

王淋敬, 任迎春, 孙超, 等. 菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (9): 13-21.
WANG L J, REN Y C, SUN C, et al. Effects of inulin and potassium dicarboxylate on growth performance, slaughtering performance, organ index and meat quality of broilers [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (9): 13-21.

菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响

王淋敬^{1,2}, 任迎春², 孙超¹, 原雪峰¹, 张建斌², 蒲蕾²,
洪亮², 秦顺义², 李留安², 杨华^{2*}, 奴尔古扎力·艾热提^{3*}

(1. 天津现代天骄农业科技有限公司, 天津市绿色生态饲料重点实验室, 天津 301800;

2. 天津农学院动物科学与动物医学学院, 天津 300384;

3. 新疆和田职业技术学院, 新疆 和田 848000)

摘要: 旨在研究饲料添加菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响, 分析单独或混合添加菊粉与二甲酸钾在肉鸡生产中的应用效果。选取 240 只 1 日龄罗斯 308 肉仔鸡, 随机分为 5 组, 每组有 6 个重复, 每个重复 8 只。对照组饲喂基础饲料, T1 组饲喂基础饲料+1.0%菊粉, T2 组饲喂基础饲料+0.45%二甲酸钾, T3 组饲喂基础饲料+0.225%二甲酸钾+0.5%菊粉, T4 组饲喂基础饲料+0.45%二甲酸钾+1.0%菊粉, 试验期为 42 d, 试验结束后屠宰取样用于相关指标的测定并对其交互作用进行分析。结果: 与对照组相比, 1~21 日龄 T3 组、T4 组平均日增重、平均日采食量显著增加 ($P<0.05$); 22~42 日龄 T1 组、T3 组、T4 组初重显著增加 ($P<0.05$), 4 个试验组平均日采食量显著降低 ($P<0.05$), T3 组饲料转化率显著降低 ($P<0.05$); 1~42 日龄 4 个试验组平均日采食量显著降低 ($P<0.05$), T1 组和 T3 组饲料转化率显著降低 ($P<0.05$)。与对照组相比, T1、T2 组半净膛率显著增加 ($P<0.05$), T1 组全净膛率显著增加 ($P<0.05$), T3 组的肉鸡屠宰率、全净膛率、半净膛率和腿肌率均显著提高 ($P<0.05$)。与对照组相比, T2、T3 组显著提高了小肠相对长度 ($P<0.05$), T1 组显著提高了空肠和回肠相对长度 ($P<0.05$)。与对照组相比, T1、T2、T4 组蒸煮损失显著升高 ($P<0.05$), T1、T3、T4 组胸肌 pH_{24h} 值显著升高 ($P<0.05$), T1、T4 组胸肌滴水损失显著增加 ($P<0.05$), T1、T4 组胸肌亮度 (L^*) 值和黄度 (b^*) 值显著增加 ($P<0.05$), 4 个试验组胸肌红度 (a^*) 值显著增加 ($P<0.05$), T3 组腿肌蒸煮损失显著下降 ($P<0.05$)。与对照组相比, T3、T4 组腿肌 pH_{24h} 值显著升高 ($P<0.05$), T1、T2 组 pH_{24h} 值显著降低 ($P<0.05$), T1 组腿肌 a^* 值显著增加 ($P<0.05$), T2、T3、T4 组腿肌 b^* 值显著增加 ($P<0.05$), T1 组腿肌 L^* 值显著升高 ($P<0.05$), 其他 3 个试验组均显著下降 ($P<0.05$)。综上, 饲料添加 0.5%菊粉+0.225%二甲酸钾可提高肉鸡生长性能和屠宰性能, 改善肉色, 效果优于单独添加。

关键词: 罗斯 308 肉鸡; 菊粉; 二甲酸钾; 生长性能; 屠宰性能; 器官指数; 肉品质

中图分类号: S815 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2025)09-0013-09

Effects of inulin and potassium dicarboxylate on growth performance, slaughtering performance, organ index and meat quality of broilers

WANG Linjing^{1,2}, REN Yingchun², SUN Chao¹, YUAN Xuefeng¹, ZHANG Jianbin², PU Lei²,
HONG Liang², QIN Shunyi², LI Liu'an², YANG Hua^{2*}, AYRAT Nurgvzal^{3*}

(1. Tianjin Key Laboratory of Green and Ecological Feed, Tianjin Modern Tianjiao Agricultural Science and Technology Company Limited, Tianjin 301800, China;

2. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China;

3. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Xinjiang Hetian Vocational and Technical College, Hetian 848000, China)

Abstract: The experiment aimed to investigate the effects of inulin and potassium diformate, separately and in combination, on slaughter performance, organ index and meat quality of broilers. 250 one-day-old Ross 308 broilers were obtained and randomly divided into five

收稿日期: 2024-09-05; 修回日期: 2025-07-19

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金青年科学基金项目 (2022D01B157); 天津市科技计划项目 (23YDTPJC00440); 天津市绿色生态饲料重点实验室开放基金项目 (TJ202304, TJ202305)

第一作者: 王淋敬, 女, 硕士研究生

* 通信作者: 杨华, 教授, 硕士生导师, 研究方向为畜禽健康养殖, E-mail: sxndyh111@163.com; 奴尔古扎力·艾热提, 本科, 助教, 研究方向为畜禽健康养殖, E-mail: nurgvzalgayrat@163.com。

