

不同枣粉水平对陕北白绒山羊肉呈味物质的影响

冯 平¹ 孙旺斌¹ 张 骞¹ 薛瑞林² 付 琪²

(1. 榆林学院生命科学学院, 榆林 719000; 2. 榆林市佳县方塌镇瑞兴种羊场, 榆林 719208)

摘 要: 本试验旨在研究不同枣粉水平对陕北白绒山羊肉呈味物质的影响。选取 40 只 6 月龄、初始体重为 (20.15 ± 1.63) kg 的健康陕北白绒山羊, 随机分为 5 组(每组 8 个重复, 每个重复 1 只羊), 分别饲喂含 0(对照组)、10%(试验 I 组)、15%(试验 II 组)、20%(试验 III 组)、25%(试验 IV 组)枣粉的试验饲粮。预试期 10 d, 正试期 70 d。结果显示: 1) 试验 III 组的鲜味值显著高于对照组及试验 II 和 IV 组($P < 0.05$), 咸味值显著高于对照组($P < 0.05$)。2) 试验 III 组的天冬氨酸(Asp)和丙氨酸(Ala)含量显著高于对照组($P < 0.05$), 谷氨酸(Glu)含量显著高于对照组及试验 I 和 II 组($P < 0.05$)。3) 随着枣粉水平的提高, 肌苷酸(IMP)、肌苷(INO)和次黄嘌呤(HYP)含量逐渐增加, 一磷酸腺苷(AMP)含量先增加后降低, 试验 II、III 和 IV 组的 IMP 含量显著高于对照组和试验 I 组($P < 0.05$), 试验 I、II、III 和 IV 组的 INO、HYP 和 AMP 含量显著高于对照组($P < 0.05$)。由此得出, 枣粉能促进氨基酸和呈味核苷酸在陕北白绒山羊肉中的积累, 饲粮中枣粉水平为 20% 时, 羊肉中呈鲜味的游离氨基酸和核苷酸含量较高, 滋味最好。

关键词: 陕北白绒山羊; 枣粉; 电子舌; 呈味物质

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)01-0519-09

陕北白绒山羊是绒肉兼用型品种, 肉质细嫩、多汁, 肌肉脂肪含量适中, 品质较好^[1]。随着畜牧业的快速发展和生态环境建设需要, 规模化、集约化成为养殖业的发展趋势, 但这会导致畜禽产品营养品质和风味的下降^[2]。因此, 如何生产安全优质的畜禽产品已成为当前研究的热点问题。郝艳霜等^[3]和马可为等^[4]研究发现, 在饲粮中添加枣粉可提高鸡血清的抗氧化能力、高密度脂蛋白含量, 促进免疫器官发育, 增强机体对病原的抵抗力, 降低应激反应。黄玉岚^[5]在母猪饲粮中添加枣粉后可缓解母猪围产期氧化应激、胰岛素抵抗, 并可提高母猪的生产性能。延志伟^[6]研究发现, 添加 15% 的枣粉能有效增加山羊血液中免疫球蛋白含量, 提高过氧化氢酶(CAT)和超氧化物歧化酶(SOD)活性。Xie 等^[7]研究发现, 添加 15% 的枣粉能提高山羊的产肉性能, 增加肉中氨基酸及

矿物质含量, 改善肉的嫩度。枣中富含维生素 C、铁、钙等^[8], 还含有多糖、多酚、环核苷酸等活性物质^[9], 具有抗炎^[10]、增强免疫功能^[11]、抗氧化^[12]等生理功能。陕西佳县是我国红枣主产区, 年产量可达 1.5 亿 kg, 其中 20%~25% 属于残次品, 包括次果、残果和病果等^[13]。因地制宜地开发残次枣作为饲料原料可降低饲料成本, 一些枣产品(干枣粉、发酵枣粉、含枣颗粒料等)已经广泛应用在畜禽养殖中。本课题组已对不同枣粉水平下陕北白绒山羊的生长性能及营养物质瘤胃降解率进行了测定, 结果显示添加枣粉能显著提高绒山羊的平均日采食量(ADFI)和平均日增重(ADG), 这与枣粉中含有多糖、皂甙、黄酮类等活性物质, 能改善饲料的适口性有关; 同时, 添加枣粉提高了瘤胃的干物质消化率(DMD), 说明枣粉能在瘤胃中被较好地降解利用^[14]。目前, 关于枣粉对陕北白绒

收稿日期: 2020-06-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(31960710)

