

引文格式: 杨双双, 李彦飞, 段新慧, 等. 同/异质型乳酸菌对比对全株玉米青贮品质的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2023, 38(5): 840–845. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202111029

同/异质型乳酸菌对比对全株玉米青贮品质的影响*

杨双双¹, 李彦飞¹, 段新慧¹, 马向丽^{1,2}, 任 健¹, 单贵莲^{1,2**}, 初晓辉^{1**}

(1. 云南农业大学 动物科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省高原特色农业产业研究院, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】筛选适宜全株玉米青贮的乳酸菌种类及添加量, 促进青贮玉米产业化开发。【方法】以蜡熟期全株玉米为原料, 设置自然发酵(CK)、添加植物乳杆菌(Z)、添加布氏乳杆菌(B)以及 $m_{\text{植物乳杆菌}}:m_{\text{布氏乳杆菌}}$ 分别为 1:1 (Z_1B_1)、5:1 (Z_5B_1) 和 1:5 (Z_1B_5) 处理, 开展同/异质型乳酸菌对比对全株玉米微生物数量、发酵品质及有氧稳定性的影响研究。【结果】与 CK 相比, 布氏乳杆菌、植物乳杆菌单独添加或混合添加均可提高青贮玉米乳酸菌数量, 降低其 pH 值, 增加有机酸含量, 减少酵母菌数量, 有效抑制好氧细菌滋生, 提高全株玉米青贮饲料的有氧稳定性。模糊数学隶属函数法评价结果表明: 不同处理青贮玉米品质优劣顺序为 $B=Z_1B_5>Z>Z_5B_1>CK>Z_1B_1$ 。【结论】单独添加布氏乳杆菌或植物乳杆菌以及 $m_{\text{植物乳杆菌}}:m_{\text{布氏乳杆菌}}=1:5$ 混合添加可有效提升青贮玉米品质。

关键词: 全株玉米; 乳酸菌制剂; 发酵品质; 微生物数量; 有氧稳定性

中图分类号: S816.531.5

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2023) 05-0840-06

Effects of Ratios of Homo-/Hetero-lactic Acid Bacteria on Silage Quality of Whole Plant Corn

YANG Shuangshuang¹, LI Yanfei¹, DUAN Xinhui¹, MA Xiangli^{1,2},
REN Jian¹, SHAN Guilian^{1,2}, CHU Xiaohui¹

(1. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yunnan Institute of Plateau Characteristic Agricultural Industry, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] To screen out the types and amount of lactic acid bacteria suitable for whole plant corn silage, promoting the industrial development of corn silage. [Methods] Using whole plant corn at wax maturity as raw material, the treatments of natural fermentation (CK), addition of *Lactobacillus plantarum* (Z), addition of *L. buchneri* (B), and addition of *L. plantarum* to *L. buchneri* in mass ratios of 1:1 (Z_1B_1), 5:1 (Z_5B_1), and 1:5 (Z_1B_5) were set up to carry out the study of the effect of the ratios of homo/hetero types of *Lactobacillus* on the microbial counts, fermentation quality and aerobic stability. [Results] Compared with CK, the addition of *L. buchneri* and *L. plantarum* alone or in mixture could increase the number of lactic acid bacteria in silage corn, reduce its pH value, increase the content of organic acid, reduce the number of yeast, effectively inhibit the breed-

收稿日期: 2021-11-15

修回日期: 2023-08-31

网络首发日期: 2023-10-11

*基金项目: 云南省重大科技专项—绿色食品国际合作研究中心项目(2019ZG0909); 云南省万人计划青年拔尖人才专项项目; 洱源县饲草产业科技特派团(202304BI090008)。

作者简介: 杨双双(1998—), 女, 河南安阳人, 在读硕士研究生, 主要从事牧草生产与草产品加工研究。

E-mail: 2624326372@qq.com

**通信作者 Corresponding authors: 单贵莲(1982—), 女, 云南沾益人, 博士, 教授, 主要从事饲草生产与草产品加工研究。E-mail: shanguilian8203@126.com; 初晓辉(1979—), 男, 云南大理人, 硕士, 高级实验师, 主要从事饲草生产与加工研究。E-mail: 478491637@qq.com

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/53.1044.S.20231010.1030.004>



ing of aerobic bacteria, and improve the aerobic stability of whole plant corn silage. The evaluation result of fuzzy mathematics membership function method showed that the quality order of different treatments of silage corn was: $B = Z_1B_5 > Z > Z_5B_1 > CK > Z_1B_1$. [Conclusion] The addition of *L. buchneri* or *L. plantarum* alone as well as *L. plantarum* and *L. buchneri* mixed at a mass ratio of 1 : 5 can effectively improve the quality of silage corn.

