

葛楠, 肖开颜, 王江木, 等. 西洋参茎叶提取物对鹌鹑生长性能和肌肉品质的影响 [J]. 福建农业学报, 2023, 38 (12): 1395–1404.

GE N, XIAO K Y, WANG J M, et al. Effects of Aqueous Extract of *Panax quinquefolium* Stems and Leaves in Diet on Growth and Meat Quality of Quails [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 38 (12): 1395–1404.

西洋参茎叶提取物对鹌鹑生长性能和肌肉品质的影响

葛楠^{1,2}, 肖开颜¹, 王江木¹, 刘持¹, 刘新月¹, 马晴¹, 苏凤艳^{1*}

(1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林市林业科学研究院, 吉林 吉林 132013)

摘要:【目的】探讨西洋参茎叶提取物对鹌鹑生长性能、肌肉品质的影响, 为西洋参茎叶作为添加剂开发利用提供依据。【方法】将 150 只 1 日龄鹌鹑, 随机分成 5 组, 每组 3 个重复, 每个重复 10 只鹌鹑。空白对照组 (CON) 饲喂基础日粮, 抗生素对照组 (KSS) 在基础日粮中添加阿莫西林 ($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 3 个试验组在基础日粮中分别添加 1% (SD)、1.5% (SZ) 和 2% (SG) 西洋参茎叶提取物。试验期 50 d, 预饲期 5 d, 正饲期 45 d。【结果】从鹌鹑生长性能来看, SZ 组可显著提高鹌鹑平均日增质量 ($P < 0.05$), 同时显著降低料肉比 ($P < 0.05$)。从鹌鹑肉嫩度来看, 与 CON 组和 KSS 组相比, 试验组鹌鹑胸肌与腿肌剪切力显著降低 ($P < 0.05$), 肉嫩度均增强, 其中 SZ 组肉嫩度最佳; 从鹌鹑肉中营养成分来看, 鹌鹑胸肌中蛋白质含量 SG 组显著高于 CON 组 ($P < 0.05$), SZ 和 SG 组脂肪含量显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P < 0.05$); 鹌鹑腿肌中蛋白质含量 SZ 和 SG 组显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P < 0.05$), 脂肪含量 SZ 组显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P < 0.05$); 胸肌和腿肌中水分含量各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。从鹌鹑肌肉中脂肪酸含量来看, 与 CON 组相比, 各试验组鹌鹑胸肌中不饱和脂肪酸含量降低不显著 ($P > 0.05$), SZ 组鹌鹑腿肌中不饱和脂肪酸含量显著升高 ($P < 0.05$); 从鹌鹑肌肉中肌苷酸含量来看, SZ 组鹌鹑胸肌和腿肌中肌苷酸含量均显著高于 KSS 组 ($P < 0.05$); 从鹌鹑肌肉中氨基酸含量来看, SD、SZ 和 SG 组鹌鹑胸肌和腿肌中必需氨基酸和风味氨基酸含量均显著高于 KSS 组 ($P < 0.05$)。从 H.E 染色结果来看, 各试验组鹌鹑的肝肾组织结构均未见异常。鹌鹑生长激素 (Growth hormone, GH) 基因 (GH 基因) 表达水平各试验组均显著高于 CON 组 ($P < 0.05$), 且 SZ 组鹌鹑生长激素 (GH) 基因表达量最高。【结论】西洋参茎叶提取物可加速鹌鹑生长, 改善肌肉品质, 增加肌肉风味, 且对肝肾发育无不良影响, 安全性比较高, 可代替抗生素作为中草药饲料添加剂进一步开发利用。

关键词: 西洋参茎叶提取物; 鹌鹑; 生长性能; 肌肉品质

中图分类号: S965.3; S816.7

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2023) 12-1395-10

Effects of Aqueous Extract of *Panax quinquefolium* Stems and Leaves in Diet on Growth and Meat Quality of Quails

GE Nan^{1,2}, XIAO Kaiyan¹, WANG Jiangmu¹, LIU Chi¹, LIU Xinyue¹, MA Qing¹, SU Fengyan^{1*}

(1. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China; 2. Jilin Academy of Forestry Sciences, Jilin, Jilin 132013, China)

Abstract: 【Objective】Effects of inclusion of an aqueous extract from stems and leaves of *Panax quinquefolium* L. in forage on growth and meat quality of quails were investigated. 【Methods】One-hundred-fifty one-day-old quails were randomly divided into 5 groups with three replicates in each group and 10 birds per replicate. The groups included a blank control that was fed with the basic diet (CON), an antibiotic control (KSS) with $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ amoxicillin added to the feed, one trial group supplemented with 1% of the extract (SD), one with 1.5% of the extract (SZ), and another with 2% of the extract (SG). The feeding lasted for 50 d that included a 5 d preliminary adaptation period. 【Results】On growth performance, the quails in the SZ group significantly increased the average daily body weight gain ($P < 0.05$), while reduced the feed to meat ratio ($P < 0.05$). On meat tenderness, the shear force on the breast and leg muscles of the birds in the treatment groups was significantly lower

收稿日期: 2023-03-23 修回日期: 2023-07-26

作者简介: 葛楠 (1996—), 女, 硕士, 主要从事林业技术与产品开发研究, E-mail: 875535868@qq.com

* 通信作者: 苏凤艳 (1973—), 女, 博士, 教授, 主要从事中兽药产品开发与中药废弃物利用研究, E-mail: sufy110@163.com

基金项目: 吉林省科技发展重点研发计划项目 (20200404030YY)

than that of CON or KSS ($P<0.05$) with the quails in the SZ group being the most tender. On nutritional value, the breast meat of the SG quails had the significantly higher protein than that of CON counterparts ($P<0.05$), whereas those of the SZ and SG quails significantly higher fat than that of the CON or KSS birds ($P<0.05$). However, the leg muscles of either CON or KSS quails contained significantly less protein than SZ and SG quails ($P<0.05$) and less fat than SZ quails ($P<0.05$). No significant differences among the groups in the moisture content of breast and leg meats ($P>0.05$) were observed. Compared with the CON group, the unsaturated fatty acid content in the chest muscle of quails in each experimental group was not significantly reduced ($P>0.05$), and the unsaturated fatty acid content in the leg muscle of quails in the SZ group was significantly increased ($P<0.05$). The content of inosinic acid in quail muscle, the content of inosinic acid in breast muscle and leg muscle of SZ group was significantly higher than that of KSS group ($P<0.05$). Contents of essential amino acids and flavor amino acids in breast muscle and leg muscle of quails in SD, SZ and SG groups were significantly higher than those in KSS group ($P<0.05$). The H. E. staining showed no abnormality in the liver and kidney of the quails under treatment. The expression of growth hormone (GH) gene in the treatment birds was significantly higher than that in CON group ($P<0.05$) with that of the SZ quails having the highest. 【Conclusion】 Addition of the aqueous extract of *P. quinquefolium* L. stems and leaves in the feed accelerated the growth, improved the meat tenderness, accentuated the meat flavor of the quails without adverse effect on the liver or kidney of the birds. The plant extract appeared to be a highly safe diet supplement applicable to replace antibiotics in raising quails.