groups of six replicates each, with eight birds in each replicate. The groups were as follows: the C group (fed with basal diet), the T1 group (with basal diet+1% inulin), the T2 group (with basal diet+0.45% potassium diformate), the T3 group (with basal diet+0.5% inulin+0.225% potassium diformate), and the T4 group (with basal diet + 1% inulin+0.45% potassium diformate). The test period was 42 d. The results of the experiment are as follows: Compared with the control group, the average daily weight gain and average daily feed intake of the T3 and T4 groups increased significantly ($P<0.05$) from 1 to 21 days of age. The initial weight of the T1, T3 and T4 groups increased significantly ($P<0.05$) from 22 to 42 days of age. The average daily feed intake of the four experimental groups decreased significantly ($P<0.05$), and the feed conversion rate of the T3 group decreased significantly ($P<0.05$). At 1–42 days of age, the average daily feed intake of the four experimental groups significantly decreased ($P<0.05$), and the feed conversion rate of the T1 and T3 groups significantly decreased ($P<0.05$). Compared with the C group, the slaughter rate was significantly higher in the T3 group, the eviscerated yield was significantly higher in the T1, T3, and T4 groups ($P<0.05$), and the T3 group had a significant increase in the thigh yield ($P<0.05$). Compared with the C group, the T2 and T3 groups significantly increased the relative length of the small intestine ($P<0.05$), and the T1 group significantly increased the relative length of the jejunum and ileum ($P<0.05$). Compared with the C group, the $\text{pH}_{24\text{h}}$ value was significantly increased in the T3 and T4 groups ($P<0.05$), and the redness value (a^*) and brightness value (L^*) were significantly increased in the T1 group ($P<0.05$). In conclusion, the mixed addition of 0.225% potassium diformate + 0.5% inulin to the basal diet of Ross 308 broilers evidently better improved the growth performance, slaughter performance, and intestinal development of broilers without negatively affecting meat quality.

Keywords: Ross 308 broiler; inulin; potassium diformate; growth performance; slaughter performance; organ index; meat quality

随着社会的发展以及人民生活水平的提高,畜产品的安全与品质受到极大关注^[1]。抗生素是对抗致病微生物的有力武器,在畜牧养殖中防治细菌感染和各种传染病方面都有重要意义,然而畜牧业中过度使用抗生素的弊端不断暴露^[2],我国自2020年7月1日起,开始全面禁止抗生素作为生长促进剂在畜禽饲料中添加^[3]。寻求绿色、安全的抗生素替代物成为研究的重点。目前在畜禽生产中广泛应用的抗生素替代品有益生元和酸化剂,菊粉是一种益生元,它无法被小肠中的消化酶吸收利用,而是被微生物当作发酵底物来进行分解利用,生成短链脂肪酸等代谢产物,它还可以对肠道菌群进行调整。二甲酸钾作为一种酸化剂,可降低肠道pH值,提高营养物质的消化吸收。刘彦等^[4]研究育肥猪饲料中添加1.0%菊粉能有效地降低脂肪组织中3-甲基吡啶的含量,改善猪肉风味;王中华等^[5]、陈星等^[6]研究发现在艾维茵肉鸡饲料中添加0.9%菊粉能够明显改善肉鸡的器官指数;Overland等^[7]、Ragaa等^[8]研究发现在育肥猪饲料中添加二甲酸钾能够减少胴体的脂肪含量,提高瘦肉比例,提高其屠宰率、腿肌率和胸肌率,从而提高猪肉品质;户陆女等^[9]发现在黄羽肉鸡饲料中添加0.6%二甲酸钾可明显降低胸肌和腿肌 $\text{pH}_{1\text{h}}$ 值,改善鸡肉系水力。由此可见菊粉或二甲酸钾能够很好地作为抗生素替代品在畜禽养殖中发挥作用,但目前对于菊粉和二甲酸钾之间的协同作用研究不足。因此,本试验以肉鸡为研究载体系统地研究了单独或混合添加菊粉和二甲酸钾两种抗生素替代产品对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响,为安全、

高效饲料添加剂的推广应用提供科学依据和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

从天津市静海区某养鸡场购买240只1日龄罗斯308肉仔鸡,随机分为5组,每组6个重复,每个重复8只。对照组(CON组)饲喂基础饲料, T1组饲喂基础饲料+1.0%菊粉, T2组饲喂基础饲料+0.45%二甲酸钾, T3组饲喂基础饲料+0.225%二甲酸钾+0.5%菊粉, T4组饲喂基础饲料+0.45%二甲酸钾+1.0%菊粉。试验所用菊粉纯度为92%,购于上海善优生物科技有限公司;二甲酸钾纯度为98%,购于天津金色牧歌生物科技有限公司。试验前期为1~21日龄,后期为22~42日龄。肉仔鸡采用4层笼养方式,自由采食,充足饮水,并按常规饲养管理规程及免疫程序进行饲养和免疫。试验饲料组成和营养水平见表1。该试验方案经过天津农学院实验动物伦理委员会审核,符合动物保护、动物福利和伦理原则,编号2022LLSC28。

1.2 样品采集

分别于试验开始每周一早晨8:00以重复为单位对鸡只进行空腹称重,并记录动物采食量。42日龄时,每组每个重复选取2只体重相近的健康肉鸡,进行称重,屠宰前肉鸡禁食12h,电击休克后,经颈静脉放血。剥离双侧胸肌、腿肌、腹脂并称量,将剥离下的胸肌和腿肌包装在自封袋中,将一部分肉样于4℃下保存,其余肉样储存在-80℃以作备用。

表1 试验饲粮组成及营养水平 (风干基础)

原料	含量/%		营养成分 ²⁾	1~3周	4~6周
	1~21日龄	22~42日龄			
玉米	53.61	54.82	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	12.52	12.76
豆粕	37.26	35.00	粗蛋白质/%	21.48	20.03
豆油	3.40	4.20	钙/%	0.87	0.94
磷酸氢钙	1.46	1.75	总磷/%	0.63	0.71
石粉	1.15	1.15	赖氨酸/%	1.37	1.08
食盐	0.25	0.23	蛋氨酸/%	0.61	0.46
DL-蛋氨酸	0.25	0.17			
赖氨酸	0.62	0.68			
预混料 ¹⁾	2.00	2.00			

