

发酵茶渣对肉羊生长性能、瘤胃发酵参数和营养物质表观消化率的影响

冉雷¹ 黄小云^{1*} 范彩云¹ 胡海涛¹ 卓钊¹ 丁建平¹
张子军¹ 宛晓春² 黄进宝² 程建波^{1**}

(1.安徽农业大学动物科技学院,合肥 230036;2.安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室,合肥 230036)

摘要: 本试验旨在研究发酵茶渣对肉羊生长性能、瘤胃发酵参数和营养物质表观消化率的影响,以确定发酵茶渣替代肉羊精料补充料的适宜比例。试验选取 64 只 3 月龄、体重(20.0±2.5) kg 的健康湖羊,随机分为 4 组,每组 16 只。对照组饲喂基础饲料,Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组在基础饲料的基础上分别用发酵茶渣等比例替代 5%、10%、20% 的精料补充料。结果表明:1) 各组之间肉羊的末重、平均日增重、干物质采食量和料重比均无显著差异($P>0.05$)。2) Ⅱ组的瘤胃液丙酸(PA)比例显著高于对照组和Ⅲ组($P<0.05$),Ⅰ组和Ⅱ组的瘤胃液乙酸/丙酸(AA/PA)显著低于对照组和Ⅲ组($P<0.05$)。各组之间肉羊的瘤胃液 pH 和总挥发性脂肪酸(TVFA)、氨态氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、微生物蛋白(MCP)含量以及乙酸(AA)、丁酸(BA)比例均无显著差异($P>0.05$)。3) 对照组和Ⅰ组的粗脂肪表观消化率显著高于Ⅲ组($P<0.05$)。各组之间肉羊的有机物、粗蛋白质、干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率均无显著差异($P>0.05$)。4) 与对照组相比,Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组的饲料成本和饲料增重成本均有所降低,其中,Ⅲ组的降低幅度最大。由此可见,本试验条件下,发酵茶渣替代 5%、10%、20% 的精料补充料对肉羊的生长性能以及大部分瘤胃发酵参数、营养物质表观消化率均无显著影响,从经济效益考虑,建议发酵茶渣替代肉羊精料补充料的适宜比例为 20%。

关键词: 发酵茶渣;肉羊;生长性能;瘤胃发酵;营养物质表观消化率

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2022)03-1768-09

我国蛋白质饲料原料资源短缺,对外依存度已经超过 70%,迫使我们必须寻找新的出路,其中开发利用非常规蛋白质饲料原料就是一条重要途径。据不完全统计,2018 年我国茶叶深加工企业用茶及其他途径用茶将产生大约 100 万 t 的茶叶副产物^[1]。茶渣作为茶叶副产物之一,不仅产量大,营养价值也高,其粗蛋白质(CP)含量为 23.93%,粗灰分含量为 3.15%,中性洗涤纤维含量

为 60.80%,酸性洗涤纤维含量为 36.27%^[2],具有良好的应用前景。但新鲜茶渣含水量往往达到 70%~80%,易产生霉变、不易保存,限制了其在畜牧生产中的广泛应用。目前保存湿茶渣的方式主要有烘干和微生物发酵,而湿茶渣在烘干的过程中不仅会损失或破坏一些营养成分,而且还会增加保存的经济成本。微生物发酵不仅能延长饲料的保质期,改善适口性和降低抗营养因子水平,而

收稿日期:2021-08-04

基金项目:安徽省重点研发计划项目(202004a06020006);安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室开放基金资助项目(SKLT-OF20160203)

作者简介:冉雷(1989—),男,安徽阜阳人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail:1771005917@qq.com

* 同等贡献作者

** 通信作者:程建波,教授,博士生导师,E-mail:chengjianbofcy@163.com

且还能提高饲料的利用率^[3-5]。此外,发酵饲料中的有益菌能对饲料中的有机大分子进行分解,产生许多有利代谢物,从而促进动物对营养物质的吸收。

目前,对发酵茶渣营养价值的评价多停留在猪、鸡方面,而在反刍动物方面的研究较少。因此,本试验旨通过探讨发酵茶渣对肉羊生长性能、瘤胃发酵参数、营养物质表观消化率的影响及其经济效益分析,确定发酵茶渣替代肉羊精料补充料的适宜比例,为发酵茶渣在肉羊生产中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青贮宝[购自于山东宝来利来生物工程股份有限公司,主要成分为益生菌(植物乳杆菌、戊糖片球菌,活菌数 $\geq 1.0 \times 10^9$ CFU/g)、酶(纤维素酶、半纤维素酶、葡聚糖酶、木聚糖酶,活性 ≥ 600 U/g)、细菌生长促进剂、保护剂及载体等。

