



添加乳酸菌对全株玉米与滇红花茎叶混合青贮品质的影响

余泓毅 李乔仙 王从文 李想 龚细远 李建清 刘成良 张金旺 马海轮 刘丽仙 段新慧

Effects of adding lactic acid bacteria on the quality of mixed silage of whole-plant corn and Yunnan safflower stems and leaves

YU Hongyi, LI Qiaoxian, WANG Congwen, LI Xiang, GONG Xiyuan, LI Jianqing, LIU Chengliang, ZHANG Jinwang, MA Hailun, LIU Lixian, DUAN Xinhui

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2024-0514>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

混合比例和添加剂对象草和全株玉米混合青贮品质的影响

Effects of mixing ratio and additives on the quality of napier grass and whole-plant corn mixed silage

草业科学. 2022, 39(4): 778 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0556>

全株藜麦和全株玉米混合青贮的发酵品质及霉菌毒素含量

Analysis of fermentation quality and mycotoxin content of mixed silage of whole quinoa and whole corn

草业科学. 2023, 40(1): 218 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0710>

基于主成分和CSQS评价全国不同区域全株玉米青贮质量

Evaluation of whole-plant maize silage quality in different regions of China based on principal component and silage quality grading score analyses

草业科学. 2024, 41(6): 1483 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0101>

有氧暴露下全株玉米青贮饲料品质及微生物动态变化

Dynamic changes in the quality and microorganisms present in whole-plant corn silage under aerobic exposure

草业科学. 2022, 39(8): 1675 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0612>

乳酸菌制剂对灌溉区不同品种青饲玉米青贮发酵品质的影响

Effects of lactic acid bacteria preparation on silage fermentation qualities of different green corns in an irrigated area

草业科学. 2022, 39(8): 1653 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0611>

青贮发酵促进剂和收获期对全株青贮玉米营养品质的影响

Effects of silage fermentation promoter and harvest stage on nutrient quality of whole silage maize

草业科学. 2022, 39(3): 586 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0095>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2024-0514

余泓毅, 李乔仙, 王从文, 李想, 龚细远, 李建清, 刘成良, 张金旺, 马海轮, 刘丽仙, 段新慧. 添加乳酸菌对全株玉米与滇红花茎叶混合青贮品质的影响. 草业科学, 2025, 42(0): 1-11.

YU H Y, LI Q X, WANG C W, LI X, GONG X Y, LI J Q, LIU C L, ZHANG J W, MA H L, LIU L X, DUAN X H. Effects of adding lactic acid bacteria on the quality of mixed silage of whole-plant corn and Yunnan safflower stems and leaves. Pratacultural Science, 2025, 42(0): 1-11.

添加乳酸菌对全株玉米与滇红花茎叶混合青贮品质的影响

余泓毅¹, 李乔仙², 王从文¹, 李想¹, 龚细远¹, 李建清³,
刘成良³, 张金旺³, 马海轮³, 刘丽仙⁴, 段新慧¹

(1. 云南农业大学动物科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省草地动物科学研究院, 云南 昆明 650212;
3. 巍山县畜牧工作站, 云南 大理 672400; 4. 楚雄师范学院, 云南 楚雄 675099)

摘要: 为了充分利用红花 (*Carthamus tinctorius*) 副产物, 探讨在添加乳酸菌的情况下不同比例全株玉米 (*Zea mays*) 与红花茎叶混合青贮的最佳比例, 本研究设计了 4 个处理, 即全株玉米与红花茎叶混合比例为 100:0 (CK)、90:10 (T₀)、80:20 (T₁)、70:30 (T₂), 每个处理设 3 组重复, 装罐密封发酵 60 d 后, 开罐取样, 进行发酵品质、营养价值以及微生物测定。结果表明: 各混合比例下青贮饲料感官评定均为优良; 青贮后各处理组 pH 值处于 3.63~3.65 之间, 无显著性差异 ($P>0.05$); T₁ 处理组氨态氮含量最高, 达到 0.016%; 乳酸、乙酸含量随着红花茎叶添加比例的增加而降低; T₀ 组丙酸含量达到 0.17%, 显著高于其他处理组 ($P<0.05$); T₂ 处理组丁酸含量为 0.57%, 显著高于其他处理组 ($P<0.05$)。营养方面, 粗灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维以及 Ca 含量与红花茎叶添加比例呈正相关; 粗脂肪和 P 含量随着红花茎叶比例增加而降低; T₁ 组干物质含量最高, 达到 33.91%; T₀ 组粗蛋白含量最高, 达到 7.53%; 通过隶属函数法得出 T₀ 组综合评价最高。微生物群落方面, 在细菌门水平上, 各组优势菌群均为厚壁菌门; 在细菌属水平上, T₁ 组优势菌群为未被定义的叶绿体菌属, 其余处理组均为促生乳杆菌菌属。综合分析结果表明, 全株玉米与红花茎叶的最佳混合比例为 90:10, 可以在生产实践中推广。

关键词: 全株玉米; 滇红花茎叶; 混合青贮; 发酵品质; 营养成分; 微生物

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2025)00-0001-11

Effects of adding lactic acid bacteria on the quality of mixed silage of whole-plant corn and Yunnan safflower stems and leaves

YU Hongyi¹, LI Qiaoxian², WANG Congwen¹, LI Xiang¹, GONG Xiyuan¹, LI Jianqing³,
LIU Chengliang³, ZHANG Jinwang³, MA Hailun³, LIU Lixian⁴, DUAN Xinhui¹

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

2. Research Institute of Grassland Animal Science, Kunming 650212, Yunnan, China;

3. Weishan County Animal Husbandry Workstation, Dali 672400, Yunnan, China;

4. Chuxiong Normal University, Chuxiong 675099, Yunnan, China)

Abstract: To fully utilize safflower (*Carthamus tinctorius*) by-products and determine the optimal ratio of whole-plant corn (*Zea mays*) mixed with safflower stems and leaves for silage with the addition of lactic acid bacteria, this study designed four

收稿日期: 2024-10-28 接受日期: 2024-11-07

基金项目: 云南省农业基础研究联合专项 (202301BD070001-261); 云南省创新引导与科技型企业培育计划 (202204BI090001)

