



苧麻副产物与水稻秸秆混合青贮效果评价

唐艳仪 周琳 揭红东 何鹏亮 赵龙 揭雨成

Evaluation of the effect of mixed silage of ramie by-products and rice straw

TANG Yanyi, ZHOU Yuelin, JIE Hongdong, HE Pengliang, ZHAO Long, JIE Yucheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0588>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

“海水稻” 秸秆饲用价值及其干燥过程的变化

Effect of drying time on the feed value and dynamic changes in “Sea Rice” straw

草业科学. 2022, 39(5): 1039 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0475>

不同含水量和添加剂对辣椒秸秆青贮品质及营养价值的影响

Effects of different moisture content and additives on the quality and nutritional value of pepper straw silage

草业科学. 2024, 41(10): 2435 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0363>

添加油橄榄果渣对玉米秸秆青贮品质的影响

Effect of olive cake on the fermentation quality of corn stalk silage

草业科学. 2024, 41(3): 762 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0063>

混合发酵对青贮饲料品质的影响

Effects of mixed fermentation on the quality of silage

草业科学. 2023, 40(6): 1687 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0132>

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>

藜麦副产物常规养分与抗营养因子的检测及饲用价值评价

Detection of conventional nutrients and anti-nutritional factors in *quinoa* byproducts, and evaluation of their feeding value

草业科学. 2023, 40(3): 806 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0665>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2023-0588

唐艳仪, 周玥琳, 揭红东, 何鹏亮, 赵龙, 揭雨成. 苎麻副产物与水稻秸秆混合青贮效果评价. 草业科学, 2024, 41(12): 3025-3032.

TANG Y Y, ZHOU Y L, JIE H D, HE P L, ZHAO L, JIE Y C. Evaluation of the effect of mixed silage of ramie by-products and rice straw. Pratacultural Science, 2024, 41(12): 3025-3032.

苎麻副产物与水稻秸秆混合青贮效果评价

唐艳仪^{1,2}, 周玥琳^{1,2}, 揭红东^{1,2}, 何鹏亮^{1,2}, 赵 龙^{1,2}, 揭雨成^{1,2}

(1. 湖南农业大学苎麻研究所, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省草类作物种质创新与利用工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要: 为合理开发和利用农业副产物资源, 研究不同比例苎麻 (*Boehmeria nivea*) 副产物和水稻 (*Oryza sativa*) 秸秆混合青贮对其发酵品质及营养品质影响, 以期筛选出适宜的混合青贮比例, 为调制高品质的青贮饲料提供理论依据。本研究将苎麻副产物和水稻秸秆混合青贮比例分别设置为 98:0 (CK)、90:8 (A)、80:18 (B)、70:28 (C)、60:38 (D) 5 组, CK 组和各混合青贮组分别加 2% 蔗糖, 青贮 30 d 后开包取样检测混合青贮饲料发酵品质、营养品质。结果表明: 各混合青贮组和 CK 组, 感官评价都达到二级良好以上, B 组混合青贮感官评价最佳, 达到一级优等。B 组 pH 最低, 为 4.16; NH₃-N/TN 含量最低, 为 4.73%; 乳酸菌 (LA) 含量最高, 为 4.83%, 根据 V-Score 评分可知, 各混合青贮组的发酵品质都达到优, B 组发酵品质最好, 达 93.0 分。各混合青贮组随着水稻秸秆的增加, 中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF) 含量增加, 显著高于 CK 组 ($P < 0.05$), 各混合青贮组 NDF、ADF 含量差异显著 ($P < 0.05$); 粗蛋白 (CP)、干物质摄入量 (DMI)、干物质消化率 (DDM)、相对饲喂价值 (RFV)、总可吸收营养物质 (TDN) 随着水稻秸秆的增加而降低。综合发酵品质、营养品质和饲用价值, 以 B 组 (80% 苎麻副产物 + 18% 水稻秸秆 + 2% 蔗糖) 混合青贮组的生产应用价值较高。

关键词: 青贮; 苎麻; 水稻秸秆; 感官评分; 营养品质; 发酵品质; 饲用价值

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)12-3025-08

Evaluation of the effect of mixed silage of ramie by-products and rice straw

TANG Yanyi^{1,2}, ZHOU Yuelin^{1,2}, JIE Hongdong^{1,2}, HE Pengliang^{1,2}, ZHAO Long^{1,2}, JIE Yucheng^{1,2}

(1. Institute of Ramie, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China;

2. Hunan Provincial Research Center or Engineering Technology for Grass Crop Germplasm
Innovation and Utilization, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract: In order to develop and utilize agricultural by-product resources reasonably, this study investigates the effects of different proportions of *Boehmeria nivea* by-products and *Oryza sativa* straw mixed silage on their fermentation quality and nutritional quality. The aim is to screen out suitable mixed silage ratios and provide theoretical basis for preparing high-quality silage feed. In this study, the mixed silage ratios of ramie by-products and rice straw were set to 5 groups: 98:0 (CK), 90:8 (A), 80:18 (B), 70:28 (C), and 60:38 (D). The CK group and each mixed silage group were added with 2% sucrose, and after 30 days of silage, the fermentation quality and nutritional quality of the mixed silage feed were tested by opening the package for sampling. The results showed that the sensory evaluation of each mixed silage group and CK group reached level 2 or above, while group B had the best sensory evaluation of mixed silage, reaching level 1 excellence. Group B has the lowest pH value of 4.16; The NH₃-N/TN content is the lowest, at 4.73%; The highest content of lactic acid was