发酵茶渣:称取 100 g 青贮宝溶解于 50 kg 水中稀释活化,随后倒入 850 kg 茶渣和 150 kg 麦麸搅拌均匀,打包密封保存 45 d。试验的具体操作步骤参照朱飞^[4]的方法,发酵茶渣的营养水平及发酵品质见表 1。

1.2 试验设计

试验选取健康的 3 月龄左右、体重(20.0 \pm 2.5) kg 的雄性湖羊 64 只,随机分为 4 组,每组 16 只。对照组饲喂基础饲料,试验组(I 组、II 组、III 组)分别用发酵茶渣替代 5%、10% 和 20% 的精料补充料。预试期 2 周,正试期 12 周。

表 1 发酵茶渣的营养水平及发酵品质

Table 1 Nutrient levels and fermentation quality of fermented tea residue

项目 Items	含量 Content
营养水平 Nutrient levels/%	
干物质 DM	35.69
粗蛋白质 CP	23.12
中性洗涤纤维 NDF	53.32
酸性洗涤纤维 ADF	28.61
粗脂肪 EE	5.81
有机物 OM	89.28
钙 Ca	0.59

续表 1

项目 Items	含量 Content
磷 P	0.39
单宁 Tannin	4.54
总能 GE/(MJ/kg)	17.92
发酵指标 Fermentation indexes	
pH	3.62
氨态氮/总氮 NH ₃ -N/TN	0.97
乳酸 Lactic acid/%	4.90
乙酸 Acetic acid/%	1.15

1.3 试验饲料

试验饲料参照我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004),以日增重 0.15 kg/d 为依据,并结合当地饲料资源配制。试验采用等能等氮原则,用发酵茶渣替代肉羊精料补充料中部分玉米、麸皮和豆粕。精料补充料组成及营养水平见表 2,试验饲料组成及营养水平见表 3。

1.4 饲养管理

试验羊单栏饲喂,每日 08:00 和 15:00 各饲喂 1 次,自由饮水和采食。每日清扫羊舍,每周用 0.5% 过氧乙酸对羊舍消毒 2 次。

1.5 样品采集

1.5.1 瘤胃液样品采集

每组随机选取 6 只湖羊,于试验最后 1 周晨饲 2 h 后,用瘤胃采样器采瘤胃液 50 mL,立即测定其 pH。然后用 4 层纱布过滤,将滤液分装于 3 个 15 mL 的离心管中,-20 °C 冷冻保存。

1.5.2 粪样采集

试验最后 1 周连续 3 d 随机选取 6 只湖羊进行套袋收粪,并添加 10% 的盐酸固氮,将每只羊 3 d 的羊粪混合均匀,-20 °C 冷冻保存。

1.6 指标测定

1.6.1 生长性能

正试期内,分别记录每组试验羊只的饲喂量和剩料量,并于试验第 1、4、8 和 12 周的晨饲前称其体重,并记录数据,计算干物质采食量、平均日增重和料重比。

1.6.2 瘤胃发酵参数

按照柏雪等^[6]的方法测定瘤胃液挥发性脂肪酸(VFA)含量,按照冯宗慈等^[7]的方法测定瘤胃液氨态氮(NH₃-N)含量,按照顾小卫等^[8]的方法测定瘤胃液微生物蛋白(MCP)含量。

表2 精料补充料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of concentrate supplements (air-dry basis)

%

项目 Items	对照组 Control group	I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III
原料 Ingredients				
玉米 Corn	51.00	51.00	49.00	47.50
豆粕 Soybean meal	17.50	15.00	14.00	11.00
发酵茶渣 Fermented tea residue		5.00	10.00	20.00
麸皮 Bran	10.00	6.50	5.50	
预混料 Premix ¹⁾	10.00	10.00	10.00	10.00
芝麻粕 Sesame cake	7.50	7.50	7.50	7.50
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.00	1.00	1.00	1.00
碳酸氢钠 NaHCO ₃	2.00	2.00	2.00	2.00
食盐 NaCl	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾				
粗蛋白质 CP	17.66	17.56	17.43	17.32
干物质 DM	84.09	81.46	78.85	73.60
中性洗涤纤维 NDF	16.30	17.47	19.15	21.78
酸性洗涤纤维 ADF	8.05	8.80	9.80	11.57
钙 Ca	1.48	1.50	1.52	1.56
磷 P	0.81	0.79	0.78	0.74
消化能 DE/(MJ/kg)	12.08	12.09	12.04	12.02

