

不同类型白酒糟对西杂牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响

汪 成¹ 王之盛^{1*} 胡 瑞¹ 马 健¹ 曹 广¹ 姚小鹤¹ 邹华围¹ 王雪莹¹
薛 白¹ 王立志¹ 彭全辉¹ 朱跃明² 朱潇鹏²

(1. 四川农业大学动物营养研究所, 四川省牛低碳养殖与安全生产高校重点实验室, 成都 611130;

2. 国家肉牛牦牛产业技术体系张掖综合试验站, 张掖 734000)

摘 要: 本试验旨在探讨不同类型白酒糟对西杂牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响。选取年龄(12月龄)、体重 $[(382.24 \pm 29.39) \text{ kg}]$ 相近的健康西杂(西门塔尔牛 \times 本地黄牛)架子牛公牛120头, 随机分为3组, 每组40头牛。对照组饲喂基础饲粮, 干酒糟组和发酵酒糟组分别饲喂用4.8%的干酒糟或发酵酒糟替换基础饲粮中部分原料配制的等能等氮饲粮。预试期7 d, 正试期90 d。结果显示: 1) 添加干酒糟和发酵酒糟显著提高西杂牛的干物质采食量($P < 0.05$), 且添加发酵酒糟显著提高西杂牛的平均日增重并显著降低料重比($P < 0.05$)。2) 发酵酒糟组中性洗涤纤维消化率显著高于对照组和干酒糟组($P < 0.05$)。3) 添加干酒糟和发酵酒糟显著降低西杂牛血清尿素氮含量, 且发酵酒糟组血清总蛋白、白蛋白、球蛋白、总胆固醇含量显著高于干酒糟组和对照组($P < 0.05$)。4) 发酵酒糟组瘤胃液总挥发性脂肪酸、乙酸、丁酸浓度显著高于对照组和干酒糟组($P < 0.05$), pH显著低于对照组和干酒糟组($P < 0.05$); 干酒糟组瘤胃液乙丙比最高, 显著高于对照组和发酵酒糟组($P < 0.05$); 干酒糟组和发酵酒糟组瘤胃液氨态氮浓度显著高于对照组($P < 0.05$)。由此可见, 饲粮中添加4.8%干酒糟或发酵酒糟可提高西杂牛采食量; 添加4.8%发酵酒糟还可促进西杂牛瘤胃发酵, 提高养分表观消化率及饲料报酬; 综合比较, 发酵酒糟对西杂牛的促生长效果优于干酒糟。

关键词: 干酒糟; 发酵酒糟; 西杂牛; 生长性能; 瘤胃发酵

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)02-0913-10

随着养殖业的发展, 我国饲料资源短缺问题愈发突出, 饲料资源缺乏已成为我国养殖业面临的一大困境。开发非常规饲料是解决这一困境的有效途径, 白酒糟作为一类重要的非常规饲料, 产量大、营养物质丰富, 具有良好的饲用价值。据统计, 我国2019年白酒产量达到785.9万 $\text{KL}^{[1]}$, 依据白酒产量估算2019年我国白酒糟产量达2 115万 t 。研究证实酒糟饲料具有提高动物生长性能、养分表观消化率及胴体品质等作用 $^{[2-5]}$ 。

目前白酒糟饲料化利用主要有鲜酒糟直接饲用、烘干饲用和微生物发酵后饲用等方式 $^{[6]}$ 。但鲜酒糟直接饲用存在诸多不足, 首先, 鲜酒糟中残留大量的水分、游离醋酸及乳酸, 酸度较高, 极易腐败变质, 造成资源浪费 $^{[7]}$; 其次, 直接饲喂鲜酒糟易导致反刍动物出现瘤胃酸中毒、便秘等症状, 因此鲜酒糟在反刍动物饲粮中的应用较为局限。鲜酒糟经烘干或微生物发酵后可有效改善其营养特性, 并可以延长保质期, 提高适用范围。白

收稿日期: 2020-07-20

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0502005); 国家肉牛牦牛产业技术体系(CARS-37)

作者简介: 汪 成(1996—), 男, 四川南充人, 硕士研究生, 从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: 534561893@qq.com

* 通信作者: 王之盛, 教授, 博士生导师, E-mail: zswangsicau@126.com

酒糟依据酿酒工艺主要分为浓香型、酱香型等,浓香型白酒在酿造时添加了大量的发酵填充剂稻壳,其酒糟纤维含量较高^[6],因而多采用烘干工艺制成干酒糟(dry distiller's grains,DDG)。研究证实干燥可以在有效降低酒糟水分含量的同时保留其他营养物质^[8],此外,Reis 等^[2]研究证实饲喂干酒糟可提高公牛的生长性能及肉品质。酱香型酒糟营养价值较高,是生产发酵酒糟(fermented distiller's grains,FDG)的优质原料,经过微生物发酵后酒糟中纤维被降解,蛋白质含量提高,并且发酵酒糟中还含有多种有益微生物和生长促进因子^[9]。陈光吉等^[10]研究发现,在饲料中添加发酵酒糟可以显著提高牦牛的采食量、日增重及养分表观消化率。