收稿日期: 2023-10-27 接受日期: 2023-12-19

基金项目: 湖南省草食动物产业技术体系牧草种植与秸秆加工利用岗位专家专项 (2019-2023); 国家饲草与饲用资源分库项目 (NCGRC-2020-48)

第一作者: 唐艳仪 (1999-), 女, 广西大化人, 硕士, 研究方向为作物秸秆加工与利用。E-mail: 1845552150@qq.com

通信作者: 揭雨成 (1966-), 男, 湖南桃源人, 教授, 博士, 研究方向为麻类及草类作物种质创新与利用。E-mail: ibfcjyc@vip.sina.com

4.83%. According to the V-Score, the fermentation quality of each mixed silage group reached excellent, the B group having the best fermentation quality, reaching 93.0 points. The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in each mixed silage group increased significantly with the increase of rice straw, which was significantly higher than CK ($P < 0.05$). There was a significant difference in NDF and ADF content among the mixed silage groups ($P < 0.05$); crude protein, dry matter intake, digestible dry matter, relative feed value, and total digestible nutrient decrease with the increase of rice straw. Based on the comprehensive fermentation quality, nutritional quality, and feeding value, the production and application value of Group B (80% ramie by-products + 18% rice straw + 2% sucrose) mixed silage group is relatively high.

Keywords: silage; ramie; rice straw; sensory scores; nutritional quality; fermentation quality; feed value

Corresponding author: JIE Yucheng E-mail: ibfcjyc@vip.sina.com

苧麻 (*Boehmeria nivea*) 在我国南方种植面积广, 具有生物产量高、分蘖能力强、再生性和适应性强等特点^[1], 但是历年来只对占整个植株 4% 左右的纤维部分加以利用, 近 96% 整株部分的副产物很少被利用, 造成极大的资源浪费^[2]。苧麻叶和嫩枝中的粗蛋白和粗脂肪含量与苜蓿 (*Medicago sativa*) 相似, 而粗纤维和中性洗涤纤维高于苜蓿^[3]。苧麻蛋白质含量可高达 22.38%, 必需氨基酸含量高达 7.26%^[4]。苧麻嫩茎叶中组成蛋白质的氨基酸含量丰富, 包括 17 种氨基酸且以谷氨酸、天冬氨酸含量最高, 其次是亮氨酸, 必需氨基酸占氨基酸总量的 44.0% 左右。其中, 动物重要的限制性氨基酸—赖氨酸含量在 1.02% 左右, 占氨基酸总量的近 5.50%^[5-7]。氨基酸组成及平衡是营养评价的主要指标, 故而苧麻可认为是一种营养价值较高的优质蛋白质类饲料原料资源^[8]。但是由于苧麻副产物水分含量高, 粗蛋白含量高, 可溶性碳水化合物含量低, 单独青贮加工具有较大难度, 不易调制出高品质的青贮饲料^[9]。

混合青贮具有青贮原料间互补的作用, 选择合适的青贮原料进行搭配后混合青贮不但能弥补原料之间的缺陷, 降低青贮难度, 还能提高青贮品质^[10]。风干的水稻 (*Oryza sativa*) 秸秆资源丰富, 含水量低, 易于贮存, 且吸水性强, 常用作混合青贮原料。李君临等^[11]研究发现, 多花黑麦草 (*Lolium multiflorum*) 与水稻秸秆混合青贮可以降低氨态氮/总氮的值以及丙酸和丁酸的含量, 提高 V-Score 得分, 整体改善青贮饲料的发酵品质, 以 7:3 混贮发酵品质最好, V-Score 评分为优级。蒋慧等^[12]对骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*) 与水稻秸秆混合青贮研究发现, 骆驼刺占混贮料的 40% 以上时就能显著降低青贮料中丁酸的含量, 改善稻草的青贮品质。

本研究以苧麻副产物和水稻秸秆为试验材料, 分析不同比例苧麻副产物和水稻秸秆混合青贮对青贮饲料感官评分、营养成分、青贮品质的影响, 以为生产优质苧麻副产物青贮饲料提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料: 水稻秸秆为去除籽粒的茎叶, 苧麻品种为‘湘饲纤兼用 1 号’。苧麻副产物包括麻骨、麻叶、麻壳。两种试验材料均收集于湖南农业大学耘园试验基地。青贮前各材料的主要化学成分如表 1 所列。

表 1 苧麻副产物和水稻秸秆的营养成分 (干物质基础)
Table 1 Nutrient composition of ramie by-products and rice straw (dry matter basis)

指标 Item	苧麻副产物 Ramie by-products	水稻秸秆 Rice straw
干物质 Dry matter (DM)/%	25.49	90.17
粗蛋白 Crude protein (CP)/%	17.24	4.15
可溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrate (WSC)/%	3.59	3.47
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF)/%	59.85	69.72
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF)/%	36.15	40.49
粗脂肪 Ether extract (EE)/%	2.84	2.19
粗灰分 Crude ash (Ash)/%	11.42	12.98

1.2 试验设计

将收集到的苧麻副产物与水稻秸秆切短至 2~3 cm, 98% 苧麻副产物 + 2% 蔗糖为对照组 (CK); 90% 苧麻副产物 + 8% 水稻秸秆 + 2% 蔗糖 (A 组);

80% 苕麻副产物 + 18% 水稻秸秆 + 2% 蔗糖 (B 组); 70% 苕麻副产物 + 28% 水稻秸秆 + 2% 蔗糖 (C 组); 60% 苕麻副产物 + 38% 水稻秸秆 + 2% 蔗糖 (D 组)。按照试验设计将苕麻副产物与水稻秸秆混合均匀后装入青贮袋, 每组 3 个重复, 室温下厌氧密封保存 30 d。