作者简介: 冯 平(1980—), 男, 陕西米脂人, 副教授, 博士, 研究方向为畜产品加工及风味。E-mail: fengping_ren@126.com

山羊肉滋味的影响未见报道。因此,本试验通过在饲料中添加不同水平的枣粉,探讨枣粉改善山羊肉滋味的可行性,并确定饲料中枣粉的最佳水平,旨在为枣粉作为外源饲料调节剂在改善山羊肉滋味方面提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

枣粉由当地同一批次的残次陕北红枣全枣加工而成,所用枣粉均为同一批次生产,枣粉的营养水平见表 1。

表 1 枣粉的营养水平(干物质基础)

Table 1 Nutrient levels of jujube power (DM basis)

项目 Items	含量 Content
水分 Moisture/%	15.07
粗脂肪 EE/%	0.25
粗灰分 Ash/%	2.34
粗蛋白质 CP/%	5.58
粗纤维 CF/%	17.12
维生素 C Vitamin C/(mg/kg)	96.51

1.2 试验设计

饲养试验在陕西省榆林市佳县瑞兴羊场养殖基地进行,选取健康状况良好、6 月龄左右、体重为

(20.15±1.63) kg 的陕北白绒山羊 40 只,随机分为 5 组,每组 8 只(公母各 4 只)。配制 5 种试验饲料,枣粉在试验饲料中的占比分别为 0(对照组)、10%(试验 I 组)、15%(试验 II 组)、20%(试验 III 组)和 25%(试验 IV 组)。具体配制方法是,先配制对照组饲料,然后在对照组饲料的基础上以枣粉等比例代替基础饲料中的玉米秸秆。试验饲料组成及营养水平见表 2,均制成颗粒状。

1.3 饲养管理

试验前对试验羊进行驱虫,对畜舍进行消毒处理。整个饲养试验期为 80 d,其中预试期 10 d,正试期 70 d。试验期间每天饲喂 2 次,分别在 08:00 和 20:00,自由采食、饮水,并定期清理羊舍。根据剩料不低于饲喂量 10% 的要求调整饲喂量,试验期间各组的管理模式、饲养方式以及环境条件一致。

1.4 样品采集

饲喂试验结束后,各组试验羊经检疫合格之后进行屠宰,宰前禁食 24 h、禁水 2 h,宰后 1 h 内取背最长肌样品 2 g 放入无菌无酶管中,于 -80 ℃ 保存待用,用于鲜味物质(呈味核苷酸、游离氨基酸)含量的测定;另取约 30 g 左右背最长肌样品于 -20 ℃ 保存,进行电子舌感官测定。

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	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	试验 IV 组 Trial group IV
原料 Ingredients					
玉米秸秆 Corn stover	25.0	15.0	10.0	5.0	
枣粉 Jujube power		10.0	15.0	20.0	25.0
苜蓿 Alfalfa	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
玉米 Corn	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
豆粕 Soybean meal	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
酵母粉 Yeast powder	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
石粉 Limestone	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
食盐 NaCl	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
缓冲剂 Buffer	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
预混料 Premix ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
代谢能 ME/(MJ/kg)	9.98	10.17	10.36	10.55	10.76
干物质 DM	88.13	88.63	88.37	88.13	88.87

续表 2

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Trial group I	试验 II 组 Trial group II	试验 III 组 Trial group III	试验 IV 组 Trial group IV
粗蛋白质 CP	13.98	14.00	14.02	14.04	14.05
粗脂肪 EE	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83
粗灰分 Ash	9.26	8.70	8.41	8.12	7.84
粗纤维 CF	11.86	11.26	10.96	10.66	10.36
钙 Ca	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
磷 P	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe 50 mg, Mn 40 mg, Zn 40 mg, Co 0.2 mg, I 0.2 mg, Se 0.3 mg。

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

1.5 指标测定

1.5.1 电子舌感官测定

参照 Yu 等^[15]的方法,具体操作如下:准确称取切至肉糜状的背最长肌样品 10 g,加入 100 mL KOH 溶液 (0.1 mol/L),超声 5 min,磁力搅拌 30 min 后在 5810-R 型低温台式冷冻离心机 (德国 Eppendorf 公司) 中离心 15 min (4 ℃、3 500 r/min),去除上层油脂后用 3 层纱布过滤,将滤液置于电子舌专用进样杯中,在室温条件下测定滤液的酸味、苦味、苦味回味、涩味、涩味回味、咸味、鲜味及丰富性 8 种味觉响应值。电子舌传感器先在 RefSol 参比溶液 (30 mmol/L KCl 溶液与 0.3 mmol/L 酒石酸溶液的混合液) 中活化校准,达到平衡后设置电子舌分析参数,数据采集时间 30 s,采集周期 1 s,参比溶液清洗 330 s,每个样品重复测定 3 次。电子舌为 TS-5 000Z 型,为日本 INSENT 公司产品。