在我国,西杂牛(即西门塔尔杂交牛)养殖范围广,养殖数量多,在西杂牛生产中运用酒糟饲料具有广阔前景,但不同类型酒糟对西杂牛的饲用效果未见报道。因此,本试验主要对比浓香型干酒糟和酱香型发酵酒糟对西杂牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响,旨在为合理利用酒糟饲料育肥西杂牛提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

干酒糟由浓香型鲜酒糟烘干粉碎制成;发酵酒糟由酱香型酒糟经酿酒酵母菌发酵后干燥制成。2 种类型白酒糟营养组成见表 1。

表 1 2 种类型白酒糟的营养组成(风干基础)

Table 1 Nutritional composition of two types of white distiller's grains (air-dry basis) %

| 项目 Items | 干酒糟 DDG | 发酵酒糟 FDG |
|-------------|------------|-------------|
| 干物质 DM | 94.19 | 94.08 |
| 粗蛋白质 CP | 15.43 | 25.50 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 56.53 | 43.36 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 45.48 | 34.66 |
| 粗灰分 Ash | 11.21 | 8.33 |
| 钙 Ca | 0.29 | 0.36 |
| 磷 P | 0.25 | 0.39 |

1.2 试验设计

试验选取年龄(12 月龄)、体重 $[(382.24 \pm 29.39) \text{ kg}]$ 相近的健康西杂(西门塔尔牛×本地黄牛)架子牛公牛 120 头,随机分为对照组、干酒糟组、发酵酒糟组,每组 4 个重复,每个重复 10 头牛。对照组、干酒糟组、发酵酒糟组试验牛分别饲喂基础饲料、干酒糟饲料及发酵酒糟饲料,3 组饲料等能等氮。预试期 7 d,正试期 90 d,正试期第 87~89 天进行消化试验。

1.3 试验饲料

基础饲料参照我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815—2004)中体重 400 kg、日增重 1.2 kg 的营养需要进行配制,精粗比为 60:40,干酒糟饲料及发酵酒糟饲料是用 4.8%的干酒糟或发酵酒糟替换基础饲料中部分原料配制的等能等氮饲料。试验饲料组成及营养水平见表 2。

表 2 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| 原料 Ingredients | | | |
| 玉米 Corn | 38.40 | 37.80 | 38.40 |
| 麦麸 Wheat bran | 6.48 | 2.58 | 3.48 |
| 干酒糟 Dried distiller's grains | | 4.80 | |
| 发酵酒糟 Fermented distiller's grains | | | 4.80 |
| 棉籽粕 Cottonseed meal | 10.80 | 10.20 | 9.00 |
| 大豆油 Soybean oil | 0.90 | 1.20 | 0.90 |
| 氯化钠 NaCl | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 活性干酵母 Active dry yeast | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 预混料 Premix ¹⁾ | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

续表 2

| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| 小麦秸 Wheat straw | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| 玉米青贮 Corn silage | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| 合计 Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels ²⁾ | | | |
| 综合净能 NE _{mf} /(MJ/kg) | 6.50 | 6.47 | 6.49 |
| 粗蛋白质 CP | 11.89 | 11.77 | 11.76 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 25.09 | 27.05 | 27.38 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 13.35 | 15.46 | 15.11 |
| 钙 Ca | 0.44 | 0.50 | 0.50 |
| 磷 P | 0.32 | 0.37 | 0.39 |

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe (as ferrous sulfate) 50 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, Mn (as manganese sulfate) 20 mg, Zn (as zinc sulfate) 30 mg, I (as calcium iodate) 0.5 mg, Se (as sodium selenite) 0.15 mg, Co (as cobaltous chloride 6-hydrate) 0.1 mg, VA 4 400 IU, VD₃ 550 IU, VE 180 IU。

2) 营养水平中综合净能为计算值,其余皆为实测值。In the nutrient levels, the NE_{mf} was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 饲养管理

本试验在张掖市万禾草畜科技开发有限责任公司牛场进行。试验开始前对所有牛只统一编号,免疫驱虫,其他消毒免疫程序按牛场饲养管理进行。牛只分栏散养,每日饲喂 2 次(08:30 和 16:00)。正试期参考预试期的采食量投喂全混合日粮,保证试验牛采食后略有剩余,牛只均自由采食和饮水。

1.5 样品采集及指标测定

1.5.1 生长性能

于正试期第 1 和 90 天晨饲前对所有牛只称重,计算正试期的平均日增重(ADG);记录每日牛只采食量,计算干物质采食量(DMI);根据 ADG 和 DMI 计算料重比(F/G)。

