



青贮藜麦不同添加水平对小尾寒羊肉品质和血液生化指标的影响

张爱文¹, 杨永慧², 焦 婷³, 杨发荣⁴, 魏玉明⁴, 赵生国^{2*}, 蔡 原^{2*}

(1. 甘肃省绵羊繁育技术推广站, 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 兰州 730070;

3. 甘肃农业大学草业学院, 兰州 730070; 4. 甘肃省农业科学院, 兰州 730070)

摘 要: [目的] 为探究青贮藜麦 (*Chenopodium quinoa*) 对小尾寒羊肉品质、肌肉中微量元素含量和血液生化指标的影响。[方法] 选取健康状况良好、体重接近的小尾寒羊 60 只, 随机分 5 组, 每组 12 只。对照组饲喂全贮玉米, 试验处理组 I、II、III 和 IV 分别饲喂含 3%、6%、9% 和 12% 青贮藜麦的全贮玉米, 饲喂试验结束后, 屠宰取背最长肌测定肌肉肉色、pH、嫩度、微量元素及血液生化指标。[结果] 结果显示在饲料中添加了 3%、6%、9% 青贮藜麦后, 肌肉剪切力均下降, 同时背最长肌熟肉率相比对照组均提高, 试验 IV 组 24 h L* 值显著高于对照组和其他试验组 ($P < 0.05$); IV 组背最长肌中的 Cu 含量和 III 组中 Fe 含量均显著高于其他各组 ($P < 0.05$), 在肌肉中检测到 4 种矿物质元素的沉积量从大到小依次为 Zn、Fe、Cu、Mn, 添加了青贮藜麦小尾寒羊组织中 Zn 含量和 Cu 含量均不同程度升, 且 9% 添加量提升效果最好 ($P < 0.05$), 同时 9% 青贮藜麦能够显著提高肌肉 Fe 含量 ($P < 0.05$); 不同青贮藜麦添加水平对小尾寒羊血液总胆红素 (TBIL)、总蛋白 (TP)、白蛋白 (ALB)、球蛋白 (GLB) 和总胆固醇含量均有降低作用, 甘油三酯 (TG) 含量相比对照组均降低, 且试验 IV 组显著降低 ($P < 0.05$)。[结论] 综上所述, 小尾寒羊饲料中添加适当比例青贮藜麦能够保持肉的滋味, 香味, 多汁性, 外观和嫩度从而提升肉质品质, 同时能够提升机体代谢水平, 提供更多的能量, 提高机体免疫力。

关键词: 青贮藜麦; 小尾寒羊; 肉品质; 血液生化; 微量元素

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2022)05-0086-07

肉羊饲料的优化有助于提高其生长性能、胴体性状, 改善肉品质等肉质性状^[1]。藜麦 (*Chenopodium quinoa*) 原产于南美洲安第斯山脉的哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁等中高海拔山区^[2], 是印加土著的主要食物来源^[3], 被称为“粮食之母”和“安第斯山的真金, 富含丰富的蛋白质、胡萝卜素、钙铁锌等微量元素”^[4], 是人类的食物和牲畜饲料的双重用途作物^[5]。藜麦秸秆粗蛋白含量高于普通谷类和豆类作物秸秆^[6], 矿物质也更丰富^[7], 且 NDF 和 ADF 含量较低^[6,8]。饲喂全株藜麦对家畜的增重优于燕麦 (*Avena sativa*) 和大麦 (*Hordeum vulgare*) 饲喂的家畜^[9-11]。藜麦中的三萜皂苷具有抗微生物活性^[12]、抗炎活性^[13]和降胆固醇活性等生理功能^[14]。藜麦秸秆替代部分玉米秸秆可提高牛的生产性能^[15], 改

善羊对健康状况和肉品质^[16]。为进一步挖掘藜麦作为肉羊饲料的潜力, 本研究通过在饲料中添加青贮藜麦, 探讨对肉羊羊肉品质和血液生化指标的影响, 为藜麦在肉羊养殖中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验选体重 (22 ± 1.5) kg 的健康小尾寒羊 60 只, 随机分为 5 组, 每组 12 只。以 7:3 的精粗饲料比, 粗饲料按照青贮藜麦和全贮玉米 (干物质基础) 不同比例饲喂。青贮藜麦 (干物质) 添加比例分别是 0% (对照组), 3% (I 组), 6% (II 组), 9% (III 组), 12% (IV 组), 预试期 10 d, 正试期 80 d。青贮藜麦营养成分见表 1, 基础饲料组成及营养水平见表 2 和表 3。

收稿日期: 2021-12-13 修回日期: 2022-01-15

基金项目: 中央引导地方科技发展专项 (特色藜麦产业培育及科技扶贫模式推广)