第一作者: 余泓毅 (2001-), 男, 湖南新化人, 在读硕士生, 研究方向为草学。E-mail: 2636747781@qq.com

通信作者: 段新慧 (1976-), 女, 云南禄劝人, 副研究员, 硕士, 研究方向为饲草生产与草产品加工。E-mail: duanxinhui76@126.com

treatments: whole-plant corn to safflower stems and leaves ratios of 100:0 (CK), 90:10 (T₀), 80:20 (T₁), and 70:30 (T₂). Each treatment had three replicates. After 60 days of sealed fermentation in tanks, the tanks were opened, and samples were collected to assess fermentation quality, nutritional value, and microbial composition. The results showed excellent sensory evaluation of silage across all mixing ratios. The pH values of all treatment groups ranged from 3.63 to 3.65 after silage fermentation, with no significant differences ($P > 0.05$). The ammoniacal nitrogen content was highest in the T₁ group, reaching 0.016%. The lactic acid and acetic acid contents decreased as the proportion of safflower stems and leaves increased, while the propionic acid content in the T₀ group reached 0.17%, which was significantly higher than in the other treatment groups ($P < 0.05$). The butyric acid content in the T₂ group was 0.57%, significantly higher than in the other groups ($P < 0.05$). Nutritionally, crude ash, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and calcium (Ca) content were positively correlated with the proportion of safflower stems and leaves, whereas crude fat and phosphorus (P) content decreased with increasing safflower stems and leaves. The T₁ group had the highest dry matter content (33.91%), while the T₀ group had the highest crude protein content (7.53%) and received the highest comprehensive evaluation score using the affiliation function method. Regarding the microbial community, at the bacterial phylum level, the dominant bacterial group in all treatments was *Firmicutes*. At the bacterial genus level, the dominant bacterial group in the T₁ treatment was an undefined *Chlorobium* genus, whereas *Lactobacillus* was predominant in the other treatment groups. A comprehensive analysis indicated that the optimal mixing ratio of whole-plant corn to safflower stems and leaves was 90:10, making it a viable option for production applications.

Keywords: whole -plant corn; yunnan safflower stems and leaves; mixed silage; fermentation quality; nutritional components; microorganisms

Corresponding author: DUAN Xinhui E-mail: duanxinhui76@126.com

红花 (*Carthamus tinctorius*), 属菊科的一种草本植物, 同时也是我国传统的一种中药材, 被《中国药典》所收录^[1]。红花在中国种植面积广, 主要分布于河南、四川、新疆、云南等地^[2]。云南作为红花的主要产区, 种植红花历史悠久, 主要分布在滇西地区的河谷地带, 如漾濞、巍山、南涧等地^[3]。作为一种中草药资源, 红花富含类黄酮、生物碱等多种化合物^[4], 具有活血化瘀、通经止痛、提高免疫力等功能^[5]。刘淑玲^[6]等人研究表明红花黄色素对于家兔动脉粥样硬化具有抑制作用; 王中华^[7]等人研究表明在蛋鸡饲料中添加红花黄色素能有效提高蛋鸡的产蛋效率以及产蛋量。红花以花瓣入药, 花瓣采集后, 剩余的红花枝叶、茎秆等往往得不到充分利用, 大部分作为农业废弃物被丢弃。已有研究表明, 红花秸秆能够作为一种粗饲料资源被开发利用^[8], 且云南部分地区也会将红花秸秆晒干粉碎后制成红花茎叶来饲喂牲畜。本研究团队前期研究结果表明, 收获红花后的滇红花茎叶粗蛋白含量达到 5.03%, 中性洗涤纤维达到 60.91%, 酸性洗涤纤维达到 46.72%, 有一定的饲用价值。团队在前期调研中发现, 考虑到滇红花的药用价值, 农户使用滇红花茎

叶饲喂肉牛一般添加量不超过饲喂量的 30%。乳酸菌青贮剂在青贮饲料中被广泛利用, 具有降低 pH, 快速生成乳酸及提高动物消化率等作用^[9]。为更好的利用滇红花茎叶废弃物, 本研究以滇红花茎叶、全株玉米 (*Zea mays*) 为原材料进行混合青贮, 同时添加市场乳酸菌, 探索不同混合比滇红花茎叶和全株玉米混合青贮饲料品质, 探索红花秸秆变废为宝途径, 同时为非粮型饲料的开发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验在云南农业大学草业实验室内完成, 试验全株玉米品种为云南农业大学草业实习基地种植的禾玉 36, 于蜡熟期收割; 滇红花茎叶采自云南省大理白族自治州巍山县; 试验用乳酸菌植物青贮剂采购自郑州牧田生物科技有限公司, 富含多种天然乳酸菌、酶制剂和微量元素。

1.2 试验设计

本试验采用单因素设计, 将全株玉米用秸秆揉丝机粉碎至 2~3 cm, 滇红花茎叶为采集红花后剩

下的植株,通过晾晒风干后经过20目粉碎成细糠,试验设计混合比例见表1,其中对照组为全株玉米单独青贮。将乳酸菌植物青贮剂按照说明书比例融入蒸馏水中,均匀喷洒在混合饲料上。混匀后将混合饲料装入食品级塑料桶中压实并密封,每种处理设3次重复,室温贮藏60d后开罐取样,并开展后续试验测定。

表1 全株玉米与滇红花茎叶青贮混合比例
Table 1 Ratios of whole-plant corn mixed with yunnan safflower straw chaff for silage

处理 Treatment	全株玉米 Whole plant maize	滇红花茎叶 Yunnan safflower stems and leaves	%
CK	100	0	
T ₀	90	10	
T ₁	80	20	
T ₂	70	30	

1.3 测定指标

1.3.1 感官评定

青贮饲料从色泽、气味和结构等方面进行青贮质量感官评定,混合青贮饲料感官评价参照德国农业协会(DLG)评分标准,评分标准见表2。感官评

定总分为20分,可分为优良(16~20分)、尚好(10~15分)、中等(5~9分)、腐败(0~4分)四个等级。

1.3.2 发酵品质测定

取10g青贮饲料放入装有90mL无菌水的锥形瓶中,摇匀密封,置于4℃冰箱中静置24h,将浸提液采用四层纱布、定性滤纸进行过滤,得到滤液用于发酵品质测定。pH采用pH计测定;氨态氮含量采用凯氏定氮法测定^[10];乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量采用液相色谱法测定^[11],测定条件为:色谱柱:C18柱;柱温:40℃;流速:1.0 mL·min⁻¹;检测波长:210 nm;进样体积:20 μL。

1.3.3 营养品质测定

取发酵60d后的青贮饲料,在烘箱中65℃烘至恒重,用于营养品质测定。干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、Ca、P含量参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[12]测定。

1.3.4 综合价值评定

采用隶属函数法对混合青贮饲料发酵品质和营养成分进行综合分析,以干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、Ca、P、乳酸、乙酸、丙酸为正向指标,酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、丁酸、氨态氮为负向指标^[13],具体计算公式如下:

表2 德国农业协会(DLG)青贮质量感官评分标准
Table 2 Sensory scoring standard for silage quality by the German Agricultural Society