1.3 测定指标与方法

发酵品质测定。青贮 30 d 后打开青贮包, 现场根据德国农业协会青贮感官评分法评定青贮饲料的色泽、结构及气味后^[13], 把青贮饲料混合均匀后四分法取 20 g 样品于 250 mL 锥形瓶, 加入 180 mL 蒸馏水, 放入 4 ℃ 冰箱浸提 24 h, 用豆浆机榨汁 3 min 后用 3 层纱布过滤制备浸提液, 用于测定 pH、氨态氮 (NH₃-N)、挥发性脂肪酸 (VFA) 及乳酸 (LA)。

pH 用雷磁 PHS-3C 型 pH 计直接测定; 氨态氮 (NH₃-N) 含量采用苯酚-次氯酸钠比色法测定^[14]; 乳酸 (LA)、乙酸 (AA)、丙酸 (PA) 和丁酸 (BA) 含量用岛津 LC-20A 型高效液相色谱仪测定^[15]。

常规营养品质测定。开包后另取 200 g 样品, 105 ℃ 杀青 15 min, 65 ℃ 烘干至恒重, 保存样品, 用于青贮饲料常规营养成分含量测定。干物质 (DM)、粗脂肪 (EE)、粗蛋白 (CP)、粗灰分 (Ash)、中性洗涤纤维 (NDF) 与酸性洗涤纤维 (ADF) 含量测定参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[16]。可溶性碳水化合物 (WSC) 含量采用蒽酮比色法测定^[17]。

饲用价值指标计算。饲用价值指标包括粗饲料干物质采食量 (DMI, %)、可消化干物质 (DDM, %)、相对饲料价值 (RFV)、总可消化营养物质 (TDN, g·kg⁻¹)、净能 (NE1, MJ·kg⁻¹)^[18]。各指标根据以下公式进行计算:

$$DMI = 120/NDF;$$
$$DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF;$$
$$TDN = -1.291 \times ADF + 101.35;$$
$$NE1 = (1.044 - 0.0119 \times ADF) \times 2.205 \times 4.187;$$
$$RFV = DMI \times DDM / 1.29.$$

RFV 值大于 151 为特级饲草, 125~151 为一级饲草, 103~124 为二级饲草, 87~102 为三级饲草, 75~86 为四级饲草, 小于 75 为五级饲草^[19]。

1.4 统计与分析

采用 Excel 2010 对原始试验数据进行计算处理

后, 采用 DPS 数据处理系统对数据进行单因素方差分析, 结果用“平均值 ± 标准差”表示, $P < 0.05$ 表示各处理间存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 混合青贮的感官评价

苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮可提高青贮感官品质, 除 D 组得分与 CK 相同外, 各处理组得分较 CK 均有所提高。B 组青贮饲料芳香味明显、茎叶结构完整, 色泽最接近原料本色, 感官评分最高, 为 16 分, 等级为一级优等; CK 和 A、C、D 组评分分别为 14 分、15 分、15 分、14 分, 等级均为二级良好 (表 2)。

表 2 不同比例苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮饲料感官评分评定
Table 2 Sensory evaluation of different proportions of ramie by-products and rice straw mixed silage feed

组别 Group	气味 Odour	结构 Structure	色泽 Colour	总分 Total	等级 Class
CK	10	3	1	14	良好 Good
A	11	3	1	15	良好 Good
B	11	3	2	16	优等 Excellent
C	11	3	1	15	良好 Good
D	11	2	1	14	良好 Good

CK: 98苕麻副产物 + 2%蔗糖 (98 : 0), A: 90%苕麻副产物 + 8%水稻秸秆, B: 80%苕麻副产物 + 18%水稻秸秆, C: 70%苕麻副产物 + 28%水稻秸秆, D: 60%苕麻副产物 + 38%水稻秸秆。下表同。

CK: 90% ramie by-product + 2% saccharose (98 : 0), A: 90% ramie by-product + 8% rice straw, B: 80% ramie by-product + 18% rice straw, C: 70% ramie by-product + 28% rice straw, D: 60% ramie by-product + 38% rice straw. This is applicable for the folowing tables as well.

2.2 混合青贮的营养成分分析

各处理组 DM 含量显著高于 CK ($P < 0.05$), 各处理组 DM 含量之间差异显著, B 组 DM 含量最高, 为 28.58%; CK 的 CP 含量最高, 为 16.78%, 与 A 组差异不显著 ($P > 0.05$), 显著高于 B、C、D 组, 各处理组间 CP 含量差异显著, 表现为水稻秸秆含量越高, CP 含量越低; B 组 EE 含量与 CK 差异不显著, 显著高于 A、C、D 组; 各处理组与 CK 相比, NDF、ADF 含量均显著升高; 与 CK 相比, A 组的 Ash 含量无显著差异, B、C、D 组的 Ash 含量较 CK 显著升高; A 组 WSC 含量与 CK 差异不显著, 显著低于 B 和 D 组 (表 3)。

表 3 不同比例苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮营养成分分析
Table 3 Nutrient composition analysis of mixed silage of different proportions of ramie by-products and rice straw

