

饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数、肉品质、抗氧化功能和肠道发育的影响

从光雷^{1,2} 肖蕴祺¹ 张倩云^{1,3} 王志跃² 张珊¹ 燕磊⁴ 梁明振³ 施寿荣^{1,2*}

(1.中国农业科学院家禽研究所,扬州 225125;2.扬州大学动物科学与技术学院,扬州 225009;

3.广西大学动物科学技术学院,南宁 530004;4.山东新希望六和集团有限公司,青岛 266061)

摘要: 本试验旨在研究饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数、肉品质、抗氧化功能和肠道发育的影响。选取1日龄雄性爱拔益加(AA)肉鸡288羽,随机分为4组,每组6个重复,每个重复12羽。对照组(PT₀组)饲喂基础饲料,试验组分别在基础饲料中添加100(PT₁₀₀组)、500(PT₅₀₀)和1000 mg/kg(PT₁₀₀₀组)化香果单宁。试验期42 d。结果表明:1) PT₁₀₀组1~21日龄肉鸡的平均日采食量(ADFI)显著低于PT₀组($P<0.05$),且ADFI与化香果单宁添加量呈显著二次相关($P<0.05$)。与PT₀组相比,PT₁₀₀组22~42日龄肉鸡的料重比有降低趋势($P=0.068$)。2) 饲料添加化香果单宁对肉鸡屠宰性能和肉品质无显著影响($P>0.05$)。3) PT₁₀₀₀组42日龄肉鸡肌胃指数显著低于其他各组($P<0.05$),且肌胃指数与化香果单宁添加量呈显著二次相关($P<0.05$)。4) PT₅₀₀和PT₁₀₀₀组42日龄肉鸡胸肌总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性显著高于PT₀组($P<0.05$),且胸肌T-SOD活性与化香果单宁添加量呈显著线性相关($P<0.05$)。5) 饲料添加化香果单宁对肉鸡十二指肠和盲肠的校正长度和指数无显著影响($P<0.05$)。6) PT₅₀₀组21日龄肉鸡空肠绒毛高度显著高于其他各组($P<0.05$),且空肠绒毛高度与化香果单宁添加量呈显著线性相关($P<0.05$);PT₁₀₀、PT₅₀₀和PT₁₀₀₀组42日龄肉鸡空肠绒毛高度显著高于PT₀组($P<0.05$),且空肠绒毛高度与化香果单宁添加量呈显著线性和二次相关($P<0.05$)。PT₀和PT₁₀₀组42日龄肉鸡回肠绒毛高度/隐窝深度(V/C)显著高于PT₅₀₀组($P<0.05$),且回肠V/C与化香果单宁添加量呈显著线性相关($P<0.05$)。由此可见,饲料添加化香果单宁能够提高肉鸡抗氧化功能、空肠绒毛高度和回肠V/C,降低1~21日龄肉鸡ADFI,且具有降低22~42日龄肉鸡料重比的趋势。综合各项指标,化香果单宁在肉鸡饲料中的推荐添加量为500 mg/kg。

关键词: 化香果单宁;生长性能;屠宰性能;器官指数;抗氧化功能;肠道发育

中图分类号:S831.5

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)05-2661-11

随着畜牧业快速发展,长期低剂量预防用药或过量使用、滥用抗生素等因素,造成畜禽体内药物残留和蓄积毒素、细菌产生耐药性、动物免疫力下降等问题日益突出。因此,我国农业农村部于2019年7月发布第194号公告,自2020年7月1

日起,饲料生产企业停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料。开发天然、绿色、无毒副残留的抗生素替代物已刻不容缓。

化香果(*Platytarya strobilacea* Sieb. et Zuce)

收稿日期:2020-10-22

基金项目:江苏现代农业(肉鸡)产业技术体系建设项目(JATS[2019]379)