评分指标 Scoring index	评分标准 Grading	分数 Score
气味 Odor	有明显芬芳果味或面包香味 Aromatic fruit or obvious bread-like fragrance	14
	稍有丁酸味,酸味很浓重,芬芳味较淡 Slight butyric acid odor, strong sourness, weak aroma	10
	有明显的丁酸味,常常伴有臭味或发霉 Noticeable butyric acid odor, often accompanied by a foul or moldy smell	4
	有强烈的丁酸味或氨味,或没有一丝酸香味 Strong butyric acid or ammoniacal odor, or almost no acidic aroma	2
质地结构 Texture structure	茎叶结构保持良好 Good stem and leaf structure	4
	茎叶结构保持较差 Poor stem and leaf structure	2
	茎叶结构保持极差或伴随轻度污染 Extremely poor stem and leaf structures or slight mold contamination	1
	茎叶腐烂或污染严重 Severe stem and leaf decay or significant contamination	0
色泽 Color	与原料相似,烘干后呈淡褐色 Similar to raw materials; light brown after drying	2
	颜色稍有改变,呈淡黄色或带褐色 Slight discoloration; pale yellow or slightly brownish	1
	变色严重,深绿色或严重褪色,有很重的霉味 Severe discoloration; dark green or brownish-yellow with strong mildew smell	0

$$U_{X正} = (X_{ij} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin})$$

$$U_{X负} = 1 - U_{X正}$$

$$U_{XA} = \sum_{j=1}^n U_X$$

式中： $U_{X正}$ 为某指标正向隶属度， $U_{X负}$ 为某指标负向隶属度， U_{XA} 为总隶属度； X_{ij} 为各指标测定的实际值， X_{imax} 、 X_{imin} 分别为各指标测定的最大值和最小值； i 表示不同比例， j 表示某一指标， n 表示总指标数。

1.3.5 青贮饲料微生物多样性

将混合青贮饲料取样于 5 mL 离心管中，干冰保存送至生工生物工程(上海)股份有限公司，用于 16s rRNA 高通量测序。使用 E.Z.N.A™ Mag-Bind Soil 试剂盒提取样品 DNA，以 341F (5'-CCTACGGGNGGCWGCAG-3') 和 805R (5'-AGAGTTTGTATCMTGCTCAG-3') 为引物，对 16s rRNA 的 V3-V4 区域进行 PCR 扩增，并使用 Illumina Miseq™ 平台进行高通量测序建库，利用 QIIME2 平台对数据进行分析。

1.4 数据分析与统计

采用 Excel 整理数据，采用 SPSS 26.0 进行单因

素方差分析，采用 Duncan 式法进行多重比较。数据结果采用平均值 ± 标准差来表示， $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料的感官品质

由表 4 可知，该青贮饲料气味、结构、色泽方面均符合优质青贮饲料标准。

2.2 玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料的发酵品质

由表 5 可知，CK 处理组氨态氮含量显著低于其他试验组 ($P < 0.05$)；乳酸含量、乙酸含量随着滇红花茎叶的添加比例增加而降低， T_2 处理组含量显著低于其他试验组 ($P < 0.05$)；丙酸含量随滇红花茎叶比例的提高呈现先增加后降低的趋势， T_0 处理组丙酸含量显著高于其他试验组 ($P < 0.05$)；丁酸含量呈现先升高后降低再升高的趋势，CK、 T_1 处理组丁酸含量显著低于其他试验组 ($P < 0.05$)。

2.3 玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料的营养成分

由表 6 可知，干物质含量 CK 组显著低于 T_1 组

表 4 全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料感官评定

Table 4 Sensory evaluation of silage blended with whole-plant corn and yunnan safflower stalk bran

处理 Treatment	气味 Odor	质地结构 Texture Structure	色泽 Color	评分 Total Score	等级 Grade
CK	13	4	2	19	优良 Good
T_0	13	4	2	19	优良 Good
T_1	13	4	2	19	优良 Good
T_2	14	4	2	20	优良 Good

表 5 全株玉米与滇红花茎叶混合饲料发酵品质的影响

Table 5 Effects of fermentation quality on whole-plant corn mixed with yunnan safflower straw bran

处理 Treatment	pH	氨态氮 NH ₃ -N/%	乳酸 Lactic acid/%	乙酸 Acetic acid/%	丙酸 Propionic acid/%	丁酸 Butyric acid/%
CK	3.65 ± 0.01a	0.012 ± 0.001b	3.08 ± 0.21a	0.39 ± 0.02a	0.12 ± 0.02b	0.33 ± 0.02c
T_0	3.65 ± 0.01a	0.015 ± 0.002a	2.96 ± 0.09a	0.39 ± 0.04a	0.17 ± 0.03a	0.48 ± 0.6ab
T_1	3.63 ± 0.03a	0.016 ± 0.001a	2.87 ± 0.05a	0.33 ± 0.01b	0.10 ± 0.01b	0.36 ± 0.09bc
T_2	3.65 ± 0.01a	0.015 ± 0.002a	2.59 ± 0.02b	0.24 ± 0.02c	0.09 ± 0.01b	0.57 ± 0.07a

各指标均根据样品鲜重计算；同列数据不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

The indicators were calculated based on the fresh weight of the samples. Data in the same column with different lowercase letters indicate a significant difference ($P < 0.05$); This is applicable for the following figures and tables as well.

表 6 全株玉米与滇红花茎叶混合饲料营养成分的影响
Table 6 Effect of nutrient composition on whole-plant corn mixed with yunnan safflower straw chaff

处理 Treatment	干物质 Dry matter	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	Ca	P
CK	32.03 ± 0.17c	7.46 ± 0.50a	2.40 ± 0.06a	3.18 ± 0.07b	40.62 ± 0.65c	22.97 ± 0.41c	0.37 ± 0.08b	0.14 ± 0.00a
T ₀	32.50 ± 0.19bc	7.53 ± 0.16a	2.16 ± 0.04b	4.14 ± 0.04a	45.72 ± 1.33b	28.57 ± 0.60b	0.69 ± 0.13a	0.14 ± 0.00a
T ₁	33.91 ± 0.91a	6.90 ± 0.24b	2.00 ± 0.05c	4.18 ± 0.05a	46.90 ± 1.29b	29.85 ± 1.54b	0.73 ± 0.02a	0.13 ± 0.00b
T ₂	33.36 ± 0.30ab	6.40 ± 0.90b	1.81 ± 0.06d	4.23 ± 0.06a	49.55 ± 0.83a	32.59 ± 0.92a	0.82 ± 0.05a	0.12 ± 0.00c

各指标均根据样品干重计算。

All indicators were calculated based on the dry weight of the samples.