注: ¹⁾ 预混料为每千克饲粮提供: VA 10 000 IU, VB₂ 5 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 1.4 mg, VD₃ 33 000 IU, VE 30 IU, VK₃ 2 mg, 生物素 0.3 mg, 泛酸 10 mg, 烟酸 35 mg, 氯化胆碱 900 mg, 铜 10 mg, 铁 80 mg, 锰 65 mg, 锌 60 mg, 碘 0.35 mg, 硒 0.30 mg。²⁾ 粗蛋白质、钙、总磷为实测值; 代谢能、赖氨酸、蛋氨酸为计算值。

1.3 生长性能的测定

分别于试验开始每周早晨 8:00 以重复为单位空腹称重, 并记录动物采食量。计算 1~21 日龄和 22~42 日龄平均日采食量、平均日增重和饲料转化率。计算公式如下:

平均日采食量 = (每周每重复饲粮饲喂量 - 余料量) / (每重复只数 × 试验天数);

平均日增重 = 每周每重复增重量 / (每重复只数 × 试验天数);

饲料转化率 = 平均日采食量 / 平均日增重。

1.4 屠宰性能和器官指数的测定

42 日龄时每组每个重复选取 2 只肉鸡称重后迅速屠宰, 剥离双侧胸肌、腿肌、腹脂并称重, 计算屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。同时, 取出肉鸡的心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、十二指肠、空肠及回肠, 进行称重, 并将各肠段拉直, 用软尺测量, 计算器官指数和肠道相对长度。计算公式如下:

器官指数 = 器官鲜重 / 活体重; 肠道相对长度 = 各肠道长度 / 活体重。

1.5 肉品质的测定

将剥离下的胸肌和腿肌包装在自封袋中, 随后将一部分肉样于 4℃ 下保存, 在 24 h 内进行 pH 值、肉色、贮藏损失、滴水损失及蒸煮损失的测定, 其余肉样储存在 -80℃ 以作备用分析。

使用 MultiScan 肉质分析仪 Serial No. 1522 (购自北京天翔飞域科技有限公司) 测定肌肉水分、蛋白质、脂肪含量。肌肉 pH 值由实验室 pH 计 ST3100 (购于奥豪斯仪器有限公司) 测定, 每个肌肉样本的

pH 值测定 3 次, 平均值作为最终测定值。顺着肌纤维方向把肉样修成长条状 2 cm × 3 cm × 5 cm, 计算肉样在 4℃ 贮藏 24 h 前后的质量损失与原肉样质量的百分比作为贮藏损失率, 计算公式如下:

贮藏损失率 = (贮藏前肉样重 - 贮藏后肉样重) / 贮藏前肉样重 × 100%。

取 5 g 修整好的肉样称重, 用铁丝钩住肉样一端悬挂于 4℃ 环境中, 保存 24 h, 取出肉样用洁净滤纸轻轻拭去肉样表层汁液后称重, 计算公式如下:

滴水损失率 = (挂前肉样重 - 挂后肉样重) / 挂前肉样重 × 100%。

称量 20 g 肉类样品, 将体温计插入肉类样品中央, 然后将样品装入自密封袋内, 拧紧袋口, 置于 80℃ 恒温水浴锅内。当样本的中心温度达到 70℃ 的时候, 将其取出冷却至室温, 吸去蒸煮后肉样表面的水分, 并进行称重, 蒸煮损失的计算公式如下:

蒸煮损失率 = (蒸煮前肉样重 - 蒸煮后肉样重) / 蒸煮前肉样重 × 100%。

使用 CR-410 型色差计 (购自柯尼卡美能达 (中国) 投资有限公司) 测量各处理组的肉色, 每个肉样取 3 个不同位置进行测定, 取其平均值, 结果以亮度 (L^*) 值、红度 (a^*) 值、黄度 (b^*) 值的形式记录。

1.6 数据统计与分析

试验数据通过 Excel 2019 进行整理后, 采用 SPSS 25.0 统计软件进行一般线性模型下单因素交互方差分析并进行 Duncan's 多重比较, 结果数据采用“平均值 ± 标准误”表示, 以 $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知, 与 CON 组相比, 1~21 日龄 T3 组、T4 组平均日增重、平均日采食量显著增加 ($P < 0.05$); 22~42 日龄 T1 组、T3 组、T4 组初重显著增加 ($P < 0.05$), 4 个试验组平均日采食量显著降低

($P < 0.05$), T3 组饲料转化率显著降低 ($P < 0.05$); 1~42 日龄 4 个试验组平均日采食量显著降低 ($P < 0.05$), T1 组和 T3 组饲料转化率显著降低 ($P < 0.05$)。菊粉和二甲酸钾之间的交互作用对 1~21 日龄的平均日采食量和饲料转化率、22~42 日龄及全期平均日采食量和饲料转化率有显著的影响 ($P < 0.05$)。