作者简介:从光雷(1996—),男,安徽六安人,硕士研究生,从事动物营养与肠道健康研究。E-mail: MZ120181027@yzu.edu.cn

* 通信作者:施寿荣,副研究员,硕士生导师,E-mail: ssr236@163.com

又称化香树果,是胡桃科植物化香树的果序。果序呈长椭圆形,萼片宿存,褐色。化香树在我国分布广泛,在我国民间的应用广且历史悠久,多以叶、果序入药^[1]。化香果序中含有较丰富的植物单宁。化香果单宁属于鞣花单宁,主要成分为英国栎鞣花素、木麻黄亭,均由2个六羟基联苯二酰基与葡萄糖形成的酯。鞣花单宁经过水解可以得到鞣花酸。化香果单宁具有特殊的生物学和药理学活性,药用价值较高^[2]。已知国内外文献对化香果序提取物及药理学活性的研究,多集中在化香树及其果序提取的化香果单宁对抑制细胞毒性和肠道内有害菌,抗氧化、预防癌症和抗衰老作用,以及作为复方中药治疗急性慢性鼻炎和鼻窦炎的报道^[3-4]。可见化香果单宁具有替代抗生素的潜力,但作为家禽饲料添加剂的研究尚未见报道。因此,本试验旨在研究饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能、屠宰性能、器官指数、肉品质、抗氧化功能和肠道发育的影响,为化香果单宁在家禽生产中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用爱拔益加(AA)肉鸡购自江苏京海禽业集团有限公司。化香果单宁(单宁含量 $\geq 65\%$,粉末状,棕褐色)由中国林业科学研究院林产化学工业研究所植物单宁化学利用课题组提供。

1.2 试验设计

选取1日龄雄性AA肉鸡288羽,随机分为4组,每组6个重复,每个重复12羽。对照组(PT_0 组)饲喂基础饲料,试验组分别在基础饲料中添加100(PT_{100} 组)、500(PT_{500} 组)和1 000 mg/kg(PT_{1000} 组)化香果单宁。试验期42 d。

1.3 基础饲料和饲养管理

试验在中国农业科学院家禽研究所仪征试验基地开展,试验鸡采用网上平养模式,自由采食和饮水,试验初始温度34℃,随后每周降低2~3℃,直至降至24℃。每天24 h光照。通风和免疫等其他管理措施按饲养管理手册执行。基础饲料按照NRC(1994)肉鸡营养需求配制并制粒,基础饲料组成及营养水平见表1。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 生长性能

在1、21和42日龄分别称重,记录剩余料重。

分别计算1~21日龄、22~42日龄和1~42日龄各组肉鸡的平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 屠宰性能

42日龄时,每个重复随机选取1羽,测定宰前重、屠体重、全净膛重、胸肌重、腿重、翅膀重、爪重、腹脂重和腹部脂带宽,并计算屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿比率、翅膀率、爪重率和腹脂率。计算公式如下:

$$\text{屠宰率}(\%) = 100 \times \text{屠体重}(\text{g}) / \text{宰前体重}(\text{g});$$

$$\text{全净膛率}(\%) = 100 \times \text{全净膛重}(\text{g}) / \text{宰前体重}(\text{g});$$

$$\text{腿比率}(\%) = 100 \times \text{两侧腿重}(\text{g}) / \text{全净膛重}(\text{g});$$

$$\text{翅膀率}(\%) = 100 \times \text{两侧翅膀重}(\text{g}) / \text{全净膛重}(\text{g});$$

$$\text{胸大(小)肌率}(\%) = 100 \times \text{两侧胸大(小)}$$

$$\text{肌重}(\text{g}) / \text{全净膛重}(\text{g});$$

$$\text{爪重率}(\%) = 100 \times [\text{双爪重}(\text{g}) / (\text{全净}$$

$$\text{膛重}(\text{g}) + \text{双爪重}(\text{g})];$$

$$\text{腹脂率}(\%) = 100 \times [\text{腹脂重}(\text{g}) / (\text{全净}$$

$$\text{膛重}(\text{g}) + \text{腹脂重}(\text{g})]。$$

1.4.3 器官指数

21和42日龄时,每个重复随机选取1羽进行屠宰,解剖取出心脏、胰腺、肝脏(无胆囊)、腺胃和肌胃(去除内容物及内金)称重,按照公式计算器官指数:

$$\text{器官指数}(\%) = 100 \times \text{器官鲜重}(\text{g}) / \text{宰前活重}(\text{g})。$$

1.4.4 肉品质

42日龄时,每个重复随机选取1羽,将其屠宰解剖后,统一取左侧整块胸肌。根据《畜禽肉质的测定》(NY/T 1333—2007)测定肉鸡胸肌系水力、 pH_{24h} 和肉色;按照《肉嫩度的测定剪切力测定法》(NY/T 1180—2006)测定肉鸡胸肌剪切力。