Keywords: whole plant corn; lactic acid bacteria; fermentation quality; number of microorganisms; aerobic stability

青贮玉米是玉米依据用途划分的三大类型之一,常用于饲喂家畜。作为中国“粮改饲”的首推品种,青贮玉米在中国草食畜牧业发展中具有非常重要的作用,直接影响中国畜牧业的可持续发展。青贮是一种将饲料长期保存的贮藏方式,其主要是通过厌氧环境下乳酸菌产酸降低饲料的pH值来达到长时间保存的目的^[1]。将全株玉米青贮后,可最大限度地发挥玉米的营养价值,提高适口性和利用率,并可以在新鲜饲草稀缺的冬春季饲喂家畜,填补鲜草的不足^[2]。但在取用过程中,全株玉米青贮饲料容易发生不同程度的有氧腐败,致使青贮饲料的发酵品质及营养价值达不到最佳效果^[3-4]。

青贮添加剂是提升青贮饲料品质的有效途径。在生产中,乳酸菌制剂是应用最为广泛的一种发酵促进剂^[5]。研究表明:乳酸菌可以根据发酵产酸能力分为2大类,一类是同型发酵乳酸菌,有较高的乳酸产生率,能迅速降低青贮饲料的pH值,限制有害微生物的活动,进而提高青贮饲料的发酵品质;另一类是异型发酵乳酸菌,除了能产生乳酸外,还可产生大量乙酸对真菌进行有效抑制,从而提高有氧稳定性^[6]。傅彤^[7]在研究微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响时发现:添加接种剂不会明显影响玉米青贮过程中乳酸菌和酵母菌的数量、pH值和乳酸生成量,但发酵初期霉菌的数量有所增加;刘艳芳等^[8]在青贮时加入乳酸菌制剂,可以快速发酵,产生大量乳酸,迅速降低pH值。可见,现有的一些研究因为乳酸菌种类和添加剂用量等不同而导致结果存在差异^[9-10]。因此,为探讨同型、异型乳酸菌的协同作用,筛选出适用于昆明地区全株玉米青贮的乳酸菌种类及添加量,本研究开展同、异质型乳酸菌的不同比对全株玉米青贮品质及有氧稳定性的影响研究,研究结果对缓解

中国能量饲料资源短缺、促进“粮改饲”政策的推行及畜牧产业的可持续发展等具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试玉米品种为云青2号,购自北京克劳沃种业有限公司。试验用乳酸菌制剂为兰州大学筛选出的植物乳杆菌FE-1菌株(MF 093219,产阿魏酸酯酶菌株,活菌数量 $>9.0 \times 10^{10}$ CFU/g)和布氏乳杆菌9-2菌株(MN386234,产1,2-丙二醇,活菌数量 $>1.5 \times 10^{10}$ CFU/g)。

1.2 试验时间和地点

供试玉米于2020年6月7日播种于云南农业大学实习基地(N25°21', E102°58'),种植密度为58 000株/hm²。于2020年10月15日玉米蜡熟期(含水量66%)刈割,带回实验室。发酵试验于2020年10月16日—12月16日在云南农业大学云贵高原草地资源与利用实验室进行。