表 2 菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能的影响

项目	组别					P 值			
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾	
1~21 日龄	初重/g	35.43±0.91	35.47±0.34	35.29±0.59	35.66±0.70	35.82±0.26	0.652	0.862	0.698
	末重/g	441.31±3.75 ^b	478.37±2.00 ^a	445.90±4.03 ^b	483.69±4.02 ^a	485.13±3.14 ^a	<0.001	0.133	0.761
	平均日增重/g	19.33±0.20 ^b	21.09±0.10 ^a	19.55±0.16 ^b	21.33±0.17 ^a	21.40±0.14 ^a	<0.001	0.126	0.805
	平均日采食量/g	30.41±0.84 ^b	29.69±0.69 ^b	29.61±0.76 ^b	33.30±0.65 ^a	32.89±0.77 ^a	0.117	0.139	0.023
	饲料转化率	1.57±0.05	1.41±0.03	1.52±0.05	1.56±0.04	1.54±0.03	0.113	0.416	0.047
22~42 日龄	初重/g	441.31±3.75 ^b	478.37±2.00 ^a	445.90±4.03 ^b	483.69±4.02 ^a	485.13±3.14 ^a	<0.001	0.133	0.761
	末重/g	2 008.00±64.37	1 907.13±25.79	1 889.90±74.90	2 097.27±101.42	2 006.83±79.68	0.915	0.903	0.170
	平均日增重/g	74.60±2.90	68.04±1.14	68.76±3.46	76.84±4.76	72.46±3.71	0.683	0.840	0.163
	平均日采食量/g	146.68±0.72 ^a	120.06±4.96 ^c	121.76±1.47 ^{bc}	123.05±1.30 ^{bc}	131.90±4.30 ^b	0.032	0.076	<0.001
	饲料转化率	1.97±0.07 ^a	1.76±0.05 ^{ab}	1.78±0.11 ^{ab}	1.61±0.11 ^b	1.82±0.05 ^{ab}	0.26	0.373	0.100
1~42 日龄	初重/g	35.43±0.91	35.47±0.34	35.29±0.59	35.66±0.70	35.82±0.26	0.652	0.862	0.698
	末重/g	2 008.00±64.37	1 907.13±25.79	1 889.90±74.90	2 097.27±101.42	2 006.83±79.68	0.915	0.903	0.170
	平均日增重/g	46.97±1.53	44.56±0.61	44.16±1.78	49.09±2.40	46.93±1.89	0.918	0.901	0.169
	平均日采食量/g	88.55±0.36 ^a	74.87±2.48 ^c	75.68±0.74 ^c	78.20±0.86 ^{bc}	82.42±2.15 ^b	0.062	0.138	<0.001
	饲料转化率	1.89±0.06 ^a	1.68±0.04 ^b	1.72±0.08 ^{ab}	1.60±0.09 ^b	1.76±0.03 ^{ab}	0.142	0.426	0.044

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 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 菊粉和二甲酸钾对肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知, 与 CON 组相比, T1、T3 组的屠宰率显著增加 ($P < 0.05$), T1、T2、T3 组的半净膛率显著增加 ($P < 0.05$), T1、T3、T4 组的全净膛率显著增加 ($P < 0.05$), T3 组的胸肌率显著增加 ($P <$

0.05)。各试验组腿肌率、腹脂率与对照组之间差异不显著 ($P > 0.05$), 但 T3 组腿肌率显著高于其他 3 个试验组 ($P < 0.05$)。菊粉和二甲酸钾之间的交互作用对半净膛率有显著的影响 ($P < 0.05$)。

表 3 菊粉和二甲酸钾对肉鸡屠宰性能的影响

项目	组别					P 值		
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾
屠宰率/%	89.74±0.71 ^b	92.01±0.34 ^a	91.53±0.82 ^{ab}	93.25±0.60 ^a	91.31±0.51 ^{ab}	0.129	0.399	0.073
半净膛率/%	84.30±0.55 ^b	86.49±0.29 ^a	86.71±0.54 ^a	87.20±0.50 ^a	85.77±0.63 ^{ab}	0.256	0.133	0.013
全净膛率/%	73.07±0.23 ^b	77.18±0.73 ^a	73.09±0.42 ^b	76.42±0.53 ^a	75.50±0.62 ^a	0.000	0.153	0.143
胸肌率/%	29.24±0.54 ^b	30.34±0.73 ^{ab}	30.32±0.29 ^{ab}	32.09±0.36 ^a	30.86±0.51 ^{ab}	0.166	0.176	0.621
腿肌率/%	18.01±0.69 ^{ab}	17.47±0.26 ^b	17.42±0.27 ^b	19.28±0.40 ^a	17.70±0.35 ^b	0.763	0.689	0.355
腹脂率/%	1.23±0.09	1.05±0.08	1.09±0.13	1.05±0.09	0.96±0.11	0.150	0.270	0.835

2.3 菊粉和二甲酸钾对肉鸡器官指数的影响

脏、肾脏指数与对照组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

由表 4 可知, 各试验组心脏、肝脏、脾脏、肺

表 4 菊粉和二甲酸钾对肉鸡器官指数的影响

项目	组别					P 值		
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾
心脏指数	8.71±0.41	9.51±0.40	9.35±0.08	9.31±0.42	8.60±0.39	0.496	0.700	0.211
肝脏指数	30.16±0.94	30.42±1.11	31.77±1.10	31.00±1.01	30.45±0.69	0.603	0.427	0.441
脾脏指数	1.99±0.12	2.38±0.13	2.15±0.06	2.13±0.16	2.10±0.05	0.166	0.601	0.081
肺脏指数	4.76±0.38	4.81±0.03	4.81±0.17	5.07±0.24	4.29±0.22	0.357	0.337	0.256
肾脏指数	5.42±0.29	4.89±0.40	5.16±0.15	6.33±0.24	5.26±0.37	0.495	0.860	0.314

2.4 菊粉和二甲酸钾对肉鸡肠道相对长度的影响

由表 5 可知, 与 CON 组相比, T2、T3 组十二指肠相对长度显著增加 ($P<0.05$), T1、T4 组差异不显著 ($P>0.05$); 4 个试验组空肠相对长度显著增加 ($P<0.05$), 且 T1、T2、T3 组空肠相对长度显著高

于 T4 组 ($P<0.05$); T1、T2、T3 组回肠相对长度显著增加 ($P<0.05$), T4 组差异不显著 ($P>0.05$)。菊粉和二甲酸钾之间的交互作用对器官指数无显著的影响 ($P>0.05$), 对十二指肠、空肠、回肠相对长度有显著的影响 ($P<0.05$)。

表 5 菊粉和二甲酸钾对肉鸡肠道相对长度的影响

项目	组别					P 值		
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾
十二指肠/ ($\text{cm} \cdot \text{kg}^{-1}$)	16.49±0.43 ^b	17.08±0.43 ^b	20.41±0.45 ^a	19.65±0.41 ^a	17.54±0.44 ^b	0.081	0.004	0.014
空肠/ ($\text{cm} \cdot \text{kg}^{-1}$)	39.35±0.29 ^c	43.77±0.50 ^a	43.79±0.30 ^a	42.45±0.50 ^a	40.83±0.30 ^b	0.122	0.113	<0.001
回肠/ ($\text{cm} \cdot \text{kg}^{-1}$)	37.66±0.29 ^b	41.59±0.87 ^a	41.27±0.29 ^a	39.95±0.87 ^a	37.95±0.29 ^b	0.611	0.978	<0.001