1.4.5 肌肉抗氧化指标

测定21和42日龄肉鸡胸肌中过氧化氢酶(CAT)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性及总抗氧化能力(T-AOC)和丙二醛(MDA)含量,所用试剂盒均购于南京建成生物工程研究所。

1.4.6 肠道校正长度和指数

21和42日龄时,每个重复随机选取1羽,屠宰后测量十二指肠和盲肠(两侧)的长度和重量(去除内容物),计算十二指肠和盲肠的校正长度以及十二指肠和盲肠指数。

肠道指数 (%) = $100 \times \text{肠道重量 (g)} / \text{宰前活重 (kg)}$;

肠道校正长度 (cm/kg) = $\text{肠道长度 (cm)} / \text{宰前活重 (kg)}$ 。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

原料 Ingredients	1~21 日龄	22~42 日龄	营养水平 Nutrient levels ³⁾	1~21 日龄	22~42 日龄
	1 to 21 days of age	22 to 42 days of age		1 to 21 days of age	22 to 42 days of age
玉米 Corn	55.22	59.82	代谢能 ME/(MJ/kg)	12.34	12.97
豆油 Soybean oil	3.50	1.90	粗蛋白质 CP	21.00	19.00
豆粕 Soybean meal (43%)	36.92	33.93	可消化赖氨酸 D-Lys	1.20	1.00
赖氨酸盐酸盐 Lysine · HCl (98%)	0.22	0.22	可消化蛋氨酸+ 可消化半胱氨酸 D-Met+D-Cys	0.85	0.80
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.30	0.27	可消化苏氨酸 D-Thr	0.66	0.60
碳酸钙 CaCO ₃	1.12	1.14	可消化色氨酸 D-Trp	0.22	0.20
二水合磷酸氢钙 CaHPO ₄ · 2H ₂ O	2.10	2.10	钙 Ca	1.00	0.90
食盐 NaCl	0.30	0.30	总磷 TP	0.67	0.56
氯化胆碱 Choline chloride (70%)	0.09	0.09	非植酸磷 NPP	0.45	0.35
维生素预混料 Vitamin premix ¹⁾	0.03	0.03			
矿物元素预混料 Mineral premix ²⁾	0.20	0.20			
合计 Total	100.00	100.00			

1) 维生素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kilogram of diets; VA 8 000 IU, VD₃ 1 000 IU, VE 20 IU, VK₃ 0.5 mg, VB₁ 2 mg, VB₂ 9.60 mg, VB₆ 3.5 mg, VB₁₂ 10 μg, 烟酸 niacin 35 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 10 mg, 叶酸 folic acid 0.55 mg, 生物素 biotin 0.18 mg。

2) 矿物元素预混料为每千克饲料提供 The mineral premix provided the following per kilogram of diets; Fe 80 mg, Cu 8 mg, Mn 100 mg, Zn 80 mg, I 0.7 mg, Se 0.3 mg。

3) 代谢能为计算值, 其他为测定值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.4.7 肠道黏膜形态结构

21 和 42 日龄时, 每个重复随机选取 1 羽, 屠宰后迅速剪取空肠和回肠中段各 1 cm 左右, 放入 10% 甲醛溶液中固定, 24 h 后更换新的 10% 甲醛溶液。石蜡包埋, 连续切片, 片厚 5 μm, 进行规苏木精-伊红 (HE) 染色后运用莱卡 (Leica) 图像处理系统, 于显微镜 (DM4000B, Leica Microsystems, 德国) 下观测切片, 测定绒毛高度 (villus height) 和隐窝深度 (crypt depth), 计算绒毛高度/隐窝深度 (V/C)。

1.5 数据处理与统计分析

试验数据采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方

差分析 (one-way ANOVA) 和线性、二次分析, 组间采用 LSD 法进行多重比较检验。结果用平均值和均值标准误 (SEM) 表示, $P < 0.05$ 表示显著差异, $0.05 \leq P < 0.10$ 表示有趋势。

