网络出版时间:2025-10-31 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.04.004

添加不同乳酸菌对柴胡茎叶青贮品质的影响

刘晓琳[1],姚璐莹[1],江丽清[1],詹文晶[1],呼国斌[1],郭刚[2],陈星耀[2],高文俊[1]
(1 山西农业大学 草业学院,山西 太谷 030801;2 山西农业大学 动物科技学院,山西 太谷 030801)

[摘 要] 【目的】探究不同乳酸菌添加剂对柴胡(*Bupleurum chinese*)茎叶青贮品质的影响,为柴胡茎叶的饲料化利用及有效发挥其活性成分的功能提供理论依据。【方法】以柴胡茎叶为青贮原料,设置添加屎肠粪球菌(S)、戊糖乳杆菌(W)、屎肠粪球菌+戊糖乳杆菌(SW)、青贮宝添加剂(Q)处理,并设置空白处理(CK),每处理4个重复,青贮45 d后,探究不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮营养成分、发酵品质和活性成分的影响,并综合评价不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶的青贮效果。【结果】与CK组相比,SW组干物质(DM)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)含量显著升高($P<0.05$),粗蛋白(CP)含量显著降低($P<0.05$),Q组可溶性碳水化合物(WSC)含量显著增加。与CK组相比,S、W、SW、Q组pH值显著降低($P<0.05$),W、SW、Q组乳酸(LA)含量显著提高($P<0.05$),SW组丙酸(PA)含量显著提高($P<0.05$),S、SW、Q组氨态氮(AN)含量显著降低($P<0.05$),S、W、SW、Q组氨态氮/总氮(AN/TN)显著降低($P<0.05$)。与CK组相比,S、W、SW、Q组柴胡皂苷a和d含量显著增加(除W组皂苷a含量外),S、SW、Q组柴胡皂苷a含量分别显著升高了90.25%,133.88%和118.52%($P<0.05$),S、W、SW、Q组皂苷d含量分别显著升高了191.18%,85.97%,121.67%和98.05%($P<0.05$)。综合评价结果表明,柴胡茎叶青贮效果表现为S>Q>W>SW。【结论】在柴胡青贮过程中添加不同的乳酸菌添加剂,可在一定程度上改善柴胡青贮发酵品质,提高营养成分和活性成分含量,其中以添加屎肠粪球菌组综合表现最好。

[关键词] 柴胡茎叶;青贮品质;乳酸菌;活性成分
[中图分类号] S816.5+3 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)04-0026-07

Effects of adding different lactic acid bacteria on the silage quality of *Bupleurum chinese* stems and leaves

LIU Xiaolin[1], YAO Luying[1], JIANG Liqing[1], ZHAN Wenjing[1], HU Guobin[1], GUO Gang[2], CHEN Xingyao[2], GAO Wenjuna[1]
(1 *College of Grassland Science, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi* 030801, *China*; 2 *College of Animal Science, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi* 030801, *China*)

Abstract: 【Objective】 The study aims to explore the effects of different lactic acid bacteria additives on the silage quality of *Bupleurum chinese* stems and leaves, providing a theoretical basis for the feed utilization of *B. chinese* stems and leaves, and the effective utilization of their active ingredients. 【Method】 Using *B. chinese* stems and leaves as silage materials, treatments involving the addition of *Enterococcus faecium* (S), *Lactobacillus pentosus* (W), *Enterococcus faecium*+*Lactobacillus pentosus* (SW), and Qingzhubao additive (Q) were applied, with a blank control (CK). Each treatment was replicated four times. After 45 days of ensiling, the effects of different lactic acid bacteria additives on the nutritional components, fermentation quality, and active ingredients of *B. chinese* stems and leaves were investigated. A comprehensive evaluation of silage effects of different

[收稿日期] 2025-01-07 [修回日期] 2025-02-25
[基金项目] 山西省农业重大技术协同推广计划牧草项目(2023XTTG03-1);吕梁市重点研发项目(2021NYGG-2-3)
[作者简介] 刘晓琳(1998—),女,山东潍坊人,硕士,主要从事饲草生产与利用研究。E-mail:liuxl11022021@163.com
[通信作者] 高文俊(1976—),男,山西介休人,副教授,博士,主要从事饲草生产与利用研究。E-mail:wenjungao437@126.com