1.3 试验设计与青贮方法

试验设6个处理:①对照处理(CK),不添加乳酸菌制剂;②植物乳杆菌处理(Z),添加量为 6.75×10^8 CFU/g;③布氏乳杆菌处理(B),添加量为 9.0×10^8 CFU/g;④ $m_{\text{植物乳杆菌}} : m_{\text{布氏乳杆菌}} = 1 : 1$ (Z_1B_1),添加植物乳杆菌 3.42×10^8 CFU/g,添加布氏乳杆菌 4.50×10^8 CFU/g;⑤ $m_{\text{植物乳杆菌}} : m_{\text{布氏乳杆菌}} = 5 : 1$ (Z_5B_1),添加植物乳杆菌 5.58×10^8 CFU/g,添加布氏乳杆菌 1.50×10^8 CFU/g;⑥ $m_{\text{植物乳杆菌}} : m_{\text{布氏乳杆菌}} = 1 : 5$ (Z_1B_5),添加植物乳杆菌 1.17×10^8 CFU/g,添加布氏乳杆菌 7.5×10^8 CFU/g。每个处理3个重复。

将全株玉米刈割后,使用粉碎揉搓机切碎(长约2 cm)、揉搓并混合均匀。将乳酸菌制剂溶于蒸馏水50 mL中,均匀喷洒至混合的青贮原料上,CK处理则添加等量的蒸馏水;混匀后装入

规格为 5 kg 的聚乙烯塑料桶中, 压实密封; 室温避光贮藏 60 d 后开封取样, 随后开展相关指标的测定。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 微生物数量的测定

主要测量乳酸菌、好氧细菌、酵母菌及霉菌的数量。乳酸菌使用 MRS 培养基, 好氧细菌使用营养琼脂培养基, 酵母菌及霉菌采用孟加拉红(虎红)培养基。培养条件: 乳酸菌和好氧细菌在 30 ℃ 下培养 2 d; 酵母菌和霉菌在 28 ℃ 条件下培养 3~5 d。培养结束后采用平板菌落计数法进行计数, 并折算微生物数量^[11-13]。

1.4.2 发酵品质的测定

称取青贮样品 10 g, 加入蒸馏水 90 mL, 用粉碎机粉碎成匀浆, 先后用 4 层纱布、定性滤纸过滤, 得浸提液后立即用 pH 计测定 pH 值。采用高效液相色谱法测定青贮饲料中的乳酸、乙酸、丁酸和丙酸含量(色谱柱 Shodex Rspark KC-811, 8 mm×300 mm; 柱温 50 ℃; 进样量 5 μL; 检测波长 210 nm; 流速 1 mL/min); 采用苯酚—次氯酸钠比色法测定氨态氮(ammonia nitrogen, NH₃-N)含量^[14-15]。

1.4.3 常规营养成分的测定

干物质含量采用烘干法测定, 先低温烘干, 再高温烘至恒量; 中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量采用范氏法测定; 可溶性碳水化合物含量采用蒽酮—硫酸法测定; 粗脂肪含量采用残余法测定; 粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定^[16-17]。

1.4.4 有氧稳定性的测定

取样品 800~1 000 g 置于 340 mm×450 mm 的塑料封口袋中, 用牙签在封口袋上扎数个小孔, 再套上 1 个宽松不封口的塑料袋, 防止交叉污染和减少水分损失, 用量程为 50 ℃ 的温度计测定温度变化。温度变化每 4 h 记录 1 次, 当青贮物料温度超过环境温度 2 ℃ 时(即达到有氧稳定性)停止记录。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 2010 整理数据, 采用 SPSS 23.0 进行单因素方差分析, 采用 Duncan 氏法多重比较检验组间差异显著性。数据采用“平均值±标准误”表示, $P<0.05$ 表示差异显著。

运用模糊数学隶属函数法^[18]对青贮营养价值进行综合评价, 若测定的指标与青贮的营养价值

呈正相关, 则计算公式为 $R(X_i)=(X_i - X_{\min})/(X_{\max} - X_{\min})$; 若为负相关, 则用反隶属函数进行转换, 计算公式为 $R(X_i)=1 - (X_i - X_{\min})/(X_{\max} - X_{\min})$ 。式中: $R(X_i)$ 为某一指标隶属函数值; X_i 为该指标的测定值; $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 分别为该指标所有测定值中的最大值和最小值。对所有指标隶属函数值进行相加, 求其平均值, 以平均值大小进行排序。

