

邓留坤, 赵振国. 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡生长性能、营养物质表观消化率和抗氧化功能的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (8): 7-12.

DENG L K, ZHAO Z G. Effects of oregano essential oil and probiotics on growth performance, nutrient apparent digestibility and antioxidant function of yellow-feathered broilers [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (8): 7-12.

牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡生长性能、营养物质表观消化率和抗氧化功能的影响

邓留坤¹, 赵振国²

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 咸阳 712100;

2. 杨凌海大饲料有限公司, 陕西 咸阳 712100)

摘要: 旨在研究牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡生长性能、营养物质表观消化率和抗氧化功能的影响。选取1日龄黄羽肉鸡420羽, 均分为7组, 每组6个重复, 每个重复10羽, 其中对照组饲喂基础饲粮, 6个试验组采取2×3双因素随机组合设计, 试验I、II、III组在饲喂添加50 mg/kg牛至精油基础饲粮中分别添加100、200、300 mg/kg益生菌, 试验IV、V、VI组在饲喂添加100 mg/kg牛至精油基础饲粮中分别添加100、200、300 mg/kg益生菌; 饲养试验56 d, 结束后于各重复中随机选取3羽黄羽肉鸡进行4 d的代谢试验。结果: 试验II、III组黄羽肉鸡试验期末重和平均日增重相比对照组显著提高 ($P<0.05$); 试验IV、V、VI组平均日采食量相比对照组显著降低 ($P<0.05$); 牛至精油对平均日增重和平均日采食量有显著影响 ($P<0.05$), 益生菌对末重、平均日增重和料重比有显著影响 ($P<0.05$), 牛至精油和益生菌对平均日增重存在交互作用 ($P<0.05$)。试验II、III、IV组黄羽肉鸡料重比相比对照组显著降低 ($P<0.05$); 试验II、III、IV组干物质表观消化率相比对照组显著提高 ($P<0.05$); 试验II、III、IV、V、VI组粗蛋白、粗灰分和总能的表观消化率相比对照组显著提高 ($P<0.05$); 试验II、III组粗脂肪表观消化率相比对照组显著提高 ($P<0.05$); 牛至精油对干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率有显著影响 ($P<0.05$), 益生菌对粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率有显著影响 ($P<0.05$), 牛至精油和益生菌对干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率存在交互作用 ($P<0.05$)。与对照组比较, 试验II、III、IV、V、VI组黄羽肉鸡血清中谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性显著提高 ($P<0.05$), 丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ($P<0.05$), 所有试验组黄羽肉鸡血清中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性显著提高 ($P<0.05$); 试验VI组黄羽肉鸡血清总抗氧化能力 (T-AOC) 水平相比对照组显著提高 ($P<0.05$); 牛至精油对血清中GSH-Px、SOD、T-AOC和MDA水平有显著影响 ($P<0.05$), 益生菌对血清中GSH-Px含量有显著影响 ($P<0.05$), 且与牛至精油存在交互作用 ($P<0.05$)。综上所述, 黄羽肉鸡饲料中联合添加牛至精油和益生菌能有效提高其生长性能, 促进营养物质消化吸收能力, 改善机体抗氧化功能; 牛至精油和益生菌的推荐添加剂量分别为50 mg/kg和200 mg/kg。

关键词: 牛至精油; 枯草芽孢杆菌; 乳酸杆菌; 黄羽肉鸡; 生长性能

中图分类号: S831 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)08-0007-06

Effects of oregano essential oil and probiotics on growth performance, nutrient apparent digestibility and antioxidant function of yellow-feathered broilers

DENG Liukun¹, ZHAO Zhenguo²

(1. Yangling Vocational and Technical College, Xianyang 712100, China;

