

含水率和双乙酸钠对发酵全混合日粮青贮发酵品质和霉菌毒素的影响

王子苑, 王小利, 陈光吉, 韦兴迪, 舒健虹

(贵州省草业研究所, 贵州 贵阳 550006)

摘要:为研究初始含水率和双乙酸钠添加水平对发酵全混合日粮(FTMR)青贮品质的影响。采用两因素完全随机试验设计, 设3个含水率(50%、60%、65%)和4个双乙酸钠添加水平(0、0.2%、0.4%、0.8%), 发酵35 d对FTMR进行感官评定、常规成分、发酵参数以及霉菌毒素的测定。结果表明: 含水率和双乙酸钠及其交互作用对FTMR有机酸生成有显著影响($P < 0.05$); 随含水率的升高, pH值显著下降, 乳酸和乙酸含量显著升高, 粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和霉菌毒素含量稍有下降, 差异不显著($P > 0.05$); 添加双乙酸钠显著降低氨态氮/总氮和霉菌毒素含量($P < 0.05$), 添加0.2%双乙酸钠的pH最低, 粗蛋白和中性洗涤纤维含量较高。综上可知, 适宜含水率、双乙酸钠及其互作能改善FTMR的发酵品质, 减少干物质的损失, 抑制霉菌毒素的大量繁殖。含水率为60%, 双乙酸钠添加量在0.2%~0.4%时, TMR青贮发酵品质较佳。

关键词:发酵全混合日粮; 含水率; 双乙酸钠; 青贮发酵品质; 霉菌毒素

中图分类号:S816.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)04-0017-06

DOI:10.13817/j.cnki.cyyep.2022.04.003



发酵全混合日粮(Fermented total mixed ration, FTMR)是一种将混匀的全混合日粮(TMR)装入发酵装置或裹包保存的发酵型混合饲料^[1]。FTMR不仅具备了TMR技术节省饲料成本、增加干物质采食量和节约劳力时间等优点, 同时还解决了目前国内中小型养殖场使用TMR技术的局限性, 由于中小型养殖场牲畜数量少, TMR饲喂量不大, 而TMR存储期短, 易发霉变质, 若不及时处理很容易造成饲料浪费。邱玉

朗等^[2]研究FTMR对肉羊生长性能的影响, 发现FTMR饲喂肉羊能提高日增重和料重比, 以及粗蛋白和粗纤维的消化率。李长春等^[1]研究表明, FTMR组羔羊的育肥性能和屠宰率明显高于TMR组和玉米秸秆型全混合日粮组, 同时FTMR组羔羊肉的鲜味氨基酸含量也高于其余两组, 说明FTMR有利于风味物质在肉质中的沉积。

适宜的含水率是保证青贮原料正常发酵的重要条件, 水分过高或过低都会影响原料中乳酸菌的活动, 从而影响其发酵过程以及青贮品质。前人研究表明, 青贮原料中含水率与干物质损失呈正相关, 当青贮原料中含水率为84.5%, 排汁中的干物质损失可达6.7%, 而当含水率下降到70%时, 无汁液流出, 干物质损失甚微^[3]。徐晓明等^[4]研究不同含水率对TMR发酵品质的影响, 发现FTMR较适宜的含水率在45%~55%, 发酵时间低于70 d为宜。因原料种类不同, 以及可溶性碳水化合物和水分含量不同, 采用普通青贮难以实现良好的青贮效果。通常来说, 添加剂能显著改善青贮效果^[5-6]。双乙酸钠(Sodium diac-

收稿日期:2021-04-01; **修回日期:**2021-04-13

基金项目:贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2017]2591); 贵州省高层次创新人才(黔科合平台人才[2020]5005); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2021]一般179)

作者简介:王子苑(1990-), 女, 贵州遵义市人, 硕士, 助理研究员, 从事反刍动物营养与饲料研究。

E-mail: wangziyuan525@163.com

舒健虹为通讯作者。

E-mail: gzsjhong@126.com

etate, SDA)作为乙酸衍生物具有较强的杀菌功能,是一种广泛用于食品和饲料中的防腐保鲜剂,具有安全性高、成本低、用量少,防霉效果显著等优点。添加双乙酸钠到青贮料中可抑制霉菌毒素的繁殖,提高有氧稳定性。研究表明,在动物饲料中添加适量的双乙酸钠能提高仔猪的生产性能和养分消化率^[7]。在肉仔鸡日粮中添加0.1%的双乙酸钠,可提高蛋白质利用率,减低料重比^[8]。本试验在不同含水率TMR中分别添加不同水平的双乙酸钠,经过发酵制成FTMR,以研究发酵过程中各项指标的动态变化,确定最适含水率和双乙酸钠添加量,为双乙酸钠在FTMR中的应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