和 T₂ 组 ($P < 0.05$), 与 T₀ 组相比不显著 ($P > 0.05$); 粗蛋白与粗脂肪含量随滇红花茎叶添加比例的增加而减少 ($P < 0.05$); CK 组粗灰分与 Ca 含量显著低于其他处理组 ($P < 0.05$), 且其他处理组之间差异不显著 ($P > 0.05$); T₂ 处理组中性洗涤纤维与酸性洗涤纤维含量显著高于其他处理组 ($P < 0.05$), P 含量显著低于其他处理组 ($P > 0.05$)。

2.4 综合价值评价与排序

通过隶属函数分析评价不同比例全株玉米与滇红花茎叶混合青贮效果, 具体结果由表 7 可知, T₀ 组综合价值评定最高, 排序为 T₀ 组 > T₁ 组 > T₂ 组。

2.5 Alpha 多样性分析

由表 8 可知, 所有检测样本覆盖率均大于 0.99, 表明结果可以准确反映青贮饲料微生物细菌群落特征。T₀、T₁ 组 Shanon 指数显著高于其他处理组 ($P < 0.05$); CK 组 Simpson 指数显著高于其他处理组 ($P < 0.05$); T₀ 组 Ace 指数、Chao 指数最高, 且显著高于 CK 组和 T₂ 组 ($P < 0.05$), 但与 T₁ 组相比并不显著。

2.6 全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料微生物在门水平上的分布

由图 1 可知, 各组在门水平上的优势菌群均为厚壁菌门 (*Firmicutes*), 其次为变形菌门 (*Proteobacteria*), 蓝藻菌门 (*Cyanobacteria*) 排第三。添加滇红花茎叶后, 厚壁菌门丰度有所降低, 蓝藻菌门丰度有所提高, 变形菌门丰度在 T₀ 组最高, 并随着滇红花茎叶添加比例的增加而逐渐降低。

表 7 青贮饲料综合价值评价及排名
Table 7 Comprehensive evaluation and ranking of silage

项目 Item	T ₀	T ₁	T ₂
干物质 Dry matter	0.25	0.71	1.00
粗蛋白 Crude protein	1.00	0.44	0.00
粗脂肪 Crude fat	0.59	0.32	0.00
粗灰分 Crude ash	0.91	0.95	1.00
酸性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF)	0.42	0.28	0.00
中性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF)	0.43	0.30	0.00
Ca	0.71	0.80	1.00
P	1.00	0.50	0.00
乳酸 Lactic acid	0.76	0.62	0.00
乙酸 Acetic acid	1.00	0.60	0.00
丙酸 Propionic acid	1.00	0.13	0.00
丁酸 Butyric acid	0.38	0.88	0.00
氨态氮 NH ₃ -N	0.25	0.00	0.25
总隶属度 Average value (total membership degree)	8.70	6.53	3.25
排序 Rank	1	2	3

2.7 全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料微生物在属水平上的分布

由图 2 可知, 除 T₁ 组外, 其余处理组在属水平上的优势菌群为促生乳杆菌属 (*Levilactobacillus*), 而 T₁ 组优势菌群为未被定义的叶绿体菌属 (*norank Chloroplast*), 其余还有魏斯氏菌属 (*Weissella*)、植物乳杆菌属 (*Lactiplantibacillus*) 等。添加滇红花茎叶后, 短促生乳杆菌属相对丰度有所下降, 而未被定

表8 全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料 Alpha 多样性分析
Table 8 Alpha diversity analysis of silage mixes of whole-plant corn and yunnan safflower straw chaff

处理 Treatment	Shanon指数 Shanon Index	Simpson指数 Simpson Index	Ace指数 ACE Index	Chao指数 Chao Index	覆盖率 Coverage
CK	2.20 ± 0.52b	0.39 ± 0.14a	1 316.78 ± 149.60b	1 214.82 ± 146.29b	0.99 ± 0.00
T ₀	2.99 ± 0.10a	0.15 ± 0.02bc	1 602.07 ± 84.39a	1 478.93 ± 83.62a	0.99 ± 0.00
T ₁	3.08 ± 0.10a	0.11 ± 0.02c	1 469.03 ± 54.02ab	1 369.37 ± 49.27ab	0.99 ± 0.00
T ₂	2.42 ± 0.16b	0.25 ± 0.03b	1 400.13 ± 81.15b	1 294.91 ± 62.66b	0.99 ± 0.00