1) 预混料为每千克精料补充料提供 The premix provided the following per kg of concentrate supplements: VA 75 000 IU, VD₃ 10 500 IU, VE 100 IU, 烟酸 nicotinic acid 90 mg, 泛酸 pantothenic acid 105 mg, 生物素 biotin 4.0 mg, Fe (as ferrous sulfate) 550 mg, Cu (as copper sulfate) 50 mg, Mn (as manganese sulfate) 500 mg, Zn (as zinc sulfate) 400 mg, I (as potassium iodide) 10 mg, Se (as sodium selenite) 3.25 mg, Co (as cobalt) 3.25 mg。

2) 消化能为计算值,其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

表3 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 3 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	对照组 Control group	I组 Group I	II组 Group II	III组 Group III
原料 Ingredients				
全株玉米青贮 Whole corn silage	45.00	45.00	45.00	45.00
花生秧 Peanut vine	13.00	13.00	13.00	13.00
艾籽粉 Wormwood powder	4.00	4.00	4.00	4.00
大蒜皮 Garlic skin	3.00	3.00	3.00	3.00
精料补充料 Concentrate supplement	35.00	35.00	35.00	35.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels				
粗蛋白质 CP	11.64	11.65	11.62	11.64
干物质 DM	62.33	61.41	60.45	58.66
中性洗涤纤维 NDF	33.44	33.85	34.44	35.36
酸性洗涤纤维 ADF	20.36	20.65	20.99	21.59
钙 Ca	0.89	0.90	0.90	0.91
磷 P	0.38	0.38	0.37	0.36
消化能 DE/(MJ/kg)	11.91	11.92	11.89	11.89

消化能为计算值,其余为实测值。

DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.6.3 营养成分及营养物质表观消化率

饲料、发酵茶渣和粪样中的干物质(DM)、粗脂肪(EE)、CP和有机物(OM)含量按照张丽英^[9]的方法测定,中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量按照 Van Soest 等^[10]的方法测定。另外,采用 GB/T 8313—2008^[11]的方法测定单宁含量,采用 GB/T 23742—2009^[12]的方法测定盐酸不溶灰分含量。

某营养物质表观消化率(%) = $100 - 100 \times (\text{粪便中该营养物质含量} \times \text{饲料中盐酸不溶灰分含量}) / (\text{饲料中该营养物质含量} \times \text{粪便中盐酸不溶灰分含量})$ 。

1.7 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),多重比较采用 Duncan 氏法。结果以“平均值±标准差”表示, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果

2.1 发酵茶渣对肉羊生长性能的影响

由表 4 可知,各组之间肉羊的末重、平均日增重、干物质采食量和料重比均无显著差异($P > 0.05$)。

表 4 发酵茶渣对肉羊生长性能的影响

Table 4 Effects of fermented tea residue on growth performance of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	P 值 P-value
初重 IBW/kg	23.56±1.55	23.57±2.16	22.86±2.34	23.15±2.25	0.969
末重 FBW/kg	37.23±4.31	38.09±5.74	37.54±3.86	36.73±4.00	0.985
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.15±0.02	0.16±0.01	0.16±0.02	0.15±0.02	0.746
干物质采食量 DMI/(kg/d)	1.14±0.12	1.06±0.04	1.06±0.14	1.07±0.11	0.543
料重比 F/G	7.84±1.45	7.01±2.23	6.76±2.01	6.90±2.14	0.907

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同或无字母表示差异不显著($P > 0.05$)。表 5、表 6 同。

In the same row, values with different small 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 Table 5 and Table 6.

2.2 发酵茶渣对肉羊瘤胃发酵参数的影响

由表 5 可知,II 组的瘤胃液丙酸(PA)比例显著高于对照组和 III 组($P < 0.05$),I 组和 II 组的瘤胃液乙酸/丙酸(AA/PA)显著低于对照组和 III 组

($P < 0.05$)。各组之间肉羊的瘤胃液 pH 和总挥发性脂肪酸(TVFA)、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、MCP 含量以及乙酸(AA)、丁酸(BA)比例均无显著差异($P > 0.05$)。

表 5 发酵茶渣对肉羊瘤胃发酵参数的影响

Table 5 Effects of fermented tea residue on rumen fermentation parameters of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	P 值 P-value
pH	6.78±0.05	6.87±0.06	6.88±0.05	6.90±0.03	0.071
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	52.10±1.07	50.55±2.42	49.78±3.32	49.79±5.55	0.830
乙酸 AA/%	53.39±3.01	52.86±2.82	50.17±6.75	50.71±4.60	0.785
丙酸 PA/%	27.78±2.51 ^c	32.98±2.96 ^{ab}	34.08±3.42 ^a	29.53±2.88 ^{bc}	0.005
丁酸 BA/%	20.11±2.22	18.76±5.27	20.12±2.93	19.91±3.55	0.961
乙酸/丙酸 AA/PA	1.80±0.08 ^a	1.56±0.06 ^b	1.59±0.08 ^b	1.78±0.08 ^a	0.008
氨态氮 $\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mg/dL})$	10.17±0.18	10.06±0.24	10.03±0.20	10.09±0.28	0.886
微生物蛋白 MCP/(mg/dL)	6.15±0.68	6.11±0.72	6.09±0.78	6.01±0.80	0.996