2 结果

2.1 饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知, PT₁₀₀ 组 1~21 日龄肉鸡的 ADFI 显著低于 PT₀ 组 ($P < 0.05$), 且 ADFI 与化香果单宁添加量呈显著二次相关 ($P < 0.05$)。与 PT₀ 组相比, PT₁₀₀ 组 22~42 日龄肉鸡的料重比有降低趋势 ($P = 0.068$)。

表 2 饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary *Platyrrhiza strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on growth performance of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
		PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
体重 BW/g	1	42.16	42.07	42.05	42.08	0.042	0.815	0.384	0.762
	21	1 048.05	1 016.7	1 039.39	1 056.38	7.678	0.293	0.922	0.063
	42	3 457.34	3 380.65	3 360.04	3 390.78	25.800	0.586	0.213	0.660
平均日增重 ADG/g	1~21	47.90	46.41	47.49	48.30	0.365	0.293	0.930	0.063
	22~42	113.99	112.57	110.51	112.60	1.033	0.722	0.421	0.790
	1~42	81.31	79.49	79.00	79.73	0.614	0.587	0.214	0.665
平均日采食量 ADFI/g	1~21	63.33 ^a	58.50 ^b	61.10 ^{ab}	60.87 ^{ab}	0.547	0.013	0.070	0.015
	22~42	186.59	179.18	181.78	186.05	1.733	0.385	0.512	0.113
	1~42	124.33	118.84	121.44	122.77	1.016	0.280	0.428	0.091
料重比 F/G	1~21	1.27	1.26	1.29	1.26	0.006	0.218	0.683	0.860
	22~42	1.64	1.59	1.65	1.64	0.009	0.068	0.940	0.040
	1~42	1.53	1.50	1.54	1.53	0.006	0.101	0.908	0.050

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

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

2.2 饲料添加化香果单宁对肉鸡屠宰性能的影响 宰性能无显著影响 ($P > 0.05$)。

由表3可知, 饲料添加化香果单宁对肉鸡屠

表 3 饲料添加化香果单宁对肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary *Platyrrhiza strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on slaughter performance of broilers

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
	PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
全净膛率 Percentage of eviscerated yield/%	79.14	79.31	80.04	78.46	0.370	0.528	0.904	0.345
屠宰率 Dressed percentage/%	92.70	93.49	92.37	92.60	0.243	0.402	0.968	0.200
胸大肌率 Percentage of breast major muscle/%	23.68	25.55	24.76	19.00	1.264	0.264	0.516	0.080
胸小肌率 Percentage of breast minor muscle/%	5.45	5.43	5.55	5.47	0.101	0.977	0.858	0.932
腿比率 Percentage of leg/%	27.74	26.74	27.49	26.48	0.227	0.172	0.123	0.918
翅膀率 Percentage of wing/%	8.88	8.84	9.43	9.35	0.119	0.194	0.150	0.224
爪重率 Claw weight rate/%	3.97	4.17	4.15	4.35	0.057	0.154	0.042	0.475
腹脂率 Percentage of abdominal fat/%	0.91	1.24	1.19	1.16	0.066	0.293	0.089	0.394
脂带宽 Fat-strip width/mm	10.06	11.67	11.38	11.90	0.359	0.263	0.059	0.859

2.3 饲料添加化香果单宁对肉鸡器官指数的影响

由表4可知, PT₁₀₀₀组42日龄肉鸡肌胃指数

显著低于其他各组 ($P < 0.05$), 且肌胃指数与化香果单宁添加量呈显著二次相关 ($P < 0.05$)。

表 4 饲料添加化香果单宁对肉鸡器官指数的影响

Table 4 Effects of dietary *Platytyarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on organ indexes of broilers

%

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
		PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
胰腺指数 Pancreas index	21	0.31	0.33	0.29	0.33	0.009	0.414	0.896	0.987
	42	0.19	0.18	0.20	0.19	0.006	0.584	0.655	0.566
心脏指数 Cardiac index	21	0.56	0.58	0.57	0.54	0.012	0.725	0.844	0.294
	42	0.42	0.47	0.48	0.44	0.010	0.118	0.072	0.118
肝脏指数 Liver index	21	2.49	2.61	2.54	2.74	0.074	0.686	0.374	0.662
	42	1.89	2.13	2.26	1.96	0.076	0.314	0.271	0.251
腺胃指数 Gland stomach index	21	0.61	0.59	0.54	0.60	0.023	0.728	0.516	0.719
	42	0.40	0.45	0.41	0.45	0.014	0.441	0.254	0.866
肌胃指数 Gizzard index	21	1.36	1.37	1.29	1.42	0.028	0.540	0.923	0.563
	42	0.83 ^a	0.90 ^a	0.91 ^a	0.69 ^b	0.024	0.001	0.484	<0.001

