

微生物饲料添加剂的主要功能及其研究进展

徐 鹏 董晓芳* 佟建明

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193)

摘 要: 益生菌是当摄入量足够时能对机体产生有益作用的活性微生物。人们常把应用于畜牧业生产上的益生菌称为微生物饲料添加剂。以往研究表明, 微生物饲料添加剂具有维护动物肠道健康、缓解不良应激、改善畜舍环境、调节机体脂肪代谢和改善畜产品品质的功能。还有研究者认为, 微生物饲料添加剂具有替代抗生素功能的作用。本文旨在就微生物饲料添加剂的主要功能及其研究进展进行综述, 为其今后在畜牧业生产上的科学应用及相关研究提供参考。

关键词: 益生菌; 微生物饲料添加剂; 功能

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2012)08-1397-07

益生菌是当摄入量足够时能对机体产生有益作用的活性微生物^[1]。人们常把应用于畜牧业生产上的益生菌称为微生物饲料添加剂。益生菌的研究可以追溯到 1947 年, Hansen 等^[2]首次报道在饲料中添加乳酸杆菌可以有效增加仔猪的体重并且改善其健康状况。随着对益生菌的研究与应用日益深入, 定义也经历了数次变化。1974 年, Parker^[3]提出“益生菌是维持动物肠道内生态平衡的有机体或物质”。随后的科学家 Fuller^[4]认为其定义不够科学, 因为定义中的有机体和物质指代不明确且不能与抗生素区分开, 在 1989 年将其修订为“一种活的、可通过改善肠道微生态平衡而对动物施加有利影响的微生物饲料添加剂”。新定义排除了具有争议的“物质”一词, 同时强调益生菌必须是活的微生物并且对动物机体产生有利的影响。1992 年, Fuller^[5]再次将益生菌的定义修订为“单一或者混合菌种, 通过改善宿主的微生态平衡而对宿主产生有益作用的活性微生物饲料添加剂”。这次修订不再把益生菌发挥益生作用的地方限定在动物机体的肠道内, 例如维持呼吸道、生殖道或皮肤微生态平衡的微生物也可以叫做益生菌。2001 年, 联合国粮农组织/世界卫生组织

(FAO/WHO) 将益生菌定义为“摄入量足够时对机体产生有益作用的活性微生物”^[1]。这一定义去除了影响机体微生态平衡这一限定, 更加拓宽了益生菌的范围。随着科学技术的发展和对其研究的深入, 益生菌的定义还可能发生变化。文中微生物饲料添加剂指的是应用于畜牧业生产上、基于 FAO/WHO 定义的益生菌。

美国联邦食品和药物管理局(FDA)和美国饲料控制官员协会(AAFCO)2009 年公布允许作为饲料添加剂使用的微生物菌种有 46 种, 我国 2008 年批准使用的有 16 种(农业部 1126 号公告)。其中乳酸菌和芽孢杆菌由于其本身的特性, 成为科学家们研究的重点。目前, 研究与应用较多的菌种还有活性酵母、双歧杆菌、肠球菌和链球菌等。以往研究表明, 微生物饲料添加剂具有维护动物肠道健康、缓解不良应激、改善畜舍环境、调节机体脂肪代谢和改善畜产品品质的功能。还有研究者认为, 微生物饲料添加剂具有替代抗生素功能的作用。本文就微生物饲料添加剂的主要功能及其研究进展进行综述, 为其今后在畜牧业生产上的科学应用及相关研究提供参考。

收稿日期: 2012-03-10

基金项目: 国家蛋鸡产业技术体系建设专项经费(CARS-41-K16); “十一五”科技支撑计划项目课题(2006BAD12B05)

作者简介: 徐 鹏(1986—), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 从事微生物与脂肪代谢研究。E-mail: letian860101@163.com

