



混合发酵对青贮饲料品质的影响

张俊龙 胡宏伟 张成虎

Effects of mixed fermentation on the quality of silage

ZHANG Junlong, HU Hongwei, ZHANG Chenghu

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0132>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

添加中药渣对全株玉米青贮感官和发酵品质及营养成分的影响

Effect of herbal medicine residues addition on the sensory evaluation, fermentation quality, and nutritional composition of whole corn silage

草业科学. 2017, 11(9): 1947 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0542>

柠檬酸添加剂对圆叶决明青贮饲料营养品质与发酵特性的影响

Effects of citric acid addition on nutritional quality and fermentation characteristics of *Chamaecrista rotundifolia* silage

草业科学. 2021, 38(9): 1762 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0349>

不同青贮添加剂对混播苜蓿营养品质和发酵特性的影响

Effects of different silage additives on the nutritional quality and fermentation characteristics of mixed alfalfa

草业科学. 2020, 37(12): 2603 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0068>

不同生长期对籽粒苋干草和青贮饲料品质的影响

Effect of growth stage on the quality of hay and silage of *Amaranthus hypochondriacus*

草业科学. 2019, 36(3): 871 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0309>

添加麦麸对饲料油菜与玉米秸秆混贮品质的影响

Effects of wheat bran supplementation on the quality of mixed silage from feed rape and corn straw

草业科学. 2020, 37(12): 2594 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0347>

花生秧、全株玉米不同混合比例及添加剂对青贮发酵品质和营养价值的影响

Mixed ratios and additives affect the quality of peanut vines and whole-plant corn in mixed silages

草业科学. 2019, 36(9): 2413 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0567>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0132

张俊龙, 胡宏伟, 张成虎. 混合发酵对青贮饲料品质的影响. 草业科学, 2023, 40(6): 1687-1694.

ZHANG J L, HU H W, ZHANG C H. Effects of mixed fermentation on the quality of silage. Pratacultural Science, 2023, 40(6): 1687-1694.

混合发酵对青贮饲料品质的影响

张俊龙, 胡宏伟, 张成虎

(兰州市畜牧兽医研究所, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 为探索3种饲草作青贮的最佳混合比例, 本试验采用单因素完全随机设计, 根据燕麦 (*Avena sativa*)、全株玉米 (*Zea mays*) 和大豆 (*Glycine max*) 秸秆质量的不同比例分为7个处理, 分别为90:0:10 (I)、72:18:10 (II)、54:36:10 (III)、45:45:10 (IV)、36:54:10 (V)、18:72:10 (VI)、0:90:10 (VII), 每个处理3个重复。按照1~2 cm的切割长度将3种饲草铡碎, 晾晒至含水量在65%~70%后按照设计比例混合均匀。用青贮裹包机制作成裹包青贮, 紧实度为600 kg·m⁻³, 单个包重55 kg, 裹包5层, 置于阴凉干燥处45 d后采样。结果表明: 青贮料感官品质随全株玉米占比增加而提高, 青贮料的芳香味变浓, 茎叶结构变完整, 色泽由淡褐色变为黄绿色。随着全株玉米占比提高, 丁酸、乙酸的含量均逐渐降低, 丁酸含量从处理I的0.89%降至处理VII的0.32% ($P < 0.01$); 乙酸含量从处理I的5.21%降至处理VII的3.07% ($P < 0.01$)。营养品质方面, 处理I干物质(DM)含量最高达34.60%, 与处理II差异不显著 ($P > 0.05$), 极显著高于其他各组 ($P < 0.01$); 处理I粗蛋白(CP)含量为7.62%, 极显著高于其他各组 ($P < 0.01$); 处理VI、VII中的中性洗涤纤维(NDF)含量在52%左右, 极显著低于其他各处理组 ($P < 0.01$); 处理V、VI、VII中的酸性洗涤纤维(ADF)含量在29%左右, 极显著低于其他各处理组 ($P < 0.01$); 处理VII中可溶性碳水化合物(WSC)含量为3.14%, 极显著高于其他各处理组 ($P < 0.01$)。综合考虑, 燕麦、全株玉米、大豆秸秆按照36:54:10的比例混合青贮, 其发酵品质及营养品质最好, DM、CP、NDF、ADF、WSC含量分别为33.30%、6.65%、53.48%、29.73%和2.71%。

关键词: 燕麦草; 全株玉米; 大豆秸秆; 青贮; 感官评定; 营养分析

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2023)06-1687-08

Effects of mixed fermentation on the quality of silage

ZHANG Junlong, HU Hongwei, ZHANG Chenghu

(Lanzhou Animal Husbandry and Veterinary Research Institute, Lanzhou 730050, Gansu, China)