2.3 发酵茶渣对肉羊营养物质表观消化率的影响

由表 6 可知, 各组之间肉羊的 OM、DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率均无显著差异 ($P >$

0.05)。对照组和 I 组的 EE 表观消化率显著高于 III 组 ($P < 0.05$), 但与 II 组无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 6 发酵茶渣对肉羊营养物质表观消化率的影响

Table 6 Effects of fermented tea residue on nutrient apparent digestibility of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	P 值 P-value
干物质 DM	61.80±4.11	68.06±5.73	67.57±5.86	61.25±6.36	0.084
有机物 OM	60.68±4.72	65.20±5.33	65.46±8.27	61.85±5.43	0.445
粗蛋白质 CP	53.96±4.44	57.02±6.68	53.83±5.85	51.84±4.64	0.454
中性洗涤纤维 NDF	60.01±3.59	63.22±4.44	63.85±6.48	60.19±4.07	0.389
酸性洗涤纤维 ADF	59.66±3.75	61.82±5.35	60.90±5.96	56.14±5.85	0.296
粗脂肪 EE	59.27±5.12 ^a	57.73±9.67 ^a	55.57±5.69 ^{ab}	48.22±5.82 ^b	0.049

2.4 经济效益分析

由表 7 可知, 与对照组相比, I 组、II 组、III 组

的饲料成本和饲料增重成本均有所降低, 其中, III 组的降低幅度最大。

表 7 经济效益分析

Table 7 Economic benefit analysis

项目 Items	总采食量 Total feed intake/kg	饲料成本 Feed cost/(元/kg)	总增重 Total weight gain/kg	饲料增重成本 Cost feed weight/(元/kg)
对照组 Control group	174.38	1.16	13.68±3.39	14.79
I 组 Group I	176.94	1.14	14.52±3.49	13.89
II 组 Group II	178.31	1.10	14.67±2.96	13.37
III 组 Group III	171.88	1.05	13.58±3.38	13.28

饲料增重成本 = (总采食量 × 饲料成本) / 总增重。

Cost feed weight = (total feed intake × feed cost) / total weight gain.

3 讨论

3.1 发酵茶渣对肉羊生长性能的影响

茶渣作为茶叶副产物, 含有较高的营养成分和多种有效的药用成分, 如 CP、EE、粗纤维、多糖、矿物质、维生素、茶多酚、茶皂素等, 被认为是一种理想的饲料资源。此外, 茶渣中还含有丰富的氨基酸, 其中包括赖氨酸、蛋氨酸、组氨酸等限制性氨基酸, 可满足动物的营养需要^[13]。但是目前茶叶及其副产物种类繁多, 其加工处理方式、饲养方式、试验动物及添加量也各不相同, 因此有关其在动物上的应用效果也大相径庭。徐雨晴等^[14]研究发现, 饲料中添加 5% 的茶叶青贮对肉鸡生长性能无显著影响, 而饲料中添加 8%、11% 的茶叶青贮提高了肉鸡的平均日增重。Shomali 等^[15]研究发现, 饲料中添加 1.0%、2.0% 和 4.0% 的绿茶粉对肉

鸡的体重和平均日采食量无显著影响。而 Kaya 等^[16]试验发现, 茶渣的添加量超过 4% 对蛋鸡的生长性能会产生不利影响。这可能是由于饲料中茶单宁等的作用, 适宜水平的单宁能促进动物对饲料中营养物质的消化吸收; 但随着茶渣添加量的增加, 单宁水平也随之增加, 其能与蛋白质和消化酶形成难溶于水的复合物, 将不利于动物对饲料中营养物质的吸收, 影响动物的生长性能。Nasehi 等^[17]研究表明, 用绿茶渣分别替代肥尾羔羊饲料中 8%、16%、24% (即占饲料 2%、4%、6%) 苜蓿干草对其干物质采食量无显著影响, 而 24% 替代组平均日增重显著提高。本试验结果表明, 发酵茶渣替代 5%、10%、20% (分别占饲料 1.75%、3.50%、7.00%) 的精料补充料对肉羊的生长性能无显著影响, 与 Nasehi 等^[17]结果大致相同。而本试验各组之间肉羊的平均日增重无显著变化, 主