2 结果与分析

2.1 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料微生物数量的影响

由表 1 可知: 与自然发酵(CK 处理)相比, 单独添加植物乳杆菌(Z 处理)或布氏乳杆菌(B 处理)以及两者配合添加(Z₁B₁ 处理)均可显著增加乳酸菌数量, 且以 Z 处理的乳酸菌数量最高, 较 CK 处理提高了 7.01%; Z 处理、B 处理和 Z₁B₁ 处理均可显著降低好氧细菌数量, 且以 B 处理的好氧菌数量最少, 较 CK 降低了 9.59%; 在抑制酵母菌方面, Z 处理无显著效果, B 处理和 Z₁B₁ 处理则可显著抑制酵母菌滋生; 在抑制霉菌方面, 所有处理均未检测到霉菌。

表 1 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料微生物数量的影响

Tab. 1 Effects of different ratios of lactic acid bacteria additives on the number of microorganisms in the whole corn silage CFU/g

处理 treatments	乳酸菌 lactic acid bacteria	好氧细菌 aerobic bacteria	酵母菌 yeast	霉菌 mould
CK	6.99±0.05 b	5.32±0.31 a	2.49±0.12 a	ND
Z	7.48±0.00 a	5.12±0.03 b	2.30±0.22 a	ND
B	7.40±0.56 a	4.81±0.32 d	ND	ND
Z ₁ B ₁	7.44±0.01 a	4.90±0.19 cd	ND	ND
Z ₅ B ₁	7.30±0.12 a	4.91±0.14 cd	ND	ND
Z ₁ B ₅	7.27±0.12 a	4.83±0.17 d	ND	ND

注: CK. 自然发酵, Z. 单独添加植物乳杆菌, B. 单独添加布氏乳杆菌, Z₁B₁. m 植物乳杆菌: m 布氏乳杆菌=1:1 添加, Z₅B₁. m 植物乳杆菌: m 布氏乳杆菌=5:1 添加, Z₁B₅. m 植物乳杆菌: m 布氏乳杆菌=1:5 添加; 同列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); ND. 未检测到; 下同。
Note: CK. natural fermentation, Z. the addition of *Lactobacillus plantarum* alone, B. the addition of *L. buchneri* alone, Z₁B₁. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 1:1, Z₅B₁. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 5:1, Z₁B₅. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 1:5; different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$); ND. not detected; the same as below.

2.2 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料发酵品质的影响

由表 2 可知: 不同处理对全株玉米青贮饲料

的乳酸、乙酸和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量以及 pH 值有不同程度的影响。不同处理全株玉米乳酸含量无明显的变化规律, 且因全株玉米本身所附着的乳酸菌数量充足 (表 1), 因此自然发酵就可以产生充足的乳酸; 乙酸含量以单独添加布氏乳杆菌 (B 处理) 以及植物乳杆菌和布氏乳杆菌按质量比 1 : 1 和 1 : 5 混合添加 (Z_1B_1 和 Z_1B_5 处理) 最高, 表明添加异型发酵乳酸菌可促进乙酸产生, 进而有效抑制酵母菌和霉菌的产生 (表 1), 提高有氧稳定性; 添加乳酸菌对降低 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量无明显效果, 且全株玉米自然发酵 (CK 处理) 就可以显著抑制微生物和植物蛋白酶对氨基酸以及蛋白质的降解 ($\text{NH}_3\text{-N}$ 含量最低)。此外, 6 个处理下全株玉米 pH 值均小于 4.2, 达到了优质青贮饲料的标准。本研究 6 个处理均未检测到丙酸和丁酸。

可见, 全株玉米青贮时, 不需要添加乳酸菌制剂也可以获得优质的青贮饲料; 但从乙酸含量和有害菌数量测定结果来看, 制作全株玉米青贮时, 建议添加布氏乳杆菌 (B 处理) 或布氏乳杆菌与植物乳杆菌配合添加 (Z_1B_1 和 Z_1B_5 处理), 以产生大量乙酸, 进而抑制有害菌的滋生, 且在配合添加时, 布氏乳杆菌的添加量需占总添加量的