2.4 饲料添加化香果单宁对肉鸡肉品质的影响

品质无显著影响($P>0.05$)。

由表 5 可知, 饲料添加化香果单宁对肉鸡肉

表 5 饲料添加化香果单宁对肉鸡肉品质的影响

Table 5 Effects of dietary *Platytyarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on meat quality of broilers

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
	PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
系水力 Water holding capacity/%	52.86	53.73	55.80	58.81	1.324	0.414	0.193	0.290
pH _{24h}	6.12	6.05	6.15	6.03	0.050	0.822	0.715	0.881
亮度 L*	51.91	49.53	48.96	50.17	0.723	0.538	0.218	0.518
红度 a*	2.32	2.93	2.49	2.20	0.208	0.724	0.908	0.277
黄度 b*	3.34	5.17	4.23	4.86	0.333	0.225	0.090	0.507
剪切力 Shear force/kgf	1.62	1.59	1.56	1.59	0.030	0.919	0.559	0.825

2.5 饲料添加化香果单宁对肉鸡胸肌抗氧化指标的影响

由表 6 可知, 42 日龄时, PT₅₀₀ 和 PT₁₀₀₀ 组肉鸡胸肌 T-SOD 活性显著高于 PT₀ 组 ($P<0.05$), 且胸肌 T-SOD 活性与化香果单宁添加量呈显著线性相关 ($P<0.05$)。

2.6 饲料添加化香果单宁对肉鸡肠道校正长度和指数的影响

由表 7 可知, 饲料添加化香果单宁对肉鸡肠道校正长度和指数无显著影响 ($P>0.05$)。

2.7 饲料添加化香果单宁对肉鸡肠道黏膜形态结构的影响

由表 8 可知, 21 日龄时, PT₅₀₀ 组肉鸡空肠绒毛高度显著高于其他各组 ($P<0.05$), 且空肠绒毛高

度与化香果单宁添加量呈显著线性相关 ($P<0.05$)。42 日龄时, PT₁₀₀、PT₅₀₀ 和 PT₁₀₀₀ 组肉鸡空肠绒毛高度显著高于 PT₀ 组 ($P<0.05$), 且空肠绒毛高度与化香果单宁添加量呈显著线性和二次相关 ($P<0.05$)。

由表 9 可知, 42 日龄时, PT₀ 和 PT₁₀₀ 组肉鸡回肠 V/C 显著高于 PT₅₀₀ 组 ($P<0.05$), 且回肠 V/C 与化香果单宁添加量呈显著线性相关 ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料添加化香果单宁对肉鸡生长性能的影响
生长性能是反映肉鸡生长的最直接指标, 提高动物的生长性能是增加经济效益的关键。植物

单宁在单胃动物生产中应用与研究相对较少,人们早期在饲料中添加高剂量植物单宁或者植物单宁含量高的饲料原料(高粱),导致单胃动物产生采食量、蛋白质消化率和生长性能下降等负面影响,因此被视为是一种抗营养因子^[5-6]。但近年多项研究表明,饲料添加适量植物单宁能够提高单胃动物生长性能、抗氧化功能和免疫性能等^[1-4,7]。Starčević等^[8]研究表明,饲料添加适量植物单宁能够提高肉鸡生长性能。张亮亮等^[2]研究发现,饲料添加0.5%化香果单宁能够促进青石斑鱼生长。本试验结果发现,饲料添加适量化香果单宁具有

降低22~42日龄肉鸡料重比的趋势,但会影响1~21日龄肉鸡的采食量。这与前人研究结果^[2,8]并不完全一致。可能是化香果单宁的苦涩味影响了适口性,从而降低肉鸡的采食量^[9]。此外,结合1~21日龄肉鸡ADG和料重比结果,发现并未对其造成负面影响。这表明化香果单宁可能并未对消化道多个位点的消化酶产生抑制作用,不影响肉鸡对营养物质的消化吸收和利用^[10]。由此可见,本试验条件下饲料添加适量的化香果单宁对肉鸡生长性能有一定有益效果。