中国知网 https://www.cnki.net

lactic acid bacteria additives on *B. chinese* stems and leaves was conducted.【Result】Compared with CK, the SW treatment showed significantly increased ($P<0.05$) contents of dry matter (DM), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF), while exhibiting significantly decreased $P<0.05$) content of crude protein (CP). The soluble carbohydrate (WSC) content in the Q treatment increased significantly. Compared with CK, the pH values of S, W, SW, and Q treatments decreased significantly ($P<0.05$). Lactic acid (LA) content in W, SW, and Q treatments increased significantly ($P<0.05$). Propionic acid (PA) content in the SW treatment increased significantly ($P<0.05$). Ammonia nitrogen (AN) content in S, SW, and Q treatments decreased significantly ($P<0.05$), and the ratio of ammonia nitrogen to total nitrogen (AN/TN) in S, W, SW, and Q treatments decreased significantly ($P<0.05$). Compared with CK, saikosaponin a and d contents in S, W, SW, and Q treatments increased significantly (except for the content of saikosaponin a in the W treatment). Specifically, saikosaponin a content in S, SW, and Q treatments significantly increased by 90.25%, 133.88% and 118.52%, respectively ($P<0.05$), while saikosaponin d content in S, W, SW, and Q treatments increased significantly by 191.18%, 85.97%, 121.67% and 98.05%, respectively ($P<0.05$). The comprehensive evaluation revealed that the silage effect of *B. chinese* stems and leaves was ranked as S>Q>W>SW.【Conclusion】Adding different lactic acid bacteria additives during *B. chinense* silage can improve the fermentation quality and increase the nutritional components and active ingredients to some extent. Among the treatments, the one with *Enterococcus faecium* showed the best comprehensive performance.

Key words: *B. chinense* stems and leaves; silage quality; lactic acid bacteria; active ingredients

柴胡(*Bupleurum chinese*)是伞形科柴胡属多年生草本植物，是我国重要的药用植物资源，以根部入药，根中含有柴胡皂苷、柴胡多糖和黄酮类等重要活性物质[1-2]，具有抗菌、抗病毒、调节免疫等生物学功能。据相关资料报道，我国每年柴胡种植面积达 15 333.33 hm^2，地上茎叶产量约 1.5 t/hm^2[3]，据次推算全国柴胡地上茎叶年总产量 2.3 万 t。然而，柴胡茎叶作为非药用部位常被当作废弃物处理，其资源利用价值未被充分发挥，因此合理利用柴胡茎叶资源，开发功能性青贮饲料对于畜牧业生产有重要意义。有研究表明，在蛋鸡饲粮中添加不同含量的发酵柴胡茎叶可改善其肠道微生物区系，调节机体免疫机能及肝脏抗氧化性能，从而改善产品品质，另外发酵柴胡茎叶还能够影响蛋鸡的脂质代谢，减少蛋鸡脂质沉积，保持其肝脏健康[4-5]。在奶牛日粮中添加柴胡提取物可以缓解机体的热应激状态，提高热应激奶牛的采食量和产奶量，还可以提高机体的抗氧化能力和免疫能力[6-7]。

目前，人们对利用中草药副产品和中药渣发酵生产青贮饲料进行了一些研究，发现通过青贮发酵，中草药副产品和中药渣营养成分、发酵品质和活性成分均有提高[8-11]。乳酸菌是青贮饲料中重要的有益微生物，可降低青贮饲料的pH值，抑制有害细菌的生长，延长饲料的储藏期[12]等，菌种主要包括植物乳杆菌、戊糖乳杆菌、屎肠粪球菌、布氏乳杆菌等[13]。研究表明，添加乳酸菌可以提高青贮饲料的粗蛋白、可溶性糖、乳酸和干物质含量，降低 pH 值和氨态氮含量，对营养成分和发酵品质有积极作用[14-15]。添加乳酸菌发酵斜茎黄芪(*Astragalus laxmannii*)[9]、枸杞(*Lycium chinense*)[10]等中草药以及中药渣[11]，对其营养成分、发酵品质和活性成分有重要的改善作用。

