

# 乳酸菌益生特性及其在畜禽养殖中的应用

戴甜<sup>1</sup>, 章文明<sup>1\*</sup>, 王翀<sup>1</sup>, 崔艳军<sup>1,3</sup>, 杨彩梅<sup>1,3</sup>, 汪海峰<sup>2\*</sup>

(1. 浙江农林大学动物科技学院, 浙江临安 311300;

2. 浙江大学动物科学学院, 浙江杭州 310058; 3. 浙江惠嘉生物科技股份有限公司, 浙江安吉 313307)

**摘要:** 乳酸菌作为微生态制剂的主要菌种之一, 广泛应用于畜禽生产中。本文综述了乳酸菌的生理特性及乳酸菌维持肠道菌群平衡、肠道定植与免疫调节、促进食物消化吸收等益生功能, 分析了乳酸菌制剂在养猪、养牛和家禽生产中的应用现状。

**关键词:** 乳酸菌; 益生菌制剂; 肠道; 畜禽生产

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**DOI 编号:** 10.19556/j.0258-7033.2019-07-049

益生菌 (Probiotics) 的概念源于希腊语“对生命有益的细菌”, 益生菌通常是定植于动物肠道、生殖系统内, 能产生确切健康功效的活性有益微生物 (细菌或者酵母) 的总称。常见的益生菌包括乳酸杆菌 (*Lactobacillus species*)、双歧杆菌 (*Bifidobacterium species*)、链球菌 (*Streptococcus species*) 以及少部分大肠杆菌 (*Escherichia coli*) 等, 一些乳酸乳球菌 (*Lactococcus lactis*) 和肠球菌 (*Enterococcus*) 也常被使用。乳酸菌是一类能将碳水化合物发酵生成乳酸的革兰氏阳性菌<sup>[1]</sup>, 已广泛应用于食品和医药等相关行业, 并被公认为食品级安全产品。乳酸菌在自然界中广泛存在于人、畜、禽肠道以及许多食品、物料和少数临床

药品中<sup>[2]</sup>。乳酸菌至少包括 20 个属, 主要为乳酸菌属 (*Lactobacillus*)、双歧杆菌属 (*Bifidobacterium*)、链球菌属 (*Streptococcus*)、肠球菌属 (*Enterococcus*)、乳球菌属 (*Lactococcus*) 等<sup>[3]</sup>。乳酸菌作为肠道内的优势菌群, 具有调节机体胃肠道菌群平衡、保持微生态平衡和防传染病等作用<sup>[4]</sup>。本文就乳酸菌益生特性及其在畜禽养殖中的应用做一综述, 以期对乳酸菌的合理利用提供参考。

## 1 乳酸菌的生理特性

乳酸菌属于革兰氏阳性菌, 形状为杆形、球形等, 发酵过程中利用碳水化合物形成大量乳酸。乳酸菌按其发酵产酸的产物分为同型发酵菌和异型发酵菌 2 种类型。同型乳酸发酵通过糖酵解途径产生大于 90% 的乳酸。异型乳酸发酵缺乏果糖一二磷酸途径的关键酶<sup>[5]</sup>。乳酸菌通过发酵产酸能将食物中的大分子蛋白质部分降解为小分子肽和游离氨基酸, 利于胃肠消化吸收<sup>[6]</sup>。乳酸菌细胞膜主要由磷脂、蛋白质和少量糖类构成, 并通

收稿日期: 2018-11-27; 修回日期: 2019-01-12

资助项目: 国家自然科学基金 (31601951)

作者简介: 戴甜 (1994-), 女, 安徽宁国人, 硕士研究生, 主要从事饲用益生菌开发利用研究, E-mail: 15957132027@163.com

\* 通讯作者: 章文明, E-mail: wenmingzhang2015@sohu.com; 汪海峰, E-mail: haifengwang@zju.edu.cn

3. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** The cryopreservation technique of semen is important in improving the breeding efficiency of equine. Many factors have been reported to damage spermatozoa in cryopreservation of equine semen. The factors of seminal plasma, cryoprotectant, microorganism, peroxidation, osmotic pressure, freezing and thawing are reviewed. It will provide the theoretical basis for improving the efficiency of cryopreservation of equine semen and promoting the development of China Horse Industry.

