doi:10.11751/ISSN.1002 - 1280.2021.08.10

乳酸菌在畜禽替抗养殖中的研究进展

曹树威[1],余昌花[1],王国利[2],罗鲜青[1],黄丽霞[1],李芳芳[2],李美珍[2],唐承明[1*]

(1 广西壮族自治区畜牧研究所,南宁 530001 2 广西壮族自治区畜禽品种改良站,南宁 530001)

[收稿日期] 2021 - 05 - 25 [文献标识码]A [文章编号]1002 - 1280 (2021) 08 - 0066 - 07 [中图分类号]S859.79

[摘 要] 随着饲料禁抗令的实施,开发利用更安全、更高效的生态制剂已经成当下畜禽养殖工作迫在眉睫的需求。乳酸菌是极具潜力的新型抗生素替代剂,通过对乳酸菌的分类、功能进行了阐述,结合乳酸菌当前在畜禽生产中已报道的益生功能机制对其替抗潜力及应用方向进行了分析、论述,以期为广大养殖工作者提供有利参考。

[关键词] 乳酸菌;畜禽;替抗;益生;功能机制

Research Progress of Lactic Acid Bacteria in Livestock and Poultry Breeding

CAO Shu - wei[1], YU Chang - hua[1], WANG Guo - li[2], LUO Xian - qing[1],
HUANG Li - xia[1], LI Fang - fang[2], LI Mei - zhen[2], TANG Cheng - ming[1*]

(1. *The Animal Husbandry Research Institute of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning* 530001, *China*;
2. *Livestock and Poultry Variety Improvement Station of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning* 530001, *China*)

Corresponding author: *TANG Cheng - ming, E - mail*:1421643176@*qq.com*

Abstract: With the implementation of the antibiotics - utilizing ban in feed, the developing and utilizing of safer and more efficient ecological agents has become an urgent demand for livestock and poultry production. Lactic acid bacteria is a potential new antibiotic substitute. In this paper, the classification and function of lactic acid bacteria were described first, and then, combined with the probiotic function mechanism of lactic acid bacteria reported in livestock and poultry production, the potential and application direction of lactic acid bacteria were analyzed and discussed, in order to provide beneficial reference for the breeding workers.

Key words: lactic acid bacteria; livestock and poultry; antibiotic substitution; probiot - tic; functional mechanism

2020 年 7 月 1 日,我国开始全面禁用饲用抗生素。从长期来看,抗生素的禁用是畜、禽、水产养殖业迈向绿色、可持续发展的重要里程碑;但随着禁抗令的实施,短期内可能会出现诸多的行业问题,如生猪养殖过程中的仔猪死亡、肠炎、痢疾和腹泻等疾病率的提高就体现出了养殖业对抗生素的依

基金项目: 防城港市重点研发计划(防科 AB20014040)

作者简介: 曹树威,硕士,从事畜牧微生物资源开发利用。

通讯作者: 唐承明。E - mail:1421643176@qq.com

赖效应;因此,加快新型抗生素替代剂的研发应用,缩短替抗的过渡时间是当前畜禽养殖领域中迫切需要解决的问题。

益生菌、抗菌肽、植物提取物、酸化剂、寡糖、酶制剂、噬菌体是当前生产中用作抗生素替代的常见物质[1]。其中,乳酸菌作为一种常见的人、畜食用益生菌,是一类可发酵蔗糖、葡萄糖及其它形式的多种碳水化合物,产生乳酸、乙酸等有机酸的革兰氏阳性球菌、杆菌,在食品、轻工业、医药、饲料中均有广泛的运用;乳酸菌产生的有机酸化剂、细菌素、肽类、酶类等高活性物质均可抑制病原菌生长[2],其活菌体还可作为肠道益生菌,繁殖、定植肠道,占位、拮抗病原菌,同病原菌竞争营养物质,抑制畜禽肠道内沙门氏杆菌、李斯特氏杆菌、葡萄球菌等病原体的恶性竞争,从而有效地减少腐败衰退的产物,并调节微生态平衡,刺激肠道蠕动,提高机体消化吸收能力,可针对畜禽机体的毒性反应、应激反应、免疫应答等作出有效的反馈免疫力,提高机体的免疫力[3]。乳酸菌相对于抗菌肽、植物提取物、酶制剂、噬菌体等抗生素替代物,具有生产工艺成熟、生产周期短、成本低、安全性更好等优点,且应用形式灵活。如既可直接添加水剂饲喂,亦可发酵饲料后饲喂,其发酵料中的有机酸可以替代抗生素抑制杂菌导致的饲料腐败,芳香浓郁,增加饲料的适口性;特定种属的乳酸菌在发酵饲料的过程中可降解霉菌毒素,降低畜禽中毒的风险,间接减少了化学药品的使用。因此,乳酸菌在未来的畜禽养殖业中,极具替抗潜力。