组别 Group	干物质 Dry matter (DM)/%	粗蛋白 Crude protein (CP)/%	粗脂肪 Ether extract (EE)/%	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF)/%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (ADF)/%	粗灰分 Crude ash (Ash)/%	可溶性碳水化合物 Water soluble carbohydrate (WSC)/%
CK	27.44 ± 0.64e	16.78 ± 0.24a	2.85 ± 0.20ab	51.73 ± 2.98e	31.51 ± 1.68e	9.39 ± 0.46d	3.79 ± 0.14b
A	27.79 ± 0.24c	16.54 ± 0.18a	2.82 ± 0.13b	53.53 ± 1.52d	32.54 ± 0.67d	9.19 ± 0.20d	3.78 ± 0.03b
B	28.58 ± 0.27a	15.68 ± 0.13b	2.89 ± 0.09a	54.77 ± 0.81c	34.54 ± 1.34c	10.13 ± 0.76b	3.82 ± 0.04a
C	28.35 ± 0.45b	14.43 ± 0.26c	2.69 ± 0.07c	57.05 ± 1.19b	36.15 ± 0.52b	9.76 ± 0.44c	3.76 ± 0.09c
D	27.63 ± 0.22d	12.59 ± 0.67d	2.48 ± 0.09d	59.38 ± 1.78a	38.71 ± 0.39a	10.47 ± 0.37a	3.81 ± 0.05a

同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$); 下表同。
Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level. This is applicable for the following tables as well.

2.3 混合青贮的发酵品质分析

各处理组的 pH 均显著低于 CK ($P < 0.05$), 各处理组的 pH 差异显著, B 组 pH 最低, 为 4.16; B 组乳酸含量最高, 为 4.83%, 显著高于 CK; 各处理组氨态氮/总氮均显著低于 CK, B 组和 D 组氨态氮/总氮

差异不显著 ($P > 0.05$), B 组氨态氮/总氮最低, 为 4.73%。与 CK 相比, 添加水稻秸秆后青贮饲料 V-Score 评分均有所提高, 各处理组均达到 90 以上的评分, 青贮等级为良好以上, V-Score 评分以 B 组最高, 为 93.00 (表 4)。

表 4 不同比例苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮饲料发酵品质分析
Table 4 Analysis of fermentation quality of different proportions of ramie byproducts and rice straw mixed silage feed

组别 Group	pH	乳酸 Lactic acid (LA)/%	乙酸 Acetic acid (AA)/%	丙酸 Propionic acid (PA)/%	丁酸 Butyric acid (BA)/%	氨态氮/总氮 NH ₃ -N/TN/%	总分 Total score
CK	4.53 ± 0.13a	3.49 ± 0.09c	1.68 ± 0.08a	0.01 ± 0.00a	—	5.89 ± 0.13a	88.22
A	4.40 ± 0.08b	3.63 ± 0.01c	1.17 ± 0.08c	0.01 ± 0.00a	—	5.22 ± 0.11b	92.02
B	4.16 ± 0.07d	4.83 ± 0.01a	1.10 ± 0.02d	0.01 ± 0.00a	—	4.73 ± 0.14d	93.00
C	4.26 ± 0.06c	4.57 ± 0.02ab	1.47 ± 0.16b	0.01 ± 0.00a	—	4.98 ± 0.21c	90.15
D	4.38 ± 0.05b	3.85 ± 0.33bc	1.25 ± 0.16c	0.01 ± 0.00a	—	4.75 ± 0.41d	91.84

2.4 饲用价值评价

不同比例苕麻副产物和水稻秸秆混合青贮对反刍动物的饲用价值影响不同。苕麻副产物单独青贮后 DDM、DMI、RFV、TDN、NE1 高于混合青贮组。A 组 DMI、DDM、RFV、TDN、NE1 与 CK 无显著差异 ($P > 0.05$)。不同比例苕麻副产物和水稻混合青贮降低了饲用价值。根据各混合青贮料的 RFV 值可知, CK、A 和 B 组为二级饲料, C 和 D 组为三级饲料 (表 5)。

3 讨论

3.1 苕麻副产物单独青贮可行性分析

苕麻嫩茎叶中富含粗蛋白、黄酮、绿原酸等物质, 苕麻副产物中的黄酮、绿原酸等有益物质在强光、高温、长时间氧化作用下受到严重破坏, 其提高动

物免疫力和动物产品品质的效果也受到一定影响, 青贮调制在一定程度上可解决此问题。但苕麻副产物可溶性碳水化合物含量较低, 附着乳酸菌较少, 且缓冲能高, 发酵初期 pH 下降较慢, 青贮过程中氮容易被分解成氨挥发, 造成蛋白质损失。一般牧草青贮时, 可溶性碳水化合物含量应占干物质含量的 10% 以上。在本研究中, 苕麻副产物干物质中可溶性碳水化合物的含量仅为 3.59%, 不能满足乳酸菌正常发酵活动的需要。陈鑫珠等^[20] 研究结果表明, 添加蔗糖可显著降低粗蛋白损失。在本研究中, 添加蔗糖后苕麻副产物单独青贮蛋白质损失率为 2.7%。苕麻副产物单独青贮时乳酸含量低于其他混合处理组。苕麻副产物单独青贮后, NDF 和 ADF 有所下降, 且 DDM、DMI、RFV、TDN 和 NE1 均提高, 这与苕麻

表 5 不同比例苧麻副产物与水稻秸秆混合青贮饲料饲用价值评价

Table 5 Evaluation of the feeding value of mixed silage feed of different proportions of ramie by-products and rice straw

组别 Group	干物质摄入量 Dry matter intake (DMI)/%	干物质消化率 Digestible dry matter (DDM)/%	相对饲喂价值 Relative feed value (RFV)	总可吸收营养物质 Total digestible nutrient (TDN)/(g·kg ⁻¹)	净能 Net energy (NE1)/(MJ·kg ⁻¹)
CK	2.32 ± 0.14a	64.36 ± 1.31a	116.07 ± 9.05a	60.67 ± 2.17a	6.18 ± 0.19a
A	2.24 ± 0.07ab	63.55 ± 0.52a	110.52 ± 4.05ab	59.34 ± 0.87a	6.06 ± 0.07a
B	2.19 ± 0.03ab	61.99 ± 1.05b	105.32 ± 3.33bc	56.76 ± 1.73b	5.84 ± 0.15b
C	2.10 ± 0.05bc	60.74 ± 0.41b	99.07 ± 2.73cd	54.68 ± 0.67b	5.67 ± 0.06b
D	2.02 ± 0.06c	58.74 ± 0.31c	92.09 ± 3.24d	51.37 ± 0.50c	5.39 ± 0.05c