Key words: Stems and leaves of *Panax quinquefolium* L.; quail; growth performance; meat quality

0 引言

【研究意义】中药资源产业化过程中会产生大量废弃物, 中药废弃物的资源化利用可有效提升中药资源的综合利用价值, 产生良好的经济、生态和社会效益。西洋参 (*Panax quinquefolium* L.) 为五加科 (Araliaceae) 人参属 (*Panax*) 草本植物, 根部入药, 味微苦、性寒凉, 归心、肺、肾经, 具抗肿瘤、抗癌、降血压、降血脂、抗疲劳等药理活性^[1]。研究发现西洋参茎叶中含皂苷、挥发油、多糖、蛋白质等成分, 与根的化学成分相近, 叶中皂苷和多糖等含量高达根中含量的 2 倍^[2]。近年来, 医药企业已陆续将西洋参茎叶作为皂苷等活性成分提取的原料进行开发利用, 但仍有许多西洋参茎叶没有被充分利用。因此, 无论从充分利用西洋参资源, 还是提高经济效益, 西洋参茎叶作为中草药添加剂新原料资源进行开发利用均具有重要的意义。【前人研究进展】畜牧业集约化程度的提高使抗生素、化学合成药等添加剂在养殖业及饲料工业得到普遍应用, 而这些添加剂易产生抗药性和致畸、致癌、致突变等弊端, 中草药饲料添加剂是按照中兽医“医食同源”的理论, 选用天然的植物、动物和矿物质根据中草药的特性、物味, 辅以饲养和饲料工业等学科理论技术制成的天然饲料添加剂^[3], 具备低毒、低残留、副作用小或无毒、无残留、无副作用的特点, 在绿色畜产品生产方面有着独特的优势^[4]。目前, 中草药饲料添加剂已广泛应用于猪、牛、羊、鸡等家畜家禽养殖生产中^[5], 可改善畜禽机体营养代谢, 增强机体免疫机能, 提高畜禽生产性能^[6], 从而达到改

良畜禽产品品质^[7]、预防疾病、减少动物源性食品污染^[8]等目的。西洋参茎叶中含有多糖类、皂苷类、挥发油、黄酮类、氨基酸和微量元素等多种成分^[9], 具有增强机体免疫功能^[10]、降血脂、抗肿瘤、抗炎、抗病毒、抗氧化^[11]等作用。【本研究切入点】西洋参茎叶目前在医药行业方面研究报道较多, 多以根部入药, 但在饲料添加剂生产中应用较少, 将其用于中草药添加剂新原料资源进行开发和利用, 既可以提高西洋参的综合利用效率和经济效益, 又可以提高畜禽等动物的抗病能力和生产性能, 生产出安全、绿色的产品。【拟解决的关键问题】为充分开发利用西洋参资源, 本研究将西洋参茎叶提取物添加至鹌鹑基础日粮中, 旨在探究西洋参茎叶对鹌鹑生长性能、肌肉品质等的影响, 为西洋参茎叶作为中草药饲料添加剂原料的开发与利用提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

西洋参茎叶提取物冻干粉由吉林农业大学中兽药产品开发研究室自制。

氨基酸标准品、肌苷酸标准品、脂肪酸甲酯标准品均购自 Sigma 公司。

K9860 全自动凯氏定氮仪购自海能未来技术集团股份有限公司; RH-N50 肌肉嫩度测定仪购自广州润湖仪器有限公司; 索氏提取器购自上海贺帆仪器有限公司; L-8000 型氨基酸高速分析仪均购自日立公司; MS3 型漩涡混合器购自 IKA 公司; 1260 型高效液相色谱仪及 7890A 型气相色谱仪均购自 Agilent 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 动物分组及处理方法

选取 150 只 1 日龄健康状况良好且体重相近的鹌鹑，随机分为 5 组，每组 3 个重复，每个重复 10 只，雌雄各半。空白对照组（CON）饲喂基础日粮，抗生素对照组（KSS）在基础日粮中添加阿莫西林（100 mg·kg⁻¹），3 个试验组在基础日粮中分别添加 1%（SD）、1.5%（SZ）和 2%（SG）西洋参茎叶提取物。试验期 50 d，其中预试期 5 d，正试期 45 d。正常接种疫苗，自由采食、饮水。基础饲粮成分及营养水平见表 1。

1.2.2 生长性能指标测定

饲养试验期间，观察各组鹌鹑的生长情况，每天统计投食量、每日剩余饲料量，试验初始和结束

时称取各组各只鹌鹑空腹体重，计算平均日采食量、平均日增质量和料肉比。平均日采食量/（g·d⁻¹）= 总采食量/饲养日龄；平均日增质量/（g·d⁻¹）=（终末体质量－初始体质量）/饲养日龄；料肉比=采食饲料量/体质量增加量。

1.2.3 营养指标测定

饲养结束后，每组重复中选取体质量相近的鹌鹑各 5 只，采用颈静脉放血法将鹌鹑致死，各试验组鹌鹑选取相同部位的腿肌和胸肌进行肌肉品质测定。鹌鹑肌肉嫩度、水分、粗脂肪、粗蛋白、肌苷酸、脂肪酸和氨基酸参照《NY/T 1333—2007 肉的嫩度测定》《GB 5009.3—2016 食品中水分测定》《GB 5009.6—2016 食品中粗脂肪测定》《GB 5009.5—2016 食品中粗蛋白测定》《T/NAIA 00003-2020 食品中肌苷酸测定》《GB 5009.168—2016 食品中脂肪酸的测定》和《GB/T 5009.124—2016 食品中氨基酸测定》的方法进行测定。

1.2.4 鹌鹑肝、肾组织结构的测定

饲养结束后，每组重复中选取体质量相近的鹌鹑各 5 只，采用颈静脉放血法将鹌鹑致死，各试验组取鹌鹑相同部位的肝脏和肾脏进行 H.E.染色制片，显微镜下观察肝脏、肾脏组织结构。

1.2.5 GH 基因表达分析

饲养结束后，每组重复中选取体质量相近的鹌鹑各 5 只，采用颈静脉放血法将鹌鹑致死，各试验组鹌鹑选取脑组织相同部位进行生长激素基因（GH）表达量检测；参照文献 [12] 设计鹌鹑 GH 基因引物序列，上游引物：3'-TGCAATACCTAAGCAAGGTGTTCA-5'；下游引物：3'-CAGGGCTTGATCCCTTCTT-5'，由上海生工生物技术有限公司合成。根据 AxyPrep 总 RNA 制备试剂盒说明进行鹌鹑脑组织总 RNA 的提取，根据 SYBRGreenPCR 试剂说明将 RNA 反转录为 cDNA。荧光定量 PCR 反应条件：95 ℃ 预变性 30 s；95 ℃ 变性 5 s，60 ℃ 退火 30 s，循环 40 次。