目前，关于柴胡茎叶作为饲料的研究主要集中在柴胡作为添加剂以及茎叶与牧草混合青贮等方面，针对不同乳酸菌剂对柴胡茎叶青贮品质影响的报道甚少。因此，本研究以柴胡茎叶为原料，研究不同乳酸菌对柴胡茎叶青贮营养成分、发酵品质和活性成分的影响，旨在充分利用柴胡茎叶资源，有效发挥柴胡活性成分的功能，为柴胡茎叶的饲料化利用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　青贮原料　2023 年 10 月，从山西省晋中市介休市泰兴中药材种植合作社采集柴胡茎叶，将成熟期的柴胡茎叶刈割后带回实验室，用于制作青贮饲料。新鲜柴胡茎叶中干物质、粗蛋白、可溶性碳水化合物、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维含量分别为 34.66%，10.13%，6.84%，38.16% 和 54.72%，柴胡的活性成分柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 d、柴胡多糖

中国知网　https://www.cnki.net

含量分别为23.5,20.5和11.86 mg/g。

1.1.2 青贮添加剂 屎肠粪球菌(1.0×10^8 CFU/g)、戊糖乳杆菌(1.0×10^8 CFU/g),由山西农业大学动物科技学院动物营养实验室提供;青贮宝青贮添加剂,购自山东宝利来生物工程股份有限公司,其主要成分是乳酸片球菌(1.0×10^9 CFU/g)、植物乳杆菌(3.0×10^8 CFU/g)及其代谢产物。

1.2 试验设计

采用单因素试验设计,研究不同添加剂对柴胡茎叶青贮品质的影响。试验分为5个组,即对照组(CK),添加无菌蒸馏水0.01 mL/g;S组,添加屎肠粪球菌0.01 mL/g;W组,添加戊糖乳杆菌0.01 mL/g;SW组,添加屎肠粪球菌和戊糖乳杆菌各0.005 mL/g;Q组,添加青贮宝添加剂0.01 mL/g。每组4个重复。

1.3 青贮调制

在柴胡茎叶水分含量降至65%时将其切成1~2 cm的小段,用4分法将原料混合均匀,各组按照试验设计均匀喷洒无菌蒸馏水或菌剂,将样品装入聚乙烯青贮袋(45 mm×30 mm)并编号,每袋500 g,所有袋子用真空包装机抽真空并封口,置于常温条件下进行避光贮藏发酵,45 d后开封取样,测定相关指标。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 柴胡茎叶青贮前后营养成分测定 用四分法取约50 g样品,置于牛皮纸袋中,在65 ℃烘箱中干燥约72 h,称量干质量,计算干物质(dry matter,DM)含量。将烘干样品粉碎并过孔径1 mm筛,测定营养成分含量,其中粗蛋白(crude protein,CP)、中性洗涤纤维(neutral detergent fiber,NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber,ADF)含量参照文献[16]测定,可溶性碳水化合物(water-soluble carbohydrate,WSC)含量参照文献[17]测定,可溶性糖含量利用蒽酮-硫酸法测定,计算可溶性碳水化合物含量。

1.4.2 柴胡茎叶青贮发酵品质测定 取各组青贮后样品10 g,加入90 mL去离子水,4 ℃浸提24 h,然后用4层纱布和定性滤纸过滤得到浸提液,利用酸度计测定其pH;取10 mL滤液于−20 ℃冰箱保存,参照文献[16]测定柴胡青贮饲料中氨态氮(ammoniacal nitrogen,AN)及总氮(total nitrogen,TN)含量;参照文献[17],采用高效液相色谱法检测乳酸(lactic acid,LA)、乙酸(acetic acid,AA)、丙酸(propionic acid,PA)等有机酸含量。

1.4.3 柴胡茎叶青贮活性成分测定 柴胡多糖含量参照文献[18],采用硫酸-苯酚法测定,以无水葡萄糖为对照品;柴胡皂苷a、柴胡皂苷d含量参照文献[1],采用高效液相色谱法测定。

1.5 综合评价

将处理组的干物质、粗蛋白、可溶性碳水化合物、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、pH、乳酸、乙酸、丙酸、氨态氮、氨态氮/总氮、柴胡皂苷a、柴胡皂苷d、柴胡多糖等14种指标进行灰色关联度分析,对柴胡茎叶的青贮品质进行综合评价[19-20]。