2.5 菊粉和二甲酸钾对肉鸡肌肉品质的影响

由表 6 可知, 各组之间胸肌、腿肌的水分、脂肪、蛋白质含量差异均不显著 ($P>0.05$)。由表 7 可知, 各组之间胸肌和腿肌贮藏损失差异不显著 ($P>0.05$), T1、T2、T4 组蒸煮损失显著高于对照组 ($P<0.05$)。与 CON 组相比, 胸肌的 T1、T3、T4 组 pH_{24h} 值显著升高 ($P<0.05$), T1、T4 组滴水损失、L* 值和 b* 值显著增加 ($P<0.05$), 4 个试验组的 a* 值均显著增加 ($P<0.05$)。与 CON 组相比, 腿肌的各试验组滴水损失差异不显著 ($P>0.05$), T3 组的

蒸煮损失显著下降 ($P<0.05$), T3、T4 组 pH_{24h} 值显著增高 ($P<0.05$), 而 T1、T2 组 pH_{24h} 值显著降低 ($P<0.05$)。T1 组腿肌 a* 值显著增加 ($P<0.05$), T2、T3、T4 组腿肌 b* 值显著增加 ($P<0.05$)。T1 组腿肌 L* 值显著升高 ($P<0.05$), 其他 3 个试验组均显著下降 ($P<0.05$)。菊粉和二甲酸钾之间的交互作用对肌肉营养成分无显著影响 ($P>0.05$), 但对胸肌和腿肌 pH 值、蒸煮损失, 胸肌的红度值、黄度值有显著影响 ($P<0.05$)。

表 6 菊粉和二甲酸钾对肉鸡肌肉营养成分的影响

项目	组别					P 值		
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾
水分	71.27±0.26	71.2±0.44	70.3±0.46	70.00±0.58	70.17±0.33	0.820	0.042	0.940
胸肌	蛋白质	20.80±0.15	20.93±0.12	20.93±0.12	20.87±0.12	0.491	0.491	0.340
	脂肪	5.83±0.40	5.70±0.29	5.17±0.32	6.17±0.39	5.57±0.33	0.711	0.279

%

续表6

项目	组别					P 值			
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾	
水分	69.23±0.36	69.00±0.52	69.53±0.41	70.17±0.58	70.57±0.59	0.444	0.092	0.235	
腿肌	蛋白质	20.10±0.31	20.40±0.15	20.50±0.09	20.33±0.22	20.37±0.06	0.666	0.351	0.274
	脂肪	9.03±0.20	8.23±0.35	8.40±0.53	8.27±0.13	8.97±0.17	0.717	0.876	0.054

表7 菊粉和二甲酸钾对肉鸡肌肉品质的影响

项目	组别					P 值			
	CON	T1	T2	T3	T4	菊粉	二甲酸钾	菊粉×二甲酸钾	
胸肌	pH _{24h} 值	5.75±0.01 ^d	5.77±0.01 ^c	5.73±0.01 ^d	5.94±0.01 ^a	5.86±0.01 ^b	<0.001	0.001	<0.001
	贮藏损失/%	3.54±0.21	3.53±0.31	2.79±0.15	2.93±0.05	2.93±0.29	0.782	0.013	0.727
	滴水损失/%	2.22±0.37 ^c	4.67±0.21 ^a	2.52±0.24 ^{bc}	3.08±0.48 ^{bc}	3.47±0.09 ^b	<0.001	0.177	0.036
	蒸煮损失/%	19.68±0.61 ^c	25.44±0.74 ^a	26.61±0.57 ^a	21.29±0.36 ^{bc}	22.61±0.82 ^b	0.199	0.010	<0.001
	L* 值	37.65±0.17 ^b	38.70±0.17 ^a	37.35±0.18 ^b	37.62±0.08 ^b	38.62±0.26 ^a	0.000	0.322	0.551
	a* 值	1.69±0.07 ^d	2.55±0.00 ^a	1.97±0.12 ^c	2.18±0.10 ^{bc}	2.33±0.13 ^{ab}	0.000	0.682	0.008
	b* 值	2.50±0.09 ^c	3.27±0.06 ^a	2.65±0.05 ^c	2.77±0.11 ^{bc}	2.98±0.11 ^{ab}	<0.001	0.476	0.037
腿肌	pH _{24h} 值	6.08±0.01 ^c	5.99±0.01 ^d	5.94±0.01 ^c	6.37±0.01 ^a	6.14±0.01 ^b	<0.001	0.290	<0.001
	贮藏损失/%	2.37±0.20 ^a	2.44±0.15 ^a	2.26±0.05 ^a	1.33±0.07 ^b	2.25±0.10 ^a	0.837	0.273	0.739
	滴水损失/%	2.97±0.07	3.84±0.54	3.58±0.23	3.31±0.39	3.78±0.45	0.180	0.480	0.397
	蒸煮损失/%	24.90±0.62 ^d	30.68±0.56 ^b	33.15±0.51 ^a	22.96±0.14 ^c	27.05±0.32 ^c	0.743	0.001	<0.001
	L* 值	45.03±0.08 ^b	47.55±0.24 ^a	38.29±0.50 ^d	40.93±0.19 ^c	41.26±0.05 ^c	<0.001	<0.001	0.417
	a* 值	3.48±0.06 ^{ab}	3.70±0.11 ^a	3.31±0.06 ^b	3.40±0.09 ^b	3.55±0.02 ^{ab}	0.01	0.048	0.874
	b* 值	2.54±0.03 ^c	2.57±0.13 ^c	3.16±0.03 ^a	2.87±0.01 ^b	2.89±0.08 ^b	0.125	<0.001	0.067