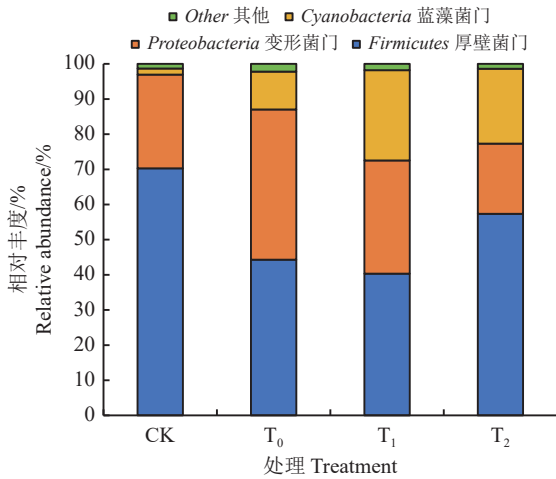


图1 混合青贮饲料微生物在门水平上的分布

Figure 1 Distribution of mixed dilage microorganisms at the phylum level

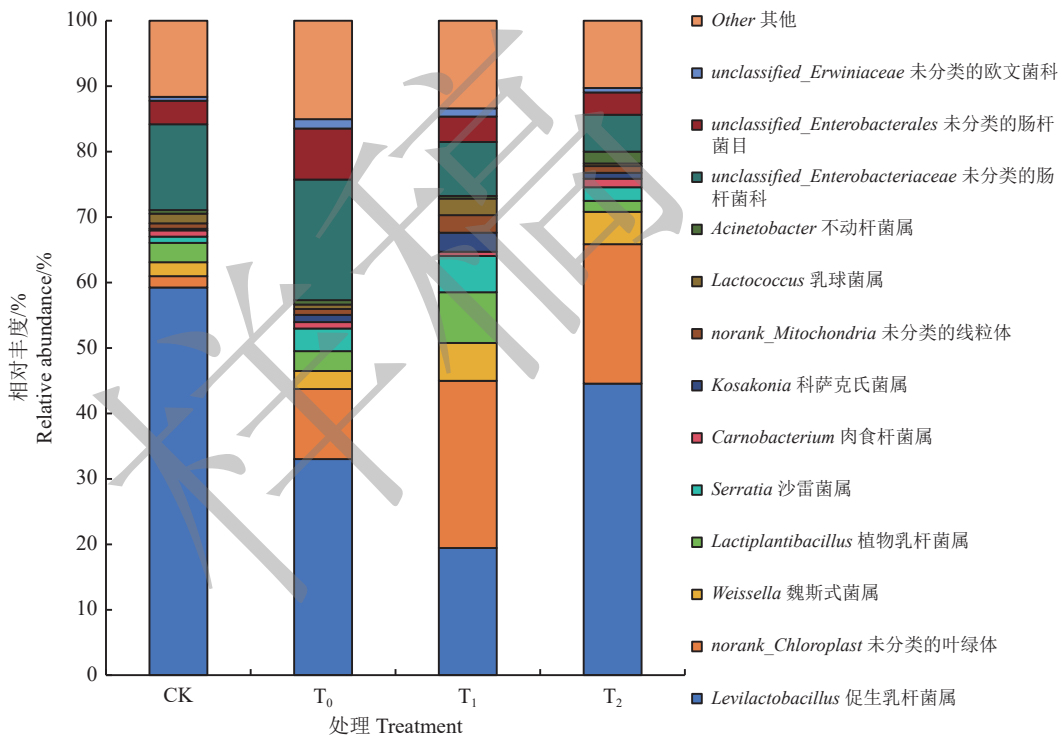


图2 混合青贮饲料微生物在属水平上的分布

Figure 2 Distribution of mixed dilage microorganisms at the genus level

义的叶绿体相对丰度大量增加, T₁ 组促生乳杆菌相对丰度达到最低, 而未被定义的叶绿体相对丰度达到最大。

3 讨论

3.1 不同比例全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料感官评价的影响

感官评价是指通过人的嗅觉、视觉以及触觉对饲料的颜色、气味、水分含量等进行综合评价^[14]。本实验采用德国农业协会 (DLG) 青贮质量感官评定标准, 主要从气味、结构、色泽三方面进行评定。本研究中所有处理组评价等级均为优良, 适合饲喂家畜, 表明在全株玉米中添加 10%~30% 比例的滇

红花均可以成功制作青贮。

3.2 不同比例全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料发酵品质的影响

优质的青贮饲料应该含有较高的乳酸, 较低的丁酸、氨态氮含量以及合适的 pH^[15]。青贮饲料在发酵过程中会产生有机酸, 并且有机酸的种类和浓度含量都能直接影响青贮饲料的品质^[16]。乳酸是有机酸中含量最高, 酸性最强的^[17], 其含量越高, 越有利于青贮品质的提升。本研究结果表明, 过量添加滇红花茎叶会降低乳酸含量, 可能是由于青贮玉米表明菌群有利于青贮的发酵, 从而能更好地产生乳酸, 这与郑林峰^[18]等研究结果一致, 同时青贮玉米本身可溶性碳水化合物含量较高, 且含量适中, 为乳酸菌的发酵提供了充足底物, 也会产生大量乳酸^[19]; 适量的乙酸和丙酸能有效提高青贮品质, 乙酸的主要作用是降低青贮饲料的 pH 值, 从而抑制腐败微生物的产生, 减少营养物质的损失^[20], 而丁酸会使青贮饲料腐败变质, 因此优质青贮饲料应不含或少含丁酸^[21]。在本研究中, 添加滇红花茎叶后, 青贮饲料中乙酸含量会随添加比例的增加而逐渐降低, 而丁酸含量均高于 CK 组, 可能是由于添加了滇红花茎叶后, 青贮饲料中可溶性碳水化合物含量过高, 从而影响了混合青贮饲料中微生物群落, 导致丁酸的产生^[22]。pH 值能反映青贮饲料发酵的品质, 优质青贮饲料 pH 值应低于 4.2^[23], 此时青贮过程中的有害微生物会被有效抑制, 本次试验中所有处理组 pH 值均在 4.2 以下, 且差异不显著, 可能是由于添加了乳酸菌青贮剂, 使得早期乳酸菌快速发酵生成乳酸, 抑制了有害菌群, 累积了大量乳酸, 从而使得 pH 值迅速降低。氨态氮含量是评判青贮饲料品质的重要指标, 一般来说, 氨态氮含量占比越小, 青贮饲料的发酵品质越好^[24], 表明青贮饲料中氨基酸与蛋白质含量被分解较少, 能被动物所吸收的蛋白质含量越多。本研究结果表明, 所有试验组氨态氮含量均低于 0.02%, 蛋白质含量损失较少, 均为优质青贮饲料。

3.3 不同比例全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料营养成分的影响

粗蛋白含量是反映青贮饲料营养价值的重要指标^[25]。本研究结果表明, 添加高比例的滇红花茎叶

会显著降低青贮饲料中粗蛋白的含量, 可能是由于滇红花茎叶蛋白营养含量低于全株玉米, 导致添加滇红花茎叶后混合青贮饲料的粗蛋白含量低于单玉米青贮饲料的含量。巍岚^[26]等人研究表明, 在紫花苜蓿中添加统糠进行混合青贮, 随着统糠添加比例增加, 混合青贮粗蛋白含量随之降低。酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量对草食动物对饲草的消化率有着显著的影响^[27], 一般来说, 过高的纤维含量会影响草食动物对饲草的消化利用^[23]。本研究结果表明, 添加滇红花茎叶后, 纤维含量显著增加, 使得青贮饲料营养品质降低, 但适当的纤维含量对于单胃家畜有着积极作用^[26]。有研究表明, 粗脂肪、Ca、P 含量的增加能有效提高青贮玉米的营养价值, 适宜的粗灰分和水分含量有益于青贮饲料发酵^[28]。本研究结果表明, 粗脂肪含量与滇红花茎叶添加比例呈负相关, 可能是由于滇红花茎叶中粗脂肪含量较低导致; Ca 含量与滇红花茎叶添加比例呈正相关, 而 P 含量则呈现负相关, 但各处理组之间 P 含量差距不大, 因此结果表明添加滇红花茎叶后, 青贮饲料中矿物质能被更好地保存下来, 有利于促进反刍动物自身生长发育^[29]。粗灰分的最佳含量为 3%~5%^[30], 本研究中各处理组粗灰分含量均达到了最佳青贮饲料标准。结合隶属函数综合分析, 得出全株玉米和滇红花茎叶最佳配比为 90%: 10%。

3.4 不同比例全株玉米与滇红花茎叶混合青贮饲料微生物多样性的影响

Shanon 和 Simpson 指数反映了物种的多样性, Ace 和 Chao 指数反映了物种的丰富度^[31]。本研究结果表明, 添加红花茎叶后, 青贮饲料 Alpha 多样性有所增加, 说明添加滇红花茎叶能提高青贮饲料微生物群落多样性。