2. Yangling Haida Feed Co., Ltd., Xianyang 712100, China)

Abstract: The aim of this experiment was to study the effects of oregano essential oil in combination with probiotics on growth performance, apparent digestibility of nutrients and antioxidant function of yellow-feathered broilers. Four hundred and twenty 1-day-old chicks were collected and equally distributed into 7 groups, with 6 replicates in each group and 10 chickens in each replicate. The control group of yellow-feathered broilers was fed with a basic diet, while the six experimental groups were subjected to a 2×3 two-factor randomized design, the test I, II, III groups were fed with basal diet supplemented with 50 mg/kg of oregano essential oil and 100, 200 and 300 mg/kg of probiotic bacteria, respectively, and the test IV, V, VI groups were fed with basal diet supplemented with 100 mg/kg of oregano essential oil and

收稿日期: 2024-11-29; 修回日期: 2025-05-30

基金项目: 陕西省科学技术厅2023年陕西省重点研发计划项目 (2023-YBNY-111)

第一作者: 邓留坤, 男, 硕士, 副教授, 主要从事动物营养与饲料科学的教学研究工作, E-mail: 384777884@qq.com。

100, 200 and 300 mg/kg probiotics, respectively. The feeding test lasted for 56 days. At the end of the test, three yellow-feathered broilers were randomly selected from each replicate for a 4-day metabolic examination. The results showed that the final weight and average daily gain of the yellow-feathered broilers in Groups II and III were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). The average daily feed intake in Groups IV, V and VI was considerably lower than that in the control group ($P < 0.05$). The feed to weight ratio of the yellow-feathered broilers in Groups II, III and IV was considerably lower than that in the control group ($P < 0.05$). It was understood that oregano essential oil had significant effects on average daily gain and average daily feed intake ($P < 0.05$) of the broilers, probiotics had significant effects on their final weight, average daily gain and feed to weight ratio ($P < 0.05$), and oregano essential oil and probiotics combined had interaction on their average daily gain ($P < 0.05$). The apparent digestibility of dry matter of the yellow-feathered broilers in Groups II, III and IV was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). The apparent digestibility of crude protein, crude ash and total energy of Groups II, III, IV, V and VI was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). The apparent digestibility of crude fat of Groups II and III was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). These data indicated that oregano essential oil had significant effects on the apparent digestibility of dry matter, on crude protein, crude fat, crude ash and total energy ($P < 0.05$) of the broilers. Probiotics had significant effects on their apparent digestibility of crude protein, crude fat, crude ash and total energy ($P < 0.05$); and oregano essential oil and probiotics combined had interactive effects on their apparent digestibility of dry matter, crude protein, crude fat, crude ash and total energy ($P < 0.05$). The GSH-Px in the serum of the yellow-feathered broilers in Groups II, III, IV, V and VI was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$), and the MDA in their serum was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). The activity of SOD in the serum of the yellow-feathered broilers in all the experimental groups was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$). The serum T-AOC of the yellow-feathered broilers in Group VI was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). These results suggested that oregano essential oil had a significant effect on the levels of GSH-Px, SOD, T-AOC and MDA in the serum of the broilers ($P < 0.05$), probiotics had a significant effect on the content of GSH-Px in their serum ($P < 0.05$), and probiotics had an interaction with oregano essential oil ($P < 0.05$). In conclusion, the combined addition of oregano essential oil and probiotics to the diets of yellow-feathered broilers effectively improved the growth performance, the digestion and absorption capacity of nutrients, and the antioxidant function of the organism in yellow-feathered broilers. The recommended dosages of oregano essential oil and probiotics were 50 mg/kg and 200 mg/kg, respectively.