1.3 数据统计

采用 SPSS 20.0 软件对试验数据进行分析，试验结果采用平均值±标准误表示，采用 LSD 法进行组间多重比较。

2 结果与分析

2.1 西洋参茎叶提取物对生长性能的影响

与 CON 组和 KSS 组相比，SZ 组可显著提高鹌鹑平均日增质量（ $P<0.05$ ），显著降低料肉比（ $P<0.05$ ）（表 2），说明西洋参茎叶提取物可提高鹌鹑对饲料的利用率，提高饲料报酬。

表 1 基础饲粮组成及营养成分水平
Table 1 Formulation and proximate analysis of experimental diets
(单位: g·kg⁻¹)

组成 Component	项目 Item	0~20 d 饲料 0-20 d diet	21~45 d 饲料 21-45 d diet
原料Ingredients	玉米 Corn	540	510
	大豆粕 Bean pulp	270	260
	米糠 Imported fishmeal	100	90
	骨粉 Rice bran	50	100
	禽用多维 Bone meal	15	15
	微量元素预混料 Multivitamins trace elements premix	2.5	2.5
	赖氨酸 Lysine	2.5	2.5
	蛋氨酸 Methionine	6	6
	食盐 Salt	1	1
	石粉 Stone powder	12	12
养分Nutrients	粗蛋白 Crude protein	243.8	229.4
	钙 Ca	4	4
	磷 P	13.3	12.3
	粗脂肪 Crude fat	146.3	153.7
	粗纤维 Crude fiber	34.3	25.3
	粗灰分 Crush ash	61.0	69.1
	赖氨酸 Lysine	11.2	8.7
	蛋氨酸 Methionine	4.7	3.8

微量元素预混料向饲料提供Mg 300 mg·kg⁻¹、Mn 90 mg·kg⁻¹、Zn 100 mg·kg⁻¹、Cu 7 mg·kg⁻¹、I 0.3 mg·kg⁻¹、Fe 80 mg·kg⁻¹。Premixed forage contained 300 mg·kg⁻¹ Mg, 90 mg·kg⁻¹ Mn, 100 mg·kg⁻¹ Zn, 7 mg·kg⁻¹ Cu, 0.3 mg·kg⁻¹ I, and 80 mg·kg⁻¹ Fe.

表 2 西洋参茎叶提取物对鹌鹑生长性能的影响
Table 2 Effect of *P. quinquefolium* extract on growth of quails

组别 Group	平均日增质量 Average daily gain/ (g·d ⁻¹)	平均日采食量 Average daily feed intake/ (g·d ⁻¹)	料肉比 Feed-weight rate
CON	3.41±0.26b	19.77±1.43a	5.81±0.42a
KSS	3.5±0.39b	19.64±1.25a	5.62±0.36a
SD	3.87±0.07ab	19.77±1.43a	5.11±0.40a
SZ	4.08±0.11a	18.42±1.45a	4.51±0.36b
SG	3.82±0.26ab	18.78±1.37a	4.92±0.36ab

表中数据为平均值±标准偏差，不同小写字母代表组间差异显著（ $P<0.05$ ）。下同。

Data are mean±standard deviation; those with different lowercase letters represent significant difference at $P<0.05$. Same for below.

2.2 西洋参茎叶提取物对鹌鹑营养指标的影响

2.2.1 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肌肉嫩度的影响

与 CON 组相比，试验组胸肌与腿肌剪切力显著降低（ $P<0.05$ ），肉嫩度均增强，高于 KSS 组肉嫩度，其中 SZ 组肉嫩度最佳，显著高于 KSS 组（表 3），表明西洋参茎叶提取物可增强鹌鹑胸肌和腿肌的嫩度。

表 3 西洋参茎叶提取物对鹌鹑胸肌和腿肌剪切力的影响
Table 3 Effect of *P. quinquefolium* extract on shear strength of quail pectoral and leg muscles

组别 Group	剪切力 Shear force/N	
	胸肌 Pectoral muscle	腿肌 Leg muscle
CON	28.58±1.87a	22.23±2.09a
KSS	17.88±1.32b	15.20±1.99b
SD	13.06±0.98bc	11.75±1.37c
SZ	10.90±0.91c	9.70±1.72c
SG	14.31±1.34bc	11.21±2.03c

2.2.2 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肉常规营养成分的影响

如表 4 所示，SG 组鹌鹑胸肌中蛋白质含量显著高于 CON 组（ $P<0.05$ ），SZ 和 SG 组鹌鹑胸肌中脂肪含量显著高于 CON 组和 KSS 组（ $P<0.05$ ）；SZ 和 SG 组鹌鹑腿肌中蛋白质含量显著高于 CON 组和 KSS 组（ $P<0.05$ ），SZ 组鹌鹑腿肌中脂肪含量显著高于 CON 组和 KSS 组（ $P<0.05$ ）。胸肌和腿肌中水分含量各组间差异不显著（ $P>0.05$ ）。结果表明西洋参茎叶提取物可提高鹌鹑胸肌和腿肌中蛋白质和脂肪含量。

表 4 西洋参茎叶提取物鹌鹑肌肉常规营养成分的影响
Table 4 Effect of *P. quinquefolium* extract on common nutrients in quail meat (单位：%)

组别 Group	胸肌 Pectoralis			腿肌 Thigh muscle		
	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	水分 Moisture	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	水分 Moisture
CON	21.94±2.31b	1.17±0.14b	72.37±6.47a	21.27±3.02b	1.16±0.13b	74.16±7.49a
KSS	24.34±1.46a	1.27±0.11b	70.89±8.15a	21.41±2.69b	1.82±0.16b	74.53±9.24a
SD	23.60±2.34ab	1.52±0.09ab	70.34±6.83a	23.07±2.48ab	2.71±0.05ab	72.98±10.01a
SZ	23.97±1.65ab	1.77±0.15a	71.21±9.45a	23.94±1.94a	3.06±0.04a	73.08±6.17a
SG	24.24±1.58a	1.70±0.17a	69.90±8.34a	23.72±3.02a	2.47±0.07ab	71.08±4.92a

2.2.3 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响

如表 5 所示，鹌鹑胸肌中 8 种脂肪酸，各组均未检测出肉豆蔻酸，除 CON 组外，各试验组均未检测出亚麻酸；与 CON 组相比，各试验组鹌鹑胸肌中硬脂酸、花生四烯酸含量显著升高（ $P<0.05$ ），KSS 组不饱和脂肪酸含量显著降低（ $P<0.05$ ），各试验组不饱和脂肪酸含量降低不显著（ $P>0.05$ ）；与 KSS 组相比，所有试验组油酸含量显著升高，SD 组和 SZ 组鹌鹑胸肌中棕榈油酸含量显著升高（ $P<0.05$ ）。如表 6 所示，各组鹌鹑腿肌中，除 SZ 组外，其余组均未检测出肉豆蔻酸，KSS 组、