从门水平上来说, 各组优势菌群均为厚壁菌门, 这与 Wu^[32]等人的研究结果相似。厚壁菌门多为革兰氏阳性菌, 主要能产生支原体菌群、芽孢, 可降解淀粉、纤维等化合物^[33], 对于青贮发酵来说是有利的。而变形菌门和蓝藻菌门包含多种致病菌, 会与乳酸菌争夺可溶性碳水化合物, 降低青贮饲料品质, 会对家畜的健康产生危害^[34-35]。本研究结果表明, 添加滇红花茎叶后, 变形菌门和蓝藻菌门丰度均有所增加, 说明添加滇红花茎叶后会对全株玉米青贮微生物群落产生不利影响。从属水平上来

说, T₁ 组优势菌群为未被定义的叶绿体, 其属于蓝藻菌门, 不利于青贮。除 T₁ 组外各组优势菌群均为促生乳杆菌属。在青贮饲料中, 乳杆菌能防止青贮饲料腐化^[36], 提高青贮品质, 是优良青贮饲料的主要微生物。但相比于 CK 组, 添加滇红花茎叶的处理组乳杆菌属丰度均低于 CK 组, 且未被定义的叶绿体菌属等有害菌属丰度较高。乳杆菌属可通过磷酸戊糖酮解和异化代谢途径, 利用青贮饲料中的可溶性糖降低 pH 值, 提高乳酸含量, 从而抑制有害菌的生长^[37]。本研究结果中, 各组 pH 值均处于较低水平, 表明乳杆菌属在青贮过程中发挥了作用。促生乳杆菌属、魏斯氏菌属、植物乳杆菌属等菌属均属于乳杆菌类, 在本研究结果中, 促生乳杆菌属为主要优势菌群, 而另外两种乳杆菌属丰度较低, 可

能是由于魏斯氏菌属不耐酸以及添加了乳酸菌添加剂所导致^[38]。肠杆菌会利用青贮饲料中的粗蛋白和可溶性糖, 产生丁酸等不良发酵物, 抑制乳酸菌的生长^[39]。本研究结果表明, 青贮饲料中检测出丁酸含量较高, 可能与未分类的肠杆菌和未分类的肠杆菌目含量较高有关。

4 结论

将滇红花茎叶与全株玉米混合青贮, 能有效解决滇红花茎叶利用率低, 营养价值较低的问题。综合感官评价、发酵品质、营养价值以及微生物等多方面来看, 通过隶属函数法进行分析, 从滇红花茎叶利用最大化的角度来看, 可以得出全株玉米和滇红花茎叶最佳配比为 90% : 10%。

参考文献 References:

- [1] ZHOU X D, TANG L Y, XU Y L, ZHOU G H, WANG Z J. Towards a better understanding of medicinal uses of *carthamus tinctorius* L. in traditional chinese medicine: A phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, 151(1): 27-43.
- [2] 陈梦, 赵丕文, 孙艳玲, 孙丽萍. 红花及其主要成分的药理作用研究进展. *环球中医药*, 2012, 5(7): 556-560.
CHEN M, ZHAO P W, SUN Y L, SUN L P. Advances in pharmacological function of *Carthamus tinctorius* and its essential constitutes. *Global Traditional Chinese Medicine*, 2012, 5(7): 556-560.
- [3] 胡学礼, 胡尊红, 杨谨, 王沛琦, 郭丽芬, 刘旭云, 李建增. 云南红花的研究进展. *农学学报*, 2018, 8(5): 25-30.
HU X L, HU Z H, YANG J, WANG P Q, GUO L F, LIU X Y, LI J Z. Safflowers in Yunnan: Research Progress. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(5): 25-30.
- [4] LU J X, ZHANG C X, HU Y, ZHANG M H, WANG Y N, QIAN Y X, YANG J, YANG W Z, JIANG M M, GUO D A. Application of multiple chemical and biological approaches for quality assessment of *carthamus tinctorius* L. (Safflower) by determining both the primary and secondary metabolites. *Phytomedicine*, 2019, 58(5): 152826.
- [5] 吴晶, 杨怀镜, 周萍. 滇产红花的高效液相指纹图谱研究. *食品研究与开发*, 2020, 41(4): 170-178.
WU J, YANG H J, ZHOU P. Study on high performance liquid chromatography fingerprint of safflower from Yunnan Province. *Food Research and Development*, 2020, 41(4): 170-178.
- [6] 刘淑玲, 蔡海荣, 蔡鑫桂, 张烈元, 张为章, 黄秋萍, 陈伯钧. 红花黄色素对高脂血症家兔抗动脉硬化的作用. *国际药学研究杂志*, 2018, 45(8): 603-610.
LIU S L, CAI H R, CAI X G, ZHANG L Y, ZHANG W Z, HUANG Q P, CHEN B J. Effect of safflower yellow on atherosclerosis in rabbits with hyperlipidemia. *Journal of International Pharmaceutical Research*, 2018, 45(8): 603-610.
- [7] 王中华, 赵香菊. 红花黄色素对蛋鸡产蛋性能的影响. *中国家禽*, 2012, 34 (16): 63, 66.
WANG Z H, ZHAO X J. Effect of safflower yellow pigment on laying performance of laying hens. *China Poultry*, 2012, 34 (16): 63, 66.
- [8] 张俊丽, 岳彩娟, 李明, 梁小军. 不同处理方式对红花秸秆发酵品质与营养价值的影响. *饲料研究*, 2023, 46(12): 99-104.
ZHANG J L, YUE C J, LI M, LIANG X J. Effect of different treatment methods on fermentation quality and nutritional value of safflower straw. *Feed Research*, 2023, 46(12): 99-104.
- [9] 寇江涛, 张甲雄. 同/异型乳酸菌添加对水稻秸秆青贮饲料营养价值的影响. *草地学报*, 2024, 32(12): 3980-3987.