Keywords: oregano essential oil; *Bacillus subtilis*; *Lactobacillus*; yellow-feathered broilers; growth performance

饲料行业全面禁用抗生素后, 畜禽养殖的成本明显提高, 绿色高效饲料添加剂的开发应用是养殖产业亟需解决的问题。大量研究表明, 益生菌、益生元、植物提取物等作为畜禽养殖中抗生素的替代品具有极大的开发价值^[1]。枯草芽胞杆菌是畜禽养殖中常见的益生菌种类, 其作为一种好氧微生物, 可以有效消耗畜禽肠道中大量的氧气, 营造出有助于益生菌的肠道内环境, 改善畜禽肠道健康状况^[2]。秦士贞等^[3]研究表明, 在肉仔鸡饲料中添加枯草芽胞杆菌可以改善其肠道组织形态和功能, 进而提高肉仔鸡的生产性能。研究表明, 乳酸杆菌对畜禽生产性能有积极的作用^[4]。实际畜禽生产中, 单一益生菌的添加应用往往难以达到理想的效果, 这与菌种活性、添加剂量、动物种类等方面有关^[5]。牛至精油是一种具有良好抑菌活性的植物提取物, 其中主要包含百里香酚和香芹酚, 研究发现其在畜禽生产中对于肠道健康和生长性能有改善作用^[6]。将牛至精油和益生菌联合使用可以发挥两者的优点, 补足单一添加时效果不佳的弊端。本研究通过在黄羽肉鸡饲料中联合添加不同梯度的牛至精油和益生菌, 探索其对黄羽肉鸡生长性能、营养物质表观消化率和抗氧化功能的影响, 为牛至精油和益生菌在黄羽肉鸡养殖中的配伍方式及科

学剂量提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

牛至精油购于济南天天香生物有限公司, 其中主要成分包括香芹酚 (65%) 和百里香酚 (2.5%), 有效含量为 3.5%。益生菌购于内蒙古科拓生物科技有限公司, 为乳酸杆菌和枯草芽胞杆菌的复合益生菌, 比例为 1:2, 2 种益生菌的有效活菌数均 $\geq 2 \times 10^8$ CFU/g。

1.2 试验设计

本研究中试验动物黄羽肉鸡 (三黄鸡) 购于杨凌智慧农业示范园生态农场。选取 1 日龄体况相近、健康的黄羽肉鸡雏鸡 420 羽, 均分为 7 组, 每组 6 个重复, 每个重复 10 羽。对照组黄羽肉鸡饲喂基础饲料, 6 个试验组采取 2×3 双因素随机组合设计, 试验 I、II、III 组饲喂添加了 50 mg/kg 牛至精油的基础饲料并分别添加 100、200、300 mg/kg 益生菌, 试验 IV、V、VI 组饲喂添加了 100 mg/kg 牛至精油的基础饲料并分别添加 100、200、300 mg/kg 益生菌, 分组明细见表 1。基础饲料配方参考地方品种三黄鸡营养需求标准设计, 饲料配方及营养水平见表 2。所有试

验鸡在试验期自由采食、饮水。饲养试验 56 d, 结束后于各组试验重复中随机选取 3 羽黄羽肉鸡进行 4 d 的代谢试验。

表 1 试验设计及分组 mg/kg

项目	对照组	试验组					
		I	II	III	IV	V	VI
牛至精油	0	50	50	50	100	100	100
益生菌	0	100	200	300	100	200	300

表 2 基础饲料配方及营养水平 (风干基础)

项目	日龄/d	
	1~28	29~56
玉米	59.00	65.37
豆粕	26.50	20.50
棉籽粕	4.30	6.00
玉米蛋白粉	4.00	2.30
豆油	2.30	2.30
石粉	1.50	1.50
食盐	0.50	0.50
L-赖氨酸盐	0.45	0.30
蛋氨酸	0.35	0.15
L-苏氨酸	0.10	0.08
预混料 ¹⁾	1.00	1.00
代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	11.91	12.20
粗蛋白/%	17.74	16.89
赖氨酸/%	0.89	0.85
蛋氨酸/%	0.30	0.26
钙/%	1.11	1.21
总磷/%	0.59	0.58