Abstract: To explore the effect of mixing three types of forage grass with different mass percentages on silage quality, a single-factor complete random design was adopted. The seven treatments were as follows: oat (*Avena sativa*), corn silage (*Zea mays*), and soybean (*Glycine max*) straw-mixed silage (90:0:10 (I), 72:18:10 (II), 54:36:10 (III), 45:45:10 (IV), 36:54:10 (V), 18:72:10 (VI), and 0:90:10 (VII), with 3 repeats for each treatment. Three kinds of forage grass were ground into 1~2 cm pieces, air-dried until the water content was between 65% and 70%, and mixed evenly. Wrapped silage was prepared using a silage-wrapping machine with a compactness of 600 kg·m⁻³, and a single package weight of 55 kg, wrapped in five layers, placed in a cool and dry place, and sampled after 45 days. The results showed that with an increase in the proportion of corn silage, aroma of the silage became stronger, structure of stems and leaves became complete, and color changed from light brown to yellowish green. With an increase in the proportion of corn silage in the mixed ratio of oat and corn silage (fresh weight), the contents of butyric acid and acetic acid also decreased gradually, with

收稿日期: 2022-03-03 接受日期: 2023-02-22

第一作者: 张俊龙 (1971-), 男, 甘肃榆中人, 高级农艺师, 本科, 研究方向为畜牧科研推广。E-mail: 553637060@qq.com

通信作者: 张成虎 (1968-), 男, 甘肃永昌人, 研究员, 本科, 研究方向为畜牧兽医。E-mail: Zch12900@163.com

the content of butyric acid decreasing from 0.89% during treatment I to 0.32% during treatment VII. There was a significant difference among treatments ($P < 0.01$). The acetic acid content decreased from 5.21% in treatment I to 3.07% in treatment VII ($P < 0.01$). In terms of nutritional quality, the dry matter (DM) content in treatment I was the highest, reaching 34.60% (which was not significantly different from that in treatment II), whereas there was a significant difference between treatments I and the other treatments ($P < 0.01$). The content of crude protein (CP) in treatment I was the highest, reaching 7.62%, which was significantly different to that of the other treatments. The content of neutral detergent fiber (NDF) in treatment VI and VII was approximately 52%, which was significantly lower than that in other treatment groups ($P < 0.01$). The acid detergent fiber (ADF) content in treatments V, VI, and VII was approximately 29%, which was significantly lower than that in the other treatment groups ($P < 0.01$). The water-soluble carbohydrate (WSC) content in treatment VII was significantly higher than that in the other treatment groups ($P < 0.01$). Overall, the fermentation and nutritional qualities of oat: corn silage: soybean straw mixed silage at 36 : 54 : 10 in treatment V were the highest, whereas the DM, CP, NDF, ADF, and WSC contents were 33.30%, 6.65%, 53.48%, 29.73%, and 2.71%, respectively.

Keywords: oat; full storage corn; soybean straw; silage; sensory evaluation; nutrition analysis

Corresponding author: ZHANG Chenghu E-mail: Zch12900@163.com

粮改饲是我国饲草产业发展的重要策略,也是草牧业发展的内在需求。近年来,全国各地的粮改饲工作成效显著,有力推动了草牧业增产增收增效,成为“十三五”期间强农惠农政策体系的一大亮点。永登县作为甘肃省兰州市的农业大县,拥有丰富的饲草和秸秆资源,当地政府在粮改饲工作中紧密结合当地实际情况,将燕麦、全株玉米和大豆秸秆列为当地粮改饲工作的主要粗饲料资源。

燕麦 (*Avena sativa*) 又称皮燕麦、铃铛麦,是粮草兼用的作物^[1],在西北地区主要以制作青干草为主,较少用于青贮^[2]。优质的青贮全株玉米 (*Zea mays*) 含有较高的粗蛋白质以及高的淀粉、低纤维,生产中常作为反刍动物的重要粗饲料资源^[3]。大豆 (*Glycine max*) 秸秆所含营养成分能与禾本科牧草进行优势互补^[4]。研究表明,大豆秸秆粗蛋白质 (crude protein, CP)、中性洗涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF) 分别为 6.24%、57.93% 和 40.52%, 较传统作物水稻 (*Oryza sativa*)、小麦 (*Triticum aestivum*)、玉米秸秆营养丰富^[5-6]。永登县大量的夏大豆秸秆、早熟燕麦、青贮玉米的最佳收获期基本接近,均在 9 月中旬左右,此时期常受降雨天气影响,优质饲草和秸秆不能适时刈割,造成营养损失。闫艳红等^[7] 研究表明,阴雨天青贮,青贮料含水量过高 (> 85%), 容易引起酪酸发酵而失败,也不容易萎蔫到适宜青贮的含水量;原现军等^[8] 通过开展农作物秸秆与高水分牧草