作者简介: 张爱文 (1972—), 男, 高级畜牧师, 农业推广硕士, 主要从事畜牧业宏观经济研究与畜牧技术推广研究。

* 通讯作者: 赵生国 (1976—), 男, 博士, 教授, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

蔡原 (1974—), 女, 博士, 教授, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

表 1 青贮藜麦营养成分

青贮材料	青贮藜麦
干物质/%	35.60
粗蛋白/%	16.00
粗灰分/%	12.40
粗脂肪/%	2.62
钙 Ca/%	0.56
磷 P/%	0.23
酸性洗涤纤维/%	20.00
中性洗涤纤维/%	28.50

1.2 饲养管理

试验开始前羊群采血经布鲁氏菌病虎红平板凝集试验检测为阴性后开展试验。试验羊由专人负责,试验开始前内对所有试验羊进行分组、打耳标和驱虫。每天 07:00 和 19:00 各饲喂 1 次,自由采食和饮水,次日饲喂前收集称量剩料,计算每只羊每天采食量并根据前 1 d 采食量进行调整,保证有剩料。对圈舍定期打扫消毒,确保试验羊舍干净卫生。

表 2 基础饲粮组成

试验组	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组
玉米青贮(成熟期)	12.00	9.00	6.00	3.00	
青贮藜麦		3.00	6.00	9.00	12.00
小麦秸秆		1.00	2.00	3.00	4.00
玉米	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50
豆粕	2.00	1.50	1.00	0.50	
预混料	83.00	83.00	83.00	83.00	83.00
食盐	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

注:精料补充料由玉米、豆粕、棉粕、酒糟蛋白饲料、苜蓿干草粉、玉米胚芽粕、磷酸氢钙、石粉、氯化钠、维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 B1、烟酸、硫酸锌、硫酸亚铁、硫酸铜、硫酸锰、氨基酸、微生物、植酸酶等组成。

表 3 基础饲粮营养水平(风干基础)

试验组	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组
干物质	83.05	83.15	83.26	83.37	83.47
消化能/(MJ·kg ⁻¹)	12.11	12.07	12.04	12.00	11.97
粗蛋白质	13.32	13.31	13.30	13.29	13.29
粗脂肪	4.35	4.35	4.35	4.34	4.34
粗灰分	8.91	9.19	9.47	9.75	10.03
钙	0.69	0.70	0.72	0.73	0.74
磷	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36
氯化钠	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

注:消化能为计算值,其余为实测值。

1.3 测定指标及测定方法

1.3.1 肉品质测定 正试期结束禁食 12 h、禁水 2 h 后进行屠宰,采集背最长肌、股二头肌和臀三头肌,-20℃保存,待测肉品质。肉品质测定方法参照侯鹏霞^[17],测定指标包括 pH、失水率、大理石纹评定、肉色、蒸煮损失和熟肉率等。

1.3.2 肌肉矿物质元素的测定 将肉样在研钵捣碎后称取 3 g,高温灰化,加入 20 mL 混合液(浓盐酸:水=1:3)煮沸 3 min,冷却后移入 50 mL 容量瓶,定容待测,采用火焰原子吸收光谱法测定。

1.3.3 血液生化指标测定 在正试期结束前 1 d 晨饲前通过颈静脉采集血液样品,使用 SMT-120V 全自动生化分析仪检测血液生化指标,包括总蛋白、白蛋白、球蛋白、甘油三酯、葡萄糖等。

1.4 数据处理分析

用 Excel 2010 对数据进行整理,采用 SPSS 21.0 对试验结果进行单因素方差分析(one-way ANOVA),结果用平均值±标准误表示。以 $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 青贮藜麦对小尾寒羊肌肉品质的影响

由表 4 知,饲粮中添加了 3%、6% 和 9% 青贮藜麦的背最长肌和股二头肌剪切力均下降;试验 I 组背最长肌蒸煮损失显著低于其他组($P<0.05$),股二头肌蒸煮损失显著低于对照组和试验 V 组($P<0.05$);饲粮中添加了青贮藜麦的背最长肌熟肉率均提高;试验 III 组 45 min b* 值显著低于试验 I、II

和Ⅳ组($P < 0.05$),而 24 h b * 值显著低于对照组、 照组和其他试验组($P < 0.05$);试验Ⅲ组 24h a * 值试验Ⅰ组和Ⅳ组;试验Ⅳ组 24 h L * 值显著高于对 显著低于对照组和其他试验组($P < 0.05$)。