FTMR原料:鲜草采自种植于贵州省罗甸县的皇竹草,刈割时高度为1.5~2.0 m;苜蓿干草购于甘肃欣海牧草饲料科技有限公司;混合精料由玉米、麦麸、豆粕、碳酸氢钙、食盐和微量元素预混料等组成。

添加剂双乙酸钠购于连云港通源生物科技有限公司。

1.2 试验设计

采用3×4双因子试验设计,两因子分别为A因子含水率和B因子双乙酸钠添加量,设3个含水率:50%(A₁)、60%(A₂)和65%(A₃),4个双乙酸钠添加量:0(B₁)、0.2%(B₂)、0.4%(B₃)和0.8%(B₄),共12个处理,每个处理3个重复(表1)。

表1 双因子试验设计

Table 1 Two-factor experimental design

| 含水率/% | 添加量/% | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 0(B ₁) | 0.2(B ₂) | 0.4(B ₃) | 0.8(B ₄) |
| 50(A ₁) | A ₁ B ₁ | A ₁ B ₂ | A ₁ B ₃ | A ₁ B ₄ |
| 60(A ₂) | A ₂ B ₁ | A ₂ B ₂ | A ₂ B ₃ | A ₂ B ₄ |
| 65(A ₃) | A ₃ B ₁ | A ₃ B ₂ | A ₃ B ₃ | A ₃ B ₄ |

1.3 FTMR的制备

首先按照精料配方配制好各处理组精料,双乙酸钠按0、0.2%、0.4%和0.8%组别预先添加到精料中混匀,然后按照TMR配方要求,将所有原料以“先粗后精,先轻后重”的原则添加到TMR搅拌车中,再添加适量水调制成50%、60%和65%不同水平的含水率继续搅拌。搅拌完毕后,将制作好的TMR料装入

发酵袋中,每袋净重1.5 kg,最后抽出袋内空气,封口存放在阴凉干燥处35 d。具体饲料配方见表2。

表2 TMR饲料组成及营养水平

Table 2 Ingredient and nutrient levels of TMR¹⁾

| 项目 | 营养水平 | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.8 |
| % | | | | |
| 原料组成 | | | | |
| 皇竹草 | 57.30 | 57.30 | 47.90 | 48.00 |
| 苜蓿干草 | 24.50 | 24.50 | 32.00 | 32.00 |
| 玉米 | 10.92 | 10.92 | 12.06 | 12.06 |
| 麦麸 | 3.09 | 3.09 | 3.42 | 3.42 |
| 豆粕 | 2.73 | 2.73 | 3.01 | 3.01 |
| 碳酸氢钙 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.20 |
| 食盐 | 0.27 | 0.27 | 0.30 | 0.30 |
| 预混料 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.20 |
| 双乙酸钠 | 0.00 | 0.14 | 0.31 | 0.62 |
| 沸石粉 | 0.82 | 0.73 | 0.60 | 0.20 |
| 合计 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 营养水平 | | | | |
| 干物质 | 45.57 | 45.57 | 52.01 | 52.03 |
| 粗蛋白质 | 16.54 | 16.54 | 16.13 | 16.14 |
| 粗脂肪 | 2.15 | 2.15 | 2.22 | 2.22 |
| 酸性洗涤纤维 | 10.95 | 10.95 | 9.78 | 9.80 |
| 中性洗涤纤维 | 38.58 | 38.58 | 37.20 | 37.25 |
| 粗灰分 | 8.60 | 8.60 | 8.47 | 8.48 |
| 钙 | 0.80 | 0.80 | 0.84 | 0.84 |
| 磷 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |

注:表中原料组成为新鲜基础,营养水平为干物质基础;预混料为每千克精料提供Cu 10 mg, Fe 50 mg, Mn 20 mg, Zn 30 mg, Se 0.10 mg, I 0.50 mg, V_A 1500 IU, V_D 550 IU, V_E 10 IU;饲料营养水平均为计算值

1.4 样品采集

在发酵后第35天打开真空袋,先对青贮样进行感官评定,然后按照4分法采集3部分样品:1)500 g青贮样于65℃烘箱至恒重,粉碎过40目筛制成风干样,用于常规养分的测定;2)500 g青贮样直接保存于-20℃,用于霉菌毒素的测定;3)20 g青贮样加180 mL蒸馏水,榨汁机搅拌捣碎用4层纱布和定性滤纸过滤得浸出液,所得滤液一部分用于pH值测定,另一部分滤液-20℃保存,用于发酵品质的测定。

1.5 指标测定及方法

1.5.1 感官评定 参考德国农业协会(DLG)青贮质量感官评分标准^[9],根据气味、结构和色泽对青贮样品进行优劣评定。

1.5.2 常规养分的测定 参照《饲料分析及饲料质

量检测技术》^[10],采用凯氏定氮法测定粗蛋白(CP)含量,恒重烘干法测定干物质(DM)含量,中性洗涤纤维(ADF)和酸性洗涤纤维(NDF)含量用 Van Soest 法测定。

1.5.3 发酵品质的测定 pH值测定方法参照韩立英等^[11],采用雷磁 E-201-C 测定。氨态氮(NH₃-N)测定采用苯酚-次氯酸钠比色法^[12]。乳酸(LA)、乙酸(AA)、丙酸(PA)和丁酸(BA)采用岛津 LC-20A 型高效液相色谱法测定,色谱柱:InertSustain C18(5 μm×4.6×250 nm);流动相由 pH 2.8 的 0.05 mol/L H₃PO₄-KH₂PO₄ 缓冲溶液与乙腈以体积比 95:5 组成,流速为 0.5 mL/min,柱温为 16 °C,紫外检测波长为 210 nm,进样体积 10 μL。

1.5.4 霉菌毒素的测定 用 ELISA 试剂盒检测黄曲霉毒素(Aflatoxin, AF),呕吐毒素(Deoxynivalenol, DON)和玉米赤霉烯酮(Zearalenone, ZEA),具体步骤参考张志国等^[13]。

1.6 数据处理

试验数据用 Excel 2007 整理,用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,采用 Duncan 法进行多重比较,结果以平均数±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 含水率和双乙酸钠对 FTMR 感官评价的影响

TMR 经过 35 d 密封发酵,所有处理组的色泽总体呈现出淡黄绿色,具有很明显的芳香果味,茎叶结构保存完整,根据 DLG 评分标准,各组总分等级均为“优良”。与未添加双乙酸钠的处理组相比,添加双乙酸钠在嗅味方面能获得更好的感官评价,但不同水平的含水率对 FTMR 感观评分影响不大。

2.2 含水率和双乙酸钠对 FTMR 常规养分含量的影响

含水率、双乙酸钠及其互作对 FTMR 的 CP 含量均无显著影响($P>0.05$);相同含水率条件下,CP 含量随双乙酸钠添加量的增加呈先升高后下降的趋势,其中以 0.2% 组含量最高;此外,双乙酸钠添加量相同条件下,含水率为 60% 处理组 CP 含量均高于 50% 和 65% 含水率处理组。双乙酸钠对各组的 NDF 和 ADF 含量有显著影响($P<0.05$),而含水率和两因子互作效应对其无显著影响($P>0.05$);相同含水率条件下,

0.2% 和 0.4% 处理组的 NDF 含量稍高于 0 和 0.8% 处理组,相反地,各组 ADF 含量随双乙酸钠的增加呈现先降低后升高的折线式波动;不同含水率之间比较,65% 含水率的处理组 NDF 和 ADF 在数值上略低于 50% 和 60% 处理组(表 3)。

表 3 含水率和双乙酸钠处理下 FTMR 常规养分含量(干物质基础)