要原因可能是茶渣主要替代饲粮精料补充料,且与本试验所用精料补充料营养价值相似。此外,试验组的料重比较对照组均稍有降低,说明发酵茶渣替代精料补充料能促进肉羊对营养物质的利用。添加发酵茶渣能降低料重比,一方面可能是发酵后的蛋白质易于消化和吸收,以及适量的单宁对蛋白质的过瘤胃保护作用提高了蛋白质和氨基酸的利用率;另一方面可能是发酵茶渣中的抗营养因子减少和促进消化吸收的代谢物增多^[18-19]。

3.2 发酵茶渣对肉羊瘤胃发酵参数的影响

瘤胃液的 pH 可影响瘤胃内微生物的活性、能量平衡及机体对营养物质的消化等。本试验中,各组之间肉羊的瘤胃液 pH 无显著差异,且均在 6.78~6.90,较为合理,并不影响瘤胃内微生物活性及动物生长性能。动物机体总代谢能约 75% 的能量均来自于瘤胃对 TVFA 的吸收,因此 TVFA 是体现机体能量代谢的重要指标^[20]。本试验结果表明,各组之间肉羊的瘤胃液 TVFA 含量无显著差异,说明不同发酵茶渣的替代量并不影响肉羊的能量代谢。VFA 主要包括 AA、PA、BA。其中,AA 主要为机体供应能量,PA 作为葡萄糖合成的主要前体物,它们为微生物在瘤胃内的生长和繁殖提供所需要的能量和营养物质。AA/PA 可能导致瘤胃发酵模式改变,PA 比例的增大能提高能量的利用效率^[21]。本试验结果表明,各试验组 PA 比例较对照组有所增加,且 I 组和 II 组 AA/PA 显著低于对照组,说明瘤胃发酵模式由 AA 型转向 PA 型,提高了能量的利用效率。其原因可能是茶渣经微生物发酵后,其中的某些营养物质发生浓缩,而在饲粮中添加浓缩后的茶渣将导致部分 AA 转化为 PA^[22-23]。NH₃-N 是饲粮中各种含氮物质经瘤胃降解产生,其能被瘤胃微生物利用合成 MCP,有效含量为 5.0~30.0 mg/dL^[24]。本试验结果显示,各组之间肉羊的瘤胃液 NH₃-N 含量无显著差异,但均在 10.03~10.17 mg/dL,较为合理,且各组之间肉羊的瘤胃液 MCP 含量也无显著差异。可能是发酵茶渣中的含氮化合物和所替代精料补充料中的含氮化合物具有相似或相同的生物学功能,并且能够提供给微生物生长所需要的能量和氮源。Kondo 等^[25]研究表明,饲粮中添加 5%~10% 的青贮绿茶渣及干绿茶渣对山羊的营养物质表观消化率及瘤胃液 pH、VFA 和氨含量没有显著

影响,与本试验结果大致相似。而 Xu 等^[26]在阉割羊饲粮中加入 10% 的发酵绿茶粉等量替代谷物成分,发现阉割羊体内的尿氮和瘤胃液 NH₃-N 含量显著下降。本试验中,与对照组相比,各试验组瘤胃液 NH₃-N 含量有降低趋势,但未达到显著水平,造成差异的可能原因是原料种类及添加量不同。

3.3 发酵茶渣对肉羊营养物质表观消化率的影响

原料经微生物发酵后不仅能降低多种抗营养因子水平,改善适口性,还能降解大分子营养物质产生易被动物吸收利用的氨基酸、小肽等小分子物质,提高营养物质表观消化率^[27-29]。而有关茶渣对营养物质表观消化率的研究较少,且因受饲粮营养水平等多种因素影响,其结果也不尽相同。周绍迁等^[30]研究表明,饲粮中添加 0.5%~1.0% 经风味蛋白酶酶解的茶渣蛋白水解物,可以改善猪的机体免疫能力以及提高胰脏和十二指肠中的消化酶活性。而潘发明等^[31]研究发现,绵羊饲粮中添加 5%、10%、15% 的茶渣不会影响其营养物质表观消化率。Kondo 等^[25]也发现,山羊饲粮中添加 5%~10% 发酵茶渣代替部分苜蓿和豆粕,对其 DM、CP 和 NDF 表观消化率无显著影响。此外,Kondo 等^[32]在去势山羊的饲粮中分别添加发酵红茶渣和发酵绿茶渣,试验组与对照组之间 DM、CP 和 NDF 表观消化率无显著差异,且不同茶渣种类间也无显著差异。以上多数研究结果与本次试验结果相似。本次试验结果显示,发酵茶渣替代不同比例精料补充料对肉羊的 OM、DM、CP、NDF、ADF 表观消化率无显著影响,表明发酵茶渣可以替代部分精料补充料。然而随着发酵茶渣替代比例的增加,EE 表观消化率降低,原因可能是发酵茶渣中的茶多酚存在一定的剂量效应,并且能抑制脂肪酶活性和肠道对脂肪的吸收,导致 EE 表观消化率显著降低^[33]。