和水稻/玉米 (*Zea mays*) 秸秆混合青贮研究结果一致^[18]。通过研究四川白鹅对苧麻叶营养物质表观消化率发现, 四川白鹅对苧麻叶中性洗涤纤维的消化率达到 61.57%, 对苧麻叶氨基酸的消化率除胱氨酸消化率较低之外, 其他被测氨基酸的消化率均高于 70%^[21]。

3.2 混合青贮对饲料发酵品质的影响

pH 是反映青贮饲料品质优劣的重要指标之一, 通常认为 pH < 4.2 的青贮饲料质量优等^[22]。有研究报道, 青贮饲料低 pH 能够抑制蛋白酶的活性, 减少蛋白质的降解, 而且还可以抑制对青贮有害的细菌生长, 保障青贮品质。在本研究中, B 组 pH 最低, 为 4.16, 低于苧麻副产物单独青贮组, 因此青贮品质较好。乳酸、氨态氮和挥发性脂肪酸含量是评价青贮质量好坏的重要指标。氨态氮/总氮被广泛用于衡量青贮饲料发酵品质的好坏, 其比值越大, 说明被分解的氨基酸和蛋白质越多, 青贮品质就越差^[23]。本研究中, 混合青贮能够有效改善苧麻副产物青贮发酵品质。随着苧麻副产物比例的减少, 混合处理组 pH 先降低后升高, 乳酸含量先升高后降低, 当苧麻副产物含量为 80% 时, 混合处理组的 pH 最低, 乳酸含量最高, 氨态氮/总氮最低, 可能是添加水稻秸秆后提高了混贮处理中干物质的含量, 且混贮处理中较低的 pH 抑制了有害微生物的繁殖, 混贮料中蛋白质降解较少。王芬和赵腊梅^[24]将稻草与构树 (*Broussonetia papyrifera*) 混合青贮, 添加 10% 稻草时, pH 最低, 乙酸含量最低, 乳酸含量最高, 青贮品质最优, 与本研究添加 18% 稻草时效果一致。

3.3 混合青贮对饲料营养品质的影响

充足的可溶性碳水化合物和适宜的含水量 (60%~70%) 是优质青贮原料的基本要求^[25]。苧麻

副产物缓冲能值高, 可溶性碳水化合物含量低, 采用常规法难以获得优质青贮料^[26]。因此, 可以添加一些营养性发酵促进剂, 或者与一些含糖量较高的禾本科牧草或饲料作物进行混合青贮^[27]。本研究通过添加蔗糖来提高混贮处理中的可溶性碳水化合物, 添加水稻秸秆可将高水分的苧麻副产物青贮原料的水分降至适宜水平, 提高干物质含量, 但同时也存在着 NDF、ADF 含量增加的弊端, 这与苧麻与玉米、水稻秸秆混合青贮后 NDF、ADF 含量增加, pH 和氨态氮/总氮含量降低的结论一致^[18]。罗颖洁等^[28]研究不同稻秸添加比例对紫花苜蓿和麦麸混合青贮品质影响的研究发现, 添加 5% 的稻秸不仅能够保证较好的发酵品质和营养品质, 还能提高有氧稳定性, 但水稻秸秆添加量 ≥ 10% 时, 混合青贮饲料 NDF、ADF 含量增加, CP 含量、RFV 降低, 影响混合青贮饲料营养品质。有研究报道称苧麻副产物青贮后粗蛋白含量降低^[29], 在本研究中, 随着水稻秸秆比例的增加, 各混合处理中 CP 含量逐渐降低, 这与水稻秸秆本身 CP 含量低有关。曹欣等^[30]研究了添加水稻秸秆、麦麸、葡萄糖对绿狐尾藻 (*Myriophyllum elatinoides*) 青贮效果发现, 随着稻秸比例增加, 纤维含量显著增加, 粗蛋白含量极显著降低, 添加 5% 或 10% 水稻秸秆并添加 4% 葡萄糖可制备原料成本更低的青贮饲料。任小春等^[31]将饲用苧麻与甜高粱 (*Sorghum bicolor*) 混合青贮, 在一定范围内, 饲用苧麻比例越高, 混合青贮料的粗蛋白、pH 越高, ADF 和 NDF 含量越低, 与本研究结果一致。可见, 不同原料之间组合后混合青贮效果差异较大, 原料种类相同, 混合青贮中所占比例不同, 对青贮效果具有显著影响。因此, 开展不同秸秆与苧麻副产物混合青贮的效果及机制研究具有现实意义。