3 讨论

3.1 单独或混合添加菊粉和二甲酸钾对肉鸡生长性能的影响

在饲料中加入一定量的菊粉能够改善畜禽的生产性能, Ghasemi 等^[10]将肠球菌与菊粉混合使用, 可明显改善肉鸡的体重和饲料转化率, 肠道内球虫卵数减少。陈泽等^[11]发现, 0.6%和0.8%的菊粉添加到白羽肉鸡的基础饲料中, 能明显增加仔猪的日增重, 同时还能明显降低料重比。Rebolé 等^[12]研究显示, 在试验7~21 d中, 添加1%和2%菊粉肉仔鸡的体重增加明显比对照组高, 7~35 d中添加1.0%菊粉肉仔鸡的总体重也有明显的增加。本试验结果显示, 添加1.0%菊粉组1~21日龄的平均日增重、平均日采食量显著增加; 从全期来看, 添加1.0%菊粉组饲料转化率显著降低, 这有可能是由于菊粉对多种肠道致病菌的生长和繁殖有一定的抑制作用, 同时还可以让消化酶的活性得到提升, 使其中的营养成分得到充分的

吸收和利用, 还有可能是由于菊粉中的低聚果糖对畜禽的脂肪代谢有一定的促进作用, 从而促进对钙、磷等矿物质的吸收, 从而加速畜禽的生长发育^[13]。关于二甲酸钾是否具有促进家畜生长的作用, 研究发现添加不同比例二甲酸钾的肉鸡日增重明显提高, 料重比明显降低^[14-16]。Ragaa 等^[17]发现, 在日粮中加入0.5%二甲酸钾可明显增加科宝肉鸡的体重, 并使饲料转化率明显下降。周寰宇等^[18]研究二甲酸钾对白羽肉鸡生长性能和肠道菌群结构的影响, 发现饲喂0.3%的二甲酸钾能够显著降低料重比, 对白羽肉鸡的生长性能具有明显的促进作用。而户陆女等^[9]向黄羽肉鸡饲料中加入0.6%二甲酸钾后, 却未见明显改善其生产性能。本试验中, 单独添加二甲酸钾组生长性能未发生变化, 与 Mikkelsen 等^[19]研究结果相吻合。可能是由于酸化剂的来源、肉鸡的品种和养殖环境的差异导致。低剂量复配组可以显著降低罗斯肉鸡22~42日龄和1~42日龄两个阶段的饲料转化率, 低剂量复配组和高剂量复配组1~21日龄显著增加平均

日采食量和平均日增重,表明低剂量复配组和高剂量复配组使用效果优于单独添加,可提高肉鸡不同阶段生长性能。

3.2 单独或混合添加菊粉和二甲酸钾对肉鸡屠宰性能的影响

屠宰性能是评定畜禽肉用性能的主要指标,能直观地体现动物的各部分占比情况,屠宰率能够达到80%,全净膛率达到60%,是具有良好产肉性能的标志^[20-22]。饲料中添加菊粉对动物屠宰性状影响的文献报道较少。Zhang等^[23]在肉鸡饲料中加入1 000 mg/kg的二甲酸钾,可明显增加肉鸡的腿肌率。Motoki等^[24]研究表明,在肉鸡饲料中添加1.0%二甲酸钾时,也可以显著增加体重、胸肌重、腿肌重。在本试验中,每个处理组屠宰率都在85%以上,全净膛率都在70%以上。与CON组相比,单独添加菊粉组和二甲酸钾组半净膛率显著增加,单独添加菊粉组全净膛率显著增加,其作用机制可能是二甲酸钾具有很好的抑菌活性^[25-26],并可通过增强机体的蛋白质代谢速率,进而促进肌肉蛋白质的积累。另外,二甲酸钾分解后所产生的K⁺能促进动物对赖氨酸的吸收^[27]。低剂量复配组的肉鸡屠宰率、全净膛率、半净膛率和腿肌率能够显著提高,且效果比单独添加明显。

3.3 单独或混合添加菊粉和二甲酸钾对肉鸡器官指数及肠道发育的影响

器官指数是反映畜禽器官发育状况的一种生物学特性指标,会影响机体代谢水平^[28]。家禽营养物质的转运、消化和吸收,大部分在小肠中完成,各肠段相对长度发生变化时,都会使其对营养的吸收发生变化,从而对生长性能产生影响^[29]。肠道越长,吸收的营养物质越多^[30]。陆牡龙等^[31]研究发现,添加1.0%菊粉和0.4%鱼腥草可增加回肠相对长度。Chen等^[32]也发现,给白来航鸡饲料中补充1%菊粉可增加小肠和结肠的长度。Yusrizal等^[33]发现肉鸡的肠道长度与活重之间存在显著相关性。本试验结果表明,单独添加0.45%二甲酸钾组和低剂量复配组显著提高小肠相对长度,单独添加1.0%菊粉组显著提高空肠和回肠相对长度。说明在一定程度上,菊粉和二甲酸钾能够促进小肠发育情况。

3.4 单独或混合添加菊粉和二甲酸钾对肉鸡肉品质的影响

肉品质评定是反映肉质理化特性的重要指标,其中包括pH值、滴水损失、蒸煮损失、肉色等常用指标。pH值是肉品中葡萄糖酵解过程中乳酸累积的最直接的反映^[34-35]。一般来说,pH值越高,肌肉的持水力越强^[36]。肉在屠宰后,糖原酵解可以让肌肉的

pH值逐步降低,会降低电荷之间的相互作用力,肌球蛋白纤维和肌动蛋白纤维之间的间隙会变小,导致水分从肌原纤维渗透到肌浆中,从而导致肌肉的滴水损失明显增加^[37]。系水力通常采用滴落损失、蒸煮损失等指标,以表示肌组织的保水性能。肌肉的滴水损失升高,大量水分流出,可溶性营养成分及风味物质流失严重,肌肉变得又干又硬,导致肉品质下降。蒸煮过程中,由于蒸煮水分损失等原因,生肉加工成熟肉时出现质量减少。这样不仅直接影响肉的口感、营养、嫩度及其他等食用品质,还会使经济效益降低。研究结果显示,在饲料中添加1.0%菊粉和1.0%菊粉+0.45%二甲酸钾时,肉鸡胸肌系水力并没有因为pH值的升高而升高,反而其系水力有所降低。这是因为,除了受pH值影响之外,还有许多其他的因素,如活性氧,盐离子浓度,肌原纤维蛋白结构以及温度等。