SD 组和 SG 组均未检测出亚麻酸；与 CON 组相比，KSS 组、SD 组、SG 组鹌鹑腿肌中硬脂酸含量显著升高（ $P<0.05$ ），各试验组花生四烯酸含量均显著升高（ $P<0.05$ ），SZ 组不饱和脂肪酸含量显著升高（ $P<0.05$ ），其余试验组不饱和脂肪酸含量降低不显著（ $P>0.05$ ）；棕榈油酸含量亦升高但差异不显著（ $P>0.05$ ）。

2.2.4 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肉中肌苷酸含量的影响

如表 7 所示，SD 组和 SZ 组鹌鹑胸肌中肌苷酸含量显著高于 CON 组、KSS 组和 SG 组（ $P<0.05$ ）；试验组鹌鹑腿肌中肌苷酸含量显著高于 KSS 组

表 5 西洋参茎叶提取物对鹌鹑胸肌中脂肪酸含量的影响

Table 5 Effect of *P. quinquefolium* extract on fatty acids in quail breast meat

(单位: g·hg⁻¹)

脂肪酸 Fatty acid	CON	KSS	SD	SZ	SG
肉豆蔻酸 Myristic acid	—	—	—	—	—
棕榈酸 Palmitic acid	17.41±1.08a	18.29±0.66a	18.27±2.08a	19.39±2.08a	19.73±1.48a
硬脂酸 Stearic acid	7.53±0.19b	14.57±0.26a	11.11±0.37a	13.31±0.44a	14.54±0.21a
棕榈油酸 palmitoleic acid *	5.20±0.08a	2.95±0.06b	4.08±0.98a	4.47±0.88a	3.16±0.79ab
油酸 Oleic acid *	27.74±1.05a	23.05±1.11b	26.69±1.89a	26.96±1.39a	25.88±1.28a
亚油酸 Linoleic acid **	35.54±2.28a	32.86±2.66a	33.49±1.81a	33.19±2.16a	34.41±1.03a
亚麻酸 Linolenic acid **	1.96±0.08	—	—	—	—
花生四烯酸 Arachidonic acid **	2.65±0.12c	7.19±0.61b	6.09±0.13b	6.74±0.64b	9.23±0.37a
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids	73.09±4.07a	66.05±3.98b	72.40±3.67a	69.36±5.44ab	69.68±4.81ab

*为单不饱和脂肪酸，**为多不饱和脂肪酸，—为未检出。表6同。
* indicates monounsaturated fat acids; ** indicates unsaturated fat acids; - means not detected. Same for Table 6.

表 6 西洋参茎叶提取物对鹌鹑腿肌中脂肪酸含量的影响

Table 6 Effect of *P. quinquefolium* extract on fatty acids in quail leg meat

(单位: g·hg⁻¹)

脂肪酸 Fatty acid	CON	KSS	SD	SZ	SG
肉豆蔻酸 Myristic acid	—	—	—	0.34±0.03a	—
棕榈酸 Palmitic acid	16.95±0.23b	19.81±0.37ab	20.76±0.36a	18.92±0.06ab	17.58±0.44ab
硬脂酸 Stearic acid	8.61±0.15c	13.32±0.51b	19.84±0.45a	9.09±0.21bc	15.62±0.32ab
棕榈油酸 Palmitoleic acid *	2.89±0.14a	3.75±0.01a	2.24±0.02a	3.92±0.03a	2.53±0.11a
油酸 Oleic acid *	28.97±0.87a	24.84±1.61b	26.67±0.17ab	28.02±0.06a	23.45±1.21b
亚油酸 Linoleic acid **	35.08±0.27a	30.28±0.65b	31.24±0.16b	35.02±0.38a	32.25±1.05ab
亚麻酸 Linolenic acid **	1.81±0.04	—	—	1.72±0.09	—
花生四烯酸 Arachidonic acid **	4.11±0.22b	8.00±0.10a	9.27±0.12a	8.99±1.02a	8.59±0.37a
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids	72.86±4.37b	66.87±3.77b	69.42±3.32b	77.67±2.24a	66.82±5.91b

表 7 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肉中肌苷酸含量的影响

Table 7 Effect of *P. quinquefolium* extract on inosinic content in quail meat

组别 Group	肌苷酸 Inosinic acid/ (mg·kg ⁻¹)	
	胸肌 Pectoral muscle	腿肌 Leg muscle
CON	1 704.62±7.90b	1 381.65±4.77a
KSS	1 707.59±8.85b	971.85±4.47b
SD	1 962.23±8.28a	1 285.06±3.26a
SZ	2 001.24±4.42a	1 389.54±2.41a
SG	1 734.12±11.38b	1 349.02±6.73a

($P<0.05$), 与 CON 组相比, 差异不显著 ($P>0.05$)。结果表明西洋参茎叶可提高鹌鹑肌肉鲜味, 且效果优于抗生素。

2.2.5 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肉中氨基酸含量的影响

如表 8 所示, 与 CON 组相比, SZ 组鹌鹑胸肌中精氨酸和脯氨酸含量显著升高 ($P<0.05$), SG 组脯氨酸含量显著升高 ($P<0.05$)。与 KSS 组相比, 试验组必需氨基酸和风味氨基酸含量均显著上升 ($P<0.05$), SZ 组氨基酸总量、谷氨酸、天冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸和精氨酸含量显著升高 ($P<0.05$)。如表 9 所示, 试验组鹌鹑腿肌中氨基酸总量、必需氨基酸、风味氨基酸、谷氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和亮氨酸含量均显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P<0.05$); SD 组和 SZ 组甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、精氨酸、脯氨酸含量亦显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P<0.05$); SZ 组天冬氨酸和蛋氨酸含量亦显著高于 CON 组和 KSS 组 ($P<0.05$);

表 8 西洋参茎叶提取物对鹌鹑胸肌中氨基酸含量的影响
Table 8 Effect of *P. quinquefolium* extract on amino acids in quail breast meat (单位: g·hg⁻¹)

