

青贮微生物——饲料发酵过程中永恒的话题

杨富裕

(中国农业大学草业科学与技术学院, 北京 100193)

Silage Microorganisms: An Eternal Topic in the Feed Fermentation Process

YANG Fu-yu

(College of Grassland Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193)

青贮发酵主要原理是在厌氧条件下, 饲草表面自然附生的微生物(主要为乳酸菌)利用新鲜饲草中可溶性碳水化合物发酵产生乳酸等有机酸, 形成酸性环境, 进而抑制腐败微生物生长。深入探究青贮发酵过程中微生物菌群结构和演替规律, 对阐明青贮发酵机理以及调控青贮发酵品质奠定重要理论基础。

芬兰科学家 Artturi Virtanen 首次发现在厌氧条件下, 降低 pH 值可抑制饲草表面有害微生物生长, 进而达到使新鲜饲草长期保存的目的。该研究成果在 1945 年获得诺贝尔化学奖, 并开启了饲草青贮微生物研究的大门。为了进一步探究青贮微生物菌群结构, 后期研究者根据微生物生长营养需求和环境条件, 利用经典微生物培养技术, 阐明了青贮饲料乳酸菌对优良青贮发酵的关键作用, 以及梭菌和真菌是青贮发霉变质的主要贡献者。

然而, 青贮环境中微生物具有多样性高的特点, 而大部分微生物使用传统的方法仍然是“不可培养的”, 并且能被培养的小部分微生物不能够代表微生态的多样性。80 年代, 随着分子生物学技术的快速发展, 非培养技术手段如变形梯度凝胶电泳(DGGE)、限制性片段长度多态性(PCR-RFLP)和实时荧光定量 PCR(qPCR)明显提升了我们对青贮发酵过程中细菌和真菌等微生物多样性的认识, 并且引导产生许多有趣的假设以及发现新的微生物物种。进入 2000 年后, 高通量基因测序技术平台

(Illumina、Roche 454、Ion Torrent、PacBio) 让宏基因组测序成为可能, 它不仅可以提供青贮生态系统中物种水平的特定信息, 还可以评估微生物群落与代谢途径之间的相互关系。近年来, 这种新方法已经彻底改变青贮饲料中微生物群落的研究。

虽然目前关于青贮微生物多样性研究有了很大的飞跃, 但是多聚焦在乳酸菌群上, 对其它微生物菌群结构、功能尤其是菌群之间的相互作用研究较少。运用分子技术评价微生物菌群, 会检测到没有活性的微生物 DNA, 进而影响到对青贮发酵品质起关键作用微生物的判断。此外, 联合使用微生物组和代谢组学技术, 对探究青贮饲料微生物群落和代谢途径的动态变化规律也做出重要贡献。因此, 未来如何进一步提高测序技术的精度广度以及如何能通过代谢组学进一步从细胞代谢水平全面揭示青贮发酵产物中代谢物组分的种类和数量, 确定其生物标志物和特异性代谢谱, 将为青贮饲料的科学评定和深度利用提供更为全面的理论参考依据。

在此背景下, 为了梳理和总结青贮微生物研究最新现状, 《生物技术通报》邀请了国内相关专业研究人员, 就青贮微生物主题撰写了 11 篇论文, 形成了本专题。内容包括青贮微生物多样性^[1-7]、代谢组分^[8]以及青贮微生物功能基因鉴定与功能解析^[9-11]等方面, 详细介绍了青贮微生物技术领域的最新研究成果, 为推动我国青贮微生物在产业和科研方面的快速发展提供重要参考信息。

值此主题专题出版之际, 谨向所有提供稿件的同行及审稿专家致谢; 向《生物技术通报》编辑部致谢, 感谢他们为我国青贮微生物研究的成果展示和交流做出的重要贡献。

参考文献

- [1] 田静, 张建国. 植物表面乳酸菌分布研究进展 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 3-10.
- Tian J, Zhang JG. Research progress in the distribution of lactic acid bacteria on the surface of plants [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 3-10.
- [2] 辛亚芬, 陈晨, 曾泰儒, 等. 青贮添加剂对微生物多样性影响的研究进展 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 24-30.
- Xin YF, Chen C, Zeng TR, et al. Research progress in the effects of additives to silage on microbial diversity [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 24-30.
- [3] 江迪, 徐春城. 发酵 TMR 应用及其微生物种群演替规律研究进展 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 31-38.
- Jiang D, Xu CC. Research progress in the succession of microbial communities in total mixed ration silage [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 31-38.
- [4] 张颖超, 尹守亮, 王一炜, 等. 木本饲料青贮研究进展 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 48-57.
- Zhang YC, Yin SL, Wang YW, et al. Research progress in woody forage silage [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 48-57.
- [5] 姜富贵, 成海建, 魏晨, 等. 糖蜜添加量对杂交构树青贮发酵品质和微生物多样性的影响 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 68-76.
- Jiang FG, Cheng HJ, Wei C, et al. Effects of addition amount of molasses on the fermentation quality and microbial diversity of hybrid *Broussonetia papyrifera* L. vent silage [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 68-76.
- [6] 王琦, 武之绚, 陈钟玲, 等. 副干酪乳杆菌对青贮苜蓿有氧暴露品质和细菌多样性的影响 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 77-85.
- Wang Q, Wu ZX, Chen ZL, et al. Effects of *Lactobacillus paracasei* on the quality and bacterial diversity of silage alfalfa after aerobic exposure [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 77-85.
- [7] 毛婷, 牛永艳, 郑群, 等. 菌剂对苜蓿青贮发酵品质及微生物群落的影响 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 86-94.
- Mao T, Niu YY, Zheng Q, et al. Effects of microbial inoculants on the fermentation quality and microbial community diversity of alfalfa silage [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 86-94.
- [8] 崔欣雨, 李荣荣, 蔡瑞, 等. 苜蓿青贮中乳酸降解菌的分离、鉴定及降解性能研究 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 58-67.
- Cui XY, Li RR, Cai R, et al. Isolation, identification of lactic acid degrading bacteria in alfalfa silage and their degradation characterization [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 58-67.
- [9] 陈梦言, 白洁, 柯文灿, 等. 青贮饲料微生物群落组成与功能研究进展 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 11-23.
- Chen MY, Bai J, Ke WC, et al. Research advances in silage microbial communities and functions [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 11-23.
- [10] 徐进益, 那彬彬, 刘顺, 等. 青贮饲料的优良乳酸菌及其应用 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 39-47.
- Xu JY, Na BB, Liu S, et al. Excellent lactic acid bacteria for silage and their application [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 39-47.
- [11] 赵雅茹, 许庆方, 高文俊, 等. 抑霉乳酸菌脱毒特性及青贮应用的研究 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (9): 95-105.
- Zhao YR, Xu QF, Gao WJ, et al. Study on the detoxification characteristics of antifungal lactic acid bacteria and the application of silage [J]. *Biotech Bull*, 2021, 37 (9): 95-105.

作者简介

杨富裕, 中国农业大学领军教授, 博士生导师, 国家“万人计划”科技领军人才、农业农村部燕麦荞麦产业技术体系饲草及副产物综合利用岗位科学家。现任国家牧草产业技术创新战略联盟秘书长、农业农村部青贮饲草料加工技术科研基地负责人。主要从事新型饲草资源开发、草产品加工与草畜一体化技术等研究。近 10 年, 主持“十三五”国家重点研发计划项目、“十二五”国家科技支撑计划等项目。获国家二等奖 1 项 (排名第 1)、省部级一等奖 1 项 (排名第 1), 获国家发明专利 9 项, 发表论文 70 余篇, 出版专著 5 部。