1　生产常用乳酸菌的分类

目前,常用于畜禽养殖业的乳酸菌主要源自乳杆菌属、肠球菌属、片球菌属等 3 大属类[4](表 1),表中的 6 种生产常用乳酸菌均具有产生有机酸化剂、抗菌素类活性物质的功能,可抑制病原菌生长,且能够维持机体微生态平衡,提高机体免疫力,均具备极大的替抗潜力。粪肠球菌、嗜酸乳杆菌、乳酸片球菌等乳酸菌作为同型乳酸发酵菌株,直接将糖类物质发酵为乳酸且不产气,不仅可以作为益生菌剂直接添加饲喂,还宜于发酵乳酸饲料、营养液,产生活性乳酸菌、菌体蛋白、小肽、细菌素等可强化机体免疫系统的物质,抑制饲料腐败,减少疾病发生,间接促进养殖业健康发展,发挥更广泛的益生性能。植物乳杆菌、干酪乳杆菌、鼠李糖乳杆菌作为兼性异型发酵菌株,在不考虑发酵产气的情况下,还可发酵产生乙酸等抑制致病菌生长的酸化剂;特别值得一提的是,乙酸在酸化的发酵饲料中,能高效抑制有氧腐败,减少饲料变质引起的生物安全事故。

表 1　生产常用乳酸菌的分类

Tab 1　Classification of lactic acid bacteria which are commonly used in production

名称	归属	分类	需氧类型	糖类代谢类型	功能
植物乳杆菌	乳杆菌属	革兰氏阳性	兼性厌氧	兼性异型乳酸发酵	产乳酸杆菌素,调节免疫力,抑制病原菌,缓解乳糖不耐受,分解水体有机物、氨态氮,净化水质
粪肠球菌	肠球菌属	革兰氏阳性	兼性好氧	同型乳酸发酵	产广谱抗菌特性的细菌素,抑制假单孢菌、沙门菌、志贺氏菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌,增强巨嗜细胞的活性,促进动物的免疫反应,提高抗体水平
干酪乳杆菌	乳杆菌属	革兰氏阳性	兼性厌氧	兼性异型乳酸发酵	产乳酸菌素等天然肽类防腐剂,抑制和杀死腐败菌及致病菌,定植肠道,形成保护膜,治疗肠道菌群紊乱,防止急性腹泻,增加机体淋巴细胞数量,提高粒细胞噬菌功能,提高免疫力
鼠李糖乳杆菌	乳杆菌属	革兰氏阳性	厌氧	兼性异型乳酸发酵	良好的耐胃酸和胆汁性能,更易以活体形式进入肠道,形成肠道粘膜的生物屏障,维持肠道微生态平衡,提升机体免疫力,预防和治疗腹泻,排出肠道毒素
嗜酸乳杆菌	乳杆菌属	革兰氏阳性	兼性厌氧	同型乳酸发酵	产嗜酸乳菌素、嗜酸杆菌素、乳酸菌素等抗生物素类物质, 对肠道致病菌、腐败菌等产生拮抗作用,调节肠道微生态平衡,促进铁和维生素 D 的吸收,产生维生素 K 及维生素 B
乳酸片球菌	片球菌属	革兰氏阳性	兼性厌氧	同型乳酸发酵	产生有益的代谢产物,激活酸性蛋白酶的活性,拮抗病原微生物,调节胃肠道菌群,维持肠道微生态平衡,提高机体免疫力

2 乳酸菌益生功能机制

2.1 形成益生屏障,调节微生态平衡

2.1.1 定植肠道形成生理屏障 畜禽的肠道中存在大量微生物,根据分布微生物对机体产生的健康效应,可将这些微生物分为:共生性微生物及致病性微生物,前者通过合成蛋白质、维生素、消化吸收等活动对畜禽的机体产生有益的影响;后者可打破畜禽微生物数量平衡时引起发病。