**Keywords:** Equine; Spermatozoa; Cryopreservation; Factors

(责任编辑: 周会会)

过疏水键和氢键维持磷脂双分子层结构。根据功能的不同,可以将膜上蛋白分为膜转运蛋白、受体蛋白、连接蛋白和酶<sup>[7]</sup>。这些蛋白发挥着物质运输和离子交换的功能,可以催化某些生理生化反应的发生,从而提高机体免疫功能,防止外来病菌的侵入<sup>[8]</sup>。同大多数革兰氏阳性菌一样,乳酸菌细胞膜含有大量糖聚合物和蛋白质,它由多层肽聚糖球囊周围装饰着磷壁酸、多糖和蛋白质组成。通过对乳酸菌细胞膜的分析在破译控制肽聚糖相关酶活性和细菌自溶的分子机制、细胞膜蛋白在细菌表面的锚定、噬菌体对靶细菌表面的吸附以及益生菌与细菌之间的相互作用方面有重要作用<sup>[9]</sup>。另外,许多乳酸菌能产生细菌素,它们可以通过膜通透性杀死细菌或通过消化酶干扰敏感细菌生长。由此,乳酸菌通过特殊机制在肠道成功定植之后与病原菌竞争结合位点,分泌细菌素、肽聚糖等物质,发挥免疫调节等益生功能。由于乳酸菌发挥的益生效应,研究乳酸菌的生理特性是益生菌技术开发和健康应用的重要组成部分。

## 2 乳酸菌的益生功能作用

**2.1 肠道定植** 乳酸菌在肠道定植是发挥一系列生理功能的基础,乳酸菌类制剂在肠道内发挥作用的前提同样是在肠道内成功定植。乳酸菌参与肠道定植的黏附因子有很多,包括脂磷壁酸、肽聚糖、S层蛋白等。然而乳酸菌肠道定植后又能发挥一系列功能。作者所在课题组研究乳酸菌与肠上皮细胞黏附的关键表面蛋白,发现罗伊氏乳杆菌表面 37 ku 的表面蛋白 GAPDH 在肠道黏附中具有重要作用<sup>[10]</sup>。与未处理的菌株相比,通过用 LiCl 处理去除表面蛋白或通过用抗 GAPDH 抗体阻断,罗伊氏乳杆菌 ZJ617 黏附上皮细胞的能力显著降低。免疫电镜和免疫荧光分析证实, GAPDH 位于罗伊氏乳杆菌 ZJ617 的表面层<sup>[10]</sup>。作者所在课题组进一步研究发现,乳酸杆菌表面蛋白 GAPDH 的分泌与细胞膜通透性正相关(未发表),后续将进一步研究阐述相关表面蛋白在乳酸菌肠道黏附定植中的作用。有研究显示,乳酸菌细胞膜脂磷壁酸和肽聚糖参与了细胞黏附过程,表层蛋白中 SlpA 可以与纤维连接蛋白作用参与肠道定植<sup>[11]</sup>。由此通过研究乳酸菌肠道定植机制以提高乳酸菌肠道定植数量,对于其发挥免疫调节、维持肠道菌群平衡以及促进肠道消化吸收等一系列功能有重要意义。