3.4 经济效益分析

茶渣作为一种潜在的蛋白质饲料原料,经发酵不仅能延长保质期、改善适口性和降低抗营养因子水平,而且还能提高饲料的有效利用率^[34]。发酵茶渣的饲料成本相对于肉羊精料补充料的成本较低,这使得发酵茶渣代替一定比例的肉羊精料补充料具有经济上的可能性。本试验结果表明,在肉羊饲粮中使用发酵茶渣替代等比例的精料补充料后,对肉羊的生长性能及大部分瘤胃发酵参数和营养物质表观消化率没有产生显著影

响,说明发酵茶渣可以代替一定比例的肉羊精料补充料。同时,Ⅲ组的饲料成本和饲料增重成本最低,比对照组分别降低了 0.11、1.51 元/kg,说明用发酵茶渣替代肉羊精料补充料可以很好地降低饲料成本,用发酵茶渣饲喂肉羊将具有广阔的应用前景。

4 结 论

本试验条件下,发酵茶渣替代 5%、10%、20% 的精料补充料对肉羊生长性能及大部分瘤胃发酵参数和营养物质表观消化率均无显著影响,但发酵茶渣替代 20% 的精料补充料时经济效益最高,因此,从经济效益考虑,发酵茶渣替代肉羊精料补充料的适宜比例为 20%。

参考文献:

- [1] 梅宇,梁晓.2018 年中国茶叶产销形势分析报告[J].茶世界,2019(2):10-15.
MEI Y, LIANG X. Analysis report on the production and marketing situation of China tea in 2018[J]. Tea World, 2019(2):10-15. (in Chinese)
- [2] 朱飞,冉雷,苏娣,等.麦麸与乳酸菌制剂对茶渣青贮品质和养分含量的影响[J].草业科学,2019,36(1):234-242.
ZHU F, RAN L, SU D, et al. Effect of bran and lactic acid bacteria preparation on silage quality and nutrient content of a tea residue[J]. Pratacultural Science, 2019, 36(1):234-242. (in Chinese)
- [3] 胡桂萍,杨广,欧阳雪灵.茶渣发酵蛋白饲料辅料优选及成本分析[J].重庆理工大学学报(自然科学),2017,31(5):86-90,142.
HU G P, YANG G, OUYANG X L. Optimization of supplemental material in microbial fermentation of tea residue and its costs analysis[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2017, 31(5):86-90, 142. (in Chinese)
- [4] 朱飞.茶渣固态发酵工艺参数筛选和营养价值评定研究[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2018.
ZHU F. Study on screening parameters and evaluation of nutritional value of solid-state fermentation process of tea residue[D]. Master's Thesis. Hefei: Anhui Agricultural University, 2018. (in Chinese)
- [5] DING X Q, YAO L, HOU Y, et al. Optimization of culture conditions during the solid-state fermentation of tea residue using mixed strains[J]. Waste and Biomass Valorization, 2020, 11(12):6667-6675.
- [6] 柏雪,柏凡,方思敏,等.反相高效液相色谱法测定瘤胃内容物中挥发性脂肪酸的方法研究[J].中国饲料,2014(13):28-29.
BAI X, BAI F, FANG S M, et al. Study on the determination of volatile fatty acids in rumen fluid by reversed phase high performance liquid chromatography[J]. China Feed, 2014(13):28-29. (in Chinese)
- [7] 冯宗慈,高民.通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进[J].畜牧与饲料科学,2010,31(Z1):37.
FENG Z C, GAO M. Improvement of the method for determination of ammonia-nitrogen content in rumen fluid by colorimetry[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2010, 31(Z1):37. (in Chinese)
- [8] 顾小卫,赵国琦,金晓君,等.中草药添加剂对奶牛干物质采食量及瘤胃内环境的影响[J].中国奶牛,2010(4):18-21.
GU X W, ZHAO G Q, JIN X J, et al. Effects of feeding herbal additives on dry matter intake and the ruminal environment in dairy cows[J]. China Dairy Cattle, 2010(4):18-21. (in Chinese)
- [9] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3版.北京:中国农业大学出版社,2007.
ZHANG L Y. Feed analysis and quality test technology[M]. 3rd ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2007. (in Chinese)
- [10] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10):3583-3597.
- [11] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法:GB/T 8313—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. Determination of total polyphenols and catechins content in tea: GB/T 8313—2018[S]. Beijing: China Standards Press, 2018. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.饲料中盐酸不溶灰分的测定:GB/T 23742—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration. Animal feeding stuffs-determination of ash insoluble in hydrochloric acid: GB/T 23742—2009[S]. Beijing: China Standards Press, 2009. (in Chinese)
- [13] 刘红云,梁慧玲.茶渣用作饲料的研究[J].饲料研究,2004(9):19-20.
LIU H Y, LIANG H L. Study on dregs from tea as feed material[J]. Feed Research, 2004(9):19-20. (in Chinese)