混贮以降低其含水量,提升青贮饲料的发酵品质。本研究旨在充分利用大豆秸秆水分含量低、蛋白含量尚可^[9],以及饲用玉米、燕麦碳水化合物含量高的特点^[10],将含夏大豆秸秆与燕麦、全株玉米进行混合青贮,促进豆禾饲草秸秆之间的优势互补,筛选出混合青贮的最佳比例,改进混合青贮的原料结构,改善青贮饲料品质,为当地丰富的大豆秸秆与燕麦、全株玉米资源科学利用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验时间、地点与amp;材料

1.1.1 试验时间和地点

试验时间为 2019 年 9 月—10 月,试验地点为甘肃省兰州市永登县坪城乡永登益农种植养殖农民专业合作社。

1.1.2 青贮原料

供试材料为乳熟期的‘三星’早熟燕麦 (86 d 达到乳熟期)、蜡熟期的‘中玉 335’全株玉米和夏大豆秸秆。干物质含量及主要营养成分含量如表 1 所列。

1.2 试验设计

采用单因素完全随机设计,将燕麦、全株玉米、大豆秸秆按照鲜重质量百分比设 7 个处理,分别为 90 : 0 : 10 (I)、72 : 18 : 10 (II)、54 : 36 : 10 (III)、45 : 45 : 10 (IV)、36 : 54 : 10 (V)、18 : 72 : 10 (VI)、0 : 90 : 10 (VII),其中大豆秸秆的质量按照混合后总质量的

表 1 燕麦、全株玉米及大豆秸秆的主要营养指标
Table 1 The main nutritional indexes of oat, whole corn, and soybean straw

青贮原料 Ensilage material	干物质 Dry matter	粗蛋白质 Crude protein	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	水溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrate
燕麦草 Oat grass	31.85	9.13	55.65	31.57	7.91
全株玉米 Corn silage	30.07	7.05	54.20	30.32	9.23
大豆秸秆 Soybean straw	76.31	6.24	57.93	40.52	1.27

干物质为鲜重质量百分比, 其他为干基质量百分比。

The dry matter is the fresh weight percentage, and the other is the dry basis mass percentage.

10% 来添加 (依据预试验结果设置混合比例和大豆秸秆的添加量), 每个处理 3 个重复 (表 2)。

1.3 青贮原料调制

将适时收割 (2019 年 9 月 20 日) 的燕麦草 (乳熟期)、全株玉米 (玉米籽粒乳线在 1/2~3/4 时) 用铡刀切成 1~2 cm 的小段, 进行晾晒, 待含水量在 65%~70%, 按照上述试验设计比例混合均匀, 用青贮裹包机 (采用挪威 Orkel MP2000 捆裹包缠膜一体机, 供应商: 河北贺博农业科技有限公司) 制作成裹包青贮, 青贮包的重量约 55 kg, 紧实度为 600 kg·m⁻³, 裹包 5 层, 置于阴凉干燥处。

1.4 青贮采样

青贮 45 d 后打开裹包, 除去裹包边缘 5 cm 的青贮料, 取每个处理组合的 20 cm 深处的 500 g 的样品充分混匀, 对混贮料的发酵品质及营养含量进行检测分析。

1.5 检测指标和方法

1.5.1 感官评定

感官评定依据德国农业协会发布的方法进行评分^[11], 从色泽、气味和质地 3 个方面进行感官评价。满分 20 分, 气味占 14 分, 质地占 4 分, 色泽占 2 分, 综合得分 16~20 为一级优良, 10~15 为二级尚好, 5~9 为三级中等, 0~4 为腐败。

1.5.2 青贮料发酵品质分析

按照《青贮饲料质量评定标准 (试行)》^[12] 制取浸提液, 使用高效液相色谱仪 (Agilent 1200) 测定丁酸 (butyric acid, BA) 和乙酸 (acetic acid, AA) 的含量。色谱条件: 色谱柱采用 Shodex Rspark KC~811S~DVB gel Column 30 × 8 mm; 检测器采用 SPD~M10AVP; 流动相 3 mmol·L⁻¹ 高氯酸溶液; 流速 1 mL·min⁻¹; 柱温为 50 °C 检测波长为 210 nm; 进样量 10 μL。

1.5.3 青贮料营养分析

采用烘干法 (105 °C 温度条件下) 测定干物质 (dry matter, DM) 含量^[13]。粗蛋白质含量采用凯氏定氮法 (KJELTEC AUTO 1030 Analyzer 凯氏定氮仪, Tecator) 检测^[14]。酸性洗涤性纤维和中性洗涤性纤维含量采用范式纤维测定法^[15]。水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 含量采用蒽酮—硫酸法^[16] 检测。