**2.2 免疫调节** 乳酸菌发生益生效应首先需要要在肠道内

成功定植<sup>[10]</sup>。之后通过细胞膜和外界进行物质交换和能量的传递。乳酸菌可作为非特异性免疫调节因子,激活宿主免疫细胞。表现为可以增强多形核白细胞、单核细胞和巨噬细胞、自然杀伤细胞的活力,刺激单核因子、活性氧和溶酶体酶的分泌,并且刺激巨噬细胞等诱导产生细菌素<sup>[12]</sup>。并且乳酸菌可以通过细胞壁中的脂磷壁酸、胞外多糖的分泌与肠上皮细胞结合也可以与宿主免疫细胞上的 TRL2 结合,调节 TNF- $\alpha$  水平,从而改善宿主炎症机制。有研究验证,益生菌对 HRV 疫苗诱导的免疫反应存在剂量效应,表明益生菌鼠李糖乳杆菌 GG 增强 Th1 细胞免疫但不影响人肠道微生物移植的新生儿 Gnotobiotic 猪模型中的抗体反应<sup>[13]</sup>。因此乳酸菌及其代谢产物在增强机体免疫功能、发挥免疫效益等方面有重要作用。Lakritz 等<sup>[14]</sup>给小鼠灌注罗伊氏乳杆菌发酵食物,发现仅口服这些纯化乳酸菌就足以抑制 2 种模型的乳腺癌变特征。乳酸菌可以降低肠道通透性和炎症的发生,阻碍有害物质对肠道屏障功能的损害,减弱细胞凋亡和自噬等并且可以增强外周血、T 淋巴细胞、B 淋巴细胞的活性,增强细胞免疫和体液免疫等功能<sup>[15-16]</sup>,这对于在畜禽生产中,由于外部环境变化导致动物免疫功能低下而引起的相关疾病有重要预防和治疗意义。

**2.3 维持肠道菌群平衡** 动物肠道内分布大量细菌,分布广,种类多,包括多种厌氧菌、需氧菌等,这些细菌相互依存、相互制约,与宿主保持相对平衡稳定。其中乳酸菌作为优势菌群可以调节肠道菌群平衡,抑制病原菌的生长,促进双歧杆菌和乳杆菌等益生菌的繁殖。乳酸菌可以合成细菌素来抑制病原菌的生长,大多数乳酸菌产生的细菌素通过感染细菌细胞膜通透性来杀死细菌。同时细菌素又可以被消化蛋白酶降解,因此宿主可以控制细菌素的生成<sup>[17]</sup>。乳酸菌分泌的胞外多糖对肠道菌群和脆弱拟杆菌的生长产生抑制,并且能够促进乳杆菌和厌氧菌的生长<sup>[18]</sup>。有研究用发酵乳杆菌 I5007 饲喂新生仔猪每日 1 次,连续口服 14 d,发现口服发酵乳杆菌之后改善了微生物群落的变化,增加益生菌的同时,降低了梭菌数量<sup>[19]</sup>。玄家洁<sup>[20]</sup>研究发现,饲料添加乳酸菌复合物组肉鸡盲肠乳酸菌数量极显著高于对照组;28 日龄时,乳酸菌复合物组的肉鸡盲肠大肠杆菌数量显著降低了 12.05%,这说明乳酸菌复合物可以促进肉鸡肠道内乳酸菌的生长繁殖,抑制大肠杆菌的生长

繁殖。这些研究均表明乳酸菌对肠道微生物组产生了影响,能够调节肠道内有益和有害微生物间的平衡,使宿主肠道维持稳定状态。

**2.4 促进食物消化吸收** 乳酸菌在肠道成功定植后,通过分泌产物补充宿主在消化酶上的不足,帮助分解消化道上未被吸收的营养物质;并且能够促进肠道蠕动,降解饲料在消化代谢中产生的抗营养因子,提高饲料适口性,增加动物采食<sup>[2]</sup>。主要表现在通过产生磷酸蛋白酶,将相关蛋白分解为氨基酸和奶酪脂肪肽,提高动物对蛋白的消化和吸收。分泌的乳糖酶可以降解乳糖从而发酵为乳酸等小分子物质。在肠道成功定植后,能产生丁酸和细菌素等活性代谢物。其中丁酸可以抑制很多突变物质的活性,并参与细胞的凋亡和分化,细菌素则可抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见病原菌的生长<sup>[21]</sup>。有研究发现,耐久肠球菌 ED-27 在酸性条件下能产生稳定活性的脂肪酶,提高食物的消化吸收<sup>[22]</sup>。此外,乳酸菌还能竞争同一环境中的营养供给,并通过支配和消耗所有的营养来源来维持他们共同的栖息地,保持宿主与正常细菌间的共生关系,防止过度产生不需要的营养物质。