肉鸡腿肌的滴水损失差异不显著,除低剂量复配组以外其他3个试验组蒸煮损失显著增加,且胸肌和腿肌的贮藏损失都未有显著差异。说明低剂量复配组对肉鸡系水力不会产生不利作用。肉色是一项对肌肉外观进行评判的主要指标,与肉类的营养价值没有直接的联系^[38-39]。肌红蛋白和氧气的氧化作用使得肌肉呈现出鲜红色^[40-41]。L*值越高,亮度越高;a*值越高,红度也就越高;b*值越高,黄度也就越高^[42-44]。L*值超过60,则说明肌肉颜色偏白、系水力差,本试验胸肌和腿肌L*值均小于60,添加1.0%菊粉组和高剂量复配组可以提高胸肌的亮度值,添加1.0%菊粉组还可以提高腿肌的亮度值和红度值。

4 结论

从生产角度来看,日粮中添加0.5%菊粉+0.225%二甲酸钾提高肉鸡生长性能和屠宰性能,改善肉色,提高肠道相对长度,效果优于单独添加。综合考虑经济因素,在本试验条件下,建议在肉鸡饲料中添加0.5%菊粉+0.225%二甲酸钾。

参考文献:

- [1] ZHANG C, GENG Z Y, CHEN K K, et al. L-theanine attenuates transport stress-induced impairment of meat quality of broilers through improving muscle antioxidant status [J]. *Poult Sci*, 2019, 98 (10): 4648-4655.
- [2] 韩庆彦, 贺洞杰, 郭慧琳. 抗生素在养鸡生产中的应用及影响研究进展 [J]. *国外畜牧学 (猪与禽)*, 2019, 39 (1): 56-58.
- [3] LYU J, YANG L, ZHANG L, et al. Antibiotics in soil and water in