* 通讯作者: 董晓芳, 副研究员, 硕士生导师, E-mail: xiaofang1124@sina.com

1 维护肠道健康

小肠是食物消化和吸收的主要部位,其黏膜形态结构影响动物肠道对营养物质的消化吸收功能。有报道显示,黏膜绒毛变短使小肠与肠道中营养物质的接触面积减少,使其对营养物质的消化吸收降低,隐窝深度加深表明绒毛细胞更新快,成熟率下降^[6-7]。益生菌对肠道组织的形态结构有很大的影响^[8]。Awad 等^[9]用添加乳酸杆菌的饲料(每千克饲料中含有 1×10^9 活菌单位)饲喂肉鸡后,其肠道黏膜绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度值也增加,使肠道维持良好的结构形态,从而促进营养物质的消化吸收,改善饲料转化效率,提高肉仔鸡的体增重。Giang 等^[10]试验结果也表明,由枯草芽孢杆菌、布拉迪酵母菌和乳酸菌组成的复合活性微生物添加剂可提高仔猪生长阶段对粗蛋白质和粗纤维等有机物质的消化率,进而提高饲料转化效率,平均日增重提高了 5.9%。另外,断奶仔猪应激会导致肠道受损,消化道功能紊乱,饲料中添加酵母菌也可以加快其断奶后小肠黏膜结构的恢复,增加小肠绒毛高度和隐窝深度,并且使肠壁黏液层厚度降低,改善营养物质的消化吸收^[11]。在断奶仔猪饲料中添加益生菌还可以提高采食量和回肠消化率,改善饲料转化率,提高断奶后 5 周的生长性能,这个试验结果同时也表明了由多菌种组成的益生菌的应用效果要优于单一菌种^[12]。Moallem 等^[13]用活酵母作为添加剂饲喂奶牛,日平均干物质采食量与对照组相比增加了 2.5%,日平均产奶量增加了 4.1%,提高了饲料转化效率。这个试验表明,酵母是通过改善瘤胃环境来增加对干物质的采食,从而提高生产性能和饲料转化效率。

动物肠道内存在大量细菌,它们与机体紧密结合形成肠内生态平衡,同一个体的不同阶段甚至在同一阶段不同的环境中,肠道内菌群的数量及组成都会有不同的变化。肠道菌群自身及肠道菌群与机体之间始终存在着动态平衡,这种平衡的维持对于机体的健康是必需的。益生菌通过竞争性排斥和提高机体免疫力减少病原微生物在机体内的定植^[14]。抵抗病原微生物感染的机制包括产生有机酸、过氧化氢或抗菌物质、竞争营养素或结合位点、抗毒素作用、刺激免疫系统^[15]。Giang 等^[10]研究表明,在饲料中添加益生菌可以减少断

奶仔猪腹泻的发生,增加肠道中乳酸菌数量和有机酸的含量,减少大肠杆菌的定植。在断奶仔猪饲料中添加酵母菌,肠道黏膜的巨噬细胞明显增多,增强对细菌感染的抵抗力^[11]。Lee 等^[16]报道,芽孢杆菌可以降低肉鸡血清 $\alpha 1$ -酸性糖蛋白的水平,但能否发挥作用与菌株有很大的关系。Mountzouris 等^[17]研究了不同水平的混合益生菌(主要是乳酸菌和双歧杆菌)对肉鸡血浆中免疫球蛋白和粪中菌群组成的影响,结果显示,益生菌对血浆中免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 M (IgM)、免疫球蛋白 G (IgG) 和总免疫球蛋白水平没有显著影响,但是提高了粪中乳酸杆菌和双歧杆菌的浓度,降低了粪中大肠杆菌的浓度。Choi 等^[18]试验比较了液体深层发酵和固体底物发酵产生的由多菌株组成的益生菌和抗生素对断奶仔猪的影响,结果显示,固体底物发酵产生的益生菌改善了粪中的菌群结构,提高了粪中乳酸杆菌的含量并且减少了粪中梭菌和大肠杆菌的数量。Le Bon 等^[19]用混合益生菌(布拉酿酒酵母菌和乳酸片球菌)饲喂仔猪,增加了小肠黏膜高度和隐窝深度,并且显著降低了大肠杆菌数量。综合以上研究表明,外源添加益生菌可以有效减少病原微生物在动物肠道中的数量,为动物成长提供一个健康的肠道环境。