1.6 统计分析

使用Excel 2016软件对基础数据进行分析整理,采用SPSS 27.0进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用Duncan法对各组进行多重比较,$P<0.05$为差异显著,结果用“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料营养成分的影响

不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料营养成分的影响见表1。

表1 不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料营养成分的影响

Table 1 Effects of different lactic acid bacteria additives on nutritional components of *B. chinese* stems and leavessilage g/kg

处理 Treatment	干物质 Dry matter	粗蛋白 Crude protein	可溶性碳水化合物 Water-soluble carbohydrate	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber
CK	341.21±6.88 b	122.88±1.39 a	120.85±2.62 b	269.83±3.22 b	396.98±4.07 bc
S	329.09±9.96 b	126.49±3.05 a	109.50±6.30 c	264.75±7.90 b	385.45±10.00 c
W	340.01±6.37 b	127.85±1.45 a	112.75±2.46 bc	276.38±4.25 b	400.05±4.48 bc
SW	377.79±4.63 a	113.41±2.43 b	96.68±0.85 d	304.85±7.02 a	439.50±10.41 a
Q	345.11±4.12 b	121.73±1.08 a	133.90±1.33 a	275.75±3.30 b	411.05±5.06 b

注:CK. 对照处理;S. 添加屎肠粪球菌处理;W. 添加戊糖乳杆菌处理;SW. 添加屎肠粪球菌+戊糖乳杆菌复合菌剂处理;Q. 添加青贮宝添加剂处理。表中同列数据后标不同小写字母表示各处理间差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: CK. Control; S; Supplemented with *Enterococcus faecium*; W. Supplemented with *Lactobacillus pentosus*; SW. Supplemented with a combination of *E. faecium* and *L. pentosus*; Q. Supplemented with QingzhuBao inoculant. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences among treatments ($P<0.05$). The same below.

中国知网 https://www.cnki.net

由表1可知，与对照组相比，SW、Q组DM分别升高了10.72%和1.14%，其中SW组差异达显著水平（$P<0.05$），且SW组DM含量显著高于S、W和Q组（$P<0.05$）。S、W组CP含量较CK组升高，但差异均不显著（$P>0.05$）；SW组CP含量较CK组显著降低（$P<0.05$）；W组CP含量最高，SW组CP含量最低。S、W、SW组WSC含量较CK组降低，其中S、SW组差异达显著水平（$P<0.05$），Q组WSC含量较CK组显著升高了10.80%（$P<0.05$），也显著高于其他各组（$P<0.05$）。W、SW、Q组ADF含量均高于CK组，其中SW组显著高于CK组（$P<0.05$）。与对照组相比，S组NDF含量降低了2.90%，W、SW、Q组NDF含量均高于CK组，其中SW组差异达显著水平（$P<0.05$）。

2.2　不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料发酵品质的影响

不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料发酵品质的影响见表2。由表2可知，与对照组相比，S、W、Q、SW组pH分别降低了12.02%，13.24%，6.92%和13.24%，其中W和SW组pH值降低幅度最大，表明添加剂能有效降低柴胡茎叶青贮饲料的pH值。S、W、SW、Q组乳酸含量均高于CK组，其中W、SW、Q组差异显著（$P<0.05$）；各处理组间乳酸含量没有明显差异（$P>0.05$），其中Q组乳酸含量最高，S组乳酸含量最低。处理组乙酸含量均高于CK组，但无显著差异（$P>0.05$）。SW组丙酸含量显著高于CK和W组（$P<0.05$）。S、W、Q、SW组AN含量均低于CK组，其中S、SW、Q组较CK组分别显著降低了20.06%，41.50%和22.28%（$P<0.05$）；SW组AN含量显著低于其他组（$P<0.05$）。与对照组相比，S、W、Q、SW组氨态氮/总氮（AN/TN）均显著降低（$P<0.05$），其中以S组最低（13.56%），其AN/TN显著低于其他处理组（$P<0.05$）。

表2　不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料发酵品质的影响

Table 2　Effects of different lactic acid bacteria additives on the fermentation quality of *B. chinese* stems and leaves silage