- [14] 徐雨晴,陈胜昌,孙鹃,等.饲料添加茶叶青贮对鸡饲养效果的研究[J].饲料工业,2017,38(9):31-33.
XU Y Q, CHEN S C, SUN J, et al. Study on using tea silage in the feed for production performance of broiler[J]. Feed Industry, 2017, 38(9): 31-33. (in Chinese)
- [15] SHOMALI T, MOSLEH N, NAZIFI S. Two weeks of dietary supplementation with green tea powder does not affect performance, D-xylose absorption, and selected serum parameters in broiler chickens[J]. Comparative Clinical Pathology, 2012, 21(5): 1023-1027.
- [16] KAYA H, GÜL M, ÇELEBİ Ş, et al. The effects of black tea factory waste supplementation into laying hen diets on performance, egg quality, yolk peroxidation, and blood parameters [J]. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2014, 20(3): 375-382.
- [17] NASEHI M, TORBATINEJAD N M, REZAI E M, et al. Effects of partial substitution of alfalfa hay with green tea waste on growth performance and *in vitro* methane emission of fat-tailed lambs[J]. Small Ruminant Research, 2018, 168: 52-59.
- [18] MIN B R, BARRY T N, ATTWOOD G T, et al. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages; a review [J]. Animal Feed Science and Technology, 2003, 106(1/4): 3-19.
- [19] RAJU J, SAHOO B, CHANDRAKAR A, et al. Effect of feeding oak leaves (*Quercus semecarpifolia* vs *Quercus leucotricophora*) on nutrient utilization, growth performance and gastrointestinal nematodes of goats in temperate sub Himalayas[J]. Small Ruminant Research, 2015, 125: 1-9.
- [20] BERGMAN E N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species [J]. Physiological Reviews, 1990, 70(2): 567-590.
- [21] 熊本海, 卢德勋, 张子仪. 瘤胃乙酸与丙酸摩尔比例的改变对瘤胃发酵及血液指标的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2002, 33(6): 537-543.
XIONG B H, LU D X, ZHANG Z Y. Effect of changing the molar ratio of acetate to propionate in rumen fluid on rumen fermentation and some blood indexes [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2002, 33(6): 537-543. (in Chinese)
- [22] MCDONALD P, EDWARDS R A, GREENHALGH J F D, et al. Animal nutrition[M]. 6th ed. Canada: Pearson Education Limited, 2002.
- [23] INTRA J, KUO S M. Physiological levels of tea catechins increase cellular lipid antioxidant activity of vitamin C and vitamin E in human intestinal Caco-2 cells [J]. Chemico-Biological Interactions, 2007, 169(2): 91-99.
- [24] THAO N T, WANAPAT M, CHERDTHONG A, et al. Effects of eucalyptus crude oils supplementation on rumen fermentation, microorganism and nutrient digestibility in swamp buffaloes [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2014, 27(1): 46-54.
- [25] KONDO M, KITA K, YOKOTA H O. Ensiled or oven-dried green tea by-product as protein feedstuffs; effects of tannin on nutritive value in goats [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2007, 20(6): 880-886.
- [26] XU C C, CAI Y M, MORIYA N, et al. Influence of replacing brewers' grains with green tea grounds on feed intake, digestibility and ruminal fermentation characteristics of wethers [J]. Animal Science Journal, 2008, 79(2): 226-233.
- [27] 王小三, 金青哲, 王兴国. 菜籽粕硫酸生物降解和脱毒研究进展 [J]. 粮食与油脂, 2009(12): 1-3.
WANG X S, JIN Q Z, WANG X G. Research progress on bio-degradation and detoxication of glucosinolates in rapeseed meals [J]. Journal of Cereals & Oils, 2009(12): 1-3. (in Chinese)
- [28] 陆文清, 胡起源. 微生物发酵饲料的生产与应用 [J]. 饲料与畜牧, 2008(7): 5-9.
LU W Q, HU Q Y. Production and application of microbial fermentation feed [J]. Feed and Animal Husbandry, 2008(7): 5-9. (in Chinese)
- [29] NIBA A T, BEAL J D, KUDI A C, et al. Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry [J]. African Journal of Biotechnology, 2009, 8(9): 1758-1767.
- [30] 周绍迁, 徐焱, 郭洪涛, 等. 茶渣蛋白的提取、酶解及其作为饲料添加剂的应用研究 [J]. 饮料工业, 2011, 14(12): 10-14.
ZHOU S Q, XU Y, GUO H T, et al. Study on extraction and enzymolysis of protein from tea dregs for use as a feed additive [J]. Beverage Industry, 2011, 14(12): 10-14. (in Chinese)
- [31] 潘发明, 李发弟, 郝正里, 等. 茶渣单宁含量对绵羊养分消化利用与氮代谢参数的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(1): 71-81.
PAN F M, LI F D, HAO Z L, et al. Effects of tannin content in residue of tea-leaves on digestion and utilization of nutrients and metabolic parameters of nitrogen in sheep [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2012, 43(1): 71-81. (in Chinese)
- [32] KONDO M, HIDAKA M, KITA K, et al. Ensiled green tea and black tea waste as protein supplement for goats [M]//PRIOLO A, BIONDI L, BEN SALEM H, et al. Advanced Nutrition and Feeding Strategies to Improve Sheep and Goat. Zaragoza: CIHEAM, 2007: 165-169.
- [33] WEISBURGER J H, HOSEY J R, LARIOS E, et al.