### 3 乳酸菌类微生态制剂在畜禽生产上的应用

**3.1 乳酸菌在养猪生产上的应用** 新生仔猪对疾病的抵抗力低下,易受各种病原菌侵袭,从而影响仔猪的生长发育。乳酸菌调节黏膜层细胞,可改善仔猪肠道屏障功能,预防肠道疾病<sup>[23]</sup>。在新生仔猪饲料中添加乳酸菌可以调节猪肠道菌群的形成,有利于新生仔猪的健康<sup>[24]</sup>。索成等<sup>[25]</sup>研究发现,饲喂植物乳杆菌发酵液后能显著提高仔猪的日增重和饲料转化率,降低耗料增重比、腹泻率和死亡率,并对猪肉品质(滴水损失和嫩度等)有明显的改善。同时有研究表明,与对照组相比,服用玉米乳杆菌发酵饲料的猪肠道中沙门氏菌的感染显著下降,降低了由沙门氏菌引发的发热和腹泻<sup>[26]</sup>。以上研究证实,乳酸菌类制剂能够提高新生仔猪的免疫能力,提高母猪的采食量,维持猪肠道菌群平衡,对降低胃肠道疾病的发生率有重要意义。

**3.2 乳酸菌在反刍动物生产上的应用** 在反刍动物中,犊牛腹泻是影响犊牛生长发育的多发疾病,死亡率较高。主要是由于大肠杆菌、沙门氏菌、分歧杆菌等病原菌感染犊牛肠道引发腹泻<sup>[27]</sup>。由于乳酸菌有竞争性定植肠道

的作用,致使致病性菌株的粘附能力显著降低。Lee 等<sup>[28]</sup>将 12 头刚断奶的小牛分为无微生物接种剂(对照组)和接种植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)与枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)的混合物(试验组),饲喂 4 周后,与对照组相比,试验组粪便乳酸菌和肠道杆菌数量均显著提高,粪便腹泻评分和腹泻持续时间均显著下降。Schmidt 等<sup>[29]</sup>将发酵过的甘蔗青贮饲料饲喂公牛,与对照组相比,公牛的平均日增重和饲料利用率大幅提高,进而提高了公牛的生产性能。对于奶牛中,Torok 等<sup>[30]</sup>研究发现,乳酸菌产生的十二碳六烯酸可显著改变奶牛瘤胃中细菌和产甲烷古细菌的菌群结构,同时改变奶牛中单不饱和脂肪酸以及多不饱和脂肪酸,对于改善胃肠道菌群结构、调节奶牛胃肠道环境、促进食物消化吸收有重要作用。

**3.3 乳酸菌在家禽生产上的应用** 在集约化生产中,鸡容易受环境因素的影响,造成肠道内微生物群紊乱,影响生产效益。给肉鸡饲喂乳酸菌微生态制剂可以使鸡肠道内微生物群恢复正常,降低对疾病的高度易感性,达到最大生长效益<sup>[31]</sup>。同时乳酸菌产生的乳酸、醋酸等对病原菌有抑制作用。研究表明,通过给肉鸡服用乳酸菌制剂,可以有效缓解被梭菌感染之后肉鸡生长性能和脂肪酸含量的负面变化<sup>[32]</sup>。同时,家禽日粮中添加乳酸菌制剂不仅能够抑制有害菌群的生长,还可以改善生产性能、提高产蛋率。日粮中添加不同水平乳酸菌可以提高蛋鸡产蛋后期的生产性能,改善蛋品质并降低发酵粪中 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S 浓度<sup>[33]</sup>。有研究通过将 22 只蛋鸡分为 3 个治疗组,与对照组相比,服用乳酸菌的试验组蛋重及每千克饲料效率均显著提高,破蛋和无蛋壳数量显著减少,导致降级卵数量极显著减少。在补充益生菌 6 个月后,蛋黄的脂肪酸组成和胆固醇含量也存在显著差异<sup>[34]</sup>。由此可见,乳酸菌可以有效提高肉鸡生长效益,对于蛋鸡品质和产蛋量也有显著提高。