表 4 青贮藜麦对小尾寒羊肉品质的影响

试验组		对照组	试验Ⅰ组	试验Ⅱ组	试验Ⅲ组	试验Ⅳ组	
剪切力/N	背最长肌	68.91 ±9.28	57.83 ±5.08	63.19 ±4.89	66.73 ±3.29	72.41 ±2.90	
	股二头肌	67.12 ±10.08	54.88 ±4.20	52.32 ±4.23	60.09 ±2.27	58.74 ±2.91	
熟肉率/%	背最长肌	57.23 ±0.05	59.63 ±0.01	65.81 ±0.02	60.23 ±0.01	60.11 ±0.01	
	股二头肌	62.12 ±0.02	62.23 ±0.01	59.01 ±0.04	63.29 ±0.01	60.12 ±0.01	
蒸煮损失/%	臂三头肌	71.21 ±0.03	73.56 ±0.01	71.21 ±0.02	68.09 ±0.02	71.20 ±0.01	
	背最长肌	22.21 ±0.01 ^a	16.01 ±0.02 ^b	21.07 ±0.01 ^a	24.10 ±0.01 ^a	25.12 ±0.01 ^a	
	股二头肌	23.02 ±0.02 ^a	15.23 ±0.02 ^b	18.29 ±0.02 ^{ab}	18.12 ±0.02 ^{ab}	22.23 ±0.02 ^a	
	臂三头肌	12.17 ±0.01	12.96 ±0.02	15.06 ±0.05	12.30 ±0.01	13.23 ±0.03	
pH	45 min	背最长肌	6.42 ±0.15	6.43 ±0.38	6.79 ±0.22	6.52 ±0.23	6.145 ±0.26
		股二头肌	6.51 ±0.18	6.47 ±0.18	6.58 ±0.15	6.76 ±0.08	6.85 ±0.23
		臂三头肌	7.11 ±0.23 ^{ab}	7.38 ±0.24 ^{ab}	6.79 ±0.14 ^b	7.44 ±0.04 ^a	7.20 ±0.23 ^{ab}
	24 h	背最长肌	5.17 ±0.06	5.24 ±0.07	5.32 ±0.11	5.49 ±0.15	5.26 ±0.07
		股二头肌	5.31 ±0.05 ^{ab}	5.24 ±0.04 ^b	5.46 ±0.09 ^a	5.36 ±0.02 ^{ab}	5.33 ±0.04 ^{ab}
		臂三头肌	5.42 ±0.02 ^b	5.53 ±0.01 ^{ab}	5.5 ±0.03 ^{ab}	5.62 ±0.03 ^a	5.54 ±0.07 ^{ab}
	肌肉颜色	45 min	亮度 L [*]	30.00 ±1.12	29.08 ±0.38	29.38 ±0.69	28.77 ±0.70
红度 a [*]			20.51 ±0.50	21.52 ±0.64	20.62 ±0.63	19.88 ±0.61	21.33 ±0.71
黄度 b [*]			6.92 ±0.49 ^{ab}	7.83 ±0.42 ^a	7.53 ±0.38 ^a	6.15 ±0.45 ^b	7.73 ±0.40 ^a
24 h		亮度 L [*]	34.64 ±0.76 ^b	34.07 ±1.01 ^b	34.73 ±0.97 ^b	34.61 ±1.31 ^b	41.07 ±2.45 ^a
		红度 a [*]	21.84 ±0.59	21.61 ±0.73	20.72 ±0.68	20.28 ±0.90	20.62 ±1.15
		黄度 b [*]	10.30 ±0.59 ^a	9.50 ±0.48 ^a	8.74 ±0.50 ^{ab}	7.68 ±0.50 ^b	9.43 ±0.82 ^{ab}

注:同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)下表同。

2.2 青贮藜麦对小尾寒羊肌肉矿物质元素含量的影响

由表 5 知,5 组间背最长肌 0 锌(Zn)含量、股二头肌锰(Mn)含量、臂三头肌锰(Mn)和铁(Fe)含量均差异不显著($P > 0.05$)。试验Ⅳ组背最长肌中

Cu 含量和试验Ⅲ组 Fe 含量均显著高于其他组($P < 0.05$),试验Ⅲ组股二头肌中 Cu 和 Fe 含量均显著高于对照组和试验Ⅱ组($P < 0.05$),试验Ⅲ组和Ⅳ组臂三头肌中 Zn 含量显著高于对照组($P < 0.05$)。