表6 饲料添加化香果单宁对肉鸡胸肌抗氧化指标的影响

Table 6 Effects of dietary *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on pectoralis muscle antioxidant indexes of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups				SEM	P值 P-value		
		PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	21	0.17	0.18	0.10	0.08	0.021	0.268	0.140	0.238
	42	6.76	7.89	7.32	8.10	0.678	0.910	0.550	0.945
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	21	8.77	7.76	7.52	6.36	0.492	0.388	0.124	0.490
	42	13.18 ^c	17.64 ^{bc}	19.31 ^b	26.51 ^a	1.331	0.001	<0.001	0.076
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	21	15.70	27.03	20.71	9.31	2.929	0.216	0.834	0.042
	42	47.15	58.04	55.38	68.35	4.121	0.383	0.141	0.579
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	21	0.80	0.77	0.91	0.87	0.040	0.666	0.512	0.570
	42	0.80	0.77	0.76	0.77	0.013	0.845	0.453	0.717
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	21	0.04	0.04	0.05	0.05	0.003	0.401	0.454	0.715
	42	1.00	1.30	0.73	0.91	0.130	0.474	0.658	0.436

表7 饲料添加化香果单宁对肉鸡肠道校正长度和指数的影响

Table 7 Effects of dietary *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on intestinal correction length and indexes of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups				SEM	P值 P-value		
		PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀		处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
十二指肠校正长度 Duodenal correction length/(cm/kg)	21	9.40	9.85	8.79	10.59	0.259	0.082	0.395	0.268
	42	9.43	9.77	9.94	9.16	0.188	0.479	0.882	0.204
盲肠校正长度 Cecum correction length/(cm/kg)	21	11.39	11.08	11.82	12.59	0.302	0.316	0.302	0.121
	42	6.22	6.70	6.58	6.13	0.101	0.136	0.515	0.029
十二指肠指数 Duodenal index/%	21	0.74	0.69	0.71	0.79	0.019	0.249	0.741	0.061
	42	0.38	0.38	0.40	0.36	0.013	0.713	0.850	0.465
盲肠指数 Cecum index/%	21	0.45	0.38	0.44	0.43	0.016	0.522	0.599	0.276
	42	0.26	0.29	0.24	0.26	0.008	0.100	0.882	0.190

表 8 饲料添加化香果单宁对肉鸡空肠黏膜形态结构的影响

Table 8 Effects of dietary *Plotyrtarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on jejunum mucosal morphology of broilers

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
	PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀	处理 Treatment		线性 Linear	二次 Quadratic	
21 日龄 21 days of age	绒毛高度 Villus height/ μm	1 220.23 ^c	1 433.7 ^{bc}	1 700.06 ^a	1 484.07 ^c	57.384	0.009	0.003	0.953
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	183.96	226.79	241.20	242.26	10.989	0.196	0.036	0.998
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	6.86	6.66	6.70	6.15	0.297	0.882	0.581	0.644
42 日龄 42 days of age	绒毛高度 Villus height/ μm	1 229.98 ^c	1 396.71 ^b	1 745.88 ^a	1 371.98 ^b	47.246	<0.001	<0.001	<0.001
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	182.10	195.50	201.14	210.32	8.980	0.736	0.296	0.731
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	6.44	7.19	8.13	6.72	0.348	0.368	0.343	0.385

表 9 饲料添加化香果单宁对肉鸡回肠黏膜形态结构的影响

Table 9 Effects of dietary *Plotyrtarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on ileal mucosal morphology of broilers

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value		
	PT ₀	PT ₁₀₀	PT ₅₀₀	PT ₁₀₀₀	处理 Treatment		线性 Linear	二次 Quadratic	
21 日龄 21 days of age	绒毛高度 Villus height/ μm	976.98	992.93	1 145.15	1 120.61	32.426	0.133	0.075	0.327
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	155.34	168.86	183.69	179.54	7.108	0.581	0.217	0.853
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	5.99	5.79	6.34	6.06	0.137	0.566	0.671	0.613
42 日龄 42 days of age	绒毛高度 Villus height/ μm	1 127.31	1 254.43	1 179.49	1 317.41	44.578	0.448	0.205	0.684
	隐窝深度 Crypt depth/ μm	134.53	153.76	217.00	204.11	16.434	0.224	0.082	0.574
	绒毛高度/隐窝深度 V/C	8.66 ^a	7.50 ^a	5.33 ^b	6.91 ^{ab}	0.407	0.021	0.013	0.779