乳酸菌作为肠道益生微生物,进入宿主的肠道后,可快速黏附定植在其黏膜上皮细胞相关的复合糖受体上,同有害菌群竞争附着位点,干扰和抑制致病菌黏附肠道上皮细胞[5],促进了肠黏膜生长、发育,增加肠道消化吸收面积,形成生理屏障,诱导黏附素的分泌,阻止肠细胞的凋亡,充分发挥肠道屏障功能,进而改善肠道健康的机制。乳酸菌对肠黏膜的占位优势主要依赖于乳酸菌细胞表面的一些细胞表面蛋白,其中已有研究深入阐述了黏膜结合蛋白、引物酶 sortase 依赖蛋白、S 层蛋白及胞外间质包含的调节性表面蛋白等细胞外蛋白黏附肠道的机理[6]。表面蛋白 slpA 由嗜酸乳杆菌 NCFM(*L. acidophilus* NCFM)胞内的 slpA 基因控制合成,研究发现将 NCFM(*L. acidophilus* NCFM)的 slpA 基因敲除后,直接抑制了此菌与细胞外面 C 型凝聚素受体(CLR)(DC - SIGN,Ⅱ型跨膜蛋白)的黏附,表明 slpA 基因控制的 slpA 表面蛋白是与黏附相关的受体,同时还发现 slpA 基因诱导宿主免疫反应,刺激机体产生白细胞介素、TNF - α 类提高免疫力的物质。另有研究发现,GroEL 作为约氏乳酸杆菌胞外的一种热应激蛋白,具有促进活菌体与肠道黏膜黏附的功能[7]。

2.1.2 调节微生态平衡,提高肠道免疫性能 乳酸菌等益生菌能够改善肠道环境,防止有害菌产生肠毒素、甲烷、毒性胺等有害物质,最终保障了畜禽生长性能的发挥,对于微生态平衡的保持具有重要意义[8]。

研究表明,在对肉仔鸡的饲料中采用乳酸菌后,会让血液中氨的含量显著降低。乳酸菌在肠道内定植,黏附到动物消化道的黏膜,改善胃肠道中的微生物环境,调节微生态平衡;乳酸菌与宿主保持稳定的共生关系,作为优势菌群,形成益生微生态环境,抑制肠道内腐败菌的生长,减少腐败物质的生成,合成的活性物质能够刺激肠道,促进肠道蠕动,加快将腐败物质及毒素类排出机体,减少病原菌对宿主的侵害,增加细胞间的通透性,提高营养吸收率。另外,乳酸菌分泌的某些肽类活性物质,促进其它有益菌的生长,整体上改善肠道微生物菌群的结构,进而维持了肠道微生物菌群平衡。

肠道里乳酸菌的分布数量和种类常作为畜禽机体健康度评测的参考标志之一,其中乳酸菌和大肠杆菌的定量比被广泛认可为评价动物消化道微生态平衡的重要指标,当乳酸菌的数量高于大肠杆菌的数量时,方可实现有益菌对肠道致病微生物的抑制。肠道微生态平衡对于促进机体维持肠道健康和生产性能具有显著意义。因此,在养殖生产中,乳酸菌被用作益生微生态制剂添加至畜禽日粮中,补充畜禽肠道乳酸菌数量,通过人为干预的方式调节肠道的微生态平衡,预防畜禽肠炎、腹泻、痢疾等疾病。谢俊华[9]研究添加植物乳杆菌 NCU116 对肠道健康的影响,发现添加植物乳杆菌后对肠道菌群的结构组成造成影响,且直接提高了肠道代谢和免疫功能。禽类饲喂植物乳杆菌肠衣胶囊后,肠道中梭菌属、肠杆菌科的数量均显著减少。

2.2 提高免疫调节机能

研究表明,乳酸菌对机体的免疫诱导主要是通过“受体 + 配体”的模式进行的。本文前面阐述的 6 类生产常用的乳酸菌都是革兰氏阳性菌,细胞表面均含有脂磷壁酸(LTA)、肽聚糖(PG),PG,LTA 均是 CD 细胞表面受体(TLR)的配体,通过与受体结合,刺激机体产生免疫因子,如 TNF - α 和白细胞介素 1(IL - 1)。研究发现,约氏乳酸杆菌、植物乳酸杆菌的 PG 与 TLR2 受体结合后,可刺激巨噬细胞成熟,诱导细胞因子的产生,发挥免疫调节效应[10]。干酪乳酸杆菌 YIT9029(*L. casei* YIT9029)的 LTA 和 TLR2 结合后,激活了 NF - κB 的信号,诱导小鼠巨噬细胞分泌 TNF - α[11]。在对肉鸡饲喂罗伊乳杆菌、短乳杆菌后,发现肉鸡肠绒毛黏膜 TNF - α、IL - 1 和 IL - 2 等的表达量显著提高。研究发现,植物乳杆菌