2 缓解不良应激

热应激是目前影响动物生产性能的主要环境因素之一。过高的温度会导致动物热应激,使其生理机能发生变化和紊乱,表现为采食量下降、生长缓慢、抵抗力降低,重者死亡率增加,造成较大的经济损失。Sohail 等^[20]报道,益生菌可以维持肉鸡热应激时肠道菌群的平衡,直接或间接影响下丘脑-垂体-肾上腺和下丘脑-垂体-甲状腺轴的活动,降低肾上腺皮质醇水平,减轻炎症反应,增强机体体液免疫。Deng 等^[21]的研究结果表明,热应激破坏产蛋鸡肠道黏膜结构,降低肠道黏膜免疫水平,在每千克饲料中添加 1×10^7 活菌单位的地衣芽孢杆菌可以明显改善热应激条件下肠道的黏膜结构,保持黏膜免疫反应,克服蛋鸡采食量和产蛋率的下降。另外,饲料中添加益生菌可以降低热应激时肉鸡的氧化损伤,从而缓解热应激对肉鸡的不利影响^[22]。在早期断奶仔猪饲料中添加纳豆芽孢杆菌可提高血清超氧化物歧化酶和

谷胱甘肽过氧化物酶活性,减少血清中丙二醛的含量,对仔猪的抗氧化机能改善作用^[23]。Kodali 等^[24]研究发现,凝结芽孢杆菌分泌的胞外多糖具有明显的抗氧化和自由基清除能力。

3 改善畜舍环境

随着畜禽生产集约化、规模化的快速发展,养殖过程中产生的有害气体已是环境污染的一个重要来源。畜舍中有害气体达到一定浓度后不仅使养殖人员感到不悦,而且降低了动物对疾病的抵抗力和生产性能。降低畜舍中有害气体的措施通常为增强通风换气、放置气体吸附剂或喷洒化学除臭剂和饲料中加入添加剂等。动物体内和体外试验的研究结果表明,微生物饲料添加剂可以减少有害气体的产生。Chang 等^[25]用乳酸菌处理饲料使鸡舍环境中的氨气水平、粪便 pH 和水分含量都明显降低,挥发性有机物质(如 1-丙醇、1-丁醇、3-甲基己烷和 2-甲苯等)都降低到检测不出的水平,其他的主要恶臭气体(如丁酮、己醛和二甲基二硫醚等)也有降低,说明乳酸菌可以减少肉鸡舍中恶臭气体的产生,显著改善畜舍环境。硫化物和氨化合物是动物粪便中主要有毒性和气味的物质。Naidu 等^[26]体外试验结果表明,干酪乳杆菌 KE99 与表皮基质细胞和 Caco-2 单层细胞有很强的结合力,并且减少大肠杆菌在生物基质上的定植,显著减少 MRS 培养基中的含硫和含氮化合物。Chu 等^[27]报道,益生菌减少有害气体产生是由于其改变了粪便中挥发性脂肪酸组成,显著降低了粪便中丙酸盐含量。畜舍中恶臭气体的产生和粪便的残留是由于粪便中没有足够使之降解的微生物^[28]。益生菌改善畜舍环境可能是因为加强了动物后段消化道中的微生物代谢活动,减少了产生恶臭气味物质的排泄,或是增加了粪便中使粪便分解的微生物数量,加强了畜舍中粪便的分解^[29]。

4 改善畜产品品质

随着生活水平的提高,消费者对畜产品品质的要求也在逐步提高。畜产品中脂肪酸的组成和胆固醇含量受到广泛关注^[30]。微生物饲料添加剂改善畜产品品质普遍的方式就是调节其中脂肪酸

的组成和胆固醇含量。Salma 等^[31]一系列的研究表明,饲料中添加荚膜红细菌可以提高肉仔鸡腿肌和胸肌中不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比例,降低蛋黄中的胆固醇和甘油三酯的含量,增加其随粪便的排出,并且提高蛋黄中不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比例^[32],蛋鸡饲料中添加水平为 0.04% 时,显著降低了蛋黄中胆固醇和甘油三酯的浓度,并且随着添加水平的增加而呈线性递减^[33]。饲料中添加地衣芽孢杆菌还可以使鸡蛋蛋壳厚度、蛋黄颜色和哈氏单位增加^[38]。Tsujii 等^[34]的研究结果也表明,沼泽红假单胞菌和荚膜红细菌都显著降低了大鼠血清胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白、极低密度脂蛋白和肝脏甘油三酯的含量。Yang 等^[35]在饲料中添加酪酸梭状芽孢杆菌显著改善了肉鸡的肉质和胸肌的脂肪酸组成,增加了胸肌 C20:5 n-3 和总 n-3 多不饱和脂肪酸的含量,并且提高了胸肌肌内脂肪含量,降低剪切力。凝结芽孢杆菌也可以改善广西三黄鸡的口感,降低胸肌的剪切力和滴水损失^[36]。Parra 等^[37]的研究结果却显示,地衣芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌对伊比利亚猪的肉质没有影响,胆固醇含量和脂肪酸组成没有发生明显的变化。分析原因可能是与所使用的菌种和试验周期较短有关。