表 5 青贮藜麦对小尾寒羊肌肉组织微量元素含量的影响

试验组		对照组	试验Ⅰ组	试验Ⅱ组	试验Ⅲ组	试验Ⅳ组
背最长肌	Cu	1.08 ± 0.03 ^b	1.84 ± 0.19 ^a	1.15 ± 0.09 ^b	1.36 ± 0.10 ^b	1.84 ± 0.03 ^a
	Fe	3.03 ± 0.20 ^b	3.38 ± 0.14 ^{ab}	2.86 ± 0.31 ^b	4.10 ± 0.26 ^a	3.24 ± 0.33 ^b
	Mn	1.07 ± 0.05 ^{ab}	1.28 ± 0.26 ^{ab}	0.85 ± 0.04 ^b	1.26 ± 0.08 ^{ab}	1.35 ± 0.21 ^a
	Zn	24.29 ± 2.39	27.27 ± 2.35	26.73 ± 1.83	29.41 ± 2.63	25.02 ± 2.23
股二头肌	Cu	1.15 ± 0.10 ^b	1.52 ± 0.17 ^{ab}	1.17 ± 0.18 ^b	1.98 ± 0.31 ^a	1.80 ± 0.26 ^{ab}
	Fe	3.15 ± 0.28 ^{bc}	3.20 ± 0.27 ^{bc}	3.73 ± 0.23 ^{ab}	4.34 ± 0.07 ^a	2.93 ± 0.13 ^c
	Mn	1.03 ± 0.06	1.12 ± 0.15	1.12 ± 0.05	1.12 ± 0.25	1.59 ± 0.59
	Zn	33.85 ± 3.62 ^{ab}	30.11 ± 2.88 ^{ab}	42.57 ± 4.63 ^a	41.64 ± 3.52 ^a	44.14 ± 3.71 ^a
臂三头肌	Cu	1.13 ± 0.08 ^b	1.72 ± 0.12 ^a	1.11 ± 0.05 ^b	1.44 ± 0.04 ^{ab}	1.46 ± 0.23 ^{ab}
	Fe	3.18 ± 0.11	3.44 ± 0.34	3.33 ± 0.36	3.37 ± 0.03	3.61 ± 0.45
	Mn	1.05 ± 0.05	0.99 ± 0.02	1.25 ± 0.23	1.08 ± 0.03	1.11 ± 0.03
	Zn	22.91 ± 1.92 ^b	29.70 ± 1.58 ^{ab}	32.09 ± 2.99 ^{ab}	32.88 ± 3.54 ^a	33.99 ± 4.27 ^a

2.3 青贮藜麦对小尾寒羊血液生化指标的影响

由表 6 可知,饲料中添加了青贮藜麦的小尾寒羊血液总胆红素(TBIL)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)和总胆固醇含量均降低,但无显著性($P>0.05$);试验Ⅳ组谷氨酰胺转移酶(GGT)低

于其他试验组,且显著低于试验Ⅰ组和试验Ⅱ组($P<0.05$);不同青贮藜麦添加水平的小尾寒羊血液中甘油三脂(TG)含量均降低,且添加 12% 青贮藜麦显著降低($P<0.05$);而试验Ⅱ组和Ⅲ组谷丙转氨酶(ALT)含量显著高于对照组和试验Ⅰ、Ⅳ组($P<0.05$)。

表 6 青贮藜麦对小尾寒羊血液生化指标的影响

试验组	对照组	试验Ⅰ组	试验Ⅱ组	试验Ⅲ组	试验Ⅳ组
碱性磷酸酶 AMP/(U·L ⁻¹)	338.50±18.82	288.75±14.41	307.00±43.69	352.50±55.58	324.50±54.90
谷氨酰胺转移酶 GGT/(U·L ⁻¹)	79.75±6.42ab	94.50±9.54a	86.75±5.88a	73.50±8.03ab	57.75±4.44 ^b
总胆红素 TBIL/(μmol·L ⁻¹)	2.55±0.45	1.78±0.17	1.53±0.36	1.85±0.26	2.18±0.25
总蛋白 TP/(g·L ⁻¹)	69.53±3.17	68.45±1.02	65.70±2.13	68.83±3.04	66.28±1.76
白蛋白 ALB/(g·L ⁻¹)	33.40±1.37	32.35±1.33	32.18±0.38	32.85±1.87	30.25±1.00
球蛋白 GLB/(g·L ⁻¹)	36.13±1.85	36.10±0.69	33.53±1.95	35.98±1.33	36.13±1.01
白球比例 A/G	0.93±0.03	0.90±0.04	0.95±0.05	0.93±0.05	0.85±0.03
肌酐 CREA/(μmol·L ⁻¹)	90.75±1.44	83.75±6.30	88.75±5.50	91.75±8.61	87.50±4.57
尿素氮 BUN/(mmol·L ⁻¹)	11.28±0.788	10.20±1.11	11.88±0.75	10.63±1.02	10.03±0.60
葡萄糖 GLU/(mmol·L ⁻¹)	5.23±0.35 ^a	4.58±0.51 ^{ab}	4.03±0.27 ^b	4.20±0.27 ^{ab}	3.75±0.09 ^b
甘油三脂 TG/(mmol·L ⁻¹)	0.23±0.06 ^a	0.13±0.01 ^{ab}	0.15±0.02 ^{ab}	0.16±0.04 ^{ab}	0.11±0.01 ^b
总胆固醇/(mmol·L ⁻¹)	1.59±0.06	1.35±0.07	1.71±0.09	1.57±0.04	1.32±0.27
乳酸脱氢酶 LDH/(IU·L ⁻¹)	557.75±34.50 ^{ab}	700.5±85.77 ^a	582.25±14.77 ^{ab}	527.50±50.86 ^b	508.75±27.04 ^b
谷丙转氨酶 ALT/(U·L ⁻¹)	22.00±0.01 ^a	22.00±1.15 ^a	19.50±0.87 ^b	19.00±0.58 ^b	22.00±1.04 ^a