处理 Treatment	pH	乳酸/(mg·mL^{-1}) Lactic acid	乙酸/(mg·mL^{-1}) Acetic acid	丙酸/(mg·mL^{-1}) Propionic acid	氨态氮/(g·kg^{-1}) Ammoniacal nitrogen	氨态氮/总氮/% Ammoniacal nitrogen/Total nitrogen
CK	4.91±0.01 a	0.45±0.08 b	0.30±0.06	5.72±3.85 b	3.59±0.22 a	22.16±1.27 a
S	4.32±0.05 c	0.77±0.15 ab	0.35±0.08	11.96±1.57 ab	2.87±0.26 b	13.56±0.80 c
W	4.26±0.08 c	0.91±0.07 a	0.32±0.06	9.04±0.26 b	3.26±0.15 ab	17.23±0.32 b
SW	4.26±0.08 c	0.91±0.11 a	0.37±0.12	18.30±3.07 a	2.10±0.14 c	17.54±0.98 b
Q	4.57±0.12 b	1.12±0.11 a	0.30±0.04	11.52±2.46 ab	2.79±0.06 b	17.84±0.32 b

2.3　不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料活性成分含量的影响

由表3可知，与CK相比，S、SW、Q组柴胡皂苷a含量均显著升高（$P<0.05$），分别升高了90.25%，133.88%和118.52%，其中以SW组升高幅度最大；各处理组间柴胡皂苷a含量无显著差异（$P>0.05$）。与CK相比，S、W、SW、Q组柴胡皂苷d含量均显著升高（$P<0.05$），分别升高了191.18%，85.97%，121.67%和98.05%，其中以S组升高幅度最大，且其柴胡皂苷d含量显著高于其他处理组（$P<0.05$）。S、W组柴胡多糖含量较CK组降低，SW、Q组柴胡多糖含量较CK组升高，但均未达到显著水平（$P>0.05$）。

表3　不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料活性成分的影响

Table 3　Effects of different lactic acid bacteria additives on the active ingredients of *B. chinese* stems and leaves silage　mg/g

处理 Treatment	皂苷a Saikosaponin a	皂苷d Saikosaponin d	柴胡多糖 Bupleurum polysaccharide
CK	40.02±3.67 b	30.73±3.97 c	11.76±0.03
S	76.14±10.72 a	89.48±4.23 a	11.65±0.06
W	68.86±3.81 ab	57.15±3.96 b	11.46±0.05
SW	93.60±20.87 a	68.12±13.34 ab	11.77±0.08
Q	87.45±4.47 a	60.86±7.55 b	12.00±0.36

2.4　柴胡茎叶青贮效果综合评价

由表4可知，S组与“参考指标”加权关联度最大，说明S组综合表现最好，柴胡茎叶青贮品质最高；其次是Q组，其测定值与“参考指标”的加权关联度较大，说明其柴胡茎叶青贮品质较高。SW组与“参考指标”的关联度最小，在4种柴胡茎叶青贮处理中品质最差。

中国知网　https://www.cnki.net

表4 柴胡茎叶青贮品质综合评价的权重值及关联度排序

Table 4 Weight values and correlation degree ranking of comprehensive evaluation of sterns and leaves silage quality of *B. chinese*

组别 Groups	权重值 Weight value	关联度 Relational grade	排名 Ranking
S	0.260	0.213	1
W	0.245	0.189	3
SW	0.241	0.183	4
Q	0.253	0.201	2

3 讨 论

3.1 不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料营养成分的影响

研究表明,乳酸菌添加剂能够有效保存青贮饲料的营养成分。本研究中干物质含量SW组(添加屎肠粪球菌和戊糖乳杆菌)较CK组显著提高,这与STOKES[21]的研究结果一致,可能是乳酸菌添加剂能加速青贮发酵过程中乳酸的产生,减少了有害微生物的数量[22],从而减少了干物质的损失。粗蛋白含量是评定饲料作物营养价值的重要指标,优良饲草的粗蛋白含量为10%~20%[23],本研究4个处理组的粗蛋白含量均在优良饲草范围内,表明柴胡茎叶青贮饲料是一种极具开发潜力的粗饲料资源,其中SW组的粗蛋白含量显著低于CK组,可能该组存在某些降解蛋白的菌,从而促进了蛋白的分解[24]。本研究不同乳酸菌添加组柴胡茎叶青贮饲料酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维含量变化并不明显,这与王亚芳等[25]的研究结果一致,可能是因为柴胡茎叶细胞壁成分较难被微生物利用;与王晓春等[26]研究结果不同,可能与青贮原料和添加乳酸菌种不同有关。本试验结果表明,青贮宝乳酸菌添加剂对保存柴胡茎叶青贮饲料中的可溶性碳水化合物含量有更好的效果,这与刘彦斌[27]的研究结果一致,其原因是乳酸菌使柴胡茎叶青贮饲料中的糖分被尽可能地分解释放,从而导致可溶性碳水化合物含量提高。