5 替代抗生素

1929 年英国的 Fleming 发现了抗生素,1945 年在美国投入工业生产,从此开创了抗生素工业^[39]。抗生素由于其显著的抗病促生长作用逐渐成为饲料中用量最大、最广泛的添加剂之一。在过去几十年中,随着人类抗药性细菌的出现,人们逐渐发现在畜牧业生产中使用抗生素带来的种种弊端^[40-43]。20 世纪 80 年代中期各个国家逐渐开始采取强硬的手段和措施限制抗生素在畜牧生产上的使用,2006 年 1 月欧盟全面禁止抗生素在饲料中的使用^[44]。微生物饲料添加剂通过营养调控维护肠道健康和改善肠道功能,是抗生素非常有潜力的替代品^[45-46]。Mountzouris 等^[47]研究表明,在饲料和饮水中添加混合益生菌可以提高肉仔鸡的体增重,改善饲料转化效率,与添加霉菌素组没有显著差异。Wolfenden 等^[48]也得到了同样的结果,枯草芽孢杆菌 PHL-NP123 使 23 日龄肉仔

鸡体重达到 853 g, 优于硝苯肿酸的 852 g, 同时也使盲肠中定植的沙门氏菌减少了 25%。Yeo 等^[49]的研究也发现, 饲料中添加干酪乳杆菌使前 3 周肉仔鸡的增重效果好于添加氯代土霉素, 是因为干酪乳杆菌降低了小肠内容物脲酶的活性。上述研究表明, 部分微生物饲料添加剂虽然表现出了替代饲料中抗生素的巨大潜力, 但是具体的替代机理仍需进一步研究。

6 小 结

综上所述, 微生物饲料添加剂自身的功能在畜牧生产上综合表现为提高动物的生产性能并改善畜产品品质。目前看来, 其在畜牧业的健康发展上具有良好的应用前景。值得注意的是, 微生物饲料添加剂发挥益生作用的机制比较复杂, 目前还不能完全解释清楚。另外, 是否具有潜在的安全性问题迄今为止还没有确切的结论。所以, 在今后相当长一段时间内, 微生物饲料添加剂应该重点从以下 2 方面进行研究: 一方面是加强其作用机制的研究, 利用分子生物学技术改造现有菌种和开发新型菌种; 另一方面是对现有和新开发的微生物饲料添加剂进行实时跟踪和安全性评价。上述问题的解决有助于更全面地认识微生物饲料添加剂与宿主的关系, 对畜牧业的健康发展和在实际生产上应用具有指导意义。

参考文献:

- [1] FAO, WHO. Report of a joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria [M]. Cordoba; Argentina, 2001.
- [2] HANSEN I G, MØLLGAARD H. Investigations of the effect of lactic acid on the metabolism of calcium and phosphorus [J]. Acta Physiologica Scandinavica, 1947, 14(1/2): 158 - 170.
- [3] PARKER R B. Probiotics, the other half of the antibiotic story [J]. Animal Nutrition and Health, 1974, 29(2): 4 - 8.
- [4] FULLER R. Probiotics in man and animals [J]. Journal of Applied Microbiology, 1989, 66(5): 365 - 378.
- [5] FULLER R. History and development of probiotics [G]. [S. l.]; Probiotics; the scientific basis, 1992: 1 - 8.
- [6] YASON C V, SUMMERS B A, SCHAT K A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology [J]. American Journal of Veterinary Research, 1987, 48(6): 927 - 938.
- [7] PAGAN J, SEERLEY B, COLE D, et al. How do mannanoligosaccharides work [J]. Feeding Times, 1999, 4(1): 7 - 9.
- [8] AWAD W A, BOHM J, RAZZAZI-FAZELI E, et al. Effect of addition of a probiotic microorganism to broiler diets contaminated with deoxynivalenol on performance and histological alterations of intestinal villi of broiler chickens [J]. Poultry Science, 2006, 85(6): 974 - 979.
- [9] AWAD W A, GHAREEB K, ABDEL-RAHEEM S, et al. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens [J]. Poultry Science, 2009, 88(1): 49 - 56.
- [10] GIANG H H, VIET T Q, OGLE B, et al. Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growing-finishing pigs [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2011, 24(5): 655 - 661.
- [11] BONTEMPO V, DI GIANCAMILLO A, SAVOINI G, et al. Live yeast dietary supplementation acts upon intestinal morpho-functional aspects and growth in weanling piglets [J]. Animal Feed Science and Technology, 2006, 129(3/4): 224 - 236.
- [12] GIANG H H, VIET T Q, OGLE B, et al. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* [J]. Livestock Science, 2012, 143(2/3): 132 - 141.
- [13] MOALLEM U, LEHRER H, LIVSHITZ L, et al. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility [J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(1): 343 - 351.
- [14] CHAMBERS J R, GONG J. The intestinal microbiota and its modulation for *Salmonella* control in chickens [J]. Food Research International, 2011, 44(10): 3149 - 3159.

- [15] MARTEAU P R, VRESE M, CELLIER C J, et al. Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 73(2): 430–436.
- [16] LEE K W, LEE S H, LILLEHOJ H S, et al. Effects of direct-fed microbials on growth performance, gut morphology, and immune characteristics in broiler chickens [J]. *Poultry Science*, 2010, 89(2): 203–216.
- [17] MOUNTZOURIS K C, TSITSIKOS P, PALAMIDI I, et al. Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition [J]. *Poultry Science*, 2010, 89(1): 58–67.
- [18] CHOI J Y, SHINDE P L, INGALE S L, et al. Evaluation of multi-microbe probiotics prepared by submerged liquid or solid substrate fermentation and antibiotics in weaning pigs [J]. *Livestock Science*, 2011, 138(1/2/3): 144–151.
- [19] LE BON M, DAVIES H E, GLYNN C, et al. Influence of probiotics on gut health in the weaned pig [J]. *Livestock Science*, 2010, 133(1/2/3): 179–181.
- [20] SOHAIL M U, IJAZ A, YOUSAF M S, et al. Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and *Lactobacillus-based probiotic*; dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity [J]. *Poultry Science*, 2010, 89(9): 1934–1938.
- [21] DENG W, DONG X F, TONG J M, et al. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens [J]. *Poultry Science*, 2012, 91(3): 575–582.
- [22] SOHAIL M U, RAHMAN Z U, IJAZ A, et al. Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat-stressed broilers [J]. *Poultry Science*, 2011, 90(11): 2573–2577.
- [23] 黄俊文, 林映才, 冯定远, 等. 益生菌、甘露寡糖对早期断奶仔猪生长、免疫和抗氧化机能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2005, 17(4): 16–20.
- [24] KODALI V P, SEN R. Antioxidant and free radical scavenging activities of an exopolysaccharide from a probiotic bacterium [J]. *Biotechnology Journal*, 2008, 3(2): 245–251.
- [25] CHANG M H, CHEN T C. Reduction of broiler house malodor by direct feeding of a *Lactobacilli* containing probiotic [J]. *International Journal of Poultry Science*, 2003, 2(5): 313–317.
- [26] NAIDU A S, XIE X, LEUMER D A, et al. Reduction of sulfide, ammonia compounds, and adhesion properties of *Lactobacillus casei* strain KE99 *in vitro* [J]. *Current Microbiology*, 2002, 44(3): 196–205.
- [27] CHU G M, LEE S J, JEONG H S, et al. Efficacy of probiotics from anaerobic microflora with prebiotics on growth performance and noxious gas emission in growing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2011, 82(2): 282–290.
- [28] DAVIS M E, PARROTT T, BROWN D C, et al. Effect of a *Bacillus*-based direct-fed microbial feed supplement on growth performance and pen cleaning characteristics of growing-finishing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(6): 1459–1467.
- [29] SUTTON A L, KEPHART K B, VERSTEGEN M W, et al. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77(2): 430–439.
- [30] JIMENEZ-COLMENERO F, CARBALLO J, COFRADES S. Healthier meat and meat products; their role as functional foods [J]. *Meat Science*, 2001, 59(1): 5–13.
- [31] SALMA U, MIAH A G, MAKI T, et al. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on cholesterol concentration and fatty acid composition in broiler meat [J]. *Poultry Science*, 2007, 86(9): 1920–1926.
- [32] SALMA U, MIAH A G, TAREQ K M, et al. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on egg-yolk cholesterol and laying hen performance [J]. *Poultry Science*, 2007, 86(4): 714–719.
- [33] SALMA U, MIAH A G, TSUJII H, et al. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on lipid fractions and egg-yolk fatty acid composition in laying hens [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2011. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01224.x.
- [34] TSUJII H, NISHIOKA M, SALMA U, et al. Comparative study on hypocholesterolemic effect of *Rhodospseudomonas palustris* and *Rhodobacter capsulatus* on rats fed a high cholesterol diet [J]. *Animal Science*