Table 3 Effect of moisture ratio and sodium diacetate on conventional nutrient of FTMR (DM basis) %

| 项目 | CP | NDF | ADF |
|-------------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|
| A ₁ B ₁ | 12.19±0.32 | 43.17±0.41 ^{abc} | 24.58±1.19 ^{abc} |
| A ₁ B ₂ | 12.46±0.13 | 45.57±1.55 ^{ab} | 23.93±0.76 ^{bc} |
| A ₁ B ₃ | 12.32±0.45 | 45.44±0.65 ^{ab} | 24.27±0.52 ^{bc} |
| A ₁ B ₄ | 12.21±0.56 | 43.89±0.06 ^{abc} | 25.02±0.04 ^{abc} |
| A ₂ B ₁ | 12.28±0.08 | 43.36±1.00 ^{abc} | 26.40±0.09 ^a |
| A ₂ B ₂ | 12.63±0.04 | 45.67±1.26 ^a | 23.38±1.25 ^c |
| A ₂ B ₃ | 12.42±0.15 | 45.65±0.53 ^a | 24.45±0.04 ^{abc} |
| A ₂ B ₄ | 12.42±0.12 | 42.88±1.55 ^{bc} | 24.25±1.44 ^{bc} |
| A ₃ B ₁ | 12.14±0.14 | 42.37±1.15 ^c | 25.74±0.86 ^{ab} |
| A ₃ B ₂ | 12.25±0.62 | 45.05±0.94 ^{abc} | 23.35±1.23 ^c |
| A ₃ B ₃ | 12.22±0.53 | 44.56±0.57 ^{abc} | 23.92±0.63 ^{bc} |
| A ₃ B ₄ | 12.17±0.06 | 44.61±2.01 ^{abc} | 24.38±0.59 ^{abc} |
| P 值 | | | |
| 含水率 | 0.388 | 0.800 | 0.812 |
| 双乙酸钠 | 0.656 | 0.007 | 0.011 |
| 含水率×双乙酸钠 | 0.999 | 0.644 | 0.468 |

注:同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同

2.3 含水率和双乙酸钠对 FTMR 发酵指标的影响

含水率和双乙酸钠对 FTMR 的 pH 有显著的影响($P<0.05$),含水率 50% 和 60% 条件下,双乙酸钠 0.2% 组的 pH 值最低;含水率 65% 条件下,以 0.2% 和 0.8% 组的 pH 值达最低;不同含水率之间,以 65% 含水率的处理组 pH 值最低,50% 含水率的 pH 值最高。不同双乙酸钠添加量对 FTMR 中 NH₃-N/TN 有显著的影响($P<0.05$),而含水率以及两因子互作效应未达显著水平($P>0.05$);含水率相同时,双乙酸钠添加量越大 NH₃-N/TN 则越低;不同含水率方面, NH₃-N/TN 由大到小顺序依次为 65%、60%、50%。各处理组均未检测到 PB 和 BA 含量,含水率和双乙

钠两因素及其互作都分别对 LA 和 AA 含量有显著影响 ($P < 0.05$); 相同含水率条件下, 添加 0.2% 和 0.4% 双乙酸钠能显著提高 LA 含量 ($P < 0.05$), 反而 0.8% 组的 LA 含量较其他剂量组显著下降 ($P < 0.05$); 随着含水率的升高 LA 含量也在表观上有所升

高, 即达 65% 时处理组的 LA 最高。AA 含量方面, 随双乙酸钠添加量的增加 AA 显著升高 ($P < 0.05$), 在 0.8% 组达最大值, 并且与 50% 含水率相比, 60% 和 65% 处理组的 AA 含量稍高。

表 4 含水率和双乙酸钠处理下 FTMR 发酵指标 (干物质基础)

Table 4 Effect of moisture ratio and sodium diacetate on fermentation indexes of FTMR (DM basis)