3.2 不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料发酵品质的影响

pH值、氨态氮/总氮和有机酸含量均是评价青贮饲料品质优劣的关键性指标[4]。pH值是最直观反映发酵品质的指标,优质的青贮饲料pH值在4.2以下[28]。本研究处理组pH值均较CK组降低,其中W、SW组优于其他处理组,这是由于乳酸菌添加剂在发酵初期为青贮饲料提供了充足的乳酸菌种,保证发酵时乳酸菌数量足够,加速进入乳酸发酵阶段,因此能快速降低pH值,与张红梅等[29]的研究结果相似。本研究处理组乳酸含量均高于对照组,可能是添加了乳酸菌后导致青贮饲料发酵以乳酸发酵为主,从而提高了乳酸含量;处理组间乙酸含量和丙酸含量并无显著差异。处理组的氨态氮/总氮均较CK组显著降低,这表明柴胡茎叶青贮添加乳酸菌可抑制蛋白质的降解,从而使氨态氮/总氮显著降低。综上所述,本研究不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮发酵品质均有积极的影响,对柴胡茎叶青贮饲料pH值的降低起正向作用,且对降低氨态氮/总氮有显著作用,其中屎肠粪球菌处理可显著降低pH值,对柴胡茎叶青贮饲料的氨态氮含量降低有积极影响,降低氨态氮/总氮比例的幅度最大。

3.3 不同乳酸菌添加剂对柴胡茎叶青贮饲料活性成分的影响

柴胡茎叶含有多种多糖、微量元素和氨基酸,具有抗炎、抗菌、抗氧化和免疫调节等生物学功能[1]。本研究中,不同处理样品柴胡多糖含量均无显著变化,但S、W组柴胡多糖降低可能是由于微生物的降解所致,这与陈志龙等[10]对枸杞枝条的研究结果相似。有研究发现,芦笋[30]、人参[31]和葛根[32]等经乳酸菌发酵后,其活性成分含量及药效均有一定程度的提高。本研究中,S、SW、Q组柴胡皂苷a含量较CK组显著升高,S、W、SW、Q组柴胡皂苷d含量较CK组均显著升高,这与前人在斜茎黄芪[9]和苜蓿[33]上的研究结果相似。本研究处理组柴胡多糖和柴胡皂苷a、d含量升高的具体机理和原因还需进一步研究。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部:2020年版[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
National Pharmacopoeia Committee. People's republic of China (PRC) pharmacopoeia: part Ⅰ: 2020 edition [M]. Beijing: China Medical Science Press,2020.

[2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第五十五卷[M]. 北京:科学出版社,1999.
Editorial Committee of Chinese Flora of China Academy of Sciences. Flora reipublicae popularis sinicae: volume 55[M]. Beijing:Science Press,1999.

[3] 郝得阳. 发酵柴胡茎叶对蛋鸡生产性能、肠道形态及微生物区系的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2023.
HAO K Y. Effects of fermented stems and leaves of *Bupleurum chinese* on performance, intestinal morphology and microflora of

中国知网 https://www.cnki.net

laying hens[D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2023.

[4] 王磊卿，郝科阳，马慧，等. 发酵柴胡茎叶对蛋鸡生产性能、蛋品质和肠道健康的影响[J]. 动物营养学报，2024，36(3)：1628-1640.
WANG L Q, HAO K Y, MA H, et al. Effects of fermented *Bupleurum* stems and leaves on performance, egg quality and intestinal health of laying hens[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2024, 36(3): 1628-1640.