1.5.2 血清生化指标

于正试期第 90 天称重前,从每个重复中随机选择 3 头牛,采集尾根静脉血液 2 份,静置 30 min 后 3 000 r/min 离心 15 min 制备血清,立即-20 ℃保存。血清生化指标采用全自动生化分析仪(日立 3100)测定,主要包括总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(UN)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白(LDL)、高密度脂蛋白(HDL)含量。

1.5.3 养分表观消化率

在正试期第 87~89 天进行消化试验,连续 3 d

每 6 h 收集 1 次西杂牛粪样,收集完成后将 3 d 的粪样混合均匀缩样至 500 g,按每 100 g 添加 5 mL 10%稀硫酸固氮。收集消化试验期新料和剩料的饲料样,充分混合后取 500 g,粪样及饲料样 65 ℃烘干至恒重,回潮 24 h,粉碎过 40 目筛,-20 ℃保存。饲料及粪样中干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)和磷(P)含量参照张丽英^[11]的方法测定。使用盐酸不溶灰分(AIA)作为内源标记物测定养分表观消化率,计算公式为:

某养分表观消化率(%)=100-[(饲料中 AIA 含量×粪中该养分含量)/(粪中 AIA 含量×饲料中该养分含量)]×100。

1.5.4 瘤胃发酵参数

正试期第 90 天晨饲前从每个重复中随机选择 3 头牛,用胃管式瘤胃液采样器采集瘤胃液,瘤胃液采集后经 4 层纱布过滤,分装于 15 mL 离心管,-20 ℃保存。

瘤胃液采集后立即测定瘤胃液 pH,pH 采用便携式 pH 酸度计(PHS-3B)测定。氨态氮(NH₃-N)浓度采用碱性次氯酸钠-苯酚分光光度计法测定,具体步骤参照 Broderick 等^[12]的方法。瘤胃液中微生物蛋白(MCP)浓度使用南京建成生物工程研究所生产的 BCA 法蛋白定量试剂盒测定,具体测定流程参照说明书进行。瘤胃液中挥

发性脂肪酸 (VFA) 浓度使用气相色谱仪 (CP-3800) 测定, 主要测定瘤胃液中乙酸、丙酸、丁酸浓度; 总挥发性脂肪酸 (TVFA) 浓度为乙酸、丙酸、丁酸浓度之和, 乙丙比为乙酸与丙酸浓度的比值。

1.6 数据统计与分析

试验数据经 Excel 2016 整理后, 用 SPSS 23.0 统计软件进行单因子方差分析 (one-way ANOVA) 并以 Duncan 氏法进行多重比较, $P<0.05$ 为差

异显著, 结果以平均值和均值标准误 (SEM) 表示。

2 结果与分析

2.1 不同类型白酒糟对西杂牛生长性能的影响

由表 3 可知, 发酵酒糟组的 ADG 显著高于对照组 ($P<0.05$), 同时干酒糟组和发酵酒糟组的 DMI 显著高于对照组 ($P<0.05$), 且发酵酒糟组的 F/G 显著低于干酒糟组和对照组 ($P<0.05$)。

表 3 不同类型白酒糟对西杂牛生长性能的影响

| Table 3 Effects of different types of white distiller's grains on growth performance of Simmental crossbred cattle | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------------|
| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group | 均值标准误 SEM | P 值 P-value |
| 始重 Initial BW/kg | 382.63 | 381.84 | 382.25 | 3.00 | 0.994 |
| 末重 Final BW/kg | 524.87 | 533.78 | 541.06 | 3.44 | 0.158 |
| 平均日增重 ADG/(kg/d) | 1.58 ^b | 1.69 ^{ab} | 1.76 ^a | 0.02 | 0.005 |
| 干物质采食量 DMI/(kg/d) | 9.84 ^b | 10.47 ^a | 10.42 ^a | 0.09 | <0.001 |
| 料重比 F/G | 6.23 ^a | 6.20 ^a | 5.91 ^b | 0.07 | 0.028 |

同行数据肩标不同字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。
In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 不同类型白酒糟对西杂牛养分表观消化率的影响

由表 4 可知, 发酵酒糟组的 NDF 表观消化率

显著高于干酒糟组和对照组 ($P<0.05$), 其余指标各组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 不同类型白酒糟对西杂牛养分表观消化率的影响

| Table 4 Effects of different types of white distiller's grains on nutrient apparent digestibility of Simmental crossbred cattle | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------------|
| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group | 均值标准误 SEM | P 值 P-value |
| 干物质 DM | 71.69 | 72.24 | 72.41 | 0.53 | 0.869 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 54.30 ^b | 53.09 ^b | 59.60 ^a | 0.94 | 0.001 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 45.28 | 47.82 | 50.04 | 1.34 | 0.381 |
| 粗蛋白质 CP | 65.14 | 66.08 | 64.71 | 0.76 | 0.789 |
| 钙 Ca | 47.54 | 47.68 | 49.82 | 1.97 | 0.892 |
| 磷 P | 48.11 | 53.95 | 51.16 | 1.22 | 0.145 |