一半及以上。
2.3 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料营养品质的影响

由表 3 可知: 与自然发酵 (CK 处理) 相比, 植物乳杆菌与布氏乳杆菌按质量比 5 : 1 添加 (Z_5B_1 处理) 可提高干物质含量, 但差异不显著 ($P>0.05$); 单独添加植物乳杆菌 (Z 处理) 或 Z_5B_1 处理可显著提高粗蛋白含量 ($P<0.05$); 单独添加布氏乳杆菌 (B 处理) 可显著降低中性洗涤纤维含量 ($P<0.05$), 较 CK 降低了 5.71%; B 处理可显著提高粗脂肪含量, 较 CK 增加了 16.81%; 添加剂处理组的酸性洗涤纤维含量显著提高 ($P<0.05$), 可溶性碳水化合物含量降低 ($P>0.05$) 或显著降低 ($P<0.05$)。

2.4 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料有氧稳定性的影响

由图 1 可知: 与自然发酵 (CK 处理) 相比, 乳酸菌添加剂显著增加了全株玉米青贮饲料的有氧稳定性 ($P<0.05$)。各处理青贮玉米有氧稳定性排序为: $\text{Z}_1\text{B}_1>\text{B}>\text{Z}_5\text{B}_1>\text{Z}_1\text{B}_5>\text{Z}>\text{CK}$, 以布氏乳杆菌和植物乳杆菌按质量比 1 : 1 配合添加 (Z_1B_1 处理) 及单独添加布氏乳杆菌 (B 处理) 青贮

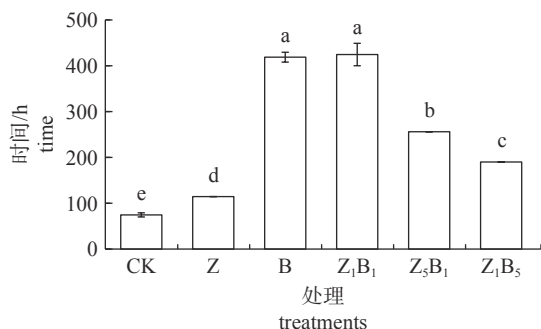
表 2 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料发酵品质的影响

Tab. 2 Effects of different ratios of lactic acid bacteria additives on the fermentation quality of whole plant corn silage						
处理 treatments	乳酸/(g·kg ⁻¹) lactic acid	乙酸/(g·kg ⁻¹) acetic acid	丙酸/(g·kg ⁻¹) propionic acid	丁酸/(g·kg ⁻¹) butyric acid	氨态氮/(g·kg ⁻¹) NH ₃ -N	pH值 pH value
CK	22.99±0.34 ab	21.36±0.16 bc	ND	ND	1.46±0.05 b	3.75±0.00 a
Z	22.71±0.64 ab	20.38±0.08 c	ND	ND	1.66±0.05 ab	3.54±0.01 b
B	19.24±1.09 c	28.63±0.62 a	ND	ND	1.51±0.14 b	3.55±0.02 b
Z_1B_1	18.80±1.33 c	27.07±0.47 a	ND	ND	1.94±0.09 a	3.56±0.01 b
Z_5B_1	20.71±0.18 bc	22.82±1.17 b	ND	ND	1.64±0.13 ab	3.57±0.00 b
Z_1B_5	23.30±0.49 a	27.77±0.31 a	ND	ND	1.56±0.00 b	3.77±0.01 a

表 3 不同配比的乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料中营养成分的影响

Tab. 3 Effects of different ratios of lactic acid bacteria additives on the nutrient composition of whole plant corn silage %						
处理 treatments	干物质 dry matter	粗蛋白 crude protein	可溶性碳水化合物 water soluble carbohydrates	中性洗涤纤维 neutral detergent fiber	酸性洗涤纤维 acid detergent fiber	粗脂肪 crude fat
CK	27.09±3.39 a	7.03±0.05 b	1.29±0.12 a	54.79±5.42 d	28.63±0.38 c	2.20±0.11 bc
Z	26.36±0.25 ab	7.29±0.22 a	1.01±0.06 cd	58.08±1.06 b	29.73±0.37 b	2.49±0.02 ab
B	25.26±0.09 c	6.86±0.08 cd	1.17±0.17 c	51.66±0.16 e	32.87±0.02 a	2.57±0.09 a
Z_1B_1	26.22±0.21 b	6.90±0.14 c	0.96±0.06 d	59.01±4.99 a	30.53±0.05 b	1.88±0.05 d
Z_5B_1	27.42±0.35 a	7.29±0.40 a	1.22±0.01 b	57.74±4.39 c	29.80±0.45 b	2.04±0.10 cd
Z_1B_5	25.86±0.26 bc	6.74±0.28 d	1.25±0.10 ab	54.97±0.00 d	32.67±0.10 a	2.32±0.14 abc