[5] 马慧. 发酵柴胡茎叶对蛋鸡肝脏脂质代谢的影响及其机制研究[D]. 陕西杨凌：西北农林科技大学，2023.
MA H. Effect of fermented *Bupleurum* stems and leaves on liver lipid metabolism of laying hens and its mechanism[D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2023.

[6] 潘龙. 柴胡提取物缓解奶牛热应激的应用效果研究[D]. 北京：中国农业科学院，2014.
PAN L. Study on the application effect of *Bupleurum chinense* extract in relieving heat stress of dairy cows[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.

[7] 范彩云，苏娣，侍宝路，等. 柴胡提取物对热应激奶牛生产性能和血液代谢的影响[J]. 草业科学，2017，34(12)：2538-2545.
FAN C Y, SU D, SHI B L, et al. Effects of *Bupleurum* extract on the performance and blood metabolism in heat-stressed dairy cows[J]. Pratacultural Science, 2017, 34(12): 2538-2545.

[8] 张静娴，杜桂林，史吉平，等. 甘蓝尾菜与干水稻秸秆混贮的发酵品质、菌群演替及关键菌群研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2022，50(2)：90-102.
ZHANG J X, DU G L, SHI J P, et al. Fermentation quality, microflora succession and keystone taxa in co-ensiling of cabbage waste and dry rice straw[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2022, 50(2): 90-102.

[9] 靳思玉，李苗苗，王立超，等. 不同处理对斜茎黄芪青贮发酵品质及黄酮含量的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医，2020(6)：107-111.
JIN S Y, LI M M, WANG L C, et al. Effects of different treatments on fermentation quality and flavonoids content of *Astragalus obliquus* silage[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2020(6): 107-111.

[10] 陈志龙，李毓华，杨宇为，等. 不同处理方式对枸杞枝条青贮品质的影响[J]. 饲料研究，2020，43(6)：87-90.
CHEN Z L, LI Y H, YANG Y W, et al. Effect of different treatments on the silage quality of wolfberry branches[J]. Feed Research, 2020, 43(6): 87-90.

[11] 郭田心，阮诗诗，郭香，等. 不同复合菌酶添加对中药渣青贮饲料的营养价值及发酵品质的影响[J]. 草业学报，2024，33(10)：194-202.
GUO T X, RUAN S S, GUO X, et al. Effect of bacterial enzyme complexes on the quality of silage made from Chinese medicine crop residues[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2024, 33(10): 194-202.

[12] 潘小梅，彭荣，殷钟意，等. 柑橘皮渣青贮用优良乳酸菌的筛选及其青贮效果[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2017，45(4)：196-203，212.
PAN X M, PENG R, YIN Z Y, et al. Screening of excellent lactic acid bacteria for silage with *Citrus* peel residue and its silage effect[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2017, 45(4): 196-203, 212.

[13] SÁNCHEZ M T, RUIZ M A, LASSERROT A, et al. An improved ionic gelation method to encapsulate *Lactobacillus* spp. bacteria: protection, survival and stability study[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 69: 67-75.

[14] 陈雪，张洪瑞，王一凡，等. 通辽地区种植密度和添加剂对4个品种全株玉米青贮后发酵品质、营养成分和体外消化率的影响[J]. 动物营养学报，2024，36(3)：1977-1986.
CHEN X, ZHANG H R, WANG Y F, et al. Effects of planting density and additives on fermentation quality, nutrients and in vitro digestibility of four varieties of whole corn silage in Tongliao area[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2024, 36(3): 1977-1986.

[15] 冯骁骋，格根图，李长春，等. 青贮条件对天然牧草青贮饲料饲用品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2013，41(5)：9-13.
FENG X C, GE G T, LI C C, et al. Influence of silage condition on the natural grass silage feeding quality[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2013, 41(5): 9-13.

[16] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2版. 北京：中国农业大学出版社，2003.
ZHANG L Y. Feed analysis and feed quality detection technology[M]. 2 nd ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2003.

[17] 孙娟娟，阿拉木斯，白春生. 青贮饲料质量检测实用手册[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2017.
SUN J J, ALAMUS, BAI C S. Practical handbook of silage quality inspection[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2017.