3 讨论

3.1 青贮藜麦对小尾寒羊肌肉品质的影响

肉质作为一个综合性状,主要包括 pH、肉色、熟肉率、蒸煮损失、嫩度等^[18]。pH 是肉质的重要指标之一,机体的能量代谢对动物屠宰后肌肉 pH 有决定性的作用,动物死亡后肌肉发硬,变得僵直,细胞内的无氧糖酵解加剧,有氧代谢转换为厌氧酵解,乳酸大量产生和堆积,从而使肌肉 pH 下降^[19],本研究中肌肉 24 h pH 相对肌肉 45 min pH 呈明显下降趋势,且在添加了青贮藜麦小尾寒羊的各部位肌肉中 pH 24 h 相比未添加组下降速度缓慢,这就说明,饲料中添加青贮藜麦能够降低肌肉中肌糖原的酵解速度,从而减少乳酸的产生,有利于肉质的长期储存和防止肉质酸败^[20]。肌肉颜色是决定消费者购买肉品的一个重要因素,肌肉颜色可以反映肉的新鲜程度和质量^[21],肉色与肌肉 pH 值密切相关,pH 值在宰前呈中性,宰后匀速下降,最终 pH 值为 5.6 左右,肉的颜色正常,pH>6.0 时肉呈深色^[22]。本研究饲料中添加青贮藜麦降低了小尾寒

羊屠宰后 24 h 背最长肌的黄度值和亮度值,而对红度值无显著影响,这就与饲料中添加了青贮藜麦羊肉 pH 24 h 均小于 6 结果吻合,说明在饲料中添加青贮藜麦对肉色无不利影响。陈文^[23]在分析龙陵黄山羊肉质鲜嫩多汁的原因时指出失水率和肉的嫩度是肉质鲜嫩多汁的主要影响因素。剪切力大小可反映肉质嫩度,影响肉品的多汁性,口感越佳。在饲料中添加了 3%、6%、9% 青贮藜麦后,肌肉剪切力均下降,说明肉越容易被咀嚼,肉更嫩^[24]。熟肉率是反映肌肉在烹调过程中蛋白变形水分流失的程度,熟肉率越高,肉品质越好^[25],饲料中添加了青贮藜麦的背最长肌熟肉率相比对照组均提高,说明水分流失降低,而水分流失的降低能更好地保持肉的营养,滋味,香味,多汁性,外观和嫩度,肉的出品率就越高^[24]。同时藜麦中含有丰富的铁、铜、锌等矿物质元素^[26],有研究表明饲料中添加复合矿物质,可显著增厚羔羊肉脂肪,降低 pH 值和剪切力,提高肉的嫩度,具有更好烹饪效果^[27],这与本研究结果相吻合,肉的剪切力、蒸煮损失和熟肉率受 pH 直接影响,pH 越大,肌肉剪切力和蒸煮损失越低,熟肉率就