2.3 不同类型白酒糟对西杂牛血清生化指标的影响

由表 5 可知, 发酵酒糟组血清 TP、ALB、GLOB、TC 含量显著高于其余 2 组 ($P<0.05$); 干

酒糟组和发酵酒糟组血清 UN 含量显著低于对照组 ($P<0.05$); 血清 GLU、TG、HDL 含量各组间差异不显著 ($P>0.05$); 此外, 干酒糟组和发酵酒糟组血清 LDL 含量较对照组有升高的趋势。

表5 不同类型白酒糟对西杂牛血清生化指标的影响

Table 5 Effects of different types of white distiller's grains on serum biochemical indexes of Simmental crossbred cattle

| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group | 均值标准误 SEM | P 值 P-value |
|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------------|
| 总蛋白 TP/(g/L) | 55.66 ^b | 55.11 ^b | 66.13 ^a | 1.36 | <0.001 |
| 白蛋白 ALB/(g/L) | 29.88 ^b | 30.85 ^b | 34.63 ^a | 0.57 | 0.001 |
| 球蛋白 GLOB/(g/L) | 25.71 ^b | 24.26 ^b | 31.50 ^a | 0.92 | 0.001 |
| 葡萄糖 GLU/(mmol/L) | 5.54 | 5.61 | 5.94 | 0.17 | 0.609 |
| 尿素氮 UN/(mmol/L) | 3.13 ^a | 2.64 ^b | 2.55 ^b | 0.10 | 0.035 |
| 总胆固醇 TC/(mmol/L) | 2.00 ^b | 2.38 ^b | 3.17 ^a | 0.12 | <0.001 |
| 甘油三酯 TG/(mmol/L) | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.01 | 0.879 |
| 低密度脂蛋白 LDL/(mmol/L) | 0.30 | 0.38 | 0.38 | 0.02 | 0.089 |
| 高密度脂蛋白 HDL/(mmol/L) | 0.69 | 0.76 | 0.75 | 0.02 | 0.195 |

2.4 不同类型白酒糟对西杂牛瘤胃发酵参数的影响

由表6可知,发酵酒糟组瘤胃液pH显著低于对照组和干酒糟组($P<0.05$),TVFA、乙酸、丁酸

浓度显著高于对照组和干酒糟组($P<0.05$),且其丙酸浓度最高。干酒糟组及发酵酒糟组瘤胃液NH₃-N浓度显著高于对照组($P<0.05$),且干酒糟组瘤胃液乙丙比显著高于对照组($P<0.05$)。

表6 不同类型白酒糟对西杂牛瘤胃发酵参数的影响

Table 6 Effects of different types of white distiller's grains on rumen fermentation parameters of Simmental crossbred cattle

| 项目 Items | 对照组 Control group | 干酒糟组 DDG group | 发酵酒糟组 FDG group | 均值标准误 SEM | P 值 P-value |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------------|
| pH | 7.14 ^a | 7.12 ^a | 6.83 ^b | 0.04 | <0.001 |
| 氨态氮 NH ₃ -N/(mg/dL) | 6.88 ^b | 8.88 ^a | 10.16 ^a | 0.39 | 0.001 |
| 微生物蛋白 MCP/(mg/mL) | 2.44 | 2.65 | 2.70 | 0.10 | 0.175 |
| 乙酸 Acetate/(mmol/L) | 45.93 ^b | 45.74 ^b | 61.86 ^a | 2.04 | <0.001 |
| 丙酸 Propionate/(mmol/L) | 14.92 ^{ab} | 11.97 ^b | 17.53 ^a | 0.79 | 0.013 |
| 丁酸 Butyrate/(mmol/L) | 6.96 ^b | 8.00 ^b | 13.63 ^a | 0.63 | <0.001 |
| 总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L) | 67.81 ^b | 65.71 ^b | 93.03 ^a | 3.23 | <0.001 |
| 乙丙比 Acetate/propionate | 3.16 ^b | 4.02 ^a | 3.59 ^{ab} | 0.17 | 0.003 |

3 讨论

3.1 不同类型白酒糟对西杂牛生长性能的影响

由本试验结果可知,酒糟饲料有助于提高西杂牛的DMI和ADG,这与张旺宏等^[13]研究结果相一致,袁鑫等^[14]也证实饲料中添加7%或14%的白酒糟可提高羔羊的生长性能。采食量是影响动物生长性能的重要指标,采食量受适口性、饲养管理、饲养环境等多种因素的影响^[15]。在相同的饲养管理与环境下,含有酒糟的饲料的采食量更