NCIMB8826 可以促进 T 细胞的增殖,提高了免疫细胞活性[12]。

2.3　乳酸菌体的直接抗菌机制

2.3.1　竞争抑制　乳酸菌利用自身的占位优势,定植肠粘膜后,与其它菌竞争营养物质及黏附位点,快速繁殖,成为优势菌群,利用生物夺氧机制辅助机体形成肠道厌氧环境,同时可以发酵产酸,快速降低肠道内的 pH 值,形成一个不利病原微生物生长的厌氧、酸性环境,利用生理竞争优势抑制梭菌、痢疾杆菌、伤寒杆菌、副伤寒杆菌、弯曲杆菌等肠道腐败菌、致病菌的定植、生长。乳酸菌发酵产生的酸类物质可以刺激肠道蠕动,辅助机体排出病原菌及致病菌产生的毒素。

2.3.2　产生抑菌物质　肠道内乳酸菌可以直接产生抑菌物质抑制致病微生物的生长,乳酸菌产生的抑菌物质主要可以分为酸类、肽类、生物素类及过氧化氢等四类。酸类主要包括乳酸、乙酸、丙酸,肽类物质包括各种具有抗菌活性的抗菌肽类,生物素类则以细菌素为主。

酸类物质主要通过形成酸性环境,拮抗致病微生物的生长。研究发现,鼠李糖乳酸杆菌 GG(*Lactobacillus rhamnosus* GG)在肠道内发酵产生的乳酸,对鼠伤寒沙门氏菌有很强的抑菌活性,乳杆菌属的嗜酸乳酸杆菌、干酪乳杆菌、短乳杆菌都能够产生非解离乳酸,对大肠杆菌的生长产生较强的抑制作用,另有研究发现,乳酸菌分泌的乳酸可以通过螯合金属离子改变革兰氏阳性菌的细胞膜通透性发挥杀菌作用,加氏乳酸杆菌分泌的乳酸可以瓦解金黄色葡萄球菌细胞膜,裂解细胞,消灭其活菌。抗菌肽类物质和细菌素可以直接起到杀灭病原菌的作用。过氧化氢也可以对病原菌起到抑制作用,研究发现,过氧化氢可以激活机体内的过氧化氢酶 – 硫氰酸系统,对过氧化氢酶阳性菌、革兰氏阴性菌都可以起到较强的拮抗作用。

2.4　提供可提高消化率的酶类　酶作为生物体内的一类高效生物催化剂,可以催化各类生物化学反应,保证生物体新陈代谢的正常进行。因此,机体内酶的含量及类型直接影响着生长健康和生产性能。乳酸菌在畜禽机体内大量定植形成优势菌群后,可产生纤维素酶、蛋白酶和脂肪酶等消化酶,辅助机体降解纤维素、淀粉、粗蛋白、脂肪等不易或不能被机体直接吸收利用的大分子糖类、蛋白类,释放出单糖、二糖、短链脂肪酸、小分子肽类及氨基酸等易被机体吸收利用的物质,提高饲料利用率,增加机体对营养物质的吸收能力,提高营养物质的代谢速率,增强机体的新陈代谢及免疫性能,维持机体健康。

2.5　合成营养因子　乳酸菌通过次级代谢不仅能合成乳酸、乙酸等益生因子,还可以产生一些促生长因子、氨基酸,促进机体对蛋白质、单糖、钙、铁、磷的吸收利用;另外,乳酸菌还可以合成机体生长发育所需的维生素 B、维生素 K 等多类维生素,增强其免疫能力。李俊芳等研究发现,所研究的 16 株乳酸菌中,8 株乳酸菌能够产生维生素 B12,有 3 株菌维生素 B12 的产量显著高于其它菌株[13]。

3　乳酸菌在畜禽生产中的应用

3.1　应用现状

3.1.1　生产中的应用形式及方向　我国动物养殖生产业内,微生态制剂通常被应用为添加剂。目前乳酸菌在生产中是被主要运用的替抗添加剂之一,应用形式以单一菌剂为主,亦有少数的菌剂产品以“乳酸菌 + 芽孢杆菌 + 酵母菌 + 生物酶”的形式投入市场使用。乳酸菌剂作为抗生素替代品,目前在畜禽养殖中主要被用以提高畜禽机体健康、提高饲料转化率进而提高生产性能、降解机体及养殖环境中有害物质、降解饲料中的霉菌毒素、缓解应激反应等方向,使用形式主要为直接添加和饲料发酵[14]。