- China—a systematic review and source analysis [J]. *Environ Pollut*, 2020, 266 (Pt1): 115147.
- [4] 刘彦, 宋维平, 张艳. 菊粉对猪肉脂肪组织中3-甲基吡啶含量的影响 [J]. *华北农学报*, 2006, 21 (6): 124-126.
- [5] 王中华, 周德忠. 菊粉对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响 [J]. *饲料研究*, 2012, 35 (2): 55-57.
- [6] 陈星, 郑爱娟, 陈志敏, 等. 二甲酸钾对肉仔鸡生长性能、屠宰性能、养分表观代谢率和肠道环境的影响 [J]. *动物营养学报*, 2024, 36 (7): 4293-4303.
- [7] OVERLAND M, GRANLI T, KJOS N P, et al. Effect of dietary formats on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs [J]. *J Anim Sci*, 2000, 78 (7): 1875-1884.
- [8] RAGAA N M, KORANY R M S. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens [J]. *Anim Nutr*, 2016, 2 (4): 296-302.
- [9] 户陆女, 王松波, 朱晓彤, 等. 二甲酸钾、苯甲酸和山梨酸对黄羽肉鸡生长性能与胴体品质的影响 [J]. *华南农业大学学报*, 2009, 30 (3): 72-75.
- [10] GHASEMI H A, SHIVAZAD M, ESMAEILNIA K, et al. The Effects of a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and inulin on growth performance and resistance to coccidiosis in broiler chickens [J]. *J Poult Sci*, 2010, 47 (2): 149-155.
- [11] 陈泽, 上官明军, 杜彬, 等. 日粮中添加不同水平菊粉对白羽肉鸡生产的影响 [J]. *山西农业科学*, 2017, 45 (9): 1530-1533.
- [12] REBOLÉ A, ORTIZ L T, RODRÍGUEZ M L, et al. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat and barley-based diet [J]. *Poult Sci*, 2010, 89 (2): 276-286.
- [13] ORTIZ L T, RODRÍGUEZ M L, ALZUETA C, et al. Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens [J]. *Br Poult Sci*, 2009, 50 (3): 325-332.
- [14] 陈焱, 肖发沂, 赵华, 等. 二甲酸钾对肉鸡生长性能、表观消化率、屠宰性能和免疫性能的影响 [J]. *饲料研究*, 2021, 44 (17): 27-30.
- [15] 邹俊, 龚建刚, 郝艳霜, 等. 丁酸梭菌、二甲酸钾及其组合对肉鸡生长性能、屠宰性能及免疫器官指数的影响 [J]. *饲料研究*, 2022, 45 (7): 36-40.
- [16] 林颖, 翟俊磊, 闵遥, 等. 二甲酸钾和月桂酸对肉鸡生长性能、屠宰性能及血脂代谢的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2021, 57 (12): 228-233.
- [17] RAGAA N M, KORANY R M S. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens [J]. *Anim Nutr*, 2016, 2 (4): 296-302.
- [18] 周寰宇, 江宇航, 张关令, 等. 二甲酸钾对白羽肉鸡生长性能和肠道菌群结构的影响 [J]. *微生物学杂志*, 2021, 41 (6): 58-65.
- [19] MIKKELSEN L L, VIDANARACHCHI J K, OLNOOD C G, et al. Effect of potassium diformate on growth performance and gut microbiota in broiler chickens challenged with necrotic enteritis [J]. *Br Poult Sci*, 2009, 50 (1): 66-75.
- [20] MORENO-MENOZA Y, LÓPEZ-VICLARREAL K D, HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ C A, et al. Effect of moringa leaf powder and Agave inulin on performance, intestinal morphology, and meat yield of broiler chickens [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (2): 738-745.
- [21] LIU H, LIN S, LIU T, et al. Effects of dietary fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seed powder supplementation on growth performance, nutrient digestibility, small intestinal morphology, and carcass traits of broilers [J]. *Peer J*, 2021, 9: e10308.
- [22] NIU Y, WAN X L, ZHANG X H, et al. Effect of supplemental fermented *Ginkgo biloba* leaves at different levels on growth performance, meat quality, and antioxidant status of breast and thigh muscles in broiler chickens [J]. *Poult Sci*, 2017, 96 (4): 869-877.
- [23] ZHANG L, ZHANG L L, ZHAN X A, et al. Effects of dietary supplementation of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune response, intestinal barrier function, and digestive enzyme activity in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88 [J]. *J Anim Sci Biotechnol*, 2016, 7: 3.
- [24] MOTOKI T, KAMISOYAMA H, HONDA K, et al. Effect of dietary potassium diformate on the growth of growing broiler chickens [J]. *J Poult Sci*, 2011, 48 (4): 247-253.
- [25] 邹俊, 龚建刚, 郝艳霜, 等. 丁酸梭菌、二甲酸钾及其组合对肉鸡生长性能、屠宰性能及免疫器官指数的影响 [J]. *饲料研究*, 2022, 45 (7): 36-40.
- [26] 黄翠琴, 周若钰, 沈媛媛, 等. 丁酸梭菌对肉鸡屠宰性能、肌肉品质和抗氧化功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33 (6): 3250-3258.
- [27] 李松桥. 植物提取物替代抗生素对肉鸡生产性能、免疫和肉品质的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020.
- [28] 朱翠, 黄凯勇, 李丽娜, 等. 小檗碱对黄羽肉鸡器官指数、抗氧化能力和肠道免疫功能的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2022, 49 (3): 932-941.
- [29] 张艺, 汪珩, 陈建颖, 等. 饲料添加核黄素对1~21日龄马冈鹅生长性能、血清生化指标、抗氧化能力及肠道发育的影响 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (9): 5785-5793.
- [30] 高新磊, 卢文成, 李丽华, 等. 不同类型音乐对肉鸡生长性能、屠宰性能、消化器官指数、免疫功能及血清抗氧化指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (5): 2940-2948.
- [31] 陆牡龙, 黄恩媛, 陶秋妍, 等. 日粮中添加菊粉和鱼腥草对肉鸡生长性能、器官指数及肠道生长发育的影响 [J]. *国外畜牧学 (猪与禽)*, 2021, 41 (3): 78-85.
- [32] CHEN Y C, NAKTHONG C, CHEN T C. Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin [J]. *Int J Poult Sci*, 2005, 4 (2): 103-108.
- [33] YUSRIZAL Y, CHEN T C. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length [J]. *Int J Poult Sci*, 2003, 2 (3): 214-219.
- [34] 陈焱, 肖发沂, 赵华, 等. 二甲酸钾对肉鸡生长性能、表观消化率、屠宰性能和免疫性能的影响 [J]. *饲料研究*, 2021, 44 (17): 27-30.
- [35] 朱赫, 王亚梅, 胡恒, 等. 富氨水对肉鸡生长性能、抗氧化能力、肉品质和盲肠微生物的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2025, 48 (1): 180-189.
- [36] MIR N A, RAFIQ A, KUMAR F, et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review [J]. *J Food Sci Technol*, 2017, 54 (10): 2997-3009.

- [37] YANG T, WANG X, WEN M, et al. Effect of manganese supplementation on the carcass traits, meat quality, intramuscular fat, and tissue manganese accumulation of Pekin duck [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (5): 101064.
- [38] DA SILVA C I, SCHNEIDER C R, HYGINO B, et al. Performance, carcass characteristics, and meat quality of goat kids supplemented with inulin [J]. *Livest Sci*, 2022, 265: 105094.
- [39] ZHANG C, LI C X, SHAO Q, et al. Effects of *Glycyrrhiza* polysaccharide in diet on growth performance, serum antioxidant capacity, and biochemistry of broilers [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (3): 100927.
- [40] 梁雪, 赵芳芳, 刘巧玲, 等. 添加菊粉和单宁后肉羊的生长、屠宰性能及肉品质 [J]. *草业科学*, 2022, 39 (7): 1459-1465.
- [41] FERROCINO I, BIASATO I, DABBOU S, et al. *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus pentosus* and inulin meal inclusion boost the metagenomic function of broiler chickens [J]. *Anim Microbiome*, 2023, 5 (1): 36.
- [42] DUNSHEA F R, PLUSKE J R, PONNAMPALAM E N. Dietary iron or inulin supplementation alters iron status, growth performance, intramuscular fat and meat quality in finisher pigs [J]. *MeatSci*, 2024, 2 (13): 109496.
- [43] 党苗苗, 丁雪东, 刘瑞雪, 等. 橙皮苷对白羽肉鸡生长性能、肉品质及抗氧化功能的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2025, 48 (3): 622-630.
- [44] 陈晓枫, 姜忠华, 陆江. 全混合日粮中添加菊粉对海门山羊生长性能、血清指标及肉品质的影响 [J]. *中国饲料*, 2023 (6): 65-68.

· 信息 ·

《畜牧与兽医》入选《2024 中国农林核心期刊目录》A 类期刊

2024 年,“中国农林核心期刊”评价遴选持续以期刊发展核心指标的定量评价与学科专家定性评价为综合评价依据。在此基础上对我国 853 种中、英文农林领域期刊进行了全面梳理和科学分类评价,共遴选出中文期刊 280 种、英文期刊 34 种,共计 13 类 314 种,其中 A 类 247 种, B 类 67 种。《畜牧与兽医》入选《2024 中国农林核心期刊目录》A 类期刊。