1.6 青贮料评分

采用 Kaiser 等^[17] 提出的青贮发酵品质评定标准。该评定标准以丁酸和乙酸在青贮饲料中的占比作为青贮料发酵品质的测定指标 (表 3)。

1.7 数据统计分析

用 SPSS 19.0 对数据方差分析, 用 LSD (least-

表 2 试验设计
Table 2 Experimental design

原料 Ingredient	处理组合 Test treatment combination						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
燕麦 Oat	90	72	54	45	36	18	0
全株玉米 Corn silage	0	18	36	45	54	72	90
大豆秸秆 Soybean straw	10	10	10	10	10	10	10

表3 青贮饲料发酵品质评价体系
Table 3 Evaluation system of silage fermentation quality

丁酸 Butyric acid		乙酸 Acetic acid		总分 Total score	级别 Mark
含量 Content/%	得分 Points	含量 Content/%	得分 Points		
(0, 0.3]	100	≤3.0	0	90~100	1
(0.3, 0.4]	90	3.0~3.5	-10	72~89	2
(0.4, 0.7]	80	3.5~4.5	-20	52~71	3
(0.7, 1.0]	70	4.5~5.5	-30	30~51	4
(1.0, 1.3]	60	5.5~6.5	-40	< 30	5
(1.3, 1.6]	50	6.5~7.5	-50		
(1.6, 1.9]	40	7.5~8.5	-60		
(1.9, 2.6]	30	> 8.5	-70		
(2.6, 3.6]	20				
(3.6, 5.0]	10				
> 5.0	0				

来源于参考文献[15].

Derived from reference [15].

significant difference) 最小显著性差异法对各处理间进行多重比较, 结果用“平均数 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 青贮料感官评价

3种青贮原料不同比例混合青贮后的感官有明显不同(表4)。处理组I为90%的燕麦草与10%大豆秸秆混合, 青贮料有刺鼻的丁酸气味, 茎叶结构保持较差, 叶脉不清晰, 颜色为淡褐色, 品质判定为中等; 处理II、III、IV组青贮料有轻淡芳香味, 茎叶结构保持较为完整, 色泽为淡黄色, 判定为感官品质尚好; 处理组V、VI、VII青贮料芳香味浓郁, 茎叶结构保持良好, 色泽为黄绿色, 基本接近原料颜色, 评定为优良。

2.2 青贮料营养品质

随着燕麦与全株玉米混合比例中全株玉米占比的增加, 青贮料的干物质(DM)含量逐渐降低(表5)。处理I和处理II的DM含量最高, 分别为34.60%和34.53%, 两者间差异不显著($P > 0.05$), 且两者DM含量极显著高于其他各处理组($P < 0.01$); 处理III、IV、V、VI中的DM含量介于33%~34%, 处于中等

水平, 处理III、IV的DM含量差异不显著($P > 0.05$), 但与处理V、VI存在显著差异($P < 0.05$); 处理VII的DM含量最低, 与其他各处理差异极显著($P < 0.01$)。

各处理的CP含量随着燕麦与全株玉米混合比例中全株玉米占比的增加呈现降低趋势(表5)。处理I的CP含量最高, 为7.62%, 极显著高于其他各处理组($P < 0.01$); 处理III、IV、V的CP含量在6.7%左右, 处于7个处理的中间水平, 与处理I、II、VI、VII差异极显著($P < 0.01$); 处理VI、VII的CP含量较低, 与其他各处理差异极显著($P < 0.01$)。

各处理的中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量随着混合比例中全株玉米占比的增加逐步降低(表5)。处理I、II的NDF含量较高, 在55%以上, 两者之间差异不显著($P > 0.05$), 但极显著高于其他各处理组($P < 0.01$); 处理III、IV、V的NDF含量介于53%~54%, 与其他4个处理差异极显著($P < 0.01$); 处理VI、VII的NDF含量稍高于52%, 极显著低于其他各处理组($P < 0.01$)。处理I、II的ADF含量最高, 在32%以上, 极显著高于其他各处理组($P < 0.01$); 处理III、IV的ADF含量介于30%~31%, 与其他处理差异极显著($P < 0.01$); 处理V、VI、VII的ADF含量介于29%~30%, 极显著低于

表 4 不同比例混合青贮感官评定
Table 4 Sensory evaluation of mixed silage in different proportions