注: ¹⁾ 预混料可为每千克饲料提供: 维生素 A 6 900 IU, 维生素 D₃ 280 IU, 维生素 E 38 mg, 维生素 K₃ 0.35 mg, 维生素 B₁ 1.80 mg, 维生素 B₂ 22 mg, 维生素 B₆ 3.5 mg, 烟酸 50 mg, 泛酸 8 mg, 叶酸 2 mg, 铜 25.00 mg, 铁 45.00 mg, 锰 45.00 mg, 锌 45.00 mg, 碘 0.80 mg, 硒 0.20 mg; ²⁾ 粗蛋白、钙和总磷营养水平为实测值, 其余营养水平为计算值。

1.3 饲养管理及样品采集

试验鸡采取开放式单层笼养, 每笼 10 羽黄羽肉鸡。饲养管理和环境温度控制参考 NY/T 18771—2010《黄羽肉鸡饲养管理技术规程》进行, 定期对栏舍内进行清洁和消毒。在试验结束时, 于各组的试验重复中随机选取 1 羽黄羽肉鸡通过翅下静脉收集血液 5 mL, 将采血管倾斜静置 30 min 后, 3 000 r/min 离心 15 min, 分离血清分装于 1.5 mL 离心管, 随后放入 -20 ℃ 冰箱保存待测。在代谢试验开始前将笼下

粪盘清理干净并垫上油纸, 随后每天 18:00 收集油纸上的鲜粪 50 g 左右, 添加 5 mL 浓度为 10% 的稀盐酸用于固氮, 置于 -20 ℃ 冰箱保存, 将 4 d 收集的粪便按各重复进行混合, 65 ℃ 烘干粉碎后密封保存待测。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 黄羽肉鸡生长性能

在饲养试验开始时和结束当天按各组重复对黄羽肉鸡进行称重, 每天按各组重复对黄羽肉鸡的饲料余料量进行称量, 计算黄羽肉鸡的平均日增重、平均日采食量及料重比。

1.4.2 饲料及粪便中营养成分

干物质 (DM) 含量测定参考国家标准 GB/T 6435—2014, 粗蛋白含量测定参考国家标准 GB/T 6432—2018, 粗脂肪含量测定参考国家标准 GB/T 6433—2006, 粗纤维含量测定参考国家标准 GB/T 6434—2022, 粗灰分含量测定参考国家标准 GB/T 6438—2007, 总能测定参考氧弹量热法, 酸不溶灰分含量测定参考国家标准 GB/T 23742—2009。

1.4.3 黄羽肉鸡营养物质表观消化率

营养物质表观消化率通过饲料和黄羽肉鸡粪便中的酸不溶灰分作为内源指示剂测定, 计算公式如下:

$$X\% = \left(1 - \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}\right) \times 100,$$

式中 X 为某营养物质消化率, A 为饲料中酸不溶灰分含量, B 为粪便中酸不溶灰分含量, C 为粪便中某营养物质含量, D 为饲料中某营养物质含量。

1.4.4 黄羽肉鸡血清抗氧化指标

使用南京建成试剂盒测定黄羽肉鸡血清中谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px)、超氧化物歧化酶 (SOD)、总抗氧化能力 (T-AOC)、丙二醛 (MDA) 水平, 试剂盒货号分别为 A005-1-2、A001-3-2、A015-2-1、A003-1-2。

1.5 数据统计与分析

通过 SPSS 22.0 箱形图对数据进行初步处理, 随后将各试验组数据进行方差分析, 对于出现显著差异的试验数据则通过 Duncan 氏法进行多重比较。6 个试验组进行双因素方差分析, 当 $P < 0.05$ 则认为组间差异显著。试验结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 牛至精油联合益生菌应用对黄羽肉鸡生长性能的影响

由表 3 可知, 与对照组相比, 试验 II、III 组黄羽肉鸡试验期末重和平均日增重显著提高 ($P < 0.05$); 试验 IV、V 和 VI 组黄羽肉鸡平均日采食量相对对照组

显著降低 ($P < 0.05$)；试验 II、III 和 IV 组黄羽肉鸡料重比相比对照组显著降低 ($P < 0.05$)。试验 II 和 III 组黄羽肉鸡各项生长性能指标无显著差异 ($P > 0.05$)。由双因素方差分析可知，牛至精油对黄羽肉鸡平均日