注: 粗蛋白、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗脂肪含量为占干物质的百分比。
Note: The content of crude protein, water soluble carbohydrates, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and crude fat are the percentage in dry matter.



注: CK. 自然发酵, Z. 单独添加植物乳杆菌, B. 单独添加布氏乳杆菌, Z₁B₁. *m*植物乳杆菌:*m*布氏乳杆菌=1:1 添加, Z₅B₁. *m*植物乳杆菌:*m*布氏乳杆菌=5:1 添加, Z₁B₅. *m*植物乳杆菌:*m*布氏乳杆菌=1:5 添加; 下同。不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: CK. natural fermentation, Z. the addition of *Lactobacillus plantarum* alone, B. the addition of *L. buchneri* alone, Z₁B₁. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 1:1, Z₅B₁. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 5:1, Z₁B₅. the addition of *L. plantarum* and *L. buchneri* at a mass ratio of 1:5; the same as below. Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$).

图 1 不同处理达到有氧稳定性的时间

Fig. 1 Time of reaching aerobic stability under different treatments

饲料的有氧稳定性最好, 分别达到 425 和 419 h, 比 CK 处理提高了约 4.6 倍。

2.5 不同配比乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料综合评价的影响

采用模糊数学隶属函数法对不同处理组具有差异的指标进行分析, 其中干物质、可溶性碳水化合物、乳酸、乙酸、粗脂肪和粗蛋白含量以及乳酸菌数量为正相关指标, NH₃-N、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量以及好氧细菌和酵母菌数量为负相关指标。依据指标的平均隶属函数值进行排序, 综合营养价值从高到低为 B=Z₁B₅>Z>Z₅B₁>CK>Z₁B₁ (图 2)。

3 讨论

3.1 乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料微生物数量及发酵品质的影响

青贮是由多种微生物参与的发酵过程, 主要是乳酸菌在厌氧环境下发挥作用, 而厌氧环境一旦被破坏, 酵母菌和霉菌等有害微生物剧烈活动会引起青贮饲料腐败^[19-20]。研究表明: 乳酸菌制剂的添加可有效增加青贮饲料中的乳酸菌数量, 促进乳酸菌发酵产生大量乳酸, 有利于将青贮饲料的 pH 值稳定在较低范围内, 抑制有害微生物, 提高发酵品质^[4, 21]。本研究, 所有处理的 pH 值均低于 4.2, 且各处理均未检测到霉菌、丙

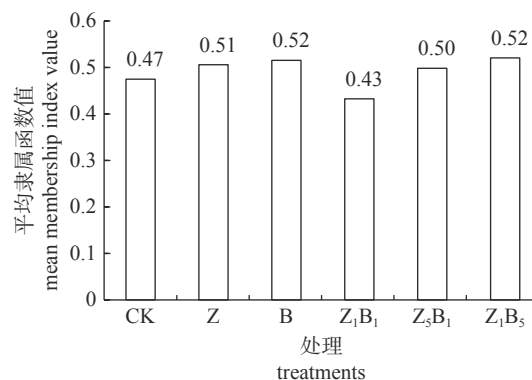


图 2 不同处理的综合营养价值

Fig. 2 Comprehensive nutritional value of different treatments

酸和丁酸, 达到了优质青贮饲料的标准。添加剂处理组的乳酸菌数量及乙酸含量有所增加, 好氧细菌和酵母菌得到了有效抑制。据报道, 添加植物乳杆菌往往仅产生乳酸, 而布氏乳杆菌是异型发酵乳酸菌, 除了产生乳酸外, 还产生乙酸等物质^[22]。本研究中, 添加布氏乳杆菌的青贮玉米乙酸含量显著高于 CK 处理, 而部分添加剂组的乳酸含量显著低于 CK 处理、NH₃-N 含量显著高于 CK 处理, 这与苗芳等^[12]的研究结果相类似, 分析其原因可能与青贮原料最初附着的乳酸菌类型、数量以及外源乳酸菌添加剂的接种效果有关。外源乳酸菌添加剂可能对附着的乳酸菌具有拮抗作用, 从而使其在青贮原料中无法正常发挥作用^[23]。