乳酸菌微生态制剂作为一种无毒、无害、无污染的绿色产品在畜禽生产中应用越来越广泛,大量试验证明乳酸菌制剂具有良好的饲喂效果(表 2),在提高畜禽日增重、饲料转化率和泌乳能力等方面有显著效果。

## 4 展望

乳酸菌作为广泛使用的微生态制剂,具有维持动物消化道微生物区系平衡、增强畜禽的抗病能力和提高动

表2 不同乳酸菌对畜禽生产性能的影响

种类	类型	试验对象	生长性能	参考文献
植物乳酸杆菌	混合型	犍牛	体重上升	[35]
短乳杆菌				
粪肠球菌	混合型	肉仔鸡	体重上升	[20]
盲肠肠球菌				
植物乳酸杆菌	混合型	断奶仔猪	日增重和饲料转化率上升	[36]
约氏乳杆菌 XS4	混合型	母猪	仔猪窝重增加	[37]
粪肠球菌 SF68	混合型	奶牛	泌乳能力上升	[38]

物生产性能等作用,可作为绿色畜禽养殖中理想的微生态制剂产品。为了更好地发挥乳酸菌的益生作用,越来越多的研究着重于乳酸菌生长代谢、肠道粘附作用机制、肠道内占位竞争和营养竞争能力;同时,关注乳酸菌实际应用中的用量、使用期限、饲喂方法等,从而进一步发挥乳酸菌类制剂在胃肠道中的益生效应。