1.5.2 呈味核苷酸含量测定

参照罗玉龙等^[16]的方法并略有改动。准确称取 1 g 肉样加入 4 mL 体积分数 5% 高氯酸后匀浆;超声 5 min 后匀浆液离心 15 min (4 ℃、3 500 r/min) 取上清液过滤,滤液用 KOH 溶液调节 pH 至 6.5,并转移至 25 mL 棕色容量瓶定容,摇匀后取 1 mL 样液用 0.22 μm 水相滤膜过滤,上机待用。试验参数如下: C18 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相为体积分数 5% 甲醇+体积分数 95% 磷酸-三乙胺溶液;流速 0.7 mL/min;柱温 25 ℃;进样量 20 μL;紫外检测波长 254 nm。测定混合核苷酸标准品的工作液并取峰面积,以相应核苷酸的峰面积对其质量浓度进行线性回

各核苷酸的含量。三乙胺、磷酸、高氯酸 (均为分析纯) 购于天津风船化学试剂公司;正己烷、甲醇、次黄嘌呤 (HYP) 标准品、肌苷 (INO) 标准品、肌苷酸 (IMP) 标准品、二磷酸腺苷 (ADP) 标准品、一磷酸腺苷 (AMP) 标准品 (均为色谱纯) 购于美国 Sigma 公司;1260 型高效液相色谱仪购于美国安捷伦科技有限公司。

1.5.3 游离氨基酸含量测定

参照 Chen 等^[17]的方法并略有改动。准确称取肉样 2 g,加入 15 mL 的 15% 三氯乙酸溶液并匀浆,匀浆液超声 5 min 后静置 2 h,离心 15 min (4 ℃、10 000 r/min) 后取上清液过滤,滤液用 NaOH 溶液调 pH 至 2.0 后定容至 10 mL,取 1 mL 样液用 0.22 μm 水相滤膜过滤后用 L-8900 氨基酸自动分析仪 (日立高新技术公司产品) 分析。试验参数如下:分离柱 (4.6 mm × 60 mm),树脂为阳离子交换树脂;分离柱温度 57 ℃;反应单元温度 135 ℃;检测波长 570 nm;缓冲溶液流速 0.40 mL/min;反应液流速 0.35 mL/min;流动相为柠檬酸钠、柠檬酸的混合缓冲液以及茚三酮缓冲液。测定混合氨基酸标准品的工作液并取峰面积,以相应氨基酸的峰面积对其质量浓度进行线性回归,得到各标准品的回归方程,通过回归方程计算各游离氨基酸的含量。氨基酸标准品 (色谱纯) 购于美国安捷伦科技有限公司。

1.6 数据统计与分析

用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计分析,采用单因子方差分析 (one-way ANOVA) 和 LSD 法进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。用 Excel 2003 进行图表分析 数据以平均值±标准差表示

2 结果与分析

2.1 不同枣粉水平对绒山羊肉电子舌响应值的影响

由表 3 可知,对照组羊肉的鲜味(11.439)和咸味值(17.036)最低;试验Ⅲ组羊肉的鲜味(13.361)和咸味值(21.315)最高,显著高于对照组($P<0.05$),与对照组相比,试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组

羊肉的鲜味值分别提高了 2.31%、0.84%、16.80%和 0.37%,咸味值分别提高了 13.96%、10.23%、25.12%和 11.43%;试验Ⅳ组羊肉的涩味回味值(1.175)最高,显著高于对照组及试验Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组($P<0.05$);试验Ⅲ组羊肉的丰富性值(3.637)最高,显著高于对照组及试验Ⅰ、Ⅱ和Ⅳ组($P<0.05$);羊肉的酸味值各组间差异不显著($P>0.05$)。

表 3 不同枣粉水平对绒山羊肉电子舌响应值的影响

Table 3 Effects of different levels of jujube powder on electronic tongue response values of cashmere goat meat