Investigation of commercial mitolife as an antioxidant and antimutagen [J]. Nutrition, 2001, 17 (4) : 322 - 325.

[34] OPERE B, ABOABA O O, UGOJI E O, et al. Estima-

tion of nutritive value, organoleptic properties and consumer acceptability of fermented cereal gruel (OGI) [J]. Advance Journal of Food Science and Technology, 2012, 4 (1) : 1-8.

Effects of Fermented Tea Residue on Growth Performance, Rumen Fermentation Parameters and Nutrient Apparent Digestibility of Mutton Sheep

RAN Lei¹ HUANG Xiaoyun^{1*} FAN Caiyun¹ HU Haitao¹ ZHUO Zhao¹ DING Jianping¹
ZHANG Zijun¹ WAN Xiaochun² HUANG Jinbao² CHENG Jianbo^{1**}

(1. College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. State Key Laboratory of Tea Tree Biology and Resource Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of fermented tea residue on growth performance, rumen fermentation parameters and nutrient apparent digestibility of mutton sheep, and to determine the appropriate proportion of fermented tea residue to replace the concentrate supplement for mutton sheep. Sixty-four 3-month-old healthy *Hu* sheep with a body weight of (20.0±2.5) kg were randomly divided into 4 groups with 16 sheep in each group. The control group was fed a basal diet, and the group I, group II and group III were fed the basal diet with 5%, 10% and 20% fermented tea residue to replace the concentrate supplement, respectively. The results showed as follows: 1) there were no significant differences in final body weight, average daily gain, dry matter intake and feed to gain ratio of mutton sheep among all groups ($P>0.05$). 2) The rumen fluid propionic acid (PA) proportion of group II was significantly higher than that of control group and group III ($P<0.05$), and the rumen fluid acetic acid/propionic acid (AA/PA) of group I and group II was significantly lower than that of control group and group III ($P<0.05$). There were no significant differences in pH, contents of total volatile fatty acids (TVFA), ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) and microbial protein (MCP) and proportions of acetic acid (AA) and butyric acid (BA) in rumen fluid of mutton sheep among all groups ($P>0.05$). 3) The ether extract apparent digestibility of control group and group I was significantly higher than that of group III ($P<0.05$). There was no significant difference in apparent digestibility of organic matter, crude protein, dry matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of mutton sheep among all groups ($P>0.05$). 4) Compared with the control group, the feed cost and cost feed weight of group I, group II and group III were decreased, among them, the group III decreased the most. In conclusion, under this experiment conditions, the fermented tea residue to replace 5%, 10% and 20% concentrate supplement has no significant effects on the growth performance and most rumen fermentation parameters and nutrient apparent digestibility of mutton sheep, considering the economic benefits, it is suggested that the optimal proportion of fermented tea residue to replace concentrate supplement of mutton sheep is 20%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34 (3) : 1768-1776]

Key words: fermented tea residue; mutton sheep; growth performance; rumen fermentation; nutrient apparent digestibility

* Contributed equally

** Corresponding author, professor, E-mail: chengjianbofcy@163.com