高可能是因为酒糟具有独特的气味,改善了饲料的适口性,从而促进动物采食。本试验结果还证实发酵酒糟组牛只的F/G显著降低,陈光吉等^[10]在舍饲牦牛饲料中添加9.25%的发酵白酒糟也发现牦牛的ADG提高,F/G降低,究其原因可能是发酵后的饲料中纤维结构发生改变,更利于消化吸收^[16],同时发酵饲料中含有多种有益微生物和次生代谢物,这些微生物和次生代谢物进入体内可以改善肠道微生态^[17],进而促进机体消化吸收,提高饲料利用效率。

3.2 不同类型白酒糟对西杂牛养分表观消化率的影响

养分表观消化率是影响动物生长性能的重要因素之一,其高低受饲料可消化性、饲料组成、动物机体状况等多种因素的影响。本研究发现发酵酒糟显著提高了西杂牛的 NDF 表观消化率,这与陈光吉等^[10]的研究结果一致,彭忠利等^[18]利用发酵白酒糟饲喂川中黑山羊也证实发酵酒糟有助于促进 NDF 的表观消化率。酒糟发酵过程中微生物会产生大量的纤维素酶,使酒糟纤维被降解更容易消化,同时发酵酒糟中的纤维素酶有利于提高瘤胃外源纤维素酶活性^[10];其次有研究证实饲喂一定比例的酒糟还有助于改善瘤胃微生物的生长环境,使纤维分解菌分泌酶的能力提高^[19],从而促进瘤胃对纤维的降解。

3.3 不同类型白酒糟对西杂牛血清生化指标的影响

血清生化指标能够综合反映动物机体的消化、代谢及健康状况^[20]。本试验结果显示发酵酒糟组血清 TP、ALB、GLOB 含量显著高于对照组,同时干酒糟组和发酵酒糟组血清 UN 含量显著低于对照组。血清 TP、ALB、GLOB 含量的变化可反映动物体内蛋白质消化代谢及生长发育状况,ALB 可参与机体组织修复和能量供应,GLOB 在机体液免疫中发挥重要作用;UN 是蛋白质代谢的终产物,主要来源于瘤胃氮吸收,可随尿液排出体外,血清 UN 含量较低可减少机体氮损失,有利于机体氮沉积^[21]。上述结果表明发酵酒糟可能对提升机体蛋白质合成代谢及体液免疫有一定作用。孙国强等^[22]研究也表明在精料中添加部分酒糟可降低氮的排泄量,可能是因为酒糟中含有较多过瘤胃蛋白且蛋白质利用效率更高^[23]。本研究还证实 2 个酒糟组血清 LDL、HDL、TC 含量均高于对照组,且发酵酒糟组血清 TC 含量与对照组的差异达到显著水平。杨春红等^[24]在黔北麻羊精料中添加 7% 或 14% 的白酒糟,结果发现,白酒糟提高了血液中 LDL 含量。而 TC、LDL 及 HDL 含量的提高表明酒糟饲料有助于提高机体对脂类的代谢^[25]。

3.4 不同类型白酒糟对西杂牛瘤胃发酵参数的影响

反刍动物主要依赖瘤胃发酵获取营养物质,瘤胃发酵状况变化将直接影响动物机体的消化吸

收能力,进而影响反刍动物的生长或生产性能。瘤胃液 pH 是反映瘤胃发酵情况最直观的指标,维持适宜的 pH 对瘤胃发酵至关重要,瘤胃液正常 pH 在 5.5~7.5 波动^[26]。本试验中各组瘤胃液 pH 均处于正常范围内,但发酵酒糟组 pH 显著低于其余 2 组,这可能与发酵酒糟在瘤胃中更容易产生有机酸有关。有机酸动态平衡状态与瘤胃酸度密切相关,本次试验结果也显示发酵酒糟组瘤胃乙酸、丁酸浓度显著高于其余 2 组。杜瑞平等^[27]在绵羊上的研究也证实发酵酒糟可以促进瘤胃产生更多的乙酸和丁酸,从而使瘤胃液 pH 下降。而乙酸是合成脂肪酸的前体物质,发酵酒糟组瘤胃液乙酸浓度更高,对增强机体脂肪生成具有一定作用,血清脂质代谢相关指标浓度升高也证实了脂类代谢有所加强。本试验还发现,发酵酒糟组瘤胃液 TVFA 浓度显著高于其余 2 组,VFA 可为反刍动物机体提供 70%~80% 的能量^[28],这说明含发酵酒糟饲料可为机体提供更多的可消化能,从而有利于提高增重;同时干酒糟组瘤胃液乙丙比显著高于对照组,呈干酒糟组>发酵酒糟组>对照组的趋势。可能是因为发酵酒糟组西杂牛采食量高、纤维易消化,使得瘤胃微生物获得更多发酵底物,从而有利于 VFA 生成。此外,发酵酒糟组的 NDF 表观消化率更高,也反映其碳水化合物的利用效率更佳。但酒糟饲料中纤维含量高,因此发酵更易生成乙酸,而酒糟经发酵后,其中的纤维部分被微生物分解生成非纤维性碳水化合物^[29],有利于瘤胃发酵向丙酸型发酵转变。瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 主要由饲料中粗蛋白质、非蛋白氮等含氮物质发酵产生, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在一定程度上可以反映瘤胃对含氮物质降解、利用及排出之间所达到的平衡状况,维持适宜的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度对瘤胃微生物的生长十分重要^[30]。本次试验中各组西杂牛瘤胃液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度都处于适宜的范围内^[31],但干酒糟组和发酵酒糟组瘤胃液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度显著高于对照组,这与陈光吉等^[10]研究结果相似,可能与干酒糟和发酵酒糟提高了西杂牛的 DMI,进而增加了含氮物质的摄入有关。