越高^[28]。如表 6, 本研究前期发现, 饲喂青贮藜麦小尾寒羊羊肉氨基酸种类和含量丰富, 且肉品鲜味氨基酸(DAA)和甜味氨基酸(SAA)含量显著提高。

综上说明在饲料中添加适当比例青贮藜麦能够保持肉的滋味, 香味, 多汁性, 外观和嫩度从而提升肉质品质。

表 7 藜麦对羊背最长肌氨基酸含量影响分析

项目	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组	试验 IV 组	试验 V 组
TAA	20.37 ± 0.01 ^c	24.03 ± 0.31 ^a	22.16 ± 0.25 ^b	24.27 ± 0.48 ^a	23.88 ± 0.35 ^a
EAA	8.28 ± 0.02 ^b	9.77 ± 0.15 ^a	9.23 ± 0.02 ^a	9.83 ± 0.18 ^a	9.62 ± 0.46 ^a
NEAA	12.09 ± 0.02 ^{Vc}	14.27 ± 0.18 ^a	12.93 ± 0.23 ^b	14.43 ± 0.31 ^a	14.26 ± 0.18 ^a
DAA	8.92 ± 0.03 ^c	10.32 ± 0.13 ^a	9.57 ± 0.12 ^b	10.36 ± 0.20 ^a	10.48 ± 0.10 ^a
SAA	6.85 ± 0.06 ^d	7.95 ± 0.1 ^b	7.42 ± 0.09 ^c	7.93 ± 0.19 ^b	8.41 ± 0.16 ^a
EAA/TAA	40.65	40.63	41.67	40.53	40.24
DAA/TAA	43.81	42.95	43.2	42.67	43.92
SAA/TAA	33.64	33.08	33.47	32.65	35.26
EAA/NEAA	40.65	40.63	41.67	40.53	40.24

微量元素在动物健康生长中扮演着十分重要的角色, 虽然含量较少, 但在维持机体正常的理化功能、生长发育、新陈代谢、免疫应答等方面有着重要作用^[29], 在小尾寒羊中, 4 种矿物质元素的沉积量从大到小依次为 Zn、Fe、Cu、Mn, 肌肉组织中微量元素影响肉色和抗氧化特性进而影响肉品质, 同时也是人体摄取微量元素的重要途径^[30]。Zn 是机体内酶活性中心, 在酶系统和蛋白质结构发挥着重要作用, 缺 Zn 会导致动物机体功能紊乱, 本研究添加了青贮藜麦小尾寒羊组织中 Zn 含量均提升, 且 9% 添加量提升效果最好, 说明青贮藜麦可以增加 Zn 的积累。Fe 是血红素重要组成部分, 是肌红蛋白和血红蛋白的功能基团, 饲料中添加 9% 青贮藜麦能够显著提高肌肉 Fe 含量, 对维持肌肉色泽有更大的作用^[31]; Cu 能够增强机体超氧化物歧化酶活性, 减少机体自由基对肉品质的影响, 从而改善肉质^[32], 添加青贮藜麦小尾寒羊肌肉中铜含量均有不同程度提高, 且 9% 青贮藜麦添加量使肌肉中铜和锌含量显著提高, 从而改善肌肉品质。

3.2 青贮藜麦对小尾寒羊血液生化指标的影响

血液生化指标的变化能够反映动物机体内新陈代谢情况, 且可作为疾病诊断的依据。血液中葡萄糖(GLU)是能量的主要来源, 藜麦被归类为低血糖食物, 对降低血糖和胰岛素反应有有益的生理作用, 且能够预防体重增加、肥胖和结肠癌, 降低罹患糖尿病的风险, 摄入后提供的葡萄糖缓慢释放到血液中, 本研究中 GLU 水平在机体正常生理范围内^[33], 表明饲料中添加青贮藜麦并不影响小尾寒羊 GLU 代

谢, 小尾寒羊饲料能量供应充足。血清尿素氮(BUN)反映机体氮代谢情况, 日粮中各种含氮物质在瘤胃内的降解程度、氨释放速率和瘤胃微生物利用氨合成菌体蛋白的速率都能够影响 BUN。BUN 与饲料利用率成反比^[34], 在本研究中饲料中添加了 3%、9%、12% 青贮藜麦后 BUN 含量均降低, 这就说明适当青贮藜麦添加量能饲料利用率提高, 在体内代谢水平增强。球蛋白(GLB)是参与机体内免疫反应的蛋白质, 其含量高低与机体体液免疫呈正相关, 本研究中试验组和对照组含量无显著性差异, 且数值接近且均在正常生理范围内, 小尾寒羊没有发生明显的应激反应。血液中白蛋白含量是判断动物能量和蛋白质营养状况的一项重要指标, 对运输脂肪酸十分重要, 同时肝脏脂肪浸润会损害肝功能, 在本试验中所有试验组白蛋白含量均在正常范围内, 且无显著差异性, 这就表明青贮藜麦对肝功能无不利影响^[35]。血液总蛋白含量代表肝脏合成蛋白质的能力, 总蛋白含量升高能够提高代谢水平, 试验中, 5 个处理组血清总蛋白含量差异不显著, 但添加了青贮藜麦小尾寒羊血液总蛋白含量均降低, 说明青贮藜麦能够提供更多的能量。

4 结 论

小尾寒羊饲料中添加适当比例青贮藜麦能够保持肉的滋味, 香味, 多汁性, 外观和嫩度从而提升肉质品质, 同时能够提升机体代谢水平, 提供更多的能量, 提高机体免疫力, 在本试验条件下青贮藜麦最佳添加比例为 9%。