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Trial group I	试验Ⅱ组 Trial group II	试验Ⅲ组 Trial group III	试验Ⅳ组 Trial group IV
鲜味 Umami	11.439±0.277 ^b	11.703±0.276 ^{ab}	11.535±0.168 ^b	13.361±2.581 ^a	11.481±0.104 ^b
咸味 Saltiness	17.036±1.016 ^b	19.414±1.900 ^{ab}	18.778±1.883 ^{ab}	21.315±4.990 ^a	18.984±2.053 ^{ab}
酸味 Sourness	0.507±0.119	0.507±0.202	0.464±0.186	0.386±0.057	0.441±0.166
涩味回味 Aftertaste-astringency	0.901±0.256 ^b	0.847±0.240 ^b	0.870±0.180 ^b	0.866±0.104 ^b	1.175±0.100 ^a
丰富性 Richness	2.499±0.120 ^{ab}	2.034±0.444 ^b	2.139±0.649 ^b	3.637±1.788 ^a	2.086±0.623 ^b

同行数据肩标相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 不同枣粉水平对绒山羊肉游离氨基酸含量的影响

由表 4 可知,在羊肉中检测出的含量比较高的游离氨基酸包括天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、赖氨酸(Lys)和精氨酸(Arg)等。对照组的 Asp 和 Ala 含量最低,显著低于试验Ⅰ和Ⅲ组($P<0.05$);试验Ⅲ和Ⅳ组的 Glu 含量显著高于对照组及试验Ⅰ和Ⅱ组

($P<0.05$);试验Ⅳ组的 Gly 含量显著高于对照组($P<0.05$);与对照组相比,试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组的 Asp 含量分别提高了 10.01%、6.05%、8.66%和 3.96%,Glu 含量分别提高了 1.25%、9.81%、14.78%和 13.94%;Gly 含量分别提高了 0.48%、1.24%、1.36%和 2.95%,Ala 含量分别提高了 4.88%、5.55%、8.80%和 5.67%;Lys 和 Arg 含量各组间差异不显著($P>0.05$)。

表 4 不同枣粉水平对绒山羊肉游离氨基酸含量的影响

Table 4 Effects of different levels of jujube powder on free amino acid contents of cashmere goat meat mg/kg

游离氨基酸 Free amino acids	呈味特征 Taste characteristics	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Trial group I	试验Ⅱ组 Trial group II	试验Ⅲ组 Trial group III	试验Ⅳ组 Trial group IV
天冬氨酸 Asp	甜/鲜 Umami/sweet (+)	13.39±1.22 ^b	14.73±0.79 ^a	14.20±0.81 ^{ab}	14.55±0.79 ^a	13.92±0.60 ^{ab}
谷氨酸 Glu	鲜 Umami (+)	59.13±2.23 ^a	59.87±1.02 ^a	64.93±2.72 ^b	67.87±1.74 ^c	67.37±1.98 ^c
甘氨酸 Gly	甜 Sweet (+)	166.51±3.62 ^b	167.31±4.35 ^{ab}	168.57±2.88 ^{ab}	168.77±3.34 ^{ab}	171.42±5.64 ^a
丙氨酸 Ala	甜 Sweet (+)	296.03±9.70 ^b	310.47±6.38 ^a	312.46±9.52 ^{ab}	322.07±14.59 ^a	312.81±9.77 ^{ab}
赖氨酸 Lys	苦 Bitter (-)	73.46±2.25	72.25±1.37	73.67±1.77	71.70±2.83	74.09±3.12
精氨酸 Arg	甜/苦 Sweet/bitter (-)	65.96±2.94	63.88±2.97	65.01±1.57	65.10±2.58	67.04±3.86

2.3 不同枣粉水平对绒山羊肉呈味核苷酸含量的影响

由表 5 可知,试验Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组的 IMP 含量显著高于对照组和试验Ⅰ组($P<0.05$),试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组的 INO、HYP 和 AMP 含量显著高于对照组($P<0.05$);随着枣粉水平的提高,羊肉中 IMP、INO 和 HYP 的含量逐渐增加,与对照组相比,试

验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组的 IMP 含量分别增加了 5.77%、21.39%、30.89%和 31.03%,INO 含量分别增加了 11.52%、17.65%、23.28%和 25.49%,HYP 含量分别增加了 9.33%、21.87%、31.49%和 31.78%,AMP 含量分别增加了 28.92%、54.22%、56.63%和 54.22%;ADP 含量各组间差异不显著($P>0.05$)。

表 5 不同枣粉水平对绒山羊肉呈味核苷酸含量的影响

Table 5 Effects of different levels of jujube powder on flavor nucleotide contents of cashmere goat meat mg/kg