[18] 邓寒霜，杨丽娜. 响应面法优化柴胡多糖提取工艺[J]. 中国现代中药，2018，20(6)：742-747.
DENG H S, YANG L N. Optimization of polysaccharide extraction from bupleuri *Radix* using response surface methodology[J]. Modern Chinese Medicine, 2018, 20(6): 742-747.

[19] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉：华中工学院出版社，1987.
DENG J L. Basic method of grey system[M]. Wuhan: Huazhong Institute of Technology Press, 1987.

[20] 韩路，贾志宽，韩清芳，等. 苜蓿种质资源特性的灰色关联度分析与评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2003，31(3)：59-64.
HAN L, JIA Z K, HAN Q F, et al. Relational grade analysis of grey theory and evaluation of characteristics of alfalafa germplasm resources[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2003, 31(3): 59-64.

[21] STOKES M R. Effects of an enzyme mixture, an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy produc-

中国知网　https://www.cnki.net

tion 1 [J]. Journal of Dairy Science, 1992, 75(3): 764-773.

[22] KUNG L, SHAVER R D, GRANT R J, et al. Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages[J]. Journal of Dairy Science, 2018, 101(5): 4020-4033.

[23] 袁丽环,魏学智. 榛子叶片营养成分的研究[J]. 中国野生植物资源,2009,28(1):48-49.
YUAN L H, WEI X Z. Study on nutritional components of hazelnut leaves[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2009, 28(1): 48-49.

[24] 任海伟,王莉,朱朝华,等. 白酒糟与菊芋渣混合青贮发酵品质及微生物菌群多样性[J]. 农业工程学报,2020,36(15):235-244.
REN H W, WANG L, ZHU Z H, et al. Ensiling co-fermentation quality and microbial community diversity of grain stiller and inulin processing residue from *Helianthus tuberosus*[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(15): 235-244.

[25] 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):2765-2774.
WANG Y F, JIANG F G, CHENG H J, et al. Effects of different silage additives on nutritional value, fermentation quality and rumen degradability of whole corn silage[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(6): 2765-2774.

[26] 王晓春,马晓霞,高婷,等. 不同青贮添加剂对饲用小黑麦青贮品质的影响[J]. 中国畜牧杂志,2024,60(2):342-345.
WANG X C, MA X X, GAO T, et al. Effects of different silage additives on silage quality of forage *Triticale*[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2024, 60(2): 342-345.

[27] 刘彦斌. 不同商品乳酸菌添加剂对全株玉米青贮品质及有氧稳定性的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2022.
LIU Y B. Effect of different commercial lactic acid bacteria on the quality and aerobic stability of whole corn silage[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2022.

[28] 曹志军,杨军香. 青贮制作实用技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2014.
CAO Z J, YANG J X. Practical technology of silage making [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2014.

[29] 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):2575-2583.
ZHANG H M, DUAN Z, LI X, et al. Actual research and application of the silage lactic acid bacteria additives[J]. Pratacultural Science, 2017, 34(12): 2575-2583.

[30] LEE H, SONG B, KIM H, et al. Butanol extracts of *Asparagus cochinchinensis* fermented with weissella cibaria inhibit iNOS-mediated COX-2 induction pathway and inflammatory cytokines in LPS-stimulated RAW264.7 macrophage cells [J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2017, 14(5): 4986-4994.

[31] KIM H I, KIM J K, KIM J Y, et al. Fermented red ginseng and ginsenoside Rd alleviate ovalbumin-induced allergic rhinitis in mice by suppressing IgE, interleukin-4, and interleukin-5 expression[J]. Journal of Ginseng Research, 2019, 43(4): 635-644.

[32] CHOI Y, BOSE S, SHIN N R, et al. Lactate-fortified puerariae radix fermented by *Bifidobacterium breve* improved diet-induced metabolic dysregulation via alteration of gut microbial communities[J]. Nutrients, 2020, 12(2): 276.

[33] 王洋,姚权,孙娟娟,等. 乳酸菌添加剂对苜蓿青贮品质和黄酮含量的影响[J]. 中国草地学报,2018,40(2):48-53.
WANG Y, YAO Q, SUN J J, et al. Effects of additives of lactic acid bacteria on alfalfa silage quality and flavonoids content [J]. Chinese Journal of Grassland, 2018, 40(2): 48-53.

(责任编辑:马秋明)

中国知网 https://www.cnki.net