处理组 Treatment group	气味 Scent	质地 Texture	色泽 Color	总分 Total score	等级 Grade
I	刺鼻的丁酸味, 4分 Pungent smell of butyric acid, 4 points	茎叶结构保持较差, 2分 The maintenance of stem and leaf structure is poor, 2 points	淡褐色, 2分 Light brown, 2 points	8	中等 Medium
II	芳香味弱, 10分 Light fragrance, 10 points	茎叶结构保持较差, 2分 The maintenance of stem and leaf structure is poor, 2 points	淡黄色1分 Light yellow, 1 point	13	尚好 Acceptable
III	芳香味弱, 10分 Light fragrance, 10 points	茎叶结构保持良好, 4分 The maintenance of stem and leaf structure is well, 4 points	淡黄色, 1分 Light yellow, 1 point	15	尚好 Acceptable
IV	芳香味弱, 10分 Light fragrance, 10 points	茎叶结构保持良好, 4分 The maintenance of stem and leaf structure is well, 4 points	淡黄色, 1分 Light yellow, 1 point	15	尚好 Acceptable
V	芳香味强, 14分 Strong fragrance, 14 points	茎叶结构保持良好, 4分 The maintenance of stem and leaf structure is well, 4 points	黄绿色, 1分 Yellowish green, 1 point	19	优良 Good
VI	芳香味强, 14分 Strong fragrance, 14 points	茎叶结构保持良好, 4分 The maintenance of stem and leaf structure is well, 4 points	黄绿色, 1分 Yellowish green, 1 point	19	优良 Good
VII	芳香味强, 14分 Strong fragrant, 14 points	茎叶结构保持良好, 4分 The maintenance of stem and leaf structure is well, 4 points	黄绿色, 2分 Yellowish green, 2 points	20	优良 Good

处理组同表2; 下表同。

The processing group is the same as Table 2. This is applicable for the following tables as well.

表 5 不同比例混合青贮料的主要营养指标评价
Table 5 Evaluation of the main nutritional indexes of mixed silage with different proportions

处理 Treatment	干物质 Dry matter/%	粗蛋白质 Crude protein/%	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber/%	水溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrate/%
I	34.60 ± 0.11Aa	7.62 ± 1.02Aa	55.60 ± 1.99Aa	32.56 ± 0.93Aa	1.27 ± 0.01Ff
II	34.53 ± 0.03Aa	7.41 ± 0.97Bb	55.42 ± 2.03Aa	32.34 ± 0.84Aa	2.11 ± 0.04Ee
III	33.92 ± 0.12Bb	6.75 ± 1.04Cc	53.59 ± 1.25Bb	30.71 ± 0.61Bb	2.42 ± 0.01Dd
IV	33.71 ± 0.54Bb	6.74 ± 0.89Cc	53.51 ± 1.97Bb	30.57 ± 0.37Bb	2.43 ± 0.10Dd
V	33.30 ± 0.23Bc	6.65 ± 0.79Dd	53.48 ± 1.82Bb	29.73 ± 0.06Cc	2.71 ± 0.07Cc
VI	33.29 ± 0.31Cd	6.26 ± 1.01Ee	52.17 ± 1.05Cc	29.65 ± 0.82Cc	3.07 ± 0.19Bb
VII	32.17 ± 0.57De	5.84 ± 1.20Ff	52.07 ± 1.16Cc	29.50 ± 0.76Cc	3.14 ± 0.05Aa

同列不同大写字母表示不同处理间在0.01水平上差异显著, 同列不同小写字母表示不同处理间在0.05水平上差异显著。表6同。

Different capital and lowercase letters within the same column indicate significant difference between different treatments at 0.05 and 0.01 levels, respectively. This is applicable for Table 6 as well.

其他各处理组 ($P < 0.01$)。

随着燕麦与全株玉米混合比例中全株玉米占比的增加, 各处理中的水溶性碳水化合物 (WSC) 含量缓慢增加 (表 5)。处理 I 的 WSC 含量为 1.27%, 极显著低于其他各处理组 ($P < 0.01$); 处理 II、III、IV、V 中的 WSC 含量介于 2%~3%, 处于中等水平, 与

其他 3 个处理呈极显著差异 ($P < 0.01$); 处理 VI、VII 中的 WSC 含量最高, 高于 3%, 与其他处理差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.3 青贮料发酵品质及评分

混合青贮料的丁酸含量和乙酸含量随着混合比例的不同而不同 (表 6)。随着燕麦与全株玉米混合

表6 不同比例混合青贮料的发酵品质评价
Table 6 Evaluation of the fermentation quality of mixed silage with different proportions

处理 Treatment	丁酸 Butyric acid		乙酸 Acetic acid		总分 Total score	级别 Mark
	含量 Content/%	得分 Points	含量 Content/%	得分 Points		
I	0.89 ± 0.03Aa	70	5.21 ± 0.01Aa	-30	40	4
II	0.65 ± 0.01Bb	80	4.41 ± 0.03Bb	-20	60	3
III	0.62 ± 0.02Bb	80	3.95 ± 0.04Cc	-20	60	3
IV	0.58 ± 0.01Cc	80	3.64 ± 0.02Dd	-20	60	3
V	0.50 ± 0.01Dd	80	3.64 ± 0.02Dd	-20	60	3
VI	0.36 ± 0.01Ee	90	3.31 ± 0.03Ee	-10	80	2
VII	0.32 ± 0.02Ef	90	3.07 ± 0.07Ef	-10	80	2