3.4 混合青贮对饲料饲喂价值的影响

RFV 是粗饲料中 ADF 和 NDF 的综合反映, TDN 与 NE1 是粗饲料中 ADF 的反映, 因此, 三者的数值越大说明其营养价值越高^[32]。在本研究中, 随着水稻秸秆添加比例的增加, 混合青贮 DDM、DMI、RFV、TDN、NE1 逐渐降低, 说明水稻秸秆的添加降低了混合青贮品质。王惠等^[33]通过连续检测水稻秸秆贮存中 CP、NDF、ADF 等指标, 并分析牧草的 TDN、NE1、DMI、DDM 以及 RFV 的变化发现, 90 d 的贮存时间有利于其提高或维持水稻秸秆较高的 RFV。郑霞等^[34]将全株饲用玉米与鲜饲用苕麻混合青贮发现, 全株玉米与 20%~40% 的鲜饲用苕麻混合青贮较为适宜, 此时混合处理组 DMI 高于全株饲用玉米组, 而试验中各混合处理组 DDM、TDN 和 NE1 则均低于全株饲用玉米组。田旭等^[35]研究了苕麻和苜蓿组合对体外瘤胃发酵参数的影响后提出, 生产上苕麻替代苜蓿饲喂反刍动物的比例最高可达 20%。研究了不同比例稻草、玉米秸秆混合青贮品质发现, 当稻草和玉米秸秆鲜重质量比为 0:10 和 1:9 时, 混合

青贮饲料品质较高, 添加比例超过 2:8 时, 青贮品质变差^[36]。在本研究中, 水稻秸秆越增加, RFV 越低, 越不适合饲喂动物。将‘黔青 235’玉米与‘川饲苕 1 号’苕麻混合青贮, ‘川饲苕 1 号’苕麻比例越高, RFV 越低^[37], 与本研究结果中苕麻副产物比例越高, RFV 越高相反, 这可能与玉米饲用价值优于苕麻和水稻秸秆有关。

4 结论

苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮能够提高青贮饲料发酵品质, 可以较好地保持原料营养结构。苕麻副产物单独青贮饲用价值更高, 但青贮品质低, 不宜大面积推广。在本研究条件下, 苕麻副产物与水稻秸秆混合青贮时, 其占比为 80%, 青贮效果较好, 今后可通过酶制剂、乳酸菌制剂等添加剂进一步改善发酵品质、营养品质, 以便形成苕麻副产物和水稻秸秆混合青贮标准化加工程序, 为解决苕麻副产物和水稻秸秆非常规饲料加工和利用问题, 以及解决南方草食畜牧业发展的草畜不平衡问题献力。

参考文献 References:

- [1] 许兰娇, 赵二龙, 柏峻, 万根, 梁欢, 瞿明仁, 欧阳克惠. 不同比例苕麻和象草混合青贮饲料品质比较研究. 动物营养学报, 2019, 31(6): 2830-2841.
XU L J, ZHAO E L, BAI J, WAN G, LIANG H, QU M R, OUYANG K H. Comparative study on silage quality of ramie and grassy with different ratios. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(6): 2830-2841.
- [2] 熊和平. 苕麻多功能深度开发利用系列报道之一 苕麻多功能开发潜力及利用途径. 中国麻作, 2001(1): 23-26.
XIONG H P. One of the series reports on the multifunctional deep development and utilization of ramie, the potential for multifunctional development and utilization of ramie. Plant Fiber Sciences in China, 2001(1): 23-26.
- [3] 邓荟芬. 饲用苕麻木质纤维素生物降解及其产物对育肥猪肉质的调控. 长沙: 湖南农业大学博士学位论文, 2021.
DENG H F. Biodegradation of ramie lignocellulose and its products on the regulation of finishing pork quality. PhD Thesis. Changsha: Hunan Agricultural University, 2021.
- [4] 吴端钦, 王郝为, 侯振平, 张旭, 戴求仲. 几种南方非常规饲料作物的营养成分及氨基酸组成. 草业科学, 2017, 34(6): 1332-1336.
WU D Q, WANG H W, HOU Z P, ZHANG X, DAI Q Z. Study of nutrient components and amino acid formation in several southern Chinese unconventional roughage sources. Pratacultural Science, 2017, 34(6): 1332-1336.
- [5] 杜恩存, 杨雪海, 郭万正, 赵娜, 陈芳, 魏金涛. ‘中苕 1 号’苕麻不同茬次的营养价值分析及在山羊中的饲喂效果研究. 饲料工业, 2019, 40(23): 40-45.
DU E C, YANG X H, GUO W Z, ZHAO N, CHEN F, WEI J T. Study on the nutritional value of ‘Zhongzhu No. 1’ ramie among different cutting times and its feeding effect in goats. Feed Industry, 2019, 40(23): 40-45.
- [6] 魏金涛, 杨雪海, 严念东, 熊常财, 汪红武, 陈芳, 张乃锋, 刁其玉. 苕麻营养成分分析及瘤胃降解特性研究. 草业学报, 2017, 26(5): 197-204.
WEI J T, YANG X H, YAN N D, XIONG C C, WANG H W, CHEN F, ZHANG N F, DIAO Q Y. Nutritional value of ramie and its ruminal degradability. Acta Pratacultural Sinica, 2017, 26(5): 197-204.
- [7] 李闯, 蒋桂韬, 林谦, 吴端钦, 张旭, 王向荣, 黄璇, 戴求仲. 饲用苕麻对朗德鹅的饲用价值评定. 中国饲料, 2016(4): 23-26.
LI C, JIANG G T, LIN Q, WU D Q, ZHANG X, WANG X R, HUANG X, DAI Q Z. Evaluation of the feeding value of ramie for