- Journal, 2007, 78(5): 535–540.
- [35] YANG X, ZHANG B, GUO Y, et al. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on fat deposition and meat quality of broiler chickens [J]. Poultry Science, 2010, 89(2): 254–260.
- [36] ZHOU X, WANG Y, GU Q, et al. Effect of dietary probiotic, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi yellow chicken [J]. Poultry Science, 2010, 89(3): 588–593.
- [37] PARRA V, PETR O N M J, MART I N L, et al. Modification of the fat composition of the Iberian pig using *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2010, 112(7): 720–726.
- [38] LI L, XU C L, JI C, et al. Effects of a dried *Bacillus subtilis* culture on egg quality [J]. Poultry Science, 2006, 85(2): 364–368.
- [39] 康白. 微生物生态学 [M]. 大连: 大连出版社, 1988.
- [40] THRELFALL E J, WARD L R, FROST J A, et al. The emergence and spread of antibiotic resistance in food-borne bacteria [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 62(1/2): 1–5.
- [41] SILBERGELD E K, GRAHAM J, PRICE L B. Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health [J]. Annual Review of Public Health, 2008, 29: 151–169.
- [42] PHILLIPS I. Assessing the evidence that antibiotic growth promoters influence human infections [J]. The Journal of Hospital Infection, 1999, 43(3): 173–178.
- [43] BOERLIN P, REID-SMITH R J. Antimicrobial resistance: its emergence and transmission [J]. Animal Health Research Reviews, 2008, 9(2): 115–126.
- [44] CASTANON J I. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds [J]. Poultry Science, 2007, 86(11): 2466–2471.
- [45] GRIGGS J P, JACOB J P. Alternatives to antibiotics for organic poultry production [J]. The Journal of Applied Poultry Research, 2005, 14(4): 750–756.
- [46] YANG Y, IJI P A, CHOCT M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics [J]. World's Poultry Science Journal, 2009, 65(1): 97–114.
- [47] MOUNTZOURIS K C, TSIRTSIKOS P, KALAMARA E, et al. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities [J]. Poultry Science, 2007, 86(2): 309–317.
- [48] WOLFENDEN R E, PUMFORD N R, MORGAN M J, et al. Evaluation of selected direct-fed microbial candidates on live performance and *Salmonella* reduction in commercial turkey brooding houses [J]. Poultry Science, 2011, 90(11): 2627–2631.
- [49] YEO J, KIM K I. Effect of feeding diets containing an antibiotic, a probiotic, or yucca extract on growth and intestinal urease activity in broiler chicks [J]. Poultry Science, 1997, 76(2): 381–385.

Microbial Feed Additives: Major Functions and Its Research Advances

XU Peng DONG Xiaofang* TONG Jianming

(*Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China*)

Abstract: Probiotics are live microorganisms which when administered in adequate amounts confer a health benefit on the host. The probiotics used in livestock production are usually called ‘microbial feed additives’. A large quantity of previous studies showed that microbial feed additives had many desirable functions, including maintaining intestinal health, relieving unpleasant stress, ameliorating animal housing environment and improving the quality of animal by-products. And some articles also indicated that microbial feed additives had a potential ability of replacing antibiotics. The present paper reviewed the recent advances about major functions of microbial feed additives. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(8):1397-1403]

Key words: probiotics; microbial feed additives; functions