比例中全株玉米占比的增加,丁酸的含量逐渐降低,从处理 I 的 0.89% 降至处理 VII 的 0.32%。处理 I、II、IV、V、VI 之间的丁酸含量存在极显著差异 ($P < 0.01$), 处理 II 和处理 III 之间丁酸含量差异不显著 ($P > 0.05$)。随着燕麦与全株玉米混合比例中全株玉米占比的增加,乙酸的含量也呈逐渐降低趋势。处理 IV、V 之间的乙酸含量差异不显著 ($P > 0.05$), 与其他各处理组差异极显著 ($P < 0.01$)。各处理中,总分最高的为处理 VI 和处理 VII, 得分为 80 分, 级别为 2 级; 处理 II ~ V 总分均为 60 分, 级别为 3 级; 处理 I 得总分最少, 为 40 分, 级别为 4 级。

3 讨论

燕麦和全株玉米是生产中常见的优质饲草, 燕麦虽属于禾本科饲草, 但 CP 含量相对较高, 郭婷等^[18]研究表明, ‘白燕 2 号’、‘白燕 7 号’、‘白燕 8 号’单贮的 CP 含量分别为 11.52%、10.55% 和 11.07%, 青贮缓冲能偏高, pH 不易降低, 青贮难度较大, 这与陈玲玲等^[19]的研究结果一致。本研究将 3 种豆禾饲草混合青贮, 一方面, 可以充分利用燕麦 CP 含量较高、全株玉米 WSC 含量高可很好地为青贮提供发酵底物的特点^[20], 以及大豆秸秆粗纤维较高、水分含量低、粗蛋白含量尚可的特点, 将禾本科饲草与豆科饲草进行混合青贮, 形成 3 种青贮原料的优势互补; 另一方面, 可以减少生产中大豆秸秆非饲料化利用造成的浪费, 并有效克服饲草收割时期连续降雨造成晾晒困难的情况。因在前期预试验中添加高于 10% 的大豆秸秆发现青贮时间明显变长且青贮料品质不佳, 故本研究将大豆秸秆按照混合青贮

饲料总重的 10% 进行添加, 以在保证青贮品质的同时促进大豆秸秆利用最大化。

青贮料感官评价发现, 试验处理 I (燕麦 90% + 大豆秸秆 10%) 评定等级在 7 个处理中最低, 有丁酸的刺激性气味, 茎叶结构保持较差, 色泽淡褐色, 评定等级为中等。而随着其他处理中全株玉米占比的增加, 感官评价等级由尚好变为优良。这可能与全株玉米 WSC 含量高易制作青贮, 而燕麦和豆秸秆 WSC 含量低, 以及大豆秸秆粗纤维与木质素较高也不易青贮有关。

郭旭生等^[21]报道, 乳酸含量不宜作部分牧草评定方法的标准; 由于青贮料中乙酸和丁酸的含量均能够准确地评价青贮饲料的厌氧稳定阶段和二次发酵阶段的发酵品质^[22], 因此, 本研究采用了 Kaiser^[17]提出的新型牧草青贮发酵品质评定体系, 该方法突破了传统的评定体系, 不再将乳酸菌和氨态氮作为评定青贮料发酵品质好坏的标准。本研究中, 随着青贮玉米在混合青贮中的占比增加, 乙酸和丁酸的含量随之降低, 青贮品质逐渐提高; 当混合青贮中燕麦草、全株玉米、大豆秸秆分别为 36 : 54 : 10 (V) 时, 发酵品质达到了优良, 这可能是混合比例中全株玉米占比较高时, WSC 含量也相对较高, 较易制作成青贮饲料。

研究表明, 粗饲料的营养成分在一定程度上会影响瘤胃的降解特性和利用效率^[23]。本研究在青贮后各处理的营养物质含量与青贮前按不同处理进行混合后计算的营养指标理论值相比均有所降低, 这主要是因为青贮过程中微生物发酵需要消耗营养。处理 I 青贮后的 CP 含量最高, 达到了 7.62%,