3.2 乳酸菌制剂对全株玉米青贮饲料营养成分及有氧稳定性的影响

青贮饲料营养价值的评价指标主要有干物质、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗脂肪和粗蛋白含量等。大多数研究显示: 青贮中添加乳酸菌制剂不会显著影响青贮后的干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量^[19]。本研究中, 部分添加剂处理组的粗蛋白和粗脂肪含量有所提高; 添加布氏乳杆菌可以降低中性洗涤纤维含量, 而添加植物乳杆菌却可增加中性洗涤纤维含量, 这与和立文^[15]和毛翠等^[5]的研究结果类似。而与 CK 处理相比, 添加剂处理的酸性洗涤纤维含量显著提高, 这与张相轮等^[10]和翁玉楠等^[19]的研究结果类似, 分析其原因可能是乳酸菌的加入增加了青贮过程中细胞壁某些物质的分解, 留下难以降解的成分, 从而导致酸性洗涤纤维等难以消化成分的质量分数增加^[24]。

青贮饲料的有氧稳定性,即青贮饲料暴露在空气中后,核心温度上升到高于外界温度 2℃ 所需的时间^[25]。青贮罐开封后,厌氧环境变为有氧环境,好气微生物便开始活动,酵母菌和霉菌利用青贮饲料发酵产生的乳酸和剩余营养物质不断释放热量,从而导致青贮饲料变质^[26]。研究表明:异型乳酸菌发酵时产生的乙酸可防止二次发酵,从而提高青贮饲料的有氧稳定性^[18]。本研究中,添加乳酸菌制剂均可提高全株玉米青贮饲料的有氧稳定性,其中,以单独添加布氏乳杆菌以及布氏乳杆菌和植物乳杆菌按 1:1 配合添加处理的有氧稳定性最好。

4 结论

单独添加植物乳杆菌或布氏乳杆菌以及二者配合添加均可有效抑制有害微生物,增加乳酸菌数量,改善全株玉米的发酵品质并提高有氧稳定性,提高营养价值;但在配合添加时,为达到更好的效果,建议布氏乳杆菌的添加量占总添加量的一半及以上。以综合营养价值为依据,推荐单独添加布氏乳杆菌或植物乳杆菌、或植物乳杆菌与布氏乳杆菌按质量比 1:5 混合添加。

[参考文献]