- lande goose. *China Feed*, 2016(4): 23-26.
- [8] 王鑫, 王延周, 戴求仲, 林谦. 苧麻嫩茎叶的饲用价值及其在动物生产中的应用研究进展. *动物营养学报*, 2021, 33(10): 5511-5518. WANG X, WANG Y Z, DAI Q Z, LIN Q. The feeding value of tender stems and leaves of ramie and its application in animals. *Progress in Application Research in Production. Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(10): 5511-5518.
- [9] 寇江涛, 程钰, 张海波, 郭冬生, 雷佳星, 孟佳琪, 刘鑫, 李乐. 不同酶制剂对水稻秸秆和白酒糟混合青贮品质的影响. *草地学报*, 2021, 29(2): 396-401. KOU J T, CHENG Y, ZHANG H B, GUO D S, LEI J X, MENG J Q, LIU X, LI L. Effects of enzyme on mixed silage quality of rice straw and distiller's grains. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(2): 396-401.
- [10] 熊康宁, 许留兴, 申小云, 张锦华, 刘成名. 饲草青贮技术研究进展及其在石漠化地区应用的启示. *中国农业科技导报*, 2016, 18(1): 144-153. XIONG K N, XU L X, SHEN X Y, ZHANG J H, LIU C M. Research Progress in forage grass silage technology and enlightenment for its application in rocky desertification areas. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2016, 18(1): 144-153.
- [11] 李君临, 张新全, 玉柱, 郭旭生, 闫艳红, 孙娟娟, 刘中波. 多花黑麦草与水稻秸秆混合青贮品质的研究. *草地学报*, 2014, 22(4): 915-918. LI J L, ZHANG X Q, Yuzhu, GUO X S, YAN Y H, SUN J J, LIU Z B. A study on italian ryegrass and rice straw mixed silage. *Acta Agrestia Sinica*, 2014, 22(4): 915-918.
- [12] 蒋慧, 张玲, 马金萍, 晋玉霞, 万英, 马春晖. 枯黄期骆驼刺与稻草混贮对青贮饲料品质的影响. *草业学报*, 2011, 20(2): 109-116. JIANG H, ZHANG L, MA J P, JIN Y X, WAN Y, MA C H. The effect of withered *Alhagi sparsifolia* and rice straw mix-ensiling on silage quality. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(2): 109-116.
- [13] 张子仪. 中国饲料科学. 北京: 中国农业出版社, 2000. ZHANG Z Y. *Chinese Feed Science*. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [14] BRODERICK G A, KANG J H. Automated simultaneous determination of ammonia and amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1): 64-75.
- [15] 许庆方, 玉柱, 韩建国, 白春生, 薛艳林, 荀桂荣. 高效液相色谱法测定紫花苜蓿青贮中的有机酸. *草原与草坪*, 2007(2): 63-65, 67. XU Q F, Yuzhu, HAN J G, BAI C S, XUE Y L, XUN G R. Determining organic acid in alfalfa silage by HPLC. *Grassland and Turf*, 2007(2): 63-65, 67.
- [16] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业出版社, 2007. ZHANG L Y. *Feed Analysis and Feed Quality Testing Technology*. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [17] 李晓旭, 李家政. 优化蒽酮比色法测定甜玉米中可溶性糖的含量. *保鲜与加工*, 2013, 13(4): 24-27. LI X X, LI J Z. Determination of the content of soluble sugar in sweet corn with optimized anthrone colorimetric method. *Storage and Process*, 2013, 13(4): 24-27.
- [18] 陈继康, 董国云, 喻春明, 陈平, 高钢, 陈坤梅, 王晓飞, 朱爱国. 苧麻与水稻/玉米秸秆混合青贮饲用价值评价. *草业科学*, 2020, 37(3): 583-591. CHEN J K, DONG G Y, YU C M, CHEN P, GAO G, CHEN K M, WANG X F, ZHU A G. Evaluation of the silage quality of ramie mixed with rice and/or maize straws. *Pratacultural Science*, 2020, 37(3): 583-591.
- [19] 罗颖洁, 穆麟, 胡龙兴, 陈桂华, 张志飞, 高帅, 魏仲珊. 稻秸、玉米粉与紫花苜蓿混合青贮研究. *中国草地学报*, 2020, 42(4): 139-144. LUO Y J, MU L, HU L X, CHEN G H, ZHANG Z F, GAO S, WEI Z S. Study on mixed silage of rice straw with corn meal and alfalfa. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(4): 139-144.
- [20] 陈鑫珠, 高承芳, 张晓佩, 李文杨, 翁伯琦. 糖蜜对不同比例苧麻杂交狼尾草混合青贮发酵品质的影响. *草地学报*, 2016, 24(6): 1358-1362. CHEN X Z, GAO C F, ZHANG X P, LI W Y, WEN B Q. Effects of molasses on the fermentation quality of mixed silage of ramie and hybrid pennisetum. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 24(6): 1358-1362.
- [21] 沈小凡, 李世凯, 陈志斌, 康萍. 四川白鹅对苧麻叶营养物质表观消化率研究. *中国饲料*, 2021(11): 126-128. SHEN X F, LI S K, CHEN Z B, KANG P. Study on the nutrient apparent digestibility of ramie leaf in Sichuan geese. *China Feed*, 2021(11): 126-128.
- [22] WANG M S, WANG L N, YU Z. Fermentation dynamics and bacterial diversity of mixed lucerne and sweet corn stalk silage ensiled at six ratios. *Grass Forage Science*, 2019, 74(2): 264-273.
- [23] 王林, 孙启忠, 张慧杰. 苜蓿与玉米混贮质量研究. *草业学报*, 2011, 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*, 2011, 20(4): 202-209.