但仍低于青贮前的 CP 含量,这应与青贮后蛋白质损失有关。NDF 和 ADF 作为十分重要的饲料营养指标, NDF 越高则干物质的采食量越低, ADF 越高则干物质的消化率越低;本研究 NDF 和 ADF 含量从处理 I 至处理 VII 呈缓慢下降趋势,表明通过混合青贮有利于饲草营养的改善。WSC 是青贮饲料发酵过程中乳酸菌繁殖发酵的基质,较高的 WSC 含量可确保乳酸菌快速繁殖形成大量乳酸,促使 pH 迅速下降,有效抑制不良发酵,提高青贮的品质和成功率^[24];本研究青贮后各处理 WSC 含量总体上较青贮前显著下降,含量最高的处理 VII 才达到 3.14%;青贮后各处理的 WSC 含量从处理 I 至处理 VII 呈缓慢上升趋势,从 1.27% 上升到了 3.14%,这可

能是全株玉米本身 WSC 含量较高且在混合比例中的占比提高的原因。

4 结论

将禾本科、豆科饲草秸秆混合青贮,可以充分利用不同类型饲草的特点,达到优势互补、营养均衡的效果。用燕麦、全株玉米、大豆秸秆制作青贮饲料,从保证混合青贮饲料品质和充分利用大豆秸秆方面综合考虑,推荐燕麦:全株玉米:大豆秸秆按照 36:54:10 的比例混合青贮,DM、CP、NDF、ADF、WSC 含量分别为 33.30%、6.65%、53.48%、29.73% 和 2.71%,青贮饲料感官优良,营养品质均衡良好,发酵品质优良。

参考文献 References:

- [1] 赵桂琴. 饲用燕麦及其栽培加工. 北京: 科学出版社, 2016.
ZHAO G Q. Forage Oat and Its Cultivation and Processing. Beijing: Science Press, 2016.
- [2] 李生荣. 燕麦青贮饲草的制作技术. 草业与畜牧, 2008, 29(5): 55.
LI S R. Production technology of oat silage forage. Prataculture & Animal Husbandry, 2008, 29(5): 55.
- [3] HRISTOV A N, HARPER M T, ROTH G. Effects of ensiling time on corn silage neutral detergent fiber degradability and relationship between laboratory fiber analyses and in vivo digestibility. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103(3): 2333-2346.
- [4] 罗燕, 陈天峰, 李君临, 郭旭生, 玉柱, 张新全, 闫艳红. 多花黑麦草与大豆秸秆混合青贮品质的研究. 草地学报, 2015, 23(1): 200-204.
LUO Y, CHEN T F, LI J L, GUO X S, YU Z, ZHANG X Q, YAN Y H. Study on the nutritional quality of italian ryegrass and soybean straw mixed Silages. *Acta Agrestia Sinica*, 2015, 23(1): 200-204.
- [5] 曹国良, 张小曳, 郑方成, 王亚强. 中国大陆秸秆露天焚烧的量的估算. *资源科学*, 2006, 1(1): 9-14.
CAO G L, ZHANG X Y, ZHENG F C, WANG Y Q. Estimation of crop burning in Chinese mainland. *Resource Science*, 2006, 1(1): 9-14.
- [6] 陈君琛, 郑金贵, 黄勤楼, 涂杰峰. 若干农作物秸秆的饲料价值研究. 饲料博览, 1997, 9(3): 17-18.
CHEN J C, ZHENG J G, HUANG Q L, TU J F. Study on feed value of some crop straws. *Feed Review*, 1997, 9(3): 17-18.
- [7] 闫艳红, 李君临, 郭旭生, 玉柱, 张新全, 孙娟娟, 罗燕. 多花黑麦草与大豆秸秆混合青贮发酵品质的研究. *草业学报*, 2014, 23(4): 94-99.
YAN Y H, LI J L, GUO X S, YU Z, ZHANG X Q, SUN J J, LUO Y. A study on fermentation quality of Italian ryegrass and soybean straw mixed silage. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(4): 94-99.
- [8] 原现军, 余成群, 李志华, 下条雅敬, 邵涛. 西藏青棵秸秆与多年生黑麦草混合青贮发酵品质的研究. 草业学报, 2012, 21(4): 325-330.
YUAN X J, YU C Q, LI Z H, Masataka Shimojo, SHAO T. A study on fermentation quality of mixed silages of hullless barley straw and perennial ryegrass in Tibet. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(4): 325-330.
- [9] 王林, 孙启忠, 张慧杰. 苜蓿与玉米混贮质量研究. 草业学报, 2012, 20(4): 202-209.
WANG L, SUN Q Z, ZHANG H J. A study on quality of mixed silage of alfalfa and corn. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 20(4): 202-209.
- [10] 张效梅, 乔治军, 李峰. 我国青贮玉米的研究现状及市场前景. 科技情报开发与经济, 2004, 14(6): 76-77.
ZHANG X M, QIAO Z J, LI F. Research status and market prospect of silage maize in China. *Science and Technology Information*