3.1.2　国内使用现状　目前,乳酸菌作为饲料添加剂或直接作为水剂饲喂,主要在国内猪、鸡、牛、羊等畜禽养殖领域及水产养殖领域被推广利用。虽然乳酸菌剂正逐渐被更多的养殖企业关注、接纳,但菌剂的成本、质量、应用技术普及度仍然是制约菌剂全面推广的主要因素。

乳酸菌剂作为饲料发酵剂的应用在国内表现出一定的地域性。北方地区气候干燥,适宜晒制耐保藏的干草饲料,因此对青贮类饲料发酵依赖性小,但

南方多地区的湿热气候不宜晒制干草,常利用乳酸菌剂发酵青饲料,达到保藏饲料营养的目的。在我国南方地区,乳酸菌剂被广泛用于将象草、玉米秸秆、甘蔗尾叶、木薯渣等物质发酵为芳香可口,营养含量丰富的青贮饲料。添加复合乳酸菌剂的青贮饲料发酵成功率极高,周期短,大大提高饲料生产效率,且发酵料富含多样性的乳酸菌活体及乳酸菌发酵过程中产生的各类益生元。饲料经乳酸菌发酵后,酸度高,抗菌次级代谢产物含量丰富,不易腐败,可保藏数月至一年。乳酸菌剂作为替抗剂,一方面通过利用发酵酸化料可长久保藏的优点,解决了南方地区冬季青饲草缺乏的问题,同时将玉米秸秆、甘蔗尾叶、木薯渣等农业副产物变废为宝,转变为畜禽的饲料;另一方面,某些长期坚持饲喂含乳酸菌发酵料的养殖企业的畜禽健康度提高,发病率、应激率显著降低,猪、鸡、牛、羊体表光泽鲜亮,养殖环境中臭味显著下降,蝇虫滋生问题不攻自破,形成了"动物机体健康 + 环境健康"双改善的良性循环。

3.2 应用效果

3.2.1 预防畜禽疾病 乳酸菌作为一种绿色、安全的替抗添加剂,长期饲喂畜禽可以起到预防疾病的作用,但不会导致机体产生耐药性,肠道菌群失调的问题。利用乳酸菌添加反刍动物日粮,可以提高其抗应激能力及抗病能力。姚国强等研究发现,可以利用乳酸菌预防奶牛隐形乳房炎[15]。Genis 等利用乳酸菌注射奶牛阴道,相对对照,实验组牛的子宫炎发生率降至 58%。殷溪莎等用乳酸菌饲喂犊牛后,犊牛腹泻率显著降低,抗氧化能力却显著提高[16]。在水产养殖中,弧菌及气单胞菌导致的肠炎是频发疾病,提前利用乳酸菌剂则能预防水产动物肠炎,降低发病率。

3.2.2 替代抗生素治疗畜禽疾病 应对病原微生物导致的畜禽疾病,抗生素的治疗效果好,但抗生素滥用导致的系列效应不可小觑,利用乳酸菌治疗畜禽疾病在消除疾病的同时可以规避抗生素带来的负面影响。石水琴发现发酵乳杆菌(*Lactobacillus fermentum*)不仅具有良好的肠道环境耐受性,还能够对鸡白痢沙门氏菌(*Salmonella pullorum*)进行显著抑制[17]。另有研究发现,片球菌素 A 对大多数革兰氏阳性乳酸菌和食源性病原菌具备杀伤作用[18]。王秋菊等用鸡源乳酸菌饲喂肉雏鸡后,鸡盲肠里大肠杆菌移位被显著抑制,大肠杆菌的数量、繁殖速度也大大降低[19]。焦丽英等用复合乳酸菌制剂饲喂奶牛后,乳房炎患牛的乳体细胞数从 883.0 万个/mL 下降至 191.2 万个/mL,降幅达到 78.3%,表明乳酸菌在牛乳房炎防治领域替代抗生素具有重要潜力[20]。Suo 等研究发现,饲喂植物乳杆菌 ZJ316 对仔猪肠道内大肠杆菌和沙门菌增殖有明显抑制作用[21]。鲁陈等报道乳酸菌可以通过分解肠道内腐败物,调节肠道平衡等功能显著降低犊牛的腹泻率[22]。利用乳酸菌饲喂被大肠杆菌感染的仔猪进行治疗,可以显著降低仔猪的腹泻率,修复肠道损伤[23]。