呈味核苷酸 Flavor nucleotides	对照组 Control group	试验Ⅰ组 Trial group I	试验Ⅱ组 Trial group II	试验Ⅲ组 Trial group III	试验Ⅳ组 Trial group IV
肌苷酸 IMP	14.21±0.33 ^c	15.03±0.59 ^c	17.14±1.25 ^b	18.60±1.45 ^a	18.62±1.17 ^a
肌苷 INO	4.08±0.38 ^c	4.55±0.47 ^b	4.80±0.28 ^{ab}	5.03±0.38 ^a	5.12±0.36 ^a
次黄嘌呤 HYP	3.43±0.25 ^d	3.75±0.25 ^c	4.18±0.23 ^b	4.51±0.30 ^a	4.52±0.19 ^a
一磷酸腺苷 AMP	0.83±0.17 ^c	1.07±0.09 ^b	1.28±0.26 ^a	1.30±0.17 ^a	1.28±0.21 ^a
一磷酸腺苷 ADP	0.60±0.08	0.63±0.10	0.61±0.08	0.60±0.11	0.63±0.11

3 讨 论

3.1 不同枣粉水平对绒山羊肉电子舌响应值的影响

电子舌测定的味觉指标无味点为 0,无味点以下认为羊肉没有此种味道^[18]。电子舌测定的试验羊背最长肌的苦味、苦味回味、涩味均在无味点以下,因此不能作为有效的评价指标,在结果中没有体现;试验羊背最长肌的鲜味、咸味、酸味、涩味回味和丰富性均在无味点以上,可以作为有效的评价指标。枣粉作为非常规饲料资源,其添加量的不同对绒山羊肉味觉指标的有所影响,差异主要集中在鲜味、咸味和丰富性(鲜味回味),鲜味和咸味对羊肉滋味的影响最大,丰富性次之。鲜味是羊肉的重要呈味特征,鲜味物质以 5'-单磷酸鸟苷二钠(GMP)、AMP 和 Glu 为代表^[19]。试验结果显示添加枣粉能够改善羊肉的鲜味,并在枣粉水平为 20%时羊肉最为鲜美。研究发现,枣中含有丰富的环核苷酸[环磷酸腺苷(cAMP)和环磷酸鸟苷(cGMP)]^[20],这是重要的鲜味来源,绒山羊长期摄入可促进环核苷酸在肌肉中的沉积。肉中的咸味主要来自谷氨酸单钠盐(MSG)、天门冬氨酸钠以及氯化钠等无机盐;枣粉水平为 20%时,羊肉的咸味值(21.315)最高,这与羊肉的鲜味值的

高山羊对无机盐的摄入,但添加量过高时会引起胃肠道微生物的过度发酵,加速食糜流通,从而降低绒山羊对营养物质的表观消化率。延志伟^[6]研究发现,高红枣添加量饲料中含有大量糖分,易引起瘤胃酸度增加,不利于营养物质的吸收。产生涩味的物质为明矾类与多酚类等^[21];而酸味则是肌肉中的乳酸、酸味氨基酸产生的^[22-23]。羊肉的酸味值较低,对整体滋味的贡献较小;涩味是羊肉所需要避免的,试验结果,显示随着枣粉水平的提高,羊肉的涩味回味值呈现先降低后增加的趋势,枣中含有大量糖分,能掩盖涩味物质,使得红枣水平为 20%时羊肉的涩味回味值较低,但随着枣粉水平的提高,单宁、多酚类等涩味物质大量增加,而糖的遮盖作用变弱,绒山羊长期摄入后在肉中沉积,从而增加了肉的涩味回味值,在枣粉水平为 25%时,羊肉的涩味回味值达到最大。

3.2 不同枣粉水平对绒山羊肉游离氨基酸含量的影响

游离氨基酸是一类重要的滋味成分,能与多种味觉受体作用呈现出鲜味、甜味、苦味和酸味等^[24];游离氨基酸既可以发生美拉德反应参与香味的形成,又可以作为呈味物质增强肉的滋味特性,刺激消费者的味觉^[25]。在羊肉检测出的含量比较高的包括 Asp、Glu、Gly、Ala、Lys 和 Arg 等。