4 结 论

综上所述,在西杂牛架子牛阶段饲料中添加 4.8% 干酒糟或发酵酒糟均可提高西杂牛的干物质采食量;添加 4.8% 发酵酒糟还可促进西杂牛的瘤

胃发酵,提高养分表观消化率,进而提高西杂牛的饲料转化率和生长性能;综合分析试验结果,发酵酒糟对西杂牛的促生长效果优于干酒糟。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局[DB/OL].[2020-06-18]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=A01&z=020909&sj=201912>. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China[DB/OL].[2020-06-18]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=A01&z=020909&sj=201912>. (in Chinese)
- [2] REIS V A, REIS R A, DA ROS DEARAÚJO T L, et al. Performance, beef quality and expression of lipogenic genes in young bulls fed low-fat dried distillers grains[J]. *Meat Science*, 2020, 160: 107962.
- [3] 王斌星, 王伟冬, 郭春华, 等. 发酵酒糟对舍饲育肥藏绵羊生产性能、养分表观消化率和经济效益的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(7): 5-10.
WANG B X Q, WANG D W, GUO C H, et al. Effect of fermented vinasse on productive performance, nutrient apparent digestibility and economic benefits of fattening Tibetan sheep in drylot feeding[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2016(7): 5-10. (in Chinese)
- [4] GUTIERREZ N A, SERÃO N V L, PATIENCE J F. Effects of distillers' dried grains with solubles and soybean oil on dietary lipid, fiber, and amino acid digestibility in corn-based diets fed to growing pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(4): 1508-1519.
- [5] SCHOONMAKER J P, TRENKLE A H, BEITZ D C. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low- or high-forage diets[J]. *Journal of Animal Science*, 2010, 88(11): 3657-3665.
- [6] 李倩. 不同类型酒糟营养成分组成差异及瘤胃发酵特性的研究[D]. 硕士学位论文. 成都: 四川农业大学, 2017.
LI Q. Study on nutrients composition and ruminal fermentation characteristics of different types distillers' grains[D]. Master's Thesis. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [7] 刘志云, 钟晓霞, 姚焰础, 等. 白酒糟生物饲料及其在猪生产上的应用现状[J]. *动物营养学报*, 2020, 32(1): 15-20.
LIU Z Y, ZHONG X X, YAO Y C, et al. Biological feed of white distiller's grains and its application sta-
- tus in swine production[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1): 15-20. (in Chinese)
- [8] 沈怡方. 白酒生产技术全书[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
SHEN Y F. Complete book of liquor production technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2009. (in Chinese)
- [9] 张玉诚, 薛白, 达勒措, 等. 混菌固态发酵白酒糟开发为蛋白质饲料的条件优化及营养价值评定[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(11): 3711-3720.
ZHANG Y C, XUE B, DA L C, et al. Distillers grains: optimization of mixed bacterial solid-state fermentation conditions to produce protein feed and nutrient value analysis[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(11): 3711-3720. (in Chinese)
- [10] 陈光吉, 彭忠利, 宋善丹, 等. 发酵酒糟对舍饲牦牛生产性能、养分表观消化率、瘤胃发酵和血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(9): 2920-2927.
CHEN G J, PENG Z L, SONG S D, et al. Effects of fermented distillers' grains on performance, apparent nutrient digestibility, ruminal fermentation and serum biochemical indices in house-fed yaks[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(9): 2920-2927. (in Chinese)
- [11] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 4版. 北京: 中国农业大学出版社, 2016.
ZHANG L Y. Feed analysis and feed quality detection technology[M]. 4th ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2016. (in Chinese)
- [12] BRODERICK G A, KANG J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media[J]. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1): 64-75.
- [13] 张旺宏, 李华伟, 祝倩, 等. 发酵白酒糟对育肥猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(12): 5174-5181.
ZHANG W H, LI H W, ZHU Q, et al. Effects of fermented distiller's grains on plasma biochemical parameters and antioxidant indices of finishing pigs[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(12): 5174-5181. (in Chinese)
- [14] 袁鑫, 田兴舟, 朱伦琴, 等. 贵州美酒河流域白酒糟对黔北麻羊羔羊生长性能、氮代谢及血浆免疫指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(9): 2940-2946.
YUAN X, TIAN X Z, ZHU L Q, et al. Effects of distillers' grain originated from Meijihe river area on