氨基酸 Amino acids	CON	KSS	SD	SZ	SG
谷氨酸 Glutamic acid [#]	3.52±0.11ab	2.91±0.09b	3.56±0.12ab	3.85±0.13a	3.63±0.25ab
天冬氨酸 Aspartic acid [#]	2.21±0.13ab	1.86±0.26b	2.22±0.25ab	2.43±0.05a	2.26±0.54ab
甘氨酸 Glycine [#]	1.12±0.11a	1.44±0.21a	1.10±0.31a	1.15±0.19a	0.99±0.06a
丙氨酸 Alanine [#]	1.41±0.23a	1.18±0.09a	1.39±0.09a	1.49±0.13a	1.33±0.09a
酪氨酸 Tyrosine [#]	0.78±0.07a	0.60±0.04a	0.85±0.17a	0.92±0.05a	0.92±0.21a
苯丙氨酸 Phenylalanine ^{*#}	1.05±0.21a	0.83±0.05a	1.09±0.11a	1.04±0.18a	1.06±0.15a
异亮氨酸 Isoleucine	1.08±0.06a	0.86±0.08a	1.14±0.15a	1.23±0.07a	1.13±0.05a
赖氨酸 Lysine [*]	2.14±0.21ab	1.78±0.11b	2.15±0.13ab	2.27±0.16a	2.13±0.37ab
缬氨酸 Valine [*]	1.13±0.08a	0.83±0.06a	1.18±0.15a	1.24±0.21a	1.16±0.26a
蛋氨酸 Methionine [*]	0.61±0.06a	0.50±0.08a	0.62±0.11a	0.73±0.09a	0.65±0.04a
苏氨酸 Threonine [*]	0.96±0.06a	0.88±0.08a	1.09±0.04a	1.17±0.05a	1.10±0.09a
丝氨酸 Serine	0.87±0.05a	0.68±0.09a	0.98±0.11a	1.04±0.03a	0.97±0.08a
亮氨酸 Leucine [*]	2.06±0.15ab	1.68±0.14b	2.11±0.24ab	2.27±0.19a	2.13±0.27ab
组氨酸 Histidine ^{**}	0.67±0.11a	0.51±0.04a	0.70±0.08a	0.76±0.16a	0.72±0.14a
精氨酸 Arginine ^{**}	1.35±0.13b	1.35±0.16b	1.51±0.14ab	1.61±0.15a	1.49±0.09ab
脯氨酸 Proline	0.46±0.02b	1.40±0.06a	0.81±0.03ab	0.93±0.05a	0.94±0.07a
总氨基酸 Total amino acids	21.42±2.05ab	19.29±1.95b	22.50±2.31ab	24.13±3.01a	22.61±3.47ab
必需氨基酸 Essential amino acids	9.03±1.01a	7.36±0.96b	9.38±0.76a	9.95±0.88a	9.36±1.24a
风味氨基酸 Flavor amino acids	10.09±0.65a	8.82±0.78b	10.21±0.21a	10.88±0.84a	10.10±0.93a

*为必需氨基酸; **为半必需氨基酸; # 为风味氨基酸。表9同。
* indicates essential amino acid; ** indicates semi-essential amino acid; # indicates flavor amino acids. Same for Table 9.

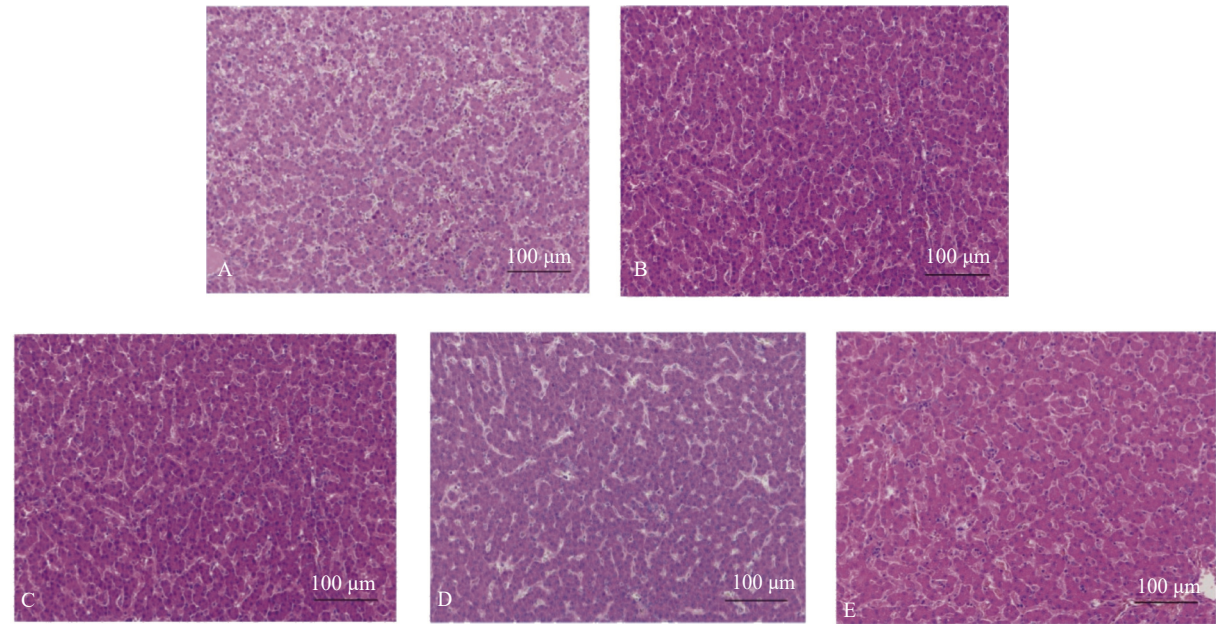
表 9 西洋参茎叶提取物对鹌鹑腿肌中氨基酸含量的影响
Table 9 Effect of *P. quinquefolium* extract on amino acids in quail leg meat (单位: g·hg⁻¹)

氨基酸 Amino acids	CON	KSS	SD	SZ	SG
谷氨酸 Glutamic acid [#]	2.00±0.23b	1.84±0.26b	3.51±0.31a	3.85±0.13a	3.34±0.21a
天冬氨酸 Aspartic acid [#]	1.28±0.24b	1.11±0.27b	2.02±0.25ab	2.20±0.16a	1.94±0.33ab
甘氨酸 Glycine [#]	0.64±0.05b	0.58±0.11b	1.17±0.23a	1.03±0.09a	0.81±0.02ab
丙氨酸 Alanine [#]	0.75±0.11b	0.66±0.12b	1.22±0.08a	1.23±0.13a	1.08±0.11ab
酪氨酸 Tyrosine [#]	0.53±0.02ab	0.47±0.03b	0.89±0.05a	0.87±0.06a	0.77±0.05ab
苯丙氨酸 Phenylalanine ^{*#}	0.70±0.07b	0.59±0.05b	0.95±0.06a	1.03±0.11a	0.94±0.05a
异亮氨酸 Isoleucine	0.72±0.04ab	0.55±0.05b	1.00±0.02a	1.11±0.07a	0.95±0.04a
赖氨酸 Lysine [*]	1.36±0.24b	1.03±0.18b	1.87±0.12a	2.19±0.29a	1.92±0.31a
缬氨酸 Valine [*]	0.71±0.12ab	0.56±0.13b	0.97±0.35a	1.07±0.27a	0.98±0.18a
蛋氨酸 Methionine [*]	0.36±0.04ab	0.28±0.03b	0.58±0.07ab	0.64±0.05a	0.59±0.03ab
苏氨酸 Threonine [*]	0.69±0.06ab	0.53±0.04b	0.97±0.08a	1.05±0.04a	0.96±0.06a
丝氨酸 Serine	0.56±0.02b	0.49±0.03b	0.94±0.03a	0.98±0.06a	0.87±0.05ab
亮氨酸 Leucine [*]	1.30±0.12b	1.03±0.14b	1.87±0.09a	2.08±0.15a	1.85±0.07a
组氨酸 Histidine ^{**}	0.34±0.02ab	0.27±0.02b	0.50±0.03ab	0.59±0.02a	0.53±0.04a
精氨酸 Arginine ^{**}	1.02±0.07bc	0.69±0.05c	1.46±0.04a	1.52±0.07a	1.26±0.11ab
脯氨酸 Proline	0.31±0.03b	0.30±0.02b	0.86±0.04a	0.78±0.03a	0.53±0.02ab
总氨基酸 Total amino acids	13.27±1.23b	10.98±1.77b	20.78±1.54a	22.22±1.63a	19.32±1.86a
必需氨基酸 Essential amino acids	5.84±0.42b	4.57±0.51b	8.21±0.57a	9.17±0.85a	8.19±0.83a
风味氨基酸 Flavor amino acids	5.90±0.95b	5.25±0.83b	9.76±1.03a	10.21±0.89a	8.88±0.77a