- KOU J T, ZHANG J X. Effects of adding homo- and hetero-fermentative lactic acid bacteria on nutritional value of rice straw silage feed. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(12): 3980-3987.
- [10] 龙仕和, 李雪枫, 潘俊歆, 常晔, 史孟丽, 黄乃馨, 崔智海, 王坚. 不同生长天数‘热研 4 号’王草青贮品质和微生物群落多样性研究. *草地学报*, 2022, 30(7): 1900-1908.
- LONG S H, LI X F, PAN J X, CHANG Y, SHI M L, HUANG N X, CUI Z H, WANG J. Study on the Silage Quality and microbial community diversity of ‘Reyan No. 4’ king grass harvested at different growth days. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(7): 1900-1908.
- [11] 陆永祥, 严显明, 周朝相, 朱会先, 苟文龙, 游明鸿, 李达旭, 陈仕勇, 李平, 白史且. 不同添加剂对高水分全株玉米青贮饲料发酵品质和细菌群落的影响. *草地学报*, 2021, 29(4): 842-847.
- LU Y X, YAN X M, ZHOU Z X, ZHU X H, GOU W L, YOU M H, LI D X, CHEN S Y, LI P, BAI S Q. Effects of different additives on fermentation quality and bacterial community of high-moisture whole-plant corn silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(4): 842-847.
- [12] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2016.
- ZHANG L Y. *Feed Analysis and Feed Quality Test Techniques*. China Agricultural University Press. 2016.
- [13] 周焱, 张娟, 刘一佳, 凌文卿, 李珏, 阳伏林, 周晶. 丙酸对杂交狼尾草青贮品质及微生物区系的影响. *动物营养学报*, 2023, 35(8): 5404-5417.
- ZHOU Y, ZHANG J, LIU Y J, LING W Q, LI J, YANG F L, ZHOU J. Effects of propionic acid on silage quality and microbial community of hybrid pennisetum silage. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2023, 35(8): 5404-5417.
- [14] 唐文浩, 张养东, 郑楠, 王加启. 苜蓿青贮品质评价研究进展. *动物营养学报*, 2022, 34(7): 4165-4173.
- TANG W H, ZHANG Y D, ZHENG N, WANG J Q. Advances in quality evaluation of alfalfa silage. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(7): 4165-4173.
- [15] FILYA I. The effect of lactobacillus buchneri and lactobacillus plantarum on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *J Dairy Sci*, 2003, 86(11): 3575-3581.
- [16] WANG M S, FRANCO M, CAI Y M, YU Z. Dynamics of fermentation profile and bacterial community of silage prepared with alfalfa, whole-plant corn and their mixture. *Animal Feed Science and Technology*, 2020, 270(12): 114702.
- [17] 苏嘉琪, 辛杭书, 张广宁, 刘春龙. 国内外青贮饲料原料来源、品质评价及影响因素的研究进展. *动物营养学报*, 2022, 34(12): 7585-7594.
- SU J Q, XIN H S, ZHANG G N, LIU C L. Research progress on silage raw material sources, quality evaluation and influencing factors at home and abroad. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(12): 7585-7594.
- [18] 郑林峰, 任红阳, 王红亮, 王自立. 全株玉米混合青贮对其营养品质的影响. *动物营养学报*, 2023, 35(8): 4827-4839.
- ZHENG L F, REN H Y, WANG H L, WANG Z L. Effects of mixed ensiling on nutritional quality of whole plant maize silage. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2023, 35(8): 4827-4839.
- [19] 马淑敏, 焦婷, 师尚礼, 秦伟娜, 王正文, 赵生国, 祁娟. 混合型乳酸菌制剂对不同品种青饲玉米青贮品质的影响. *草地学报*, 2022, 30(6): 1558-1568.
- MA S M, JIAO T, SHI S L, QIN W N, WANG Z W, ZHAO S G, QI J. Effects of mixed lactic acid bacteria preparation on silage quality of different green corns. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(6): 1558-1568.
- [20] 胡梦洁, 肖燕子, 姜超, 罗俊杰, 卢娜, 纳钦, 郎宇, 张健, 刘建民, 何立超, 唐佳新. 添加剂对紫花苜蓿和高丹草混合青贮品质及维生素含量的影响. *草地学报*, 2024, 32(5): 1642-1649.
- HU M J, XIAO Y Z, JIANG C, LUO J J, LU N, NA Q, LANG Y, ZHANG J, LIU J M, HE L C, TANG J X. Effects of additives on the quality and vitamin content of mixed alfalfa and gaodan grass silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(5): 1642-1649.
- [21] 蒋媛媛, 田逢博, 字学娟, 李茂, 唐军, 周汉林, 侯冠或. 添加乳酸菌和糖蜜对王草青贮饲料发酵品质的影响. *家畜生态学报*, 2022, 43(10): 67-70.
- JIANG Y Y, TIAN F B, ZI X J, LI M, TANG J, ZHOU H L, HOU G Y. Effect of lactic acid bacteria and molasses on fermentation quality of king grass silage. *Acta Ecologicae Animalis Domastici*, 2022, 43(10): 67-70.
- [22] 张强, 雷小文, 连海, 施小生, 黄志文, 钟云平. 白酒糟与脐橙渣混合青贮品质与微生物多样性的研究. *中国畜牧兽医*, 2024, 51(4): 1456-1465.