- [1] 张红梅,段珍,李霞,等.青贮饲料乳酸菌添加剂的应用现状[J].草业科学,2017,34(12):2575. DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0564.
- [2] 田健帆,杨蔚,唐敏,等.不同加工方式对青贮玉米品质的影响[J].草学,2020(4):47. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3971.2020.04.008.
- [3] OGUNADE I M, JIANG Y, KIM D H, et al. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and bacterial diversity in corn silage contaminated with the pathogen and treated with chemical or microbial additives[J]. Journal of Dairy Science, 2017, 100(3): 1780. DOI: 10.3168/jds.2016-11745.
- [4] 李龙兴,王应芬,张明均,等.添加剂在青贮饲料中的利用与研究[J].畜牧与饲料科学,2015,36(4):60. DOI: 10.16003/j.cnki.issn1672-5190.2015.04.022.
- [5] 毛翠,刘方圆,宋恩亮,等.不同乳酸菌添加量和发酵时间对全株玉米青贮营养价值及发酵品质的影响[J].草业学报,2020,29(10):172. DOI: 10.11686/cyxb2019569.
- [6] 雷赵民,王建福,吴建平,等.5株优良抑菌活性乳酸菌对全株玉米青贮品质的影响[J].草业学报,2017,26(11):78. DOI: 10.11686/cyxb2017145.
- [7] 傅彤.微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2005.
- [8] 刘艳芳,邱昊日,余雄,等.不同处理方式对籽粒苋青贮品质的影响[J].草业学报,2017,26(9):214. DOI: 10.11686/cyxb2017164.
- [9] 陈雷,原现军,郭刚,等.添加乳酸菌制剂和丙酸对全株玉米全混合日粮青贮发酵品质和有氧稳定性的影响[J].畜牧兽医学报,2015,46(1):104. DOI: 10.11843/j.issn.0366-6964.2015.01.013.
- [10] 张相伦,游伟,赵红波,等.乳酸菌制剂对全株玉米青贮品质及营养成分的影响[J].动物营养学报,2018,30(1):337. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2018.01.040.
- [11] 王旭哲,贾舒安,张凡凡,等.紧实度对青贮玉米有氧稳定期发酵品质、微生物数量的效应研究[J].草业学报,2017,26(9):156. DOI: 10.16742/j.zgdx.2018-01-13.
- [12] 苗芳,张凡凡,唐开婷,等.同/异质型乳酸菌添加对全株玉米青贮发酵特性、营养品质及有氧稳定性的影响[J].草业学报,2017,26(9):167. DOI: 10.11686/cyxb2016478.
- [13] 万学瑞,豆思远,李玉,等.复合乳酸菌对全株玉米青贮及有氧暴露后微生物及饲料品质的影响[J].草业学报,2020,29(11):83. DOI: 10.11686/cyxb2019581.
- [14] 袁仕改,陈超,张明均,等.添加剂对温湿生境青贮玉米发酵品质及有氧稳定性的影响[J].草地学报,2018,26(4):942. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2018.04.020.
- [15] 和立文.全株玉米青贮品质评价及其对肉牛育肥性能和牛肉品质的影响[D].北京:中国农业大学,2017.
- [16] 许庆方,张翔,崔志文,等.不同添加剂对全株玉米青贮品质的影响[J].草地学报,2009,17(2):157. DOI: 10.3969/j.issn.1007-0435.2009.02.005.
- [17] 何玮,徐远东,黄勇富.不同添加剂对重庆高山地区玉米秸秆青贮品质影响研究[J].中国农学通报,2014,30(5):9. DOI: 10.11924/j.issn.1000-6850.2013-1740.
- [18] 王亚芳,姜富贵,成海建,等.不同青贮添加剂对全株玉米青贮营养价值、发酵品质和瘤胃降解率的影响[J].动物营养学报,2020,32(6):2768. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2020.06.036.
- [19] 翁玉楠,韦庆旭,张建鹏,等.乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮品质的影响[J].动物营养学报,2021,33(5):2996. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2021.05.057.
- [20] 尉小强,罗仕伟,哈志刚,等.添加乳酸菌和有机酸制剂对全株玉米青贮品质、微生物数量和有氧稳定性的影响[J].草学,2018(S1):67. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3971.2018.增刊.024.
- [21] 花梅,孙启忠,王红梅.添加剂对不同地区玉米青贮饲料发酵品质的影响[J].草业科学,2013,30(7):1124.
- [22] 王建福,雷赵民,万学瑞,等.5株乳酸菌复合物与CaCO₃、酶及尿素不同组合对全株玉米青贮品质影响[J].草业学报,2018,27(3):90. DOI: 10.11686/cyxb2017115.
- [23] PARVIN S, NISHINO N. Bacterial community associated with ensilage process of wilted guinea grass[J]. Journal of Applied Microbiology, 2009, 107(6): 2029. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2009.04391.x.
- [24] 樊振,马贵军,姚峻,等.不同发酵类型乳酸菌对玉米青贮发酵品质的影响[J].饲料研究,2014(1):45. DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2014.01.009.
- [25] 高瑞红,徐嘉,张魏斌,等.乳酸菌制剂对青贮玉米发酵品质和有氧稳定性的影响[J].中国饲料,2018(8):73. DOI: 10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20180815.
- [26] 孙志强,吴哲,王炳,等.不同品种和乳酸菌添加剂对全株玉米青贮品质和有氧稳定性的影响研究[J].中国草地学报,2019,41(1):87. DOI: 10.16742/j.zgdx.20180179.

责任编辑:何承刚