| 项目 | pH 值 | NH ₃ -N/TN | LA/% | AA/% |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| A ₁ B ₁ | 4.55±0.22 ^a | 1.71±0.05 ^{ab} | 4.51±0.01 ^d | 2.46±0.38 ^g |
| A ₁ B ₂ | 4.26±0.10 ^{cde} | 1.37±0.18 ^{ab} | 5.86±0.09 ^c | 4.76±0.04 ^d |
| A ₁ B ₃ | 4.42±0.09 ^{abc} | 1.23±0.21 ^{ab} | 5.51±0.04 ^c | 5.41±0.02 ^c |
| A ₁ B ₄ | 4.47±0.09 ^{ab} | 0.95±0.03 ^b | 4.41±0.16 ^d | 7.63±0.18 ^a |
| A ₂ B ₁ | 4.36±0.13 ^{bcd} | 1.71±0.04 ^{ab} | 2.41±0.08 ^e | 3.85±0.55 ^e |
| A ₂ B ₂ | 4.17±0.05 ^c | 1.42±0.31 ^{ab} | 3.22±0.01 ^f | 5.65±0.15 ^c |
| A ₂ B ₃ | 4.23±0.05 ^{de} | 1.26±0.65 ^{ab} | 3.71±0.11 ^e | 6.61±0.16 ^b |
| A ₂ B ₄ | 4.35±0.03 ^{bcd} | 1.02±0.01 ^b | 2.62±0.13 ^e | 8.14±0.08 ^a |
| A ₃ B ₁ | 4.23±0.03 ^{de} | 1.92±0.13 ^a | 5.45±0.61 ^c | 3.16±0.19 ^f |
| A ₃ B ₂ | 4.21±0.02 ^{de} | 1.41±0.04 ^{ab} | 7.83±0.04 ^a | 4.60±0.04 ^d |
| A ₃ B ₃ | 4.27±0.04 ^{cde} | 1.28±0.01 ^{ab} | 7.30±0.04 ^b | 5.45±0.18 ^c |
| A ₃ B ₄ | 4.21±0.04 ^{de} | 1.20±0.13 ^{ab} | 3.48±0.09 ^{ef} | 6.74±0.31 ^b |
| P 值 | | | | |
| 含水率 | <0.001 | 0.655 | <0.001 | <0.001 |
| 双乙酸钠 | 0.006 | 0.012 | <0.001 | <0.001 |
| 含水率×双乙酸钠 | 0.187 | 0.997 | <0.001 | 0.021 |

2.4 含水率和双乙酸钠对 FTMR 霉菌毒素含量的影响

双乙酸钠的添加对霉菌毒素含量的影响均达显著水平 ($P < 0.05$), 伴随添加量的增加, AF、DON 和 ZEA 含量显著下降 ($P < 0.05$), 在 0.8% 组达最低值。不同含水率方面, 65% 各组霉菌毒素含量略高于 60% 和 50%, 其中含水率对 AF 含量有显著影响 ($P < 0.05$) (表 5)。

3 讨论

3.1 含水率对 FTMR 青贮品质的影响

适宜的含水量是调制优质青贮料的前提条件, 水分过多含糖量被稀释不利于乳酸菌发酵, 会加速腐败菌繁殖产生大量丁酸^[14], 导致青贮料变臭腐败; 水分过低难以将青贮料压紧压实, 为好氧菌活动创造条件, 使青贮料发霉变质。通常认为, 含水率为 65%~75% 的青贮原料有利于乳酸菌的繁殖, 青贮效果更佳。贾戌禹等^[15]将多花黑麦草晾晒 3 d, 在含水率达 80% 左右, 青贮 40 d pH 值为 4.06, 能获得较好的青贮

品质。有研究表明, 含水率为 75% 的辣椒秸秆青贮后 pH 值低于 4.2, NH₃-N/TN 低至 0.02%, 同时乳酸生成也最多。本试验结果显示, 含水率对 FTMR 常规营养成分影响不显著, 但含水率 65% 的 CP、NDF 和 ADF 含量在数值上略低于含水率 50% 和 60%, 可能是青贮过程中高水分导致液体流出, 带走了一部分养分而造成的损失。有机酸的生成与青贮发酵品质呈正相关性, 适宜的含水率更利于乳酸菌活动产生大量乳酸, 酸度增大使得 pH 值下降, 从而抑制腐败菌的活动, 青贮品质良好。对发酵品质分析后发现, 随 FTMR 含水率的升高, pH 值显著下降, NH₃-N/TN、LA 和 AA 含量显著逐渐升高, 含水率 60% 的 TMR 青贮效果良好, 这与前人^[16-17]研究结果一致, 特别是添加 0.2% 双乙酸钠后, pH 值最低为 4.17。此外, 含水率对霉菌毒素含量影响不大, 但含水率 65% 的 AF 含量略高于含水率 50% 和 65%。王晶晶等^[18]认为, 饲料中超过 90% 的霉菌毒素来自于田间, 而高水分和高热仅是霉菌生长的辅助性风险因素。