SD 组和 SZ 组酪氨酸含量显著高于 KSS 组 ($P<0.05$)；SZ 组和 SG 组氨酸含量显著高于 KSS 组 ($P<0.05$)；试验组异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸含量均显著高于 KSS 组 ($P<0.05$)。结果说明西洋参茎叶可提升鹌鹑肉中必需氨基酸和风味氨基酸含量，且效果优于抗生素。

2.3 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肝、肾结构的影响

如图 1 和图 2 所示，各试验组与 CON 组相比肝小叶以中央静脉为中心，周围大致呈放射状排列的肝索由双层肝细胞构成，肝细胞圆润、饱满，肝脏结构无明显异常；视野内的可见皮质中肾小球分布均匀，肾小球中细胞数量以及基质均匀，肾小管上

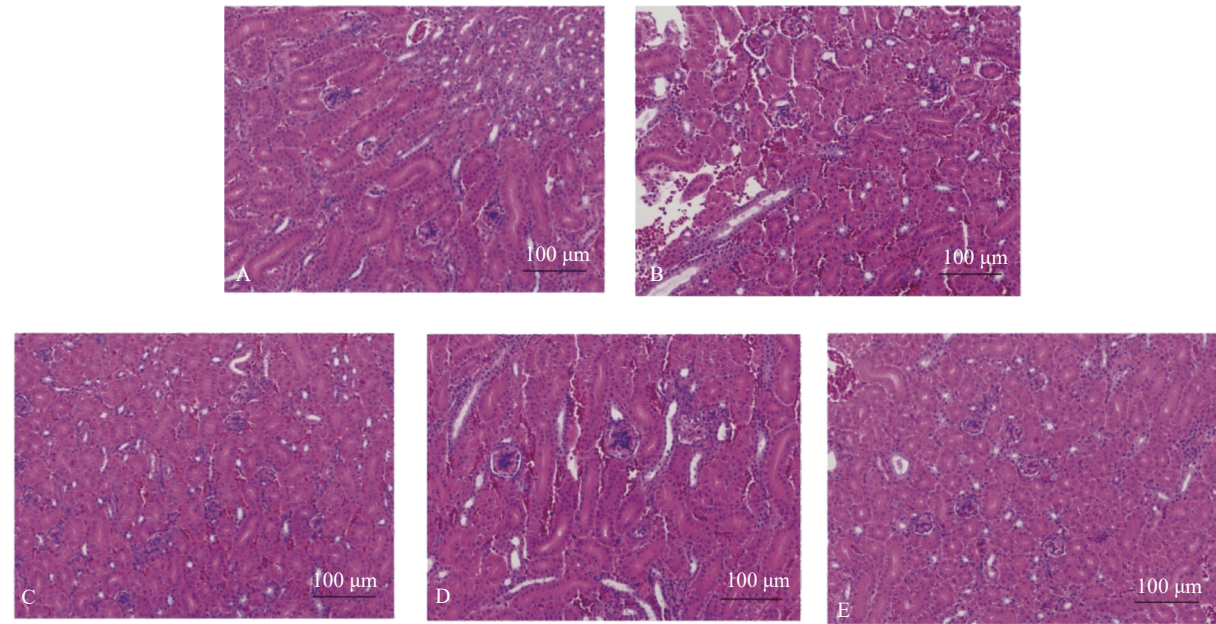


A: CON 组；B: KSS 组；C: SD 组；D: SZ 组；E: SG 组。

A: CON group; B: KSS group; C: SD group; D: SZ group; E: SG group.

图 1 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肝脏组织结构的影响 (×100 倍)

Fig. 1 Effect of *P. quinquefolium* extract on liver of quail (100×)



A: CON 组；B: KSS 组；C: SD 组；D: SZ 组；E: SG 组。

A: CON group; B: KSS group; C: SD group; D: SZ group; E: SG group.

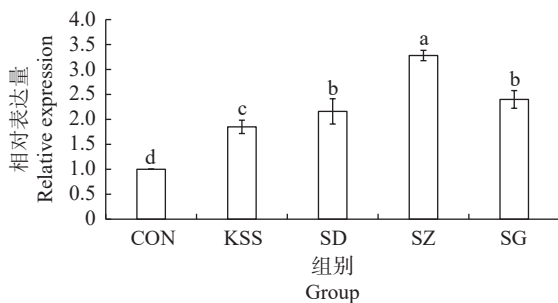
图 2 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肾脏组织结构的影响 (×100 倍)

Fig. 2 Effect of *P. quinquefolium* extract on renal tissue of quail (100×)

皮细胞圆润、饱满,刷状缘排列整齐规则,泌尿小管之间结缔组织为肾间质,间质无明显增生,肾脏结构未见明显异常。

2.4 西洋参茎叶提取物对鹌鹑脑组织中 *GH* 基因表达的影响

各试验组鹌鹑 *GH* 基因表达水平均显著高于 CON 组 ($P < 0.05$); 与 KSS 组相比, SZ 组鹌鹑 *GH* 基因表达水平显著升高 ($P < 0.05$) (图 3), 说明西洋参茎叶提取物可加快鹌鹑的生长。



不同字母代表组间显著差异 ($P < 0.05$), 相同字母代表组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

Data are mean $\pm$ standard deviation; those with different lowercase letters represent significant difference at $P < 0.05$; those with same letter indicate no significant difference at $p > 0.05$.