3.2 饲料添加化香果单宁对肉鸡屠宰性能和器官指数的影响

屠宰性能可直观地反映出动物体构成和可食部分的比例,是衡量动物生长性能的重要指标之一^[11]。屠宰率和全净膛率分别在 80% 和 60% 以上,则表示肉鸡的产肉性能良好^[12]。Jamroz 等^[13]研究表明,饲料添加甜栗木单宁未对肉鸡屠宰性能造成显著影响。刘娇等^[14]研究发现,饲料添加辣木提取物(富含黄酮类化合物)未对肉鸡屠宰性

能造成显著影响。本试验结果发现,饲料添加化香果单宁对肉鸡屠宰性能未造成显著影响,各组的屠宰率和全净膛率分别在 92% 和 78% 以上。与前人研究结果^[13-14]一致,表明化香果单宁对肉鸡屠宰性能无负面影响。

器官指数能够在一定程度上反映肉鸡发育状况,对于理论研究和生产实践有重要意义。刘娇等^[15]研究表明,饲料添加辣木提取物(富含黄酮类化合物)对肉鸡器官指数均未造成显著影响。

本试验结果与之相似,饲粮添加化香果单宁对肉鸡胰腺、肝脏和腺胃指数均无显著影响。另外,饲粮添加适量化香果单宁能够提高肌胃指数,表明化香果单宁对肉鸡肌胃发育具有促进作用。

3.3 饲粮添加化香果单宁对肉鸡肉品质的影响

肌肉 pH、肉色、系水力和嫩度等指标能够更加直观地综合反映肉品质,也能够决定消费者的消费取向。肌肉系水力是肌肉组织保持水分的能力,是评价家禽肉品质的重要指标之一^[16]。本试验结果表明,饲粮添加化香果单宁未对胸肌系水力造成显著影响。Przywitowski 等^[17]研究发现,饲粮添加单宁对火鸡胸肌系水力并无显著影响,这与本试验得到的结果一致。肉鸡宰后肌肉的 pH 变化反映了肌肉内能量和物质的代谢变化过程,此过程肌肉 pH 会逐渐降低,较低的 pH 可以抑制破坏性微生物的大量繁殖,防止肉腐败^[18]。Jung 等^[19]研究发现,肉鸡饲料中添加没食子酸和共轭亚油酸复合物对肌肉 pH 无显著差异。Przywitowski 等^[17]研究发现,在火鸡饲料中添加蚕豆单宁对胸肌 pH 无显著影响。本试验中,饲粮添加化香果单宁未对肌肉 pH_{24h} 造成显著影响,这与前人研究结果^[18-20]一致。肉色和嫩度都是评价肉质的重要指标,本试验结果表明,饲粮添加化香果单宁未对肉鸡肉色和嫩度造成显著影响。综上所述,饲粮添加化香果单宁对肉鸡肉品质相关指标均未造成显著影响。

3.4 饲粮添加化香果单宁对肉鸡胸肌抗氧化指标的影响

植物单宁具有抗氧化的生物学功能,其能够有效清除体内氧自由基,提高抗氧化酶活性,降低体内氧化应激水平^[7,15]。CAT 和 T-SOD 均是机体中的抗氧化酶之一,能够清除体内的氧自由基。T-AOC 则是反映机体抗氧化系统的综合指标。Chamorro 等^[21]研究表明,肉鸡饲料中添加 10% 葡萄渣(主要成分为植物单宁)能够增强肉鸡的抗氧化性能,延缓脂质氧化。Farahat 等^[22]也研究表明,在肉鸡饲料中添加植物单宁(单宁含量 $\geq 40\%$)能够显著提高肝脏谷胱甘肽含量,降低肌肉 MDA 含量。本试验结果发现,饲粮添加化香果单宁能够显著提高 42 日龄肉鸡的胸肌 T-SOD 活性,且化香果单宁与肉鸡胸肌 T-SOD 活性呈剂量依赖关系。这与前人研究结果^[21-22]一致,表明饲粮添加化香果单宁能够提高肉鸡的抗氧化功能。