增重和平均日采食量有显著影响 ($P < 0.05$)，益生菌对黄羽肉鸡末重、平均日增重和料重比有显著影响 ($P < 0.05$)，牛至精油和益生菌对黄羽肉鸡平均日增重存在交互作用 ($P < 0.05$)。

表 3 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡生长性能的影响

指标	对照组	试验组						P 值			
		I	II	III	IV	V	VI	牛至精油	益生菌	牛至精油× 益生菌	组间
初始重/g	50.32±	50.31±	50.30±	50.32±	50.29±	50.30±	50.32±	0.855	0.337	0.181	0.463
	0.37	0.38	0.28	0.27	0.30	0.37	0.35				
末重/kg	1.86±	1.94±	2.07±	2.07±	1.92±	1.88±	1.90±	0.725	0.011	0.360	0.017
	0.04 ^b	0.03 ^{ab}	0.03 ^a	0.04 ^a	0.03 ^{ab}	0.03 ^b	0.04 ^{ab}				
平均日增重/g	32.39±	33.80±	36.14±	36.08±	33.44±	32.71±	33.06±	0.019	0.023	0.024	0.022
	1.88 ^b	1.94 ^b	1.80 ^a	2.04 ^a	1.95 ^b	1.88 ^b	2.12 ^b				
平均日采食量/g	79.35±	81.11±	80.97±	81.17±	75.90±	76.54±	76.71±	0.031	0.872	0.249	0.031
	2.54 ^a	3.21 ^a	3.70 ^a	3.13 ^a	4.24 ^b	3.72 ^b	3.09 ^b				
料重比	2.45±	2.40±	2.24±	2.25±	2.27±	2.34±	2.32±	0.594	0.023	0.187	0.033
	0.15 ^a	0.17 ^a	0.12 ^b	0.17 ^b	0.20 ^b	0.23 ^{ab}	0.22 ^{ab}				

注：同行组间数据肩标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡营养物质表观消化率的影响

由表 4 可知，试验 II、III 和 IV 组黄羽肉鸡干物质表观消化率相比对照组显著提高 ($P < 0.05$)；试验 II、III、IV、V 和 VI 组黄羽肉鸡粗蛋白、粗灰分和总能的表观消化率相比对照组显著提高 ($P < 0.05$)；与对照组比较，试验 II、III 组黄羽肉鸡粗脂肪表观消化率显著提高 ($P < 0.05$)；各试验组黄羽肉鸡粗纤维表

观消化率与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。由双因素方差分析可知，牛至精油对干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率有显著影响 ($P < 0.05$)，益生菌对粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率有显著影响 ($P < 0.05$)，牛至精油和益生菌对干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率存在交互作用 ($P < 0.05$)。

表 4 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡营养物质表观消化率的影响

%

指标	对照组	试验组						P 值			
		I	II	III	IV	V	VI	牛至精油	益生菌	牛至精油× 益生菌	组间
干物质	88.67±	89.88±	92.44±	92.56±	92.40±	89.30±	89.32±	0.014	0.457	0.023	0.002
	1.28 ^b	1.55 ^b	1.62 ^a	2.07 ^a	1.75 ^a	1.67 ^b	2.10 ^b				
粗蛋白	48.15±	50.53±	57.70±	57.99±	57.64±	55.32±	56.10±	0.003	0.001	0.001	0.004
	9.63 ^b	10.28 ^b	7.99 ^a	9.56 ^a	10.35 ^a	8.88 ^a	10.70 ^a				
粗脂肪	60.39±	61.08±	65.79±	65.82±	61.27±	61.90±	60.88±	0.002	0.018	0.029	0.013
	7.35 ^b	8.57 ^b	7.60 ^a	8.96 ^a	8.33 ^b	7.50 ^b	9.72 ^b				
粗纤维	75.88±	76.01±	78.34±	78.37±	77.55±	76.50±	77.39±	0.327	0.146	0.366	0.171
	5.50	6.33	5.67	6.42	5.20	6.70	6.88				
粗灰分	67.89±	70.37±	80.44±	81.15±	80.32±	81.22±	81.23±	0.025	0.011	0.015	0.023
	10.23 ^b	11.17 ^{ab}	10.09 ^a	9.98 ^a	10.83 ^a	11.24 ^a	10.35 ^a				
总能	77.60±	78.36±	86.93±	87.08±	87.10±	86.32±	86.01±	0.036	0.001	0.020	0.007
	6.27 ^b	5.74 ^b	4.35 ^a	4.10 ^a	5.19 ^a	6.54 ^a	5.01 ^a				