肉中不愉快的滋味。本试验结果显示,羊肉中 Asp 和 Gly 的含量均随枣粉水平的提高而增加。Glu 呈鲜味,Gly 呈甜味,其在羊肉中的含量均在枣粉水平为 20% 时最高。枣粉中 Glu 和 Asp 的含量比较丰富,长期摄入后能在肌肉中沉积^[9]。Lys 和 Arg 均呈苦味,在枣粉水平为 25% 时最高,说明枣粉中的生物活性物质也能促进苦味氨基酸的合成。红枣中必需氨基酸含量丰富,可促进绒山羊对必需氨基酸的吸收,同时红枣中的特殊成分能促进机体对饲料中必需氨基酸的吸收和利用,但红枣添加量过高时,枣中的大量糖分会引起胃肠道微生物的过度发酵,不利于 Asp、Ala 等吸收,使得羊肉中 Asp、Ala 含量在枣粉水平为 25% 时较低。综合分析,红枣水平为 20% 时,羊肉的鲜味和甜味氨基酸含量较高,苦味氨基酸含量较低,能有效改善羊肉滋味。

3.3 不同枣粉水平对绒山羊肉呈味核苷酸含量的影响

核苷酸在机体内有特殊的生理功能,既作为遗传物质,又参与细胞的能量代谢;在肉中,核苷酸是重要的呈味物质,包括 IMP、INO、HYP、AMP 和 ADP 等^[26-27]。ATP 在活的动物肌肉中占优势,但动物屠宰后,很快会降解为相关的关联物质,其中 IMP 和 INO 是对羊肉鲜味贡献最大的核苷酸,当 IMP 含量降低时,会降解成呈苦味的次黄嘌呤(Hx),对羊肉的滋味不利^[28]。羊肉的 IMP 含量随枣粉水平的提高而增加,这是因为枣粉中含有丰富的多糖、黄酮类物质,是天然的抗氧化剂^[29-30],长期摄入可在肉中沉积,这些物质能保护组织中细胞膜的完整性,减少鲜味物质的流失,从而提高肉中 IMP 的含量。INO 和 HYP 是磷酸脂酶和核苷水解酶参与分解 IMP 形成的,在肉中的含量次于 IMP^[31]。羊肉中 INO 和 HYP 的含量在对照组最低,在枣粉水平为 20% 和 25% 时较高。ADP 和 AMP 是形成 IMP 的前体物质,在肉中的含量相对较少,对于提高羊肉的鲜味无显著贡献,枣粉水平对肉中 ADP 含量没有显著影响;对于 AMP,枣粉水平为 20% 时,羊肉中的 AMP 含量达到峰值。造成羊肉中呈味核苷酸差异的原因不仅与摄食的饲料有关,也与屠宰后核苷酸的降解程度有关。整体上,在枣粉水平为 20% 和 25% 时,绒山羊肉中的呈味核苷酸含量较高。

4 结 论

由此得出,枣粉能促进呈味氨基酸和核苷酸在陕北白绒山羊肉中的积累,饲料中枣粉水平为 20% 时,羊肉中呈鲜味的游离氨基酸和核苷酸含量较高,羊肉的滋味最好。

参考文献:

- [1] 孙旺斌,张骞,屈雷,等.陕北白绒山羊周岁羯羊肌肉常规营养成分及肉质特性[J].食品科学,2011,32(17):357-361.
SUN W B,ZHANG Q,QU L,et al.Nutritional components and quality characteristics of yearling wether muscle from north Shaanxi white cashmere goat[J].Food Science,2011,32(17):357-361.(in Chinese)
- [2] 罗玉龙.放牧与舍饲条件下苏尼特羊肉风味差异及形成机制研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
LUO Y L.Difference of meat flavor in Sunite lamb (concentrated vs grazing) and its primary formation mechanism[D].Ph.D.Thesis.Hohhot:Inner Mongolia Agricultural University,2019.(in Chinese)
- [3] 郝艳霜,李树鹏,赵国先,等.枣粉对太行鸡抗应激能力的影响研究[J].中国家禽,2018,40(15):31-34.
HAO Y S,LI S P,ZHAO G X,et al.Effect of jujube powder on anti-stress ability of Taihang chickens[J].China Poultry,2018,40(15):31-34.(in Chinese)
- [4] 马可为,赵艳秀,刘彦慈,等.枣粉对蛋鸡脂质代谢、抗氧化性能及免疫功能的影响[J].中国饲料,2017(19):5-8.
MA K W,ZHAO Y X,LIU Y C,et al.Effects of jujube powder on lipid metabolism,antioxidant capacity and immune function of laying hens[J].China Feed,2017(19):5-8.(in Chinese)
- [5] 黄玉岚.枣粉及发酵枣粉对母猪生产性能、血液指标及粪便微生物的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2018.
HUANG Y L.Effects of jujube powder and fermented jujube powder on production performance blood indicators and fecal microbes flora in sows[D].Master's Thesis.Yangling:Northwest A&F University,2018.(in Chinese)
- [6] 延志伟.饲料不同枣粉水平对晋岚绒山羊生产性能及血液理化指标的影响[D].硕士学位论文.晋中:山西农业大学,2016.