图 3 西洋参茎叶提取物对鹌鹑 *GH* 基因表达的影响

Fig. 3 Effect of *P. quinquefolium* extract on *GH* expression in quails

3 讨论

3.1 西洋参茎叶提取物对鹌鹑生长性能的影响

随着人们食品安全意识的提高,对畜禽养殖业的要求亦越来越高,如何解决抗生素、激素滥用现象成为研究热点。李鹏升^[13]、刘砚涵^[14]、寇宇斐^[15]等学者研究发现中草药可以通过提高畜禽基础日粮代谢能、干物质及粗蛋白代谢率,显著提高日增重、降低料肉比,提高生产性能,增强机体免疫力,改善肉质。因此,中草药饲料添加剂在动物养殖中运用得越来越广泛。西洋参茎叶中含有皂苷、氨基酸、多糖、黄酮、胡萝卜苷、挥发油等多种兼有保健与营养双重作用的成分,可将其作为中草药饲料添加剂原料进一步开发利用。本研究表明基础日粮中添加 1.5% 西洋参茎叶提取物可显著提高鹌鹑日增重和生长激素 (*GH*) 基因表达量,降低料肉比,且效果优于添加抗生素组,说明西洋参茎叶可促进鹌鹑生长,提高饲料报酬,与李俊峰^[16]等学者的研究结论相似。

3.2 西洋参茎叶提取物对鹌鹑肌肉品质的影响

肌肉的肉色、嫩度、风味、营养物质组成等是客观评价肉品质的主要指标^[17],剪切力是评定肌肉

嫩度的指标,数值越小表明肌肉越嫩。本研究发现,日粮中添加西洋参茎叶提取物能显著降低鹌鹑胸肌和腿肌的剪切力,增强肌肉嫩度,与吴俊^[18]的研究结果一致。脂肪酸的组成和含量会影响肌肉品质,进而影响肉的口味^[19],脂肪酸按饱和程度可以分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,其中不饱和脂肪酸又可以分为单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。从种类上看,饱和脂肪酸包括肉豆蔻酸、棕榈酸及硬脂酸等,单不饱和脂肪酸包括棕榈油酸、油酸等,多不饱和脂肪酸包括亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸等^[20]。本试验结果表明鹌鹑腿肉和胸肉中均存在上述脂肪酸,多不饱和脂肪酸与肉质成负相关,多不饱和脂肪酸含量越高,肉质越差,因此提高单不饱和脂肪酸含量,降低多不饱和脂肪酸含量对保持鹌鹑最佳生长状态具有重要意义。本试验结果表明西洋参茎叶可以提高鹌鹑胸肉和腿肉中单不饱和脂肪酸含量并降低多不饱和脂肪酸含量,对鹌鹑肉质有一定的改善作用,且腿肉中多不饱和脂肪酸含量低于胸肉,说明西洋参茎叶能让鹌鹑腿肉肉质更好,肌内脂肪的含量、氨基酸与脂肪酸的种类及含量^[21]、肌苷酸的含量等与肌肉嫩度、风味和营养价值密切相关^[22]。本研究中,西洋参茎叶提取物可提高腿肌肉中脂肪的含量,尤其能显著提高鹌鹑腿肌脂肪含量,而肌内脂肪含量升高,肌肉嫩度增加,肉的口感更好,这与本研究中西洋参茎叶提取物添加组鹌鹑胸肌和腿肌嫩度显著改善的结果一致,与周茜^[23]学者研究结果相似。本试验共测定了 16 种氨基酸含量,各氨基酸含量均在正常营养需求含量范围内,各氨基酸含量均高于对照组,说明西洋参茎叶对鹌鹑肉中氨基酸含量有提高作用;氨基酸是组成蛋白质的基本单位,蛋白质中氨基酸的种类尤其是鲜味氨基酸与肉的风味密切相关,鲜味氨基酸有谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸和络氨酸,其中谷氨酸是构成肉鲜味的主要物质,本试验结果表明除抗生素组外各试验组鲜味氨基酸含量均高于对照组,其中当西洋参茎叶提取物添加量为 1.5% 时鹌鹑肉中鲜味氨基酸含量最高,说明此时鹌鹑肉质最具鲜味。不饱和脂肪酸、风味氨基酸和肌苷酸是构成肌肉风味的主要成分,本研究发现,日粮中添加西洋参茎叶提取物能显著增加鹌鹑肌肉中不饱和脂肪酸、风味氨基酸和肌苷酸含量,增加肌肉鲜味,提高风味,这一结果在其他学者的研究中亦得到证实,如李辉^[24]在日粮中添加藤茶提取物,能显著提高文昌鸡腿肌和胸肌中风味氨基酸、必需氨基酸、总氨基酸和肌苷酸含量,改善文昌鸡的品质和风味。研究还发现,西洋参茎叶提取物亦

能提高肌肉中蛋白质、总氨基酸含量和必需氨基酸含量,提高肌肉营养价值,与苏凤艳^[25]、陈圆^[26]等研究结果相似。

4 结论

日粮中添加西洋参茎叶提取物能加快鹌鹑的生长速度,提高饲料报酬,并通过增加肌肉中脂肪、蛋白质、不饱和脂肪酸、肌苷酸、风味氨基酸和必需氨基酸含量,进而增加肌肉风味,提高营养价值,改善肌肉品质,且对肝肾发育无不良影响,安全性比较高,可代替抗生素作为中草药饲料添加剂进一步开发利用。

参考文献:

- [1] 舒思洁. 西洋参及其活性成分的药理学研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2006, 17 (12): 2603-2604.
SHU S J. Pharmacological research progress of American ginseng and its active components [J]. *LiShiZhen Medicine and Materia Medica Research*, 2006, 17 (12): 2603-2604. (in Chinese)
- [2] 汪亚菁, 苏宁, 金建明. 西洋参茎叶化学成分研究进展 [J]. 中国现代中药, 2016, 18 (9): 1224-1229.
WANG Y J, SU N, JIN J M. Review on chemical constituents of *Panax quinquefolium* L. stems and leaves [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2016, 18 (9): 1224-1229. (in Chinese)
- [3] 杨春. 中草药饲料添加剂在畜禽机体的作用机理 [J]. 中兽医学杂志, 2022 (12): 100-102.
YANG C. Mechanism of Chinese herbal medicine feed additives in livestock and poultry [J]. *Chinese Journal of Traditional Veterinary Science*, 2022 (12): 100-102. (in Chinese)
- [4] 刘敏. 中草药饲料添加剂在畜禽养殖中的应用及发展前景 [J]. 中国动物保健, 2022, 24 (6): 83-84.
LIU M. Application and development prospect of Chinese herbal medicine feed additives in livestock and poultry breeding [J]. *China Animal Health*, 2022, 24 (6): 83-84. (in Chinese)
- [5] 李巧云. 中草药饲料添加剂的主要功能及常用种类 [J]. 新农村, 2018 (4): 31-32.
LI Q Y. Main functions and common types of Chinese herbal medicine feed additives [J]. *New Countryside*, 2018 (4): 31-32. (in Chinese)
- [6] 王永茹, 范蓓, 孙晶, 等. 中草药饲料添加剂对动物品质影响的研究进展 [J]. 中国饲料, 2022 (16): 45-49.
WANG Y R, FAN B, SUN J, et al. Research progress of Chinese herbal medicine additive feed on the quality of animals [J]. *China Feed*, 2022 (16): 45-49. (in Chinese)
- [7] JACHIMOWICZ K, WINIARSKA-MIECZAN A, TOMASZEWSKA E. The impact of herbal additives for poultry feed on the fatty acid profile of meat [J]. *Animals*, 2022, 12 (9): 1054.
- [8] SAINI R, CHHIKARA S K, SUBHASISH S, et al. Effect of herbal *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*) as feed additive on body weight and biochemical parameters in tropical buffalo calves [J]. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 2022, 39 (1): 23-29.
- [9] 逢世峰, 李亚丽, 许世泉, 等. 西洋参不同部位人参皂苷类成分研究 [J]. 中国林副特产, 2015 (2): 1-3, 9.
PANG S F, LI Y L, XU S Q, et al. Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax quinque folius* [J]. *Forest by-Product and Speciality in China*, 2015 (2): 1-3, 9. (in Chinese)
- [10] 徐丽华, 王新茗, 于金倩, 等. 西洋参茎叶的化学成分和药理作用研究进展 [J]. 食品与药品, 2021, 23 (3): 278-284.
XU L H, WANG X M, YU J Q, et al. Advances in chemical constituents and pharmacological effects of stems and leaves of *Panax quinquefolium* [J]. *Food and Drug*, 2021, 23 (3): 278-284. (in Chinese)
- [11] 冯坤苗, 孟洪涛, 张强, 等. 西洋参茎叶中多糖提取优化及其抗病毒活性研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2017, 19 (4): 52-55.
FENG K M, MENG H T, ZHANG Q, et al. Optimization of extraction of polysaccharide from *Panax quinquefolius* stems and leaves and its antiviral activity [J]. *Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine*, 2017, 19 (4): 52-55. (in Chinese)
- [12] 王庆. 鹌鹑GH、GHR基因多态性与生产性能相关性研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.
WANG Q. Study on relationships between GH、GHR gene polymorphism and performance in quail[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- [13] 李鹏升, 张申林, 韩金恒, 等. 中草药复合添加剂对高龄蛋鸡血清生化指标、抗氧化能力及蛋黄营养成分的影响 [J]. 中国家禽, 2022, 44 (9): 61-65.
LI P S, ZHANG S L, HAN J H, et al. Effects of Chinese herbal medicine compound additives on serum biochemical indexes, antioxidant capacity and yolk nutrients in aged laying hens [J]. *China Poultry*, 2022, 44 (9): 61-65. (in Chinese)
- [14] 刘砚涵, 宫晓玮, 李复煌, 等. 中草药饲料添加剂对北京鸭生长性能、免疫指标及肉品质的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2020, 25 (2): 77-84.
LIU Y H, GONG X W, LI F H, et al. Effects of Chinese herbal medicine additives on the growth performance, blood immune indexes and meat quality of Pekin ducks [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25 (2): 77-84. (in Chinese)
- [15] 寇宇斐, 朱文斌, 李飞, 等. 饲料中添加不同比例全株桑枝叶对育肥湖羊生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化指标和瘤胃发酵参数的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33 (5): 2776-2785.
KOU Y F, ZHU W B, LI F, et al. Effects of diets with different proportions of whole mulberry on growth performance, nutrient apparent digestibility, serum antioxidant indexes and rumen fermentation parameters of fattening hu sheep [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33 (5): 2776-2785. (in Chinese)
- [16] 李俊峰, 刘千辉, 苏凤艳, 等. 人参茎叶对鹌鹑生长、免疫器官指数和血液生化指标的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45 (3): 31-36, 42.
LI J F, LIU Q H, SU F Y, et al. Effect of ginseng stem and leaf on growth performance, immune organ indices and blood biochemical

- indices of quail [J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2017, 45 (3) : 31–36,42. (in Chinese)
- [17] KARA K, ŞENTÜRK M, GUCLU B K, et al. Effect of catechins on fattening performance, meat quality, some antioxidant and blood parameters and fattening costs in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. *British Poultry Science*, 2016, 57 (4) : 522–530.
- [18] 吴俊, 吴萍萍, 许二学, 等. 中草药饲料添加剂对皖南草鸡生长性能、抗病能力和肉品质影响的研究 [J]. *饲料研究*, 2022, 45 (9) : 56–59.
- WU J, WU P P, XU E X, et al. Effect of Chinese herbal medicine feed additives on growth performance, disease resistance and meat quality of Wannan grass chickens [J]. *Feed Research*, 2022, 45 (9) : 56–59. (in Chinese)
- [19] 吕亚宁, 贺琛昕, 兰旅涛. 猪肌肉脂肪与肉品质的关系及其影响因素的研究进展 [J]. *中国畜牧兽医*, 2020, 47 (2) : 554–563.
- LYU Y N, HE C X, LAN L T. Research advances on the relationship between intramuscular fat and meat quality and influence factor of intramuscular fat in pigs [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2020, 47 (2) : 554–563. (in Chinese)
- [20] IWAMOTO E, OKA A, IWAKI F. Effects of the fattening period on the fatty acid composition of fat deposits and free amino acid and inosinic acid contents of the longissimus muscle in carcasses of Japanese Black steers [J]. *Animal Science Journal*, 2009, 80 (4) : 411–417.
- [21] 席斌, 李大伟, 郭天芬, 等. 不同品种鸡肌肉中氨基酸、脂肪酸及肌苷酸比较 [J]. *甘肃农业大学学报*, 2020, 55 (2) : 46–53.
- XI B, LI D W, GUO T F, et al. Comparative study on amino acid, fatty acid and IMP of chicken from different poultry species [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2020, 55 (2) : 46–53. (in Chinese)
- [22] 王小亚, 唐宏, 陈大海, 等. 高、低肌肉脂肪含量的贵州黄鸡的肉品质研究 [J]. *饲料研究*, 2022, 45 (15) : 102–105.
- WANG X Y, TANG H, CHEN D H, et al. Study on meat quality of Guizhou yellow chickens with high and low intramuscular fat content [J]. *Feed Research*, 2022, 45 (15) : 102–105. (in Chinese)
- [23] 周茜, 杨建乔, 董小涵, 等. 复方中草药对肉鸡生长性能、肌肉品质、免疫功能和肠道菌群的影响 [J]. *食品工业科技*, 2017, 38 (17) : 84–87,155.
- ZHOU Q, YANG J Q, DONG X H, et al. Effects of Chinese herbal formulation on the growth performance, meat quality, immune organ index and intestinal microbiota of broilers [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38 (17) : 84–87,155. (in Chinese)
- [24] 李辉. 日粮添加藤茶提取物对文昌鸡生长性能、肉品质及肠道发育的影响[D]. 海口: 海南大学, 2022.
- LI H. Effects of rattan tea extract on growth performance, meat quality and intestinal development of Wenchang chicken[D]. Haikou: Hainan University, 2022. (in Chinese)
- [25] 苏凤艳, 刘千辉, 刘畅, 等. 复方黄芪对鹌鹑生长性能、血液生化指标和免疫机能的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2017, 53 (4) : 103–107.
- SU F Y, LIU Q H, LIU C, et al. Effects of compound astragalus on growth performance, blood biochemical indexes and immune function of quail [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2017, 53 (4) : 103–107. (in Chinese)
- [26] 陈圆, 李红伟, 冯惠婷, 等. 3种植物添加剂对惠阳胡须鸡肌肉氨基酸、脂肪酸组成与含量的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45 (7) : 1833–1840.
- CHEN Y, LI H W, FENG H T, et al. Effect of three kinds of plant additives on the content and composition of amino acids and fatty acids in muscle of Huiyang bearded chicken [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2018, 45 (7) : 1833–1840. (in Chinese)

(责任编辑: 张梅)