- [24] 王芬, 赵腊梅. 稻草与构树混合青贮对青贮营养成分和发酵品质的影响. 饲料研究, 2021, 44(9): 114-117.
WANG F, ZHAO L M. Effect of mixed silage of rice straw and *Broussonetia papyrifera* on nutrient composition and fermentation quality of silage. Feed Research, 2021, 44(9): 114-117.
- [25] 汪雅婷, 余新友, 谢展, 郭为波, 杨梦佳, 张志飞. 麦麸添加比例对“桂牧 1 号”杂交象草青贮品质的影响. 饲料研究, 2022, 45(12): 90-93.
WANG Y T, SHE X Y, XIE Z, GUO W B, YANG M J, ZHANG Z F. Effect of different addition ratios of wheat bran on silage quality of Guimu No. 1 hybrid elephant grass. Feed Research, 2022, 45(12): 90-93.
- [26] 陈鑫珠, 张诗, 李文杨, 高承芳, 张晓佩, 翁伯琦. 葛藤和甘蔗梢混合比例对青贮品质的影响. 家畜生态学报, 2018, 39(1): 60-63.
CHEN X Z, ZHANG S, LI W Y, GAO C F, ZHANG X P, WENG B Q. Effects of mixture ratio on quality of kudzu and sugarcane top. Journal of Domestic Animal Ecology, 2018, 39(1): 60-63.
- [27] 叶方. 切碎长度对玉米青贮品质的影响研究. 安徽农业科学, 2013, 41(15): 6725-6727.
YE F. Study on the effects of chopping length on the quality of corn silage. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(15): 6725-6727.
- [28] 罗颖洁, 陈桂华, 穆麟, 胡龙兴, 张志飞, 高帅, 魏仲珊. 不同稻秸添加比例对紫花苜蓿和麦麸混合青贮的影响. 草业学报, 2019, 28(5): 178-184.
LUO Y J, CHEN G H, MU L, HU L X, ZHANG Z F, GAO S, WEI Z S. Effects on silage quality of mixing different ratios of rice straw with alfalfa and wheat bran. Acta Prataculturae Sinica, 2019, 28(5): 178-184.
- [29] 戴晓燕. 饲用苧麻种质间的镉富集性差异及其饲用安全性评价. 长沙: 湖南农业大学硕士学位论文, 2017.
DAI X Y. The cadmium-enriched differences of ramie germplasms of dual-purpose of feed and fiber its feeding safety evaluation. Master Thesis. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017.
- [30] 曹欣, 吴康乐, 文乐元, 黄丽娟, 肖润林, 张志飞. 水稻秸秆、麦麸、葡萄糖添加对绿狐尾藻青贮质量影响研究. 草地学报, 2022, 30(12): 3447-3454.
CAO X, WU K L, WEN L Y, HUANG L J, XIAO R L, ZHANG Z F. Effects of rice straw, wheat bran and glucose addition on the silage quality of myriophyllum elatinoides. Acta Agrestia Sinica, 2022, 30(12): 3447-3454.
- [31] 任小春, 甘伟, 江晓波, 任小松, 唐荣英, 余慧涵, 张中华. 饲用苧麻与甜高粱不同比例混合青贮效果研究. 草学, 2021(2): 51-54, 60.
REN X C, GAN W, JIANG X B, REN X S, TANG R Y, YU H H, ZHANG Z H. Study on silage quality of forage ramie and sweet sorghum with different ratios. Journal of Grassland and Forage Science, 2021(2): 51-54, 60.
- [32] JACOBS J L, MEALLAN A B. Enzymes as silage additives silage quality, digestion, digestibility and performance in growing cattle. Grassand Forage Science, 1991, 1: 63-73.
- [33] 王惠, 苗福泓, 张磊, 翟桂玉, 孙娟. 水稻秸秆饲用品质对不同贮存时间的响应. 草业与畜牧, 2015(6): 25-30.
WANG H, MIAO F H, ZHANG L, QU G Y, SUN J. Response experiment of forage quality of rice straw to different storage time. Journal of Grassland and Forage Science, 2015(6): 25-30.
- [34] 郑霞, 侯振平, 戴求仲, 陈青, 吴端钦. 饲用苧麻与饲用玉米不同比例混合青贮的研究. 中国农学通报, 2019, 35(33): 137-140.
ZHENG X, HOU Z P, DAI Q Z, CHEN Q, WU D Q. Mixed silage of forage ramie and maize silage with different proportions. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(33): 137-140.
- [35] 田旭, 侯振平, 玉霞, 张雪蕾, 龙云, 龙亮, 王荣, 王敏, 吴端钦. 苧麻和苜蓿组合对体外瘤胃发酵参数的影响. 动物营养学报, 2022, 34(5): 3153-3162.
TIAN X, HOU Z P, YU X, ZHANG X L, LONG Y, LONG L, WANG R, WANG M, WU D Q. Effects of ramie and alfalfa combination on rumen fermentation parameters in vitro. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2022, 34(5): 3153-3162.
- [36] 胡松梅, 龚泽修, 张翠永, 胡雄贵. 不同添加比例的稻草、玉米秸秆混合青贮饲料品质分析及其对荷斯坦牛干物质采食量和产奶性能的影响. 黑龙江畜牧兽医, 2022(4): 100-105.
HU S M, GONG Z X, ZHANG C Y, HU X G. Quality analysis of mixed silage of rice straw and corn straw with different addition ratios and its effects on dry matter intake and milk production performance of Holstein cattle. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2022(4): 100-105.
- [37] 牟琼, 李娟, 吴佳海, 裴成江, 许岳军, 冉伟男, 高翔, 吴仙. 饲用玉米与苧麻不同比例混合青贮料的发酵品质. 贵州农业科学, 2023, 51(9): 114-123.
MOU Q, LI J, WU J H, PEI C J, XU Y J, RAN W N, GAO X, WU X. Fermentation quality of silage made with different proportions of forage maize and ramie. Guizhou Agricultural Sciences, 2023, 51(9): 114-123.

(责任编辑 张瑾)