表 5 含水率和双乙酸钠处理下 FTMR 霉菌毒素含量(干物质基础)

Table 5 Effect of moisture ratio and sodium diacetate on mycotoxins of FTMR (DM basis) $\mu\text{g}/\text{kg}$

| 项目 | AF | DON | ZEA |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| A ₁ B ₁ | 2.95±0.10 ^b | 194.64±28.72 ^a | 139.84±34.73 ^{ab} |
| A ₁ B ₂ | 1.48±0.66 ^{cde} | 100.63±16.38 ^{bc} | 117.09±23.57 ^{abcd} |
| A ₁ B ₃ | 0.96±0.52 ^{ef} | 95.09±12.23 ^{bc} | 108.87±21.37 ^{abcd} |
| A ₁ B ₄ | 0.52±0.18 ^{ef} | 54.90±7.87 ^c | 54.97±21.01 ^d |
| A ₂ B ₁ | 2.95±0.60 ^b | 202.34±65.92 ^a | 146.18±29.98 ^a |
| A ₂ B ₂ | 1.39±0.51 ^{cdef} | 118.02±10.85 ^{bc} | 123.70±18.53 ^{abc} |
| A ₂ B ₃ | 1.02±0.25 ^{def} | 105.90±17.45 ^{bc} | 106.69±28.56 ^{abcd} |
| A ₂ B ₄ | 0.49±0.23 ^{ef} | 55.35±18.83 ^c | 66.55±18.87 ^{cd} |
| A ₃ B ₁ | 4.46±0.56 ^a | 244.00±39.61 ^a | 143.68±20.62 ^{ab} |
| A ₃ B ₂ | 2.31±0.26 ^{bc} | 131.40±20.34 ^b | 120.24±29.15 ^{abc} |
| A ₃ B ₃ | 1.95±0.42 ^{cd} | 112.89±12.75 ^{bc} | 117.70±24.53 ^{abcd} |
| A ₃ B ₄ | 0.47±0.08 ^f | 67.41±5.87 ^{bc} | 79.63±22.26 ^{bcd} |
| P 值 | | | |
| 含水率 | 0.002 | 0.152 | 0.753 |
| 双乙酸钠 | <0.001 | <0.001 | 0.003 |
| 含水率×双乙酸钠 | 0.228 | 0.944 | 0.995 |

3.2 双乙酸钠对 FTMR 青贮品质的影响

双乙酸钠作为乙酸衍生物具有较强的杀菌功能,是一种广泛用于食品和饲料中的防腐保鲜剂,在饲料中添加 0.15%~0.75% 就能达到良好的防霉效果^[8]。本试验中添加双乙酸钠的处理组果味较对照组浓重,可能由于双乙酸钠在自然状态下分解出较多的乙酸导致;双乙酸钠组 CP 和 NDF 含量较对照组有所升高,说明在一定程度上添加双乙酸钠能降低发酵过程中有害微生物对原料的养分消耗和氧化损失,从而提升营养物质的相对含量^[19]。周娟娟等^[5]认为,在青贮料中添加酸性物质,能有效降解饲料纤维中部分结构性碳水化合物,从而降低 ADF 含量,提高饲料的消化利用率,这与本试验研究结果一致。国卫杰等^[20]研究双乙酸钠对裹包青贮效果的影响,发现添加 0.3%~0.5% 双乙酸钠能明显提高裹包 TMR 的有氧稳定性, pH 值和 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 显著下降。李艳芬等^[21]在苜蓿青贮过程中添加双乙酸钠,贮藏 45 d 后发现添加双乙酸钠能提升青贮料的感官评分,显著降低青贮料的 pH 值、NDF 和 ADF 含量,以添加 0.5%~0.6% 最佳。邱小燕等^[22]在秸秆型 TMR 中添加双乙酸钠和糖蜜发酵 35 d,结果表明单独添加双乙酸钠的 TMR 有氧稳定性较对照组和糖蜜组高,并且双乙酸钠组的 pH 值在有氧暴露阶段呈较低水平,能良好保存 15 d 以上。本研究中,添加双乙酸钠的 FTMR 与对照组相比,LA 和