3.2.3 提高畜禽生产性能 抗生素的作用是消灭致病菌,同时会导致益生菌被杀灭,且对动物生产性能的提高并无直接的依据。乳酸菌对畜禽机体的益生作用则是全面的,可以在不对机体造成伤害的前提下,补充益生菌,提高机体免疫力,保持机体健康。益生菌可以合成酶类,维生素类物质,辅助提高机体对营养的消化、吸收,提高畜禽生产性能。朱风华等添加 15% 乳酸菌发酵料至蛋鸡饲料进行饲喂后,蛋鸡的产蛋率、蛋白哈氏单位提高显著,料蛋比却降低[24]。赵飞燕等利用复合乳酸菌剂添加奶牛日粮,不仅显著提高了牛奶产量,还显著增加了牛奶中免疫球蛋白 G(IgG)、溶菌酶(LYS)、乳铁蛋白(LTF)和乳过氧化物酶(LP)的含量[25]。J. L. Ellis 等用乳酸菌剂长期添加日粮饲喂荷斯坦奶牛可以提高奶牛的代谢能和牛奶产量[26]。Etleva 等用粪肠球菌、植物乳杆菌、发酵乳杆菌等 3 种乳酸菌复合成的菌剂饲喂断奶的仔猪,发现仔猪日增重、末重等指标均显著提高[27]。余祖华等用植物乳杆菌进行罗曼粉蛋鸡养殖,实验组产蛋率、蛋黄颜色、蛋白高度等均显著提高[28]。

3.2.4 降解有害物质,优化环境 在畜禽养殖过程中,其对饲料消化不完全的情况普遍存在,导致排泄物中残留较多的含氮有机质,这些物质被腐败菌发酵后产生 H_2S、NH_3 等恶臭物质排放至空气中

污染养殖环境,也对周边环境产生影响。乳酸菌在肠道中形成优势菌群后,为宿主提供多种类型的酶类,分解有机大分子,可以提高饲料消化率,且能抑制腐败菌生长,从初始阶段就抑制了污染源的产生,然后在排出的含乳酸菌群的粪便里含氮有机质含量减少,继续被乳酸菌发酵分解,抑制环境中的腐败菌发酵,大大减少 H_2S、NH_3 等臭源物质的产生,减少蚊蝇类害虫的滋生,改善畜禽养殖环境[29]。马晓婷等用乳酸菌在京红蛋鸡的产蛋后期添加饲喂,发现相比对照组,试验组蛋鸡的粪便含水率、粪中 NH_3 和 H_2S 的浓度均极显著降低[30]。

在水产养殖业中,乳酸菌形成水体优势菌群后,通过直接的化学作用及间接的促进其它微生物的反硝化作用分解水里的亚硝酸盐,达到净化水质的目的;另外,长期使用乳酸菌的畜禽养殖环境中臭味显著降低,NH_3 和 H_2S 的含量显著降低。

4　结语和展望

随着国家饲料禁抗令的实施,寻找新型环保的抗生素替代品已是势在必行。乳酸菌微生态制剂研究应用虽已取得显著的进展,但仍存在一些问题值得深思、探索。一是需对乳酸菌深入机理研究,挖掘更多的功能基因,删除潜在的致病基因;二是考虑乳酸菌资源的地域性因素。筛选适应地方气候的、性能稳定的菌株资源,建立地方特色乳酸菌资源库,服务本地生产,规避外来菌剂水土不服的缺点,因地制宜,就地取材;三是市售的菌剂产品质量良莠不齐,且菌剂使用缺乏相关的行业规范,影响生产推广;四是对菌株的产权保护尚缺乏有力的措施,易引起争端。笔者认为,随着生物科技的发展,通过将一段特定的核酸标签序列稳定整合至菌株基因组中作为记号,或可避免菌株产权问题及质量参差不齐的问题。五是乳酸菌长期使用过程中是否会变异为致病菌株。

当前,我们应寻找微生物学、分子生物学、畜牧营养学、细胞生物学等多学科的交叉点,充分结合基因组学、转录组学、蛋白组学等科技手段,挖掘乳酸菌潜在的功能,规避潜在的风险,对乳酸菌进行科学合理的运用,最大程度发挥乳酸菌在畜禽生产中的作用。

参考文献:

[1] 卜孟娟, 杨 濡 , 李 菲, 等. 饲用抗生素替代品研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2019(03): 36 - 39 + 44.
Bu M J, Yang R, Li F, *et al*. Research progress of feed antibiotic substitutes [J]. Food And Feed Industry, 2019(03): 36 - 39 + 44.

[2] Wandee Sirichokchatchawan, Puwiya Pupa, Prasert, *et al*. Autochthonous lactic acid bacteria isolated from pig faeces in Thailand show probiotic properties and antibacterial activity against enteric pathogenic bacteria[J]. Microbial Pathogenesis, 2018, 119.