- ZHANG Q, LEI X W, LIAN H, SHI X S, HUANG Z W, ZHONG Y P. Study on the quality and microbial diversity of mixed silage between distillers grains and navel orange residue. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2024, 51(4): 1456-1465.
- [23] 张霞, 焦婷, 马淑敏, 陈鑫, 王正文, 牧仁, 赵生国. 甜叶菊秆与玉米秸秆混合青贮品质和体外瘤胃发酵特性. *草业科学*, 2023, 40(2): 539-550.
- ZHANG X, JIAO T, MA S M, CHEN X, WANG Z W, MU R, ZHAO S G. Silage quality and in vitro rumen fermentation characteristics of stevia and corn stalks. *Pratacultural Science*, 2023, 40(2): 539-550.
- [24] 冀红芹, 孟令楠, 于明, 杨荣芳, 温萍, 曲强, 瞿健萍, 孙亚波. 青贮饲料的质量评价. *现代畜牧兽医*, 2021(6): 92-96.
- JI H Q, MENG L N, YU M, YANG R F, WEN P, QU Q, QU J P, SUN Y B. Quality evaluation of silages. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2021(6): 92-96.
- [25] 韩学琴, 李莲红, 邓红山, 罗会英, 范建成, 刘进娣, 金杰. 辣木与高丹草混合青贮效果的研究. *草业科学*, 2024, 41(07): 1747-1756.
- HAN X Q, LI L H, DENG H S, LUO H Y, FAN J C, LIU J D, JIE J. Effect of *Moringa oleifera* Lam mixed with sorghum-sudangrass hybrids. *Pratacultural Science*, 2024, 41(07): 1747-1756.
- [26] 魏岚, 汪雅婷, 穆麟, 胥贵, 魏仲珊, 张志飞. 添加比例及青贮天数对统糠和紫花苜蓿混合青贮品质的影响. *中国草地学报*, 2024, 46(5): 71-81.
- WEI L, WANG Y T, MU L, XU G, WEI Z S. Effects of addition ratio and ensiling days on the silage quality of mixed chaff and alfalfa. *Chinese Journal of Grassland*, 2024, 46(5): 71-81.
- [27] 郑立文, 田健帆, 杨蔚, 许文花, 任健, 罗富成, 单贵莲, 李启娇, 马向丽. 品种和生育期对玉米青贮发酵品质的影响. *草业科学*, 2023, 40(4): 1105-1114.
- ZHENG L W, TIAN J F, YANG W, XU W H, REN J, LUO F C, SHAN G L, LI Q J, MA X L. Effect of cultivar and growth stage on fermentation quality of maize silage. *Pratacultural Science*, 2023, 40(4): 1105-1114.
- [28] 侯燕红, 张一桦, 周凯, 杨庆然, 杨维林, 刘琼花, 姜华, 何承刚. 不同青贮玉米品种农艺性状及营养价值评价. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2022, 37(4): 604-610.
- HOU Y H, ZHANG Y H, ZHOU K, YANG Q R, YANG W L, LIU Q H, JIANG H, HE C G. Evaluation of agronomic traits and nutritional value of different silage maize varieties. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2022, 37(4): 604-610.
- [29] 张勇, 朱宇旌. 反刍动物瘤胃微生物对粗饲料的利用. *中国奶牛*, 2003(6): 31-33.
- ZHANG Y, ZHU Y J. Utilization of roughage by rumen microorganisms in antipodean animals. *China Dairy Cattle*, 2003(6): 31-33.
- [30] 张家华, 王永必, 杨庆然, 杨维林, 杨光周, 李清. 龙陵县不同青贮玉米品种农艺性状及营养成分分析. *中国奶牛*, 2019(9): 47-52.
- ZHANG J H, WANG Y B, YANG Q R, YANG W L, YANG Z G, LI Q. Analysis of agronomic traits and nutritional components of different silage maize varieties in Longling County. *China Dairy Cattle*, 2019(9): 47-52.
- [31] 王昊然, 蒋恒, 刘斌, 朱晖, 马宇莎, 王娇, 孙乐, 高凤芹. 添加玉米粉对盐碱地和非盐碱地紫花苜蓿青贮品质和微生物多样性的影响. *中国草地学报*, 2023, 45(7): 110-119.
- WANG H R, JIANG H, LIU B, ZHU H, MA Y S, WANG J, SUN L, GAO F Q. Effects of corn flour addition on the quality alfalfa silage and microbial diversity in saline-alkali and non-saline-alkali lands. *Chinese Journal of Grassland*, 2023, 45(7): 110-119.
- [32] WU P W, LI L H, JIANG J F, SUN Y M, YUAN Z H, FENG X D, GUO Y F. Effects of fermentative and non-fermentative additives on silage quality and anaerobic digestion performance of *Pennisetum purpureum*. *Bioresource Technology*, 2019, 297(2): 122425.
- [33] 王佳楚函, 朱欣, 樊雪莹, 陈玉连, 李茂雅, 雷耀, 赵圆圆, 何湘江, 王志军, 陈超, 成启明. 不同比例花生秧与茅台酒糟混合青贮对饲料养分含量、发酵品质及微生物群落的影响. *中国畜牧杂志*, 2024, 60(06): 247-252.
- WANG J C H, ZHU X, FAN X Y, CHEN Y L, LI M Y, LEI Y, ZHAO Y Y, HE X J, WANG Z J, CHEN C, CHENG Q M. Effects of mixed silage of peanut seedlings and moutai lees at different ratios on forage nutrient content, fermentation quality and microbial community. *Chinese Journal of Animal Science*, 2024, 60(06): 247-252.
- [34] 陶莲, 刁其玉. 利用 MiSeq 高通量测序技术分析风干处理及青贮发酵对玉米秸秆菌群构成及丰度的影响. *中国农业科学*, 2015, 48(S1): 94-103.

- TAO L, DIAO Q Y. Effects of ensiling and natural drying on composition and abundance of bacterium of corn stalk analyzed by MiSeq sequencing technology. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(S1): 94-103.
- [35] 巨纪, 魏曼琳, 于萍, 吴白乙拉, 牛化欣, 张丽媛, 晓明. 植物乳杆菌对柠条青贮发酵品质和微生物多样性的影响. *中国草地学报*, 2023, 45(2): 113-120.
- JU J, WEI M L, YU P, WU B Y L, NIU H X, ZHANG L Y, XIAO M. Effects of *Lactobacillus plantarum* on fermentation quality and microbial diversity of caragana silage. *Chinese Journal of Grassland*, 2023, 45(2): 113-120.
- [36] 程志泽, 伊斯拉依·达吾提, 万江春, 乃比·阿不来提, 艾比布拉·伊马木. 不同添加剂对辣椒秸秆青贮品质及细菌多样性的影响. *草地学报*, 2024, 32(7): 2330-2336.
- CHENG Z Z, DAWUTI Y S L Y, WAN J C, ABULAITI N B, YIMAMU A B B L. Effects of different additives on the quality and bacterial diversity of pepper straw silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(7): 2330-2336.
- [37] 武祎, 赵红玉, 唐云梦, 李青洋, 曹雅楠, 孙庆龙, 孙泽威, 孙海霞. 添加短乳杆菌对紫花苜蓿半干青贮品质及微生物群落组成的影响. *中国畜牧杂志*, 2024, 60(2): 328-333.
- WU Y, ZHAO H Y, TANG Y M, LI Q Y, CAO Y N, SUN Q L, SUN Z W, SUN H X. Effect of the addition of *Lactobacillus shortum* on the quality and microbial community composition of semidry silage of alfalfa. *Chinese Journal of Animal Science*, 2024, 60(2): 328-333.
- [38] 周雨歆, 杨丹, 杨伟涛, 陈丹丹, 陈晓阳, 张庆. 黄梁木叶精油对柱花草和秸秆发酵品质及细菌群落的影响. *草地学报*, 2024, 32(10): 3326-3334.
- ZHOU Y X, YANG D, YANG W T, CHEN D D, CHEN X Y, ZHANG Q. Effect of *Neolamarckia cadamba* leaf essential oil on fermentation quality and bacterial community of stylo and rice straw silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(10): 3326-3334.
- [39] 黄乃馨, 李雪枫, 展小霞, 崔智海, 毛开, 柴欢, 王目森, 王坚. 含水量对柱花草青贮品质和微生物群落动态的影响. *草地学报*, 2024, 32(8): 2648-2658.
- HUANG N X, LI X F, ZHAN X X, CUI Z H, MAO K, CHAI H, WANG M S, WANG J. Effects of moisture content on the fermentation quality and microbial community diversity of stylo silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(8): 2648-2658.

(责任编辑 魏晓燕)