AA 含量有一定程度的提高, pH 值、 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 和霉菌毒素含量有明显下降,其中添加 0.2%~0.4% 双乙酸钠的发酵品质优于 0.8% 添加量,与张新慧等^[23]研究结果一致。由此说明,添加双乙酸钠可以抑制氨态氮和霉菌毒素的生成,提高青贮料的发酵品质,但过高浓度的双乙酸钠反而会抑制青贮料中乳酸菌的活性^[24],导致青贮效果不佳。

3.3 含水率和双乙酸钠的互作效应对 FTMR 青贮品质的影响

本试验中,在含水率 50%~60% 时,双乙酸钠添加量为 0.2% 的 pH 值最低;当含水率为 65% 时,添加 0.8% 的双乙酸钠效果佳,适宜添加量能促进乳酸菌发酵,然而高含水率容易稀释青贮原料中的可溶性糖分,不能为乳酸菌繁殖创造良好条件,低含量乳酸无法使 pH 达到 4.2 以下,不利于青贮成功^[25],因此需要添加更多的双乙酸钠提高发酵效率。可见水分和双乙酸钠添加量是影响青贮品质的重要因素,其交互效应对 FTMR 的 LA 和 AA 含量有显著影响。

4 结论

含水率和双乙酸钠的互作效应能抑制霉菌毒素的大量繁殖,减少干物质的损失,改善发酵全混日粮(FTMR)的青贮品质。青贮料含水率 60% 时添加 0.2%~0.4% 双乙酸钠, pH 值、 $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ 和霉菌毒

素含量较低,CP和NDF营养成分含量明显增加,青贮效果最佳。

参考文献:

- [1] 李长春,成启明,王志军,等. 饲草型FTMR对羔羊生产性能的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(2):90-95.
- [2] 邱玉朗,罗斌,于维,等. 发酵全混合日粮对肉羊生产性能与血液生化指标的影响[J]. 饲料研究,2013,(12):46-48.
- [3] 王成章,王恬. 饲料学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:129.
- [4] 徐晓明,黄克和,徐国忠,等. 不同含水率对奶牛TMR发酵过程中饲料品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2011,29(1):81-87.
- [5] 周娟娟,魏巍,秦爱琼,等. 水分和添加剂对辣椒秸秆青贮品质的影响[J]. 草业学报,2016,25(2):231-239.
- [6] 王力生,齐永玲,陈芳,等. 不同添加剂对笋壳青贮品质和营养价值的影响[J]. 草业学报,2013,22(5):326-332.
- [7] 王国良,孙永贵,黄大鹏,等. 双乙酸钠对育肥猪生长性能及肌肉性质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2008,20(1):59-62.
- [8] 陈文宁,王琤韡. 浅谈双乙酸钠在动物生产中的应用[J]. 江西饲料,2018(1):10-12.
- [9] Zhu Y, Nishino N, Kishida Y. Ensiling characteristics and ruminal degradation of Italian ryegrass and Lucerne silages treated with cell wall-degrading enzymes [J]. Science, 1999,79(14):1987-1992.
- [10] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:52-67.
- [11] 韩立英,张英俊,玉柱. 生物添加剂对全株玉米青贮饲料中黄曲霉毒素的影响[J]. 中国畜牧杂志,2010,46(23):63-66.
- [12] Weather M W. Phenol-hypochlorite reaction for determinations of ammonia [J]. Annual of Chemistry, 1967, 39:971-974.
- [13] 张志国,王丹,高阳,等. 添加复合益生菌对全混合日粮发酵品质的影响[J]. 中国畜牧兽医,2017,44(12):3536-3542.
- [14] 武慧娟,史静,张丽珍,等. 水分和添加剂对苜蓿青贮效果的影响[J]. 草原与草坪,2014,34(4):78-83.
- [15] 贾戎禹,程俊康,辛国荣,等. 晾干及青贮时间对高水分多花黑麦草青贮效果的影响研究[J]. 草学,2019(6):13-19.
- [16] 阿依古丽·达嘎尔别克,阿地力哈孜·阿地汗,哈丽代·热合木江,等. 不同含水率对昭苏马场刈割草青贮发酵品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):242-243.
- [17] Steidlová S, Kalac P. The effects of lactic acid bacteria inoculants and formic acid on the formation of biogenic amines in grass silages [J]. Archives of Animal Nutrition, 2004,58(3):245-254.
- [18] 王晶晶, Aragon Y A, Rodrigues I, 等. 青贮饲料中霉菌毒素的发生和预防[J]. 国外畜牧学—猪与禽,2013,33(11):74-77.
- [19] 丁良,原现军,闻爱友,等. 添加剂对西藏啤酒糟全混合日粮青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J]. 草业学报,2016,25(7):112-120.
- [20] 国卫杰,王加启,王晶,等. 添加不同水平双乙酸钠对裹包TMR贮存效果的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(12):45-50.
- [21] 李艳芬,程金花,田川尧,等. 双乙酸钠对苜蓿青贮品质、营养成分及蛋白分子结构的影响[J]. 草业学报,2020,29(2):163-171.
- [22] 邱小燕,姚元枝,潘润泽,等. 双乙酸钠和糖蜜对秸秆TMR青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J]. 草业科学,2019,36(10):2705-2713.
- [23] 张新慧,张永根,赫英飞. 添加两种乙酸钠盐对玉米青贮品质及有氧稳定性的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(6):1810-1815.
- [24] 刘振阳,孙娟娟,姜义宝,等. 双乙酸钠对苜蓿与小麦混合青贮发酵品质和有氧稳定性的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(2):85-89.
- [25] 刘振宇,顾乃杰,玉柱,等. 饲料枣粉对高水分紫花苜蓿青贮饲料质量的影响[J]. 河北农业科学,2016,20(2):90-93.