参考文献:

- [1] CARRASCO S, PANEA B, RIPOLL G, et al. Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs[J]. Meat Sci., 2009, 83(1): 50-56.
- [2] LÓPEZ D, GALANTE M, RAIMUNDO G, et al. Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates[J]. Food Research International (Ottawa, Ont.), 2019, 116: 419-429.
- [3] Pereira, E, Encina-Zelada, C, Barros, L, et al. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food[J]. Food Chemistry, 2019, 280: 110-114.
- [4] ZURITA-SILVA A, FUENTES F, ZAMORA P, et al. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Potential and perspectives [J]. Molecular Breeding, 2014, 34(1): 13-30.
- [5] ASHER A, GALILI S, WHITNEY T, et al. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 272: 109-114.
- [6] MATIAS J, CRUZ V, REGUERA M. Heat stress impact on yield and composition of quinoa straw under mediterranean field conditions[J]. Plants (Basel), 2021, 10(5).
- [7] PEARCE G R, BEARD J, HILLIARD E P. Variability in the chemical composition of cereal straws and in vitro digestibility with and without sodium hydroxide treatment[J]. Aust. J. Exp. Agric., 1979(19): 350-353.
- [8] LI H N, HOU S S, LIU X L, et al. Multiple regression equations to estimate carcass traits in pekin ducks[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2009: 135-139.
- [9] HUANG KAI, ZHANG SHU-RONG, GUAN XIAO, et al. Effect of the oat β -glucan on the development of functional quinoa (*Chenopodium quinoa* wild) milk [J]. Food Chemistry, 2021, 349: 129201.
- [10] 刘敏国,杨倩,杨梅,等. 藜麦的饲用潜力及适应性[J]. 草业科学, 2017, 34(6): 1264-1271.
- [11] 王正文,魏玉明,杨发荣,等. 不同日粮精粗比下藜麦秸秆与高粱秸秆的组合作用[J]. 草业科学, 2021, 38(8): 1615-1625.
- [12] WOLDEMICHAEL G M, WINK M. Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa* [J]. J. Agric. Food Chem., 2001, 49: 2327-2332.
- [13] ESTRADA A, LI B, LAARVELD B. Adjuvant action of *Chenopodium quinoa* saponins on the induction of antibody responses to intragastric and intranasal administered antigens in mice[J]. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis., 1998, 21, 225-236.
- [14] LIN M, HAN P, LI Y, et al. Quinoa secondary metabolites and their biological activities or functions[J]. Molecules, 2019, 24(13): 2512.
- [15] 郝怀志,董俊,何振富,等. 藜麦秸秆对肉牛生产性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J]. 中国草食动物科学, 2017, 37(5): 26-31.
- [16] MARINO R, CAROPRESE M, ANNICCHIARICO G, et al. Effect of diet supplementation with quinoa seed and/or linseed on immune response, productivity and meat quality in merinos derived lambs[J]. Animals (Basel), 2018, 8(11): 204.
- [17] 侯鹏霞. 滩羊羔羊早期补饲以及不同体重阶段羊肉品质的研究[D]. 宁夏:宁夏大学, 2014.
- [18] WEN Y, LIU H, LIU K, et al. Analysis of the physical meat quality in partridge (*Alectoris chukar*) and its relationship with intramuscular fat[J]. Poult. Sci., 2020, 99(2): 1225-1231.
- [19] BLASCO A, OUHAYOUN J, MASOERO. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research[J]. World Rabbit Science, 1993, 1(1): 3-10.
- [20] 白雪,寇宇斐,郭涛,等. 酵母硒和亚硒酸钠对育肥湖羊组织硒含量、抗氧化能力、肉品质及货架期的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(1): 442-456.
- [21] CHEN C, YU Q, HAN L, et al. Effects of aldehyde products of lipid oxidation on the color stability and metmyoglobin reducing ability of bovine *Longissimus muscle* [J]. Anim. Sci. J., 2018, 89(5): 810-816.
- [22] 丁武. 波尔山羊与关中奶山羊杂交后代产肉性能及羊肉品质研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学, 2005.
- [23] 陈韬,彭和禄,谭丽勤,等. 龙陵黄山羊屠宰性能及肉质研究[J]. 云南农业大学学报, 1996(3): 162-167.
- [24] 孙旺斌,付琪,薛瑞林,王伟萍,张骞,冯平. 不同枣粉添加水平对陕北白绒山羊屠宰性能和肉品质的影响[J]. 草业学报, 2021, 30(7): 111-121.
- [25] LI Ling-yan, ZHU Yuan-kui, WANG Xian-you, et al. Effects of different dietary energy and protein levels and sex on growth performance, carcass characteristics and meat quality of F1 Angus x Chinese Xiangxi yellow cattle[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2014, 5(4): 485-496.
- [26] 刘月瑶. 不同加工方式对藜麦营养品质及抗氧化性能影响的研究[D]. 沈阳:沈阳师范大学, 2020.
- [27] CAZAROTTO C J, BOITO J P, GLOMBOWSKY P, et al. Nutritional effect of trace elements as additional injectable doses to modulate oxidant and antioxidant status, and improves the quality of lamb meat[J]. Biol. Trace Elem. Res., 2019, 191(1): 115-125.
- [28] 王雪. 复合化学处理稻草饲料中添加甘露寡糖对滩羊生产性能及肉品质的影响[D]. 宁夏:宁夏大学, 2020.
- [29] 侯鹏霞,李毓华,王建东,等. 饲料添加氨基酸锌对育肥羊屠宰性能、肉品质及血液和组织中微量元素含量的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(1): 563-571.
- [30] 周艳,郑金凤,郭晓宇,等. 饲养方式与品种对羔羊肌肉组织中微量元素含量的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(7): 1-5.
- [31] CABRERA M C, RAMOS A, SAADOUN A, et al. Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay [J]. Meat Sci., 2010, 84(3): 518-528.
- [32] 师帅,巴吐尔·阿不力克木,高维明,等. 不同年龄新疆柯尔克孜羊宰后骨骼肌肉品质测试分析[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(7): 1356-1363.