[3] Liu H, Ji H F, Zhang D Y, *et al*. Effects of Lactobacillus brevis preparation on growth performance, fecal microflora and serum profile in weaned pigs[J]. Livest. Sci., 2015, 178: 251 - 254. 10. 1016/j. livsci. 2015. 06. 002.

[4] 翟清燕, 郑世超, 李新玲, 等. 乳酸菌的分类鉴定及在食品工业中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5260 - 5265.
Zhai Q Y, Zheng S C, Li X L, *et al*. Classification and identification of lactic acid bacteria and its application in food industry [J]. Journal Of Food Safety And Quality Inspection, 2019, 10(16): 5260 - 5265.

[5] 屈岩峰, 岳莹雪, 王丙然, 等. 乳酸菌黏附特性及其免疫调节作用研究进展[J]. 食品科技, 2019, 44(12): 12 - 16.
Qu Y F, Yue Y X, Wang B R, *et al*. Research progress on adhesion characteristics and immunoregulation of lactic acid bacteria [J]. Food Science And Technology, 2019, 44(12): 12 - 16.

[6] Santarmaki Valentini, Kourkoutas Yiannis, Zoumpopoulou Georgia, *et al*. Survival, Intestinal Mucosa Adhesion, and Immunomodulatory Potential of Lactobacillus plantarum Strains[J]. Current Microbiology, 2017, 74(9).

[7] Bergonzelli G E, Granatod, Pridmore R D, *et al*. GroEL of Lactobacillus johnsonii La1 (NCC533) is cell surface associated: potential role in interactions with the host and the gastric pathogen Helicobacter pylori[J]. Infection And Immunity, 2006, 74: 425 - 434.

[8] Greifovg, Mjekovh, Greifg, *et al*. Analysis of antimicrobial and immunomodulatory substances produced by heterofermentative Lactobacillus reuteri[J]. Folia Microbiological, 2017, 62(6): 515 - 524.

[9] 谢俊华. 植物乳杆菌 NCU116 对肠道健康的影响[D]. 南昌大学, 2016.
Xie J H. Effect of Lactobacillus plantarum ncu116 on intestinal health [D]. Nanchang University, 2016.

[10] Rossoni, Rodnei, Dennis, *et al*. Lactobacillus paracasei modulates the immune system of Galleria mellonella and protects against Candida albicans infection[J]. PloS One, 2017, 12(3).

[11] C. Wang, Y. Zhu, F. Li, *et al*. The Effect of Lactobacillus isolates on growth performance, immune response, intestinal bacterial community composition of growing Rex Rabbits[J]. Journal Of

Animal Physiology And Animal Nutrition, 2017, 101(5).

[12] Zhen P, Rudi F. Vogel, Matthias A. Ehrmann, *et al*. Identification and characterization of adhesion proteins in lactobacilli targeting actin as receptor[J]. Molecular And Cellular Probes, 2018, 37.

[13] 李俊芳. 产维生素 B12 乳酸菌的筛选及生物学特性的研究[D]. 内蒙古农业大学, 2007.
Li J F. Screening and biological characteristics of lactic acid bacteria producing vitamin B12 [D]. Inner Mongolia Agricultural University, 2007.

[14] 周 航, 王薇薇, 王 丽, 等. 饲用乳酸菌制剂的开发利用研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(05): 2012 - 2021.
Zhou H, Wang W W, Wang L, *et al*. Development and utilization of feed lactic acid bacteria preparation [J]. Acta Zoologica Sinica, 2019, 31(05): 2012 - 2021.

[15] 姚国强, 张和平. 乳酸菌与牛乳腺炎的相关性研究及应用[J]. 中国兽医学报, 2018, 38(11): 2227 - 2233.
Yao G Q, Zhang H P. Correlation between lactic acid bacteria and bovine mastitis [J]. Chinese Journal Of Veterinary Medicine, 2018, 38(11): 2227 - 2233.

[16] Genis S, Cerri R L A, Bach A, *et al*. Recalving intravaginal Administration of Lactic Acid Bacteria Reduce Metritis Prevalence and Regulates Blood Neutrophil Gene Expression After Calving in Dairy Cattle[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2018,5:135. doi:10.3389/fvets.2018.00135.

[17] 石水琴. 乳酸菌理化特性及其对鸡白痢沙门氏菌的拮抗作用研究[D]. 安徽农业大学,2017.
Shi S Q. Physicochemical properties of Lactobacillus and its antagonism against Salmonella pullorum [D]. Anhui Agricultural University,2017.

