的标准。一般认为,在饲料中添加微生态制剂用于促生长或预防疾病,至少每克饲料中应含有100万个有效活菌才能发挥明

显的功效。

4 提高生态制剂功效的措施

4.1 与益生元联合使用

益生元是一种非营养性添加剂,由一些低聚寡糖类物质组成,包括果寡糖、甘露寡糖、异麦芽糖、乳寡糖和木寡糖等,能够选择地刺激肠内一种或几种有益菌生长繁殖,起到增进宿主健康和促生长的作用。

4.1.1 改善肠道内环境,维持正常菌群优势地位

研究表明:病原菌(大肠杆菌、沙门菌和梭状芽孢杆菌等)的细胞表面或绒毛上具有类几丁质结构,能够识别动物肠壁细胞的特异性糖类受体,并与之结合在肠壁上发育繁殖,导致疾病的发生。益生元与病原菌在肠壁上的受体非常相似,与病原菌有很强的结合能力,阻止病原菌与肠壁受体结合。益生元不被消化道消化分解,可携带病原菌通过肠道排出体外。此外某些益生元是有益菌细胞壁的重要成分,有利于有益菌生长繁殖。R Nemcová等报道,含有乳酸杆菌和寡聚糖的合生元组比对照组和单独使用乳酸杆菌及寡聚糖组,均能显著提高断奶仔猪粪便中乳酸杆菌和双歧杆菌的含量,并且能显著降低梭菌和肠杆菌的含量。说明益生元可以增强益生菌的生物功能。李树鹏等使用黄芪多糖及由乳酸菌和芽孢杆菌组成的益生菌饲喂雏鸡后发现,与对照组相比,在回肠,黄芪多糖、益生菌及合生元组 21 和 42 日龄乳酸菌数量分别比对照组增加了 3.46 %、6.92 %、9.66 % 和 2.92 %、7.7 % 及 11.02 %;双歧杆菌分别增加了 4.41 %、7.86 %、11.45 % 和 4.38 %、7.53 % 及 12.19 %;大肠杆菌分别减少了 7.85 %、11.71 %、14.27 % 和 4.11 %、12.04 % 及 14.87 %。在盲肠微生物区系中,3 个试验组 21 和 42 日龄乳酸菌数量分别比对照组提高了 3.49 %、9.51 %、14.12 % 和 4.46 %、8.12 % 及 11.27 %;双歧杆菌分别增加了 4.42 %、7.98 %、11.17 % 和 4.14 %、6.81 % 及 10.71 %;大肠杆菌分别减少了 2.72 %、8.52 %、11.61 % 和 6.02 %、12.59 % 及 15.6 %,差异均显著。与单独添加益生菌组相比,合生元组除 21 和 42 日龄回肠大肠杆菌及 21 日龄回肠乳酸菌数量差异不显著外,其余均差异显著。说明合生元组能更好的增加雏鸡肠道乳酸菌和双歧杆菌的数量,抑制大肠杆菌的生长。

4.1.2 提高动物机体免疫力

研究表明:甘露低聚糖和果寡糖等均可以充当免疫刺激因子,激活机体的免疫系统,增强机体对抗原的免疫应答能力,促进动物体液免疫和细胞免疫能力,进而提高机体的抗病及生长能力。邵良平等向试验组仔猪灌服甘露寡糖 30 d 后发现,甘露寡糖能显著提高哺乳仔猪血清 IgA 和 IgG 的水平,并且能显著提高哺乳仔猪植物凝集素(PHA)-淋巴细胞转化率和吞噬细胞的吞噬能力。高峰等在断奶仔猪基础日粮中添加果寡糖后发现,试验组甲状腺素(T4)和白细胞介素-2 含量显著提高。白细胞介素-2 主要由活化的 T 淋巴细胞产生,其功能是促进 T 淋巴细胞和自然杀伤细胞的增殖,促进 B 淋巴细胞分化和增殖,促进抗体的生成等。说明果寡糖能够提高仔猪的免疫力,对增进仔猪免疫功能有一定作用。

4.2 与酶制剂联合使用

酶制剂是采用现代生物工程技术生产的具有催化功能的一类生化产品,具有高效催化的作用;能在较温和条件下催化营养物质的生化反应;可有效提高磷等无机元素吸收利用率;无毒无不良反应的特点能提高饲料的利用效果。李吉祥等报道,在早期断奶仔猪日粮中添加酶制剂和生态制剂的复合试剂,与对照组相比,酶制剂组和生态制剂组可以显著提高仔猪平均日增质量并降低仔猪腹泻率。说明联合使用酶制剂和生态制剂也能够增强生态制剂的作用。

5 生态制剂研究重点与展望

生态制剂在畜禽的防病、促进动物的生长、提高动物机体免疫力、稳定消化道微生物平衡和改善饲养环境等方面取得了一定的效果,在饲料工业和绿色养殖中具有重要作用。今后生态制剂的研究重点将是以下几个方面:第一,筛选和改造微生物菌株,选育具有较强定植能力,抗热和抗酸能力的优势菌株;第二,深入研究生态制剂对畜禽免疫功能的影响及其作用机制;第三,加强与益生元、酶制剂和中草药制剂等添加剂的协同作用;第四;改善生产工艺,提高微生物在饲料加工时的存活率等。

通信地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院饲料研究所
100081