- growth performance, nitrogen metabolism and plasma immune indices of *Qianbeima* lambs [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27 (9): 2940–2946. (in Chinese)
- [15] 丁耿芝, 孟庆翔. 反刍动物干物质采食量预测模型研究进展[J]. 动物营养学报, 2013, 25(2): 248–255. DING G Z, MENG Q X. Research advances in prediction models of dry matter intake in ruminants[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(2): 248–255. (in Chinese)
- [16] ZHANG J, ZHANG W X, LI S Z, et al. A two-step fermentation of distillers' grains using *Trichoderma viride* and *Rhodopseudomonas palustris* for fish feed [J]. Bioprocess and Biosystems Engineering, 2013, 36 (10): 1435–1443.
- [17] WANG S J, GUO C H, ZHOU L, et al. Effects of dietary supplementation with epidermal growth factor-expressing *Saccharomyces cerevisiae* on duodenal development in weaned piglets[J]. British Journal of Nutrition, 2016, 115(S9): 1509–1520.
- [18] 彭忠利, 郭春华, 吴小燕, 等. 微生物白酒糟对肉羊生产性能和日粮养分表观消化率的影响[J]. 中国饲料, 2016(10): 23–26. PENG Z L, GUO C H, WU X Y, et al. Effects of the fermented distillers grains on the growth performance and nutrient apparent digestibility in meat goat[J]. China Feed, 2016(10): 23–26. (in Chinese)
- [19] 袁鑫, 吴文旋, 吴佳海, 等. 白酒糟对黔北麻羊瘤胃发酵及血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(6): 2188–2195. YUAN X, WU W X, WU J H, et al. Effects of white distiller's grains on rumen fermentation and plasma biochemical indexes of *Qianbeima* goats[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2017, 29(6): 2188–2195.
- [20] LIU Q W, WANG F, WEI L M, et al. Effect of pelleted total mixed ration on production performance and serum biochemical index of growing *Hainan* black goats[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2019, 11(1): 19–22.
- [21] LIU H, JI H F, ZHANG D Y, et al. Effects of *Lactobacillus brevis* preparation on growth performance, fecal microflora and serum profile in weaned pigs[J]. Livestock Science, 2015, 178: 251–254.
- [22] 孙国强, 吕永艳, 王玲. 精料干酒糟及其可溶物水平对奶牛产奶性能及氮排泄的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(12): 3608–3615. SUN G Q, LU Y Y, WANG L. Effects of dried distillers grains with solubles level in concentrate on milk performance and nitrogen excretion of dairy cows[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(12): 3608–3615. (in Chinese)
- [23] 王丽, 张英杰, 刘月琴, 等. 饲料白酒糟添加水平对山羊生产性能、营养物质表观消化率及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(2): 519–525. WANG L, ZHANG Y J, LIU Y Q, et al. Effects of white distillers' grains supplemental level on performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indices of goats[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(2): 519–525. (in Chinese)
- [24] 杨春红, 吴文旋, 吴佳海, 等. 白酒糟对黔北麻羊羔羊饲料养分消化率、血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(5): 1581–1588. YANG C H, WU W X, WU J H, et al. Effects of white distiller's grains on dietary nutrient digestibility and plasma biochemical parameters of *Qianbeima* lambs[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(5): 1581–1588. (in Chinese)
- [25] 纪宇, 王若丞, 王锋, 等. 不同比例白酒糟对育肥山羊生产性能、血清指标及瘤胃发酵的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(6): 1916–1923. JI Y, WANG R C, WANG F, et al. Effects of different proportion of distillers' grains on performance, serum indices and rumen fermentation of goats[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(6): 1916–1923. (in Chinese)
- [26] 赵国宏, 王世琴, 王芬, 等. 湖羊育肥期饲料添加酵母培养物对营养物质表观消化率及瘤胃发酵参数的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2019, 50(10): 2156–2165. ZHAO G H, WANG S Q, WANG F, et al. Effects of yeast culture supplementation in high-concentration diet on nutrient digestibility and rumen fermentation of fattening *Hu* sheep[J]. Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2019, 50(10): 2156–2165. (in Chinese)
- [27] 杜瑞平, 卢德勋, 高民. 绵羊瘤胃乙酸、丁酸产生量的提高对其消化道吸收和流通的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(1): 224–233. DU R P, LU D X, GAO M. Effects of increasing ruminal acetate and butyrate production rate on gastrointestinal passage and absorption in sheep[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(1): 224–233. (in Chinese)
- [28] ABUELFAH K, ZUKI A B, GOH Y M, et al.