2.3 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡血清抗氧化指标的影响

由表5可知,与对照组相比,试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组黄羽肉鸡血清中GSH-Px活性显著提高($P<0.05$),黄羽肉鸡血清中MDA含量显著降低($P<0.05$);所有试验组黄羽肉鸡血清中SOD活性显

著提高($P<0.05$);试验Ⅵ组黄羽肉鸡血清T-AOC水平相比对照组显著提高($P<0.05$)。由双因素方差分析可知,牛至精油对黄羽肉鸡血清中GSH-Px、SOD、T-AOC和MDA水平有显著影响($P<0.05$);益生菌对黄羽肉鸡血清中GSH-Px含量有显著影响($P<0.05$),且与牛至精油存在交互作用($P<0.05$)。

表5 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡血清抗氧化指标水平的影响

项目	对照组	试验组						P值			
		I	II	III	IV	V	VI	牛至精油	益生菌	牛至精油× 益生菌	组间
GSH-Px/ (U·L ⁻¹)	233.36± 15.36 ^c	240.99± 13.66 ^c	255.76± 14.53 ^b	255.60± 17.60 ^b	263.53± 15.37 ^a	266.27± 16.70 ^a	265.73± 13.96 ^a	0.001	0.002	0.001	0.007
SOD/ (U·mL ⁻¹)	70.21± 5.61 ^c	77.59± 6.37 ^b	80.21± 6.55 ^b	80.17± 5.98 ^b	90.44± 7.50 ^a	91.68± 6.18 ^a	91.53± 6.27 ^a	0.002	0.159	0.250	0.005
T-AOC/ (U·L ⁻¹)	3.17± 0.21 ^b	3.59± 0.30 ^b	3.66± 0.24 ^b	3.61± 0.27 ^b	4.53± 0.33 ^{ab}	4.50± 0.35 ^{ab}	4.99± 0.29 ^a	0.007	0.354	0.441	0.015
MDA/ (nmol·mL ⁻¹)	8.55± 0.15 ^a	8.40± 0.11 ^a	7.33± 0.14 ^b	7.31± 0.10 ^b	6.09± 0.21 ^c	6.15± 0.19 ^c	5.98± 0.22 ^c	0.002	0.102	0.093	0.001

3 讨论

3.1 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡生长性能的影响

牛至精油在以往的畜禽生产研究中主要表现为具有良好的杀菌功效,且对于家禽养殖中的球虫疾病有良好的防治效果。Ruan等^[7]通过在地方麻鸡饲料中添加150 mg/kg牛至精油后发现,试验组麻鸡生长性能提高。Lee等^[8]在肉鸡饲料中应用60~120 mg/kg的牛至精油后,有效缓解了肉鸡由于球虫感染导致的采食量下降和生产性能降低。芽胞杆菌类益生菌在畜禽生产中的应用非常常见,主要是由于其具有良好的抗逆性和稳定性,研究表明枯草芽胞杆菌在家禽、仔猪、肉兔等多种畜禽饲料中添加均有良好的促生长效果^[9]。王依璐^[10]在肉仔鸡饲料中添加乳酸菌后,发现其盲肠微生物菌群多样性得到提高,且肉鸡的肠道健康状况获得改善,提高了肉鸡的生产性能。本研究结果表明,在黄羽肉鸡饲料中添加50 mg/kg牛至精油联合200 mg/kg或300 mg/kg可以有效提高其生长性能,且双因素方差分析结果表明牛至精油和益生菌对其平均日增重有交互作用,说明牛至精油和益生菌联用在适宜的剂量下对于黄羽肉鸡生长发育有积极的作用。本研究中发现,100 mg/kg牛至精油添加量将导致黄羽肉鸡平均日采食量出现一定程度的下降,进而阻碍了其生长性能的发挥,这可能与植物精油类物质的特殊香味有关,具体原因有待进一步研究。