- el substandard Chinese jujube in diet on productive performance and indexes of physiological and biochemical of blood in *Jinlan* white cashmere goat[D]. Master's Thesis. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [7] XIE B, ZHANG P J, YAN Z W, et al. Growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, body composition, and meat quality of goat fed Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill) fruit as a replacement for maize in diet[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2018, 246: 127–136.
- [8] 周小玲, 蒋慧, 陈宁. 残次枣在畜禽饲料中的应用研究进展[J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(5): 19–25.
- ZHOU X L, JIANG H, CHENG N, et al. Research progress on application of residual jujube fruit in livestock and poultry feed[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2020, 56(5): 19–25. (in Chinese)
- [9] 刘杰超, 刘慧, 吕真真, 等. 不同新疆红枣营养成分比较分析[J]. *中国食物与营养*, 2018, 24(4): 31–35.
- LIU J C, LIU H, LYU Z Z, et al. Comparison of nutritional composition of jujube from *Xinjiang* province [J]. *Food and Nutrition in China*, 2018, 24(4): 31–35. (in Chinese)
- [10] JI X L, PENG Q, YUAN Y P, et al. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): a review[J]. *Food Chemistry*, 2017, 227: 349–357.
- [11] ZOU M, CHEN Y L, SUN-WATERHOUSE D, et al. Immunomodulatory acidic polysaccharides from *Ziziphus jujuba* cv. Huizao: insights into their chemical characteristics and modes of action[J]. *Food Chemistry*, 2018, 258: 35–42.
- [12] CHEN J P, LIU X Y, LI Z G, et al. A review of dietary *Ziziphus jujuba* fruit (jujube): developing health food supplements for brain protection[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 2017: 3019568.
- [13] GAO Q H, WU C S, WANG M. The jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit: a review of current knowledge of fruit composition and health benefits [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(14): 3351–3363.
- [14] 冯平, 孙旺斌, 张骞, 等. 枣粉对陕北白绒山羊肉抗氧化性能的影响[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(11): 310–317.
- FENG P, SUN W B, ZHANG Q, et al. Effects of jujube powder on the antioxidant capacity and lipid peroxidation of *Shaanxi* white cashmere goat meat[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(11): 310–317. (in Chinese)
- [15] YU H Y, ZHANG Y, ZHAO J, et al. Taste characteristics of Chinese bayberry juice characterized by sensory evaluation, chromatography analysis, and an electronic tongue[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, 55(5): 1624–1631.
- [16] 罗玉龙, 刘畅, 李文博, 等. 两种饲养方式下苏尼特羊肉中鲜味物质含量及相关调控基因表达量[J]. *食品科学*, 2019, 40(13): 8–13.
- LUO Y L, LIU C, LI W B, et al. Effects of two different feeding patterns on umami substances and expression of related genes in Sunit sheep meat [J]. *Food Science*, 2019, 40(13): 8–13. (in Chinese)
- [17] CHEN D W, ZHANG M, SHRESTHA S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1343–1349.
- [18] 乙丛敏, 杨茗媛, 申慧婷, 等. 金枪鱼碎肉酶解液对巴马香猪肉风味和滋味的作用[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(3): 259–264.
- YI C M, YANG M Y, SHEN H T, et al. Effect of tuna meat lysis on the flavor and taste of parmesan pork [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(3): 259–264. (in Chinese)
- [19] SONG J, WANG H, WU X G, et al. The flavor of gonad and meat of female *Portunus trituberculatus* cultured in indoor and outdoor[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2019, 43(10): e12743.
- [20] WEISKIRCHEN R. Hepatoprotective and anti-fibrotic agents; it's time to take the next step[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2015, 6: 303.
- [21] FLEMING E E, ZIEGLER G R, HAYES J E. Salivary protein levels as a predictor of perceived astringency in model systems and solid foods[J]. *Physiology & Behavior*, 2016, 163: 56–63.
- [22] 付娜, 王锡昌. 电子舌分析和感官评价在游离氨基酸对中华绒螯蟹整体滋味贡献评价中的研究[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(20): 91–96.
- FU N, WANG X C. Study on the contribution of free amino acid composition to the Chinese mitten crab taste by sensory evaluation and the electronic tongue [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(20): 91–96. (in Chinese)
- [23] 刘书来, 郭元帅, 许凯希, 等. 高效液相色谱法测定秘