[18] Mahreen Ul Hassan, Hina Nayab, Tayyab Ur Rehman, *et al*. Characterisation of Bacteriocins Produced by Lactobacillus spp. Isolated from the Traditional Pakistani Yoghurt and Their Antimicrobial Activity against Common Foodborne Pathogens[J]. BioMed Research International, 2020, 2020.

[19] 崔一喆, 王秋菊, 苏 景, 等. 一株鸡源乳酸菌 FCL67 的鉴定及其生物学特性[J]. 中国生物制品学杂志, 2016, 29(04): 354 - 359 + 364.
Cui Y Z, Wang Q J, Su J, *et al*. Identification and biological characteristics of a Lactobacillus strain fcl67 from chicken [J]. Chinese Journal Of Biological Products, 2016, 29(04): 354 - 359 + 364.

[20] 焦丽英, 高鹏飞, 包维臣, 等. 一种复合乳酸菌液体制剂在奶牛健康养殖中的应用[J]. 中国奶牛,2017(04):13 - 16.
Jiao L Y, Gao P F, Bao W C, *et al*. Application of a compound Lactobacillus liquid preparation in healthy breeding of dairy cows [J]. Chinese Dairy Cows, 2017(04):13 - 16.

[21] SUO C, YIN Y, WANG X, *et al*. Effects of Lactobacillus plantarum ZJ316 on pig growth and pork quality[J]. BMC Vet Res, 2012, 8(1):89.

[22] 鲁 陈, 李吕木, 李 姗, 等. 乳酸菌类微生态制剂在抗犊牛腹泻中的研究进展[J]. 中国饲料, 2018(11): 12 - 18.
Lu C, Li L M, Li S, *et al*. Research progress of Lactobacillus probiotics in anti diarrhea of calves [J]. Feed In China, 2018(11): 12 - 18.

[23] H. Sayan, P. Assavacheep, K. Angkanaporn, *et al*. Effect of Lactobacillus salivarius on growth performance, diarrhea incidence, fecal bacterial population and intestinal morphology of suckling pigs challenged with F4 (+) enterotoxigenic Escherichia coli [J]. Asian Australia. J. Anim. Sci., 2018, 31: 1308 - 1314. 10. 5713/ajas. 17. 0746.

[24] 朱风华, 陈 甫,徐进栋, 等. 乳酸菌发酵饲料对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. 饲料研究, 2015(06): 48 - 52.
Zhu F H, Chen F, Xu J D, *et al*. Effect of Lactobacillus fermented feed on production performance and egg quality of laying hens [J]. Feed Research, 2015(06): 48 - 52.

[25] 赵飞燕. 益生菌对奶牛产奶量、乳成分及肠道菌群的影响[D]. 内蒙古农业大学, 2019.
Zhao F Y. Effect of probiotics on milk yield, milk composition and intestinal flora of dairy cows [D]. Inner Mongolia Agricultural University, 2019.

[26] ELLIS J L, HINDRICHSEN I K, KLOP G, *et al*. Effects of inoculating lactic acid bacteria in silage on methane emission and production performance of black and white dairy cows[J]. Feed Expo, 2016 (9): 44.

[27] Etleva, Veizaj - Delia. Livestock Science[J]. 2010, 134: 249 - 251.

[28] 余祖华, 丁 轲, 丁盼盼, 等. 植物乳杆菌 DPP8 对蛋鸡生产性能、血清生化指标和蛋品质的影响[J]. 中国兽医学报, 2016, 36(09): 1608 - 1612 + 1642.
Yu Z H, D K, Ding P P, *et al*. Effects of Lactobacillus plantarum dpp8 on production performance, serum biochemical indexes and egg quality of laying hens [J]. Chinese Journal Of Veterinary Medicine, 2016, 36(09): 1608 - 1612 + 1642.

[29] Zhao P Y, Kim I H. Effect of direct - fed microbial on growth performance, nutrient digestibil - ity, fecal noxious gas emission, fecal microbial flora and diarrhea score in weanling pigs. Anim Feed Sci Tech, 2015, 200: 86 - 92.

[30] 马晓婷, 吴盈萍, 程 元, 等. 乳酸菌对蛋鸡产蛋后期营养物质消化代谢的影响[J]. 饲料工业, 2017, 38(13): 20 - 24.
Ma X T, Wu Y P, Cheng Y, *et al*. Effects of lactic acid bacteria on digestion and metabolism of nutrients in laying hens [J]. Feed Industry, 2017, 38(13): 20 - 24.

(编 辑:陈 希)