- [33] BORER K E, BAILEY S R, MENZIES-GOW N J, et al. Effect of feeding glucose, fructose, and inulin on blood glucose and insulin concentrations in normal ponies and those predisposed to laminitis[J]. J. Anim. Sci., 2012, 90(9): 3003-3011.
- [34] 侯玉洁,徐俊,熊春贤,等. 不同粗饲料对奶牛乳中脂肪酸组成和血液生化指标的影响[J]. 中国饲料, 2016(9): 15-18,22.
- [35] 王维,徐敏,熊伟,等. 苕麻全株颗粒料对湖羊生长性能、血液生化及氨基酸指标的影响[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(19): 98-100.

Effects of Different Supplemental Levels of Silage Quinoa on Muscle Quality and Blood Biochemical Indices of Small-tailed Han Sheep

ZHANG Ai-wen¹, YANG Yong-hui², JIAO Ting³, YANG Fa-rong⁴,

WEI Yu-ming⁴, ZHAO Sheng-guo^{2*}, CAI Yuan^{2*}

(1. Gansu Sheep Breeding Technology Promotion Station, Lanzhou, Gansu 730070; 2. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070; 3. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: [Purpose] The objective of this study was to investigate the effects of silage *Chenopodium quinoa* on the quality, trace elements content in muscle and blood biochemical indices of small-tailed Han sheep. [Methods] Sixty small tail Han sheep with good health and similar body weight were selected and randomly divided into 5 groups with 12 individuals in each group. The control group was fed with full storage corn, and the experimental groups I, II, III and IV were fed with whole corn containing 3%, 6%, 9% and 12% silage quinoa, respectively. When the feeding experiment finished, the sheep were slaughtered. The longissimus dorsi muscle was collected and meat color, pH, tenderness, trace elements and blood biochemical indices were measured. [Results] The results showed that the muscle shear force was decreased and the cooked meat ratio of longissimus dorsi muscle was increased in diets supplemented with 3%, 6% and 9% silage quinoa, and the 24 h L* value of the test group IV was significantly higher than that of control group and other experimental groups ($P < 0.05$). The Cu content in longissimus dorsi muscle of group IV and Fe content in group III were significantly higher than those in other groups ($P < 0.05$). The four mineral elements deposited in muscle were Zn, Fe, Cu and Mn in descending order. The Zn and Cu contents in small-tailed Han sheep tissues with silage quinoa were increased in different degrees. The supplementation of 9% silage quinoa had the best effect on improving muscle Fe content ($P < 0.05$), and significantly increased muscle Fe content ($P < 0.05$). The contents of total bilirubin (TBIL), total protein (TP), albumin (ALB), globulin (GLB) and total cholesterol in blood of small-tailed Han sheep were decreased by different silage quinoa supplementation levels, and the triglyceride (TG) content was decreased compared with the control group, and significantly decreased in test group IV ($P < 0.05$). [Conclusion] In conclusion, supplementing appropriate proportion of silage quinoa to the diet of small-tailed Han sheep can maintain the taste, fragrance, juiciness, appearance and tenderness of meat, thus improve meat quality and body metabolism level, providing more energy and improving body immunity.

Key words: silage quinoa; small-tailed Han sheep; meat quality; blood biochemistry; trace elements