Effects of feeding whole linseed on ruminal fatty acid composition and microbial population in goats[J]. *Animal Nutrition*, 2016, 2(4):323-328.

[29] 刘华南,彭忠利,张正帆,等.微生物发酵白酒糟生产蛋白饲料的研究进展[J]. *饲料研究*, 2015(3):32-36,43.

LIU H N, PENG L Z, ZHANG Z F, et al. Research progress in production of protein feed from distiller's grains by microbial fermentation[J]. *Feed Research*, 2015(3):32-36,43. (in Chinese)

[30] 刘文涛,李晓斌,臧长江,等.饲喂不同结构性与非结构性碳水化合物比例日粮对绵羊瘤胃发酵参数的影响[J]. *饲料工业*, 2019, 40(24):18-24.

LIU W T, LI X B, ZANG C J, et al. Effects of dietary diets with different ratios of structural and non-structural carbohydrates on rumen fermentation parameters in sheep[J]. *Feed Industry*, 2019, 40(24):18-24. (in Chinese)

[31] WANAPAT M, PIMPA O. Effect of ruminal NH₃-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 1999, 12(6):904-907.

Effects of Different Types of White Distiller's Grains on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibility, Serum Biochemical Indexes and Rumen Fermentation Parameters of Simmental Crossbred Cattle

WANG Cheng¹ WANG Zhisheng^{1*} HU Rui¹ MA Jian¹ CAO Guang¹ YAO Xiaohe¹ ZOU Huawei¹
WANG Xueying¹ XUE Bai¹ WANG Lizhi¹ PENG Quanhui¹ ZHU Yueming² ZHU Xiaopeng²

(1. Key Laboratory of University in Cattle Low Carbon Breeding and Safety Production in Sichuan Province, Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Zhangye Comprehensive Experimental Station of National Yak and Beef Industrial Technology System, Zhangye 734000, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of different types of white distiller's grains on growth performance, nutrient apparent digestibility, serum biochemical indexes and rumen fermentation parameters of Simmental crossbred cattle. One hundred and twenty healthy Simmental crossbred bulls (Simmental×local yellow cattle) with similar body weight [(382.24 ± 29.39) kg] and age (12 months old) were randomly divided into 3 groups with 40 bulls in each group. The animals in control group were fed a basal diet, and the animals in dry distiller's grains group and fermented distiller's grains group were fed equal energy equal nitrogen diets, which were prepared by replacing some raw materials in the basal diet with 4.8% dry distiller's grains or fermented distiller's grains, respectively. A 7-day adjustment period was followed by a 90-day experimental period. The results showed as follows: 1) the additions of dry distiller's grains and fermented distiller's grains significantly increased the dry matter intake of Simmental crossbred cattle. Besides, the addition of fermented distiller's grains significantly increased the average daily gain of Simmental crossbred cattle and significantly decreased the feed/gain ($P<0.05$). 2) The digestibility of neutral detergent fiber in fermented distiller's grains group was significantly higher than that in control group and dry distiller's grains group ($P<0.05$). 3) The additions of dry distiller's grains and fermented distiller's grains significantly reduced the serum urea nitrogen content of Simmental crossbred cattle. Moreover, the contents of serum total protein, albumin, globulin and total cholesterol in fermented distiller's grains group were significantly higher than those in dry distiller's grains group and control group ($P<0.05$). 4) The concentrations of total volatile fatty acids, acetate and butyrate in rumen fluid in fermented distiller's grains group were significantly increased as compared with dry distiller's grains group and control group ($P<0.05$), but the rumen fluid pH exhibited an opposite trend. The rumen fluid acetate/propionate in dry distiller's grains group was the highest, and it was significantly higher than that in control group and fermented distiller's grains group ($P<0.05$). The concentration of ammonia nitrogen in rumen fluid in dry distiller's grains group and fermented distillers' grains group was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). In conclusion, adding 4.8% dry distiller's grains or fermented distiller's grains into the diet can improve the feed intake of Simmental crossbred cattle; adding 4.8% fermented distiller's grains can promote the rumen fermentation, increase the nutrient digestibility and feed efficiency; compared comprehensively, the growth promotion effect of fermented distiller's grains is better than that of dry distiller's grains. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2):913-922]

Key words: dry distiller's grains; fermented distiller's grains; Simmental crossbred cattle; growth performance; rumen fermentation