3.2 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡营养物质表观消化率的影响

牛至精油通过抑制有害微生物,对于畜禽肠道内环境有良好的改善效果,且对肠道屏障有保护作用,从而提高对营养物质的消化吸收能力^[11]。李宗杰^[12]通过在AA肉鸡饲料中添加牛至精油后,发现其消化吸收功能得到改善,试验组饲料转化率相比对照组提高了7.06%。枯草芽胞杆菌是饲用益生菌中最常见的种类之一,研究表明其在动物消化道中可以分泌蛋白酶、脂肪酶等多种消化酶,辅助动物消化吸收功能^[13]。蒋一秀等^[14]在如皋黄鸡饲料中应用枯草芽胞杆菌后发现,试验组如皋黄鸡氮和磷的表观消化率均明显提高。乳酸菌在动物肠道中对于维持内环境平衡有关键作用,同时具备分泌有机酸、消化酶、乳酸菌素等特殊功能^[15]。本研究结果表明,在黄羽肉鸡饲料中适量联合添加牛至精油、枯草芽胞杆菌和乳酸杆菌,综合了3种饲料添加剂的优势特点,有效提高了饲料中粗蛋白、粗脂肪、干物质、粗灰分以及总能的表观消化率,与前人研究结果相符,其中以添加50 mg/kg牛至精油联合200 mg/kg或300 mg/kg效果最佳。在干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和总能的表观消化率上,牛至精油和益生菌存在交互作用,说明牛至精油和益生菌对黄羽肉鸡胃肠道消化能力有协同作用。

3.3 牛至精油与益生菌联用对黄羽肉鸡血清抗氧化指标的影响

集约化养殖中畜禽机体抗氧化功能对其生长性能的发挥和机体健康有关键作用。牛至精油中含有丰富的多酚类化合物,可以有效改善机体内抗氧化酶活性水平,提高自由基清除能力。Zhang 等^[16]在肉鸡养殖试验中应用牛至精油后发现,肉鸡血清中 GSH-Px 和 SOD 活性有明显提高,且降低了血清中脂质过氧化物 MDA 的含量。杨敏敏等^[17]研究表明,在肉仔鸡脂多糖应激模型试验中应用枯草芽孢杆菌后,肉仔鸡血清中 T-AOC 水平提高,且有效降低了血清中 MDA 含量。张彩凤等^[18]在肉仔鸡饲料中添加乳酸杆菌的复合制剂后,试验组肉仔鸡血清中 SOD 和 GSH-Px 活性水平提高,且血清中 MDA 含量降低。丁立人等^[19]在饲料中添加合生元可提高蛋鸡血清和肝脏 T-AOC、SOD 水平。本研究通过在黄羽肉鸡饲料中联合添加牛至精油、枯草芽孢杆菌和乳酸杆菌后,黄羽肉鸡血清中抗氧化酶活性水平均显著提高,且血清中 MDA 的含量显著降低,有效综合了多种饲料添加剂的优势效果,与前人研究结果相符。

4 结论

黄羽肉鸡饲料中联合应用牛至精油和益生菌具有良好的协同作用,能有效提高其生长性能,促进营养物质消化吸收能力,改善机体抗氧化功能。综合考虑,牛至精油和益生菌的推荐添加剂量分别为 50 mg/kg 和 200 mg/kg。

参考文献:

- [1] GADDE U, KIM W H, OH S T, et al. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review [J]. *Animal Health Research Reviews*, 2017, 18 (1): 26-45.
- [2] LI X, WU S, LI X, et al. Simultaneous supplementation of *Bacillus subtilis* and antibiotic growth promoters by stages improved intestinal function of pullets by altering gut microbiota [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2018, 9: 2328.
- [3] 秦士贞, 杨敏敏, 任志雄, 等. 枯草芽孢杆菌对脂多糖应激肉仔鸡肠道免疫、肠道组织形态以及肠道屏障的影响 [J]. *畜牧兽医学报*, 2023, 54 (11): 4676-4690.
- [4] 韦淑华. 乳酸菌对生猪生产性能的影响 [J]. *中国畜牧业*, 2023 (10): 75-76.
- [5] 刘娜, 王晓娜, 段鹏, 等. 复合益生菌在生猪养殖中的应用现状 [J]. *粮食与饲料工业*, 2024 (3): 52-55.
- [6] EL BABILI F, BOUJILIA J, SOUCHARD J P, et al. Oregano: chemical analysis and evaluation of its antimalarial, antioxidant, and cytotoxic activities [J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76 (3): C512-C518.
- [7] RUAN D, FAN Q, FOUAD A M, et al. Effects of dietary oregano essential oil supplementation on growth performance, intestinal antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in yellow-feathered chickens [J]. *Journal of Animal Science*, 2021, 99 (2): skab033.
- [8] LEE J W, KIM D H, KIM Y B, et al. Dietary encapsulated essential oils improve production performance of coccidiosis - vaccine - challenged broiler chickens [J]. *Animals (Basel)*, 2020, 10 (3): 481.
- [9] 潘晨曦, 潘辰冲, 刘洁, 等. 牛至香酚和枯草芽孢杆菌对育成期乌苏里猪生长性能、营养物质消化代谢和抗氧化能力的影响 [J]. *动物营养学报*, 2024, 36 (6): 3931-3941.
- [10] 王伊璐. 乳酸菌的筛选及其对肉仔鸡生长性能、免疫功能和肠道健康的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2024.
- [11] 柏妍, 郎侠, 王彩莲, 等. 饲料中添加牛至精油和莫能菌素对荷斯坦犊牛血清生化指标、消化酶活性及瘤胃微生物区系的影响 [J]. *畜牧兽医学报*, 2019, 50 (12): 2458-2469.
- [12] 李宗杰. 牛至精油在肉鸡生产上的应用研究 [J]. *中国畜牧兽医文摘*, 2017, 33 (12): 224.
- [13] AKHTAR N, CAI H Y, KIARIE E G, et al. A novel *Bacillus* sp. with rapid growth property and high enzyme activity that allows efficient fermentation of soybean meal for improving digestibility in growing pigs [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2022, 133 (1): 3-17.
- [14] 蒋一秀, 李尚民, 范建华, 等. 枯草芽孢杆菌对如皋黄鸡生产性能、蛋品质和血液生化指标的影响 [J]. *中国农学通报*, 2018, 34 (32): 139-143.
- [15] 覃超. 产酶乳酸菌的筛选及乳酸发酵对百香果皮多酚及功能活性的影响 [D]. 南宁: 广西大学, 2022.
- [16] ZHANG L Y, PENG Q Y, LIU Y R, et al. Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers [J]. *Poultry Science*, 2021, 100 (7): 101163.
- [17] 杨敏敏, 车育彦, 王睿, 等. 枯草芽孢杆菌对脂多糖应激肉仔鸡生长性能、免疫性能和血清抗氧化性能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (4): 2347-2360.
- [18] 张彩凤, 齐广海, 王晓翠, 等. 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标、抗氧化能力和免疫功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (5): 1893-1901.
- [19] 丁立人, 杨一丁, 邵云, 等. 合生元对蛋鸡生产性能、抗氧化能力、肠道功能和蛋品质的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2023, 46 (6): 1161-1168.