#### 参考文献:

- [1] 刘宇,李阳,刘通,等. 乳酸菌益生特性及在猪生产中应用研究进展[J]. 动物医学进展, 2016, 37(6): 87-90.
- [2] 王芳芳,刁华杰,夏九龙,等. 乳酸菌及其发酵饲料在动物生产中的应用[J]. 饲料研究, 2016(1): 15-19.
- [3] Hamzekolaie M H M, Moghaddam A K Z, Tohidifar S S, et al. Supplementation of a blend of beneficial bacteria and antibodies on growth performance, intestinal mucosa morphology and right heart failure of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. Int J Enteric Pathog, 2017, 5(2): 35-40.
- [4] Zheng P X, Fang H Y, Yang H B, et al. Lactobacillus pentosus strain LPS16 produces lactic acid, inhibiting multidrug-resistant *Helicobacter pylori*[J]. J Microbiol Immunol, 2016, 49(2): 168-174.
- [5] Yuan X J, Wang J, Guo G, et al. Effects of ethanol, molasses and Lactobacillus plantarum on fermentation characteristics and aerobic stability of total mixed ration silages[J]. Grass Forage Sci, 2016, 71(2): 328-338.
- [6] 韦方鸿,付浩,廖胜昌,等. 不同发酵类型乳酸菌对全株玉米青贮发酵品质及营养价值的影响[J]. 耕作与栽培, 2017, 12(6): 8-10.
- [7] 陈国忠,张燕娇,陈师勇. 革兰氏阴性菌脂蛋白 Lol 系统转运蛋白的功能及表面展示分泌机制[J]. 微生物学报, 2017, 57(12): 1769-1777.
- [8] Yan S, Cai M, Zhou L, et al. The structure and function of cell membranes studied by atomic force microscopy [J]. Semin Cell Dev Biol, 2017, 73(3): 34-39.
- [9] Chapot-Chartier M P, Kulakauskas S. Cell wall structure and function in lactic acid bacteria[J]. Microb Cell Fact, 2014, 13(Suppl 1): S9.
- [10] Zhang W M, Wang H F, Gao K, et al. Lactobacillus reuteri glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase functions in adhesion to intestinal epithelial cells[J]. Can J Microbiol, 2015, 61(5): 373-380.
- [11] Carasi P, Ambrosio N M, De Antoni G L, et al. Adhesion properties of potentially probiotic Lactobacillus kefir to gastrointestinal mucus[J]. J Dairy Res, 2014, 81(1): 16-23.
- [12] 崔毅,白长胜. 乳酸菌的生物学功能及在养猪生产中的应用[J]. 现代畜牧科技, 2018, 12(1): 4-5.
- [13] Wen K, Tin C, Wang H, et al. Probiotic lactobacillus rhamnosus GG enhanced Th1 Cellular immunity but did not affect antibody responses in a human gut microbiota transplanted neonatal gnotobiotic pig model [J]. PLoS One, 2014, 9(4): e94504.
- [14] Lakritz J R, Theofilos P, Tatiana L, et al. Beneficial bacteria stimulate host immune cells to counteract dietary and genetic predisposition to mammary cancer in mice[J]. Int J Cancer, 2014, 135(3): 529-540.
- [15] Chun J R, Yao Z, Wei Z C, et al. A polysaccharide extract of mulberry leaf ameliorates hepatic glucose metabolism and insulin signaling in rats with type 2 diabetes induced by high fat-diet and streptozotocin[J]. Int J Biol Macromol, 2015, 72(9): 51-59.
- [16] Cui Y, Li L, Dou X, et al. Lactobacillus reuteri ZJ617 maintains intestinal integrity via regulating tight junction, autophagy and apoptosis in mice challenged with lipopolysaccharide[J]. Oncotarget, 2017, 8(44): 77489-77499.
- [17] Todorov S D, Holzapfel W, Nero L A. Characterization of a novel bacteriocin produced by Lactobacillus plantarum ST8SH and some aspects of its mode of action[J]. Ann Microbiol, 2016, 66(3): 949-962.
- [18] Li S, Chen T, Xu F, et al. The beneficial effect of exopolysaccharides from Bifidobacterium bifidum WBIN03 on microbial diversity in mouse intestine[J]. J Sci Food Agr, 2013, 94(2): 256-264.
- [19] Liu H, Zhang J, Zhang S H, et al. Oral administration of Lactobacillus fermentum I5007 favors intestinal development and alters the intestinal microbiota in formula-fed piglets[J]. J Agr Food Chem, 2014, 62(4): 860.
- [20] 玄家洁. 乳酸菌复合物对肉鸡肠道形态结构及其生产性能的影响[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2016.
- [21] 赵娜,萨如拉,郭军,等. 瑞士乳杆菌 AJT 所产抗菌物质的初步研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 67-71.
- [22] Ramakrishnan V, Goveas L C, Halami P M, et al. Kinetic modeling, production and characterization of an acidic lipase produced by Enterococcus durans NCIM5427 from fish waste[J]. J