- Development and Economy, 2004, 14(6): 76-77.
- [11] 张子仪. 中国饲料学. 北京: 中国农业出版社, 2000: 1011.
ZFIANG Z Y. Chinese Feed Science. Beijing: China Agricultural Press, 2000: 1011.
- [12] 浙江大学动物科学学院. 青贮饲料质量评定标准(试行). 中国饲料, 1996(21): 5-8.
College of Animal Science, Zhejiang University. Silage quality assessment criteria (trial). China Feed, 1996(21): 5-8.
- [13] 任海伟, 赵拓, 李金平, 李雪雁, 李志忠, 徐娜, 王永刚, 喻春来, 高晓航, 王晓力. 玉米秸秆与废弃白菜混贮料的发酵特性及其乳酸菌分离鉴定. 草业科学, 2015, 32(9): 1508-1517.
REN H W, ZHAO T, LI J P, LI X Y, LI Z Z, XU N, WANG Y G, YU C L, GAO X H, WANG X L. Identification of lactic acid bacteria and fermentation characteristics of mixed ensilages of corn stover and cabbage waste. Pratacultural Science, 2015, 32(9): 1508-1517.
- [14] 王思伟, 李魁英, 张海娜, 李元迎, 石少轻, 王昆. 花生秧、全株玉米不同混合比例及添加剂对青贮发酵品质和营养价值的影响. 草业科学, 2019, 36(9): 2413-2422.
WANG S W, LI K Y, ZHANG H N, LI Y Y, SHI S Q, WANG K. Mixed ratios and additives affect the quality of peanut vines and whole plant corn in mixed silages. Pratacultural Science, 2019, 36(9): 2413-2422.
- [15] 王力生, 齐永玲, 陈芳, 李大威, 程茂基. 不同添加剂对笋壳青贮品质和营养价值的影响. 草业学报, 2013, 22(5): 326-332.
WANG L S, QI Y L, CHEN F, LI D W, CHENG M J. Effects of different additives on quality and nutritional value of bamboo shoot shell silage. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(5): 326-332.
- [16] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业科技出版社, 2003: 46-55.
ZHANG L Y. Feed Analysis and Feed Quality Detection Technology. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 46-55.
- [17] KAISER E, WEIB K, KRAUSE R. A new system for the evaluation of the fermentation quality of silages// PARK R S, STRONGE M D. Proceedings of the XIV International Silage Conference, A Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress. Bellast: Northern Ireland, 2005: 275.
- [18] 郭婷, 杨雪娇, 张越利, 王红俊, 杨云贵. 燕麦品种及其与全株玉米质量比对青贮效果的影响. 西北农林科技大学学报, 2014, 42(9): 27-32.
GUO T, YANG X Q, ZHANG Y L, WANG H J, YANG Y G. Effects of oat cultivars and their mass ratios to whole corn on mixed silage. Journal of Northwest A & F University, 2014, 42(9): 27-32.
- [19] 陈玲玲, 乌艳红, 杨秀芳, 娜日苏, 梁庆伟, 吕宁. 禾本科饲料作物营养价值比较研究. 饲料研究, 2012, 35(7): 83-84.
CHEN L L, WU Y H, YANG X F, NA R S, LIANG Q W, LYU N. Comparative study on nutritional value of gramineous feed crops. Feed research, 2012, 35(7): 83-84.
- [20] 张秀芳. 饲草饲料加工与贮藏. 北京: 中国农业出版社, 1999.
ZHANG X F. Forage Processing and Storage. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [21] 郭旭生, 丁武容, 玉柱. 青贮饲料发酵品质评定体系及其新进展. 中国草地学报, 2008, 30(4): 100-106.
GUO X S, DING W R, YU Z. The Evaluation system of fermentation quality of ensiled forage and its improvement. Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(4): 100-106.
- [22] KAISER E, WEIB K, KRAUSE R. Vorschlag zur beurteilung der Gärqualität von grassilagen proceedings 111, VDLUFA~ Kongreß. Halle, 1999(1): 385-388.
- [23] HAO X Y, XIN H S, GAO H, ZHANG X Y, LIN C, XU W B, WANG Y Z, ZHANG Y G. Relationship between the physical parameters, chemical compositions and rumen degradation kinetics parameters of certain feedstuffs for ruminants. Animal Feed Science and Technology, 2016, 211(1): 84-91.
- [24] 于杰, 郑琛, 李发弟, 郭艳丽, 赵栋. 向日葵秸秆与全株玉米混合青贮饲料品质评定. 草业学报, 2013, 22(5): 198-204.
YU J, ZHENG C, LI F D, GUO Y L, ZHAO D. An evaluation of mixed ensiling sunflower straw and whole corn on silage quality. Acta Prataculturae Sinica, 2013, 22(5): 198-204.

(责任编辑 魏晓燕)