(下转30页)

The results showed that 1) The spectra of 5 species in the visible and near-infrared bands were consistent with the plants unique spectral characteristics, and there were significant differences. 2) The first-order differential (GREF and GABS) transformation of reflectance (REF) and absorbance (ABS) expanded the spectral characteristics of 5 species, and the relatively stable wavelength ranges were 520 to 595, 880 to 1100 nm and 717 to 737, 943 to 958 nm. 3) The differences of NDVI' and RVI' calculated for the combination of 490 to 530 nm and 780 to 820 nm under ABS and GABS transformation of 5 species were significantly greater than the control, and better than other combinations of NDVI' and RVI'. In conclusion, using the first-order differential to process the reflectance and absorbance of the sensitive band to optimize the vegetation index can improve the recognition effect of 5 species in the source area of the Yellow River.

Key words: source area of the yellow river; alpine plant; spectral characteristics; vegetation index; identification

(上接 22 页)

Effects of moisture content and sodium diacetate on fermentation quality and mycotoxins of fermented total mixed ration

WANG Zi-yuan, WANG Xiao-li, CHEN Guang-ji, WEI Xing-di, SHU Jian-hong
(Guizhou Institute of Prataculture, Guiyang 550006, China)

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of initial moisture content and sodium diacetate on the quality of fermented total mixed ration (FTMR). Three moisture contents (50%, 60%, 65%) and four sodium diacetate levels (0, 0.2%, 0.4%, 0.8%) were designed for a two-factor completely randomized trial. Sensory evaluation, conventional nutrient contents, fermentation parameters and mycotoxins of FTMR were analyzed 35 days after fermentation. The results showed that moisture content, sodium diacetate and their interactions had significant effects on the formation of FTMR organic acid ($P < 0.05$). With the increase of moisture content, pH value decreased significantly, and the content of lactic acid and acetic acid increased significantly. The crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and mycotoxins decreased slightly, with no significant difference ($P > 0.05$). The addition of sodium diacetate significantly reduced the content of ammoniacal nitrogen/total nitrogen and mycotoxins ($P < 0.05$). The pH was the lowest with 0.2% of sodium diacetate, and the crude protein and neutral detergent fiber were higher. It can be concluded that appropriate moisture content and sodium diacetate can improve the fermentation quality of FTMR, reduce the loss of dry matter, and inhibit the proliferation of mycotoxins. Under the conditions of this study, 60% moisture and 0.2%~0.4% sodium diacetate were the suitable combination to achieve the desired fermentation quality.

Key words: moisture content; sodium diacetate; silage; mycotoxins