- Food Sci Technol, 2015, 52(3): 1328.
- [23] Yeung C Y, Chiau J S C, Chan W T, *et al.* In vitro prevention of salmonella lipopolysaccharide-induced damages in epithelial barrier function by various lactobacillus strains[J]. Gastroenterol Res Pract, 2013, 2013(3): 973209.
- [24] Hansen C H F, Dennis Sandris N, Miloslav K, *et al.* Patterns of early gut colonization shape future immune responses of the host[J]. PLoS One, 2013, 7(3): e34043.
- [25] 索成, 尹业师, 王小娜, 等. 植物乳杆菌对断奶仔猪生长性能及猪肉品质的影响[J]. 中国食品学报, 2012, 12(7): 155-161.
- [26] Fugui Y, Abdolvahab F, Qi Chuck W, *et al.* Reduction of Salmonella enterica serovar typhimurium DT104 infection in experimentally challenged weaned pigs fed a lactobacillus-fermented feed [J]. Foodborne Pathog Dis, 2014, 11(8): 628-634.
- [27] Wang D, Wang X, Zhang K, *et al.* Study on calves diarrhea caused by mixed infection of bovine viral diarrhea virus, escherichia coli and proteus mirabilis[J]. China Anim Husb Vet Med, 2018, 45(1): 189-195.
- [28] Lee Y E, Kang I J, Yu E A, *et al.* Effect of feeding the combination with Lactobacillus plantarum and Bacillus subtilis on fecal microflora and diarrhea incidence of Korean native calves[J]. Korean J Vet Ser, 2012, 35(4): 8-14.
- [29] Schmidt P, Nussio L G, Queiroz O C M, *et al.* Effects of Lactobacillus buchneri on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls[J]. Revis Bras Zootec, 2014, 43(1): 8-13.
- [30] Torok V A, Percy N J, Moate P J, *et al.* Influence of dietary docosahexaenoic acid supplementation on the overall rumen microbiota of dairy cows and linkages with production parameters[J]. Can J Microbiol, 2014, 60(5): 267-275.
- [31] Blajman J, Gaziano C, Zbrun M V, *et al.* In vitro and in vivo screening of native lactic acid bacteria toward their selection as a probiotic in broiler chickens[J]. Res Vet Sci, 2015, 101: 50-56.
- [32] Wang H, Ni X, Lei L, *et al.* Controlling of growth performance, lipid deposits and fatty acid composition of chicken meat through a probiotic, Lactobacillus johnsonii during subclinical Clostridium perfringens infection[J]. Lipids Health Dis, 2017, 16(1): 38.
- [33] 马晓婷, 吴盈萍, 赵晓钰, 等. 乳酸菌对蛋鸡产蛋后期生产性能、蛋品质及发酵粪中 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S 浓度的影响[J]. 中国饲料, 2017(9): 5-9.
- [34] Mikulski D, Jankowski J, Naczmanski J, *et al.* Effects of dietary probiotic (Pediococcus acidilactici) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens[J]. Poult Sci, 2012, 91(10): 2691-2700.
- [35] 董晓丽. 益生菌的筛选鉴定及其对断奶仔猪、犊牛生长和消化道微生物的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [36] Wang J, Ji H F, Hou C L, *et al.* Effects of Lactobacillus johnsonii XS4 supplementation on reproductive performance, gut environment, and blood biochemical and immunological index in lactating sows[J]. Livest Sci, 2014, 164(6): 96-101.
- [37] Tian TA, Peng H Y, Chen S E, *et al.* Intramammary infusion of an Enterococcus faecium SF68 preparation promoted the involution of drying off Holstein cows partly related to neutrophil-associated matrix metalloproteinase 9[J]. J Anim Sci, 2015, 86: 111-119.

## Probiotic Characteristics of Lactic Acid Bacteria and Their Application in Livestock and Poultry Industry

DAI Tian<sup>1</sup>, ZHANG Wen-ming<sup>1</sup>, WANG Chong<sup>1</sup>, CUI Yan-Jun<sup>1,3</sup>, YANG Cai-mei<sup>1,3</sup>, WANG Hai-feng<sup>2\*</sup>

(1. College of Animal Sciences and Technology, Zhejiang A&F University, Zhejiang Lin'an 311300, China; 2. College of Animal Sciences, Zhejiang University, Zhejiang Hangzhou 310058, China; 3. Zhejiang Vegemax Biotech Co., Ltd., Zhejiang Anji, 313307, China)

**Abstract:** Lactic acid bacteria are widely used in livestock and poultry production. This review described the physiological characteristics of lactic acid bacteria, summarizes the probiotic function including maintaining intestinal flora balance, intestinal colonization and immune regulation, and promoting food digestion and absorption. The article also analyzed the status of lactic acid bacteria utilization in pig, cattle and poultry production.

**Keywords:** Lactic acid bacteria; Probiotics; Intestine; Animal production

(责任编辑: 周会会)