- 2015, 41(10): 135–139.
- LIU S L, GUO Y S, XU K X, et al. Determination of organic acids in mantle muscle of *Dosidicus gigas* by HPLC[J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(10): 135–139. (in Chinese)
- [24] 方林, 施文正, 刁玉段, 等. 冻结方式对不同部位草鱼呈味物质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(12): 199–204.
- FANG L, SHI W Z, DIAO Y D, et al. Effect of freezing methods on the taste components in different parts of grass carp meat[J]. Food Science, 2018, 39(12): 199–204. (in Chinese)
- [25] ZHAO J, WANG T Z, XIE J C, et al. Meat flavor generation from different composition patterns of initial Maillard stage intermediates formed in heated cysteine-xylose-glycine reaction systems[J]. Food Chemistry, 2019, 274: 79–88.
- [26] XIAO Z C, GE C R, ZHOU G H, et al. ¹H NMR-based metabolic characterization of Chinese *Wuding* chicken meat[J]. Food Chemistry, 2019, 274: 574–582.
- [27] ZHANG W, SONG Q Q, WU F, et al. Evaluation of the four breeds in synthetic line of *Jiaying* black pigs and berkshire for meat quality traits, carcass characteristics, and flavor substances[J]. Animal Science Journal, 2019, 90(4): 574–582.
- [28] QIU W Q, CHEN S S, XIE J, et al. Analysis of 10 nucleotides and related compounds in *Litopenaeus vannamei* during chilled storage by HPLC-DAD[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 67: 187–193.
- [29] KOU X H, CHEN Q, LI X H, et al. Quantitative assessment of bioactive compounds and the antioxidant activity of 15 jujube cultivars[J]. Food Chemistry, 2015, 173: 1037–1044.
- [30] ZOZIO S, SERVENT A, CAZAL G, et al. Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk)[J]. Food Chemistry, 2014, 150: 448–456.
- [31] LOGOTHETI M, THEOCHARI K, KOSTAKIS M, et al. Development and validation of a HILIC-UV method for the determination of nucleotides in fish samples[J]. Food Chemistry, 2018, 248: 70–77.

Effects of Different Levels of Jujube Power on Flavor Substance of Shanbei White Cashmere Goat Meat

FENG Ping¹ SUN Wangbin¹ ZHANG Qian¹ XUE Ruilin² FU Qi²

(1. College of Life Sciences, Yulin University, Yulin 719000, China; 2. Ruixing Sheep & Goat Breeding Farm, Yulin 719208, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different levels of jujube power on flavor substance of Shanbei white cashmere goat meat. Forty healthy 6-month-old Shanbei white cashmere goats with an initial body weight of (20.15 ± 1.63) kg were randomly selected and divided into 5 groups with 8 replicates per group and 1 goat per replicate. Goats in the 5 groups were fed experimental diets containing 0 (control group), 10% (trial group I), 15% (trial group II), 20% (trial group III) and 25% (trial group IV), respectively. The pre-experimental period lasted for 10 days, and the experimental period last for 70 days. The results showed as follows: 1) the umami value in the trial group III was significantly higher than that in the control group, trial groups II and IV ($P < 0.05$), and the saltiness value was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$). 2) The aspartic acid (Asp) and alanine (Ala) contents in the trial group III were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$), and the glutamate (Glu) content was significantly higher than that in the control group, trial groups I and II ($P < 0.05$). 3) With the jujube powder level improvement, the inosinic acid (IMP), inosine (INO) and hypoxanthine (HYP) contents increased gradually, and the adenosine monophosphate content increased firstly and then decreased. The IMP content in the trial groups II, III and IV was significantly higher than that in the control group and trial group I ($P < 0.05$), and the INO, HYP and AMP contents in the trial groups I, II, III and IV were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). In conclusion, jujube powder can promote the accumulation of flavor amino acids and nucleotides in Shanbei white cashmere goat meat, and the mutton shows the best flavor quality with high contents of delicious free amino acids and nucleotides when dietary with 20% jujube powder. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(1):519-527]

Key words: Shanbei white cashmere goat; jujube power; electronic tongue; flavor substances