3.5 饲粮添加化香果单宁对肉鸡肠道发育的影响

肠道是肉鸡消化吸收的主要器官。各肠段长度及重量反映了肠段的生长发育程度,而发育程度又能反映消化吸收的功能。本试验以肠道校正长度和指数来评价肠道生长发育状况。已有研究发现,饲粮添加适量的单宁能够通过减轻氧化应激,促进肠道有益菌繁殖,抑制有害菌繁殖,从而保护和促进肠道发育^[19,23]。本试验结果发现,饲粮添加化香果单宁未对肉鸡肠道校正长度和指数造成显著影响,这与前人研究结果^[19,23]并不一致。可能是添加的单宁提取来源和活性成分浓度不同导致的差异,具体机制有待进一步研究。

肠道绒毛高度、隐窝深度和 V/C 是衡量肠道消化吸收能力的重要指标之一。已有研究发现,肉鸡饲料中添加橡碗单宁能够提高 42 日龄肉鸡空肠和回肠绒毛高度^[15]。Brus 等^[24]研究发现,饲粮添加低浓度的鞣花单宁能够刺激肠道上皮细胞增殖,促进肉鸡肠道发育。本试验结果与之相似,饲粮添加适量化香果单宁能够显著提高 21 和 42 日龄肉鸡空肠绒毛高度,并且空肠绒毛高度与单宁添加量呈显著线性相关。另外,肉鸡回肠 V/C 与化香果单宁添加量呈显著线性相关。这与本试验生长性能相对应,肉鸡 ADFI 降低,AGD 却未降低,推测化香果单宁能够提高肉鸡小肠吸收营养物质的面积,从而减轻化香果单宁苦涩味带来的负面影响。这可能是由于低剂量的化香果单宁能够促进肠道上皮细胞增殖,保护细胞增殖过程 DNA 完整性,从而促进肠道健康发育,有益于生长性能。

4 结论

饲粮添加化香果单宁能够提高肉鸡抗氧化功能、空肠绒毛高度和回肠 V/C,降低 1~21 日龄肉鸡 ADFI,且具有降低 22~42 日龄肉鸡料重比的趋势。综合各项指标,化香果单宁在肉鸡饲料中的推荐添加量为 500 mg/kg。

参考文献:

- [1] 徐曼,汪咏梅,张亮亮,等.化香果提取物体外抑菌活性研究[J].生物质化学工程,2020,54(2):15-20.
XU M, WANG Y M, ZHANG L L, et al. *In vitro* antibacterial activity of extract from *Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc[J]. Biomass Chemical Engineering,

- 2020, 54(2): 15-20. (in Chinese)
- [2] 张亮亮, 汪咏梅, 徐曼, 等. 化香果序提取物对青石斑鱼生长性能的影响[J]. 饲料研究, 2016(13): 35-40.
ZHANG L L, WANG Y M, XU M, et al. Effect of the *Platycarya Strobilacea* Sieb et Zucc extract on the growth performance of *Epinephelus awoara* [J]. Feed Research, 2016(13): 35-40. (in Chinese)
- [3] 高蓉. 化香果树序活性成分提取、分离、应用及动力学研究[D]. 博士学位论文. 西安: 西北大学, 2009: 23-121.
GAO R. Studies on extraction and isolation of active ingredients from *Platycarya* Sieb. et Zucc as well as relative dynamics and its application [D]. Ph. D. Thesis. Xi'an: Northwest University, 2009: 23-121. (in Chinese)
- [4] 朱俊瑜, 涂维, 曾超, 等. 化香果树序乙醇提取物诱导 CNE1、CNE2 细胞发生 Methuosis 死亡的机制[J]. 南方医科大学学报, 2017, 37(6): 827-832.
ZHU J Y, TU W, ZENG C, et al. Mechanism of *Platycarya Strobilacea* Sieb. et Zucc extract-induced methuosis in human nasopharyngeal carcinoma CNE1 and CNE2 cells [J]. Journal of Southern Medical University, 2017, 37(6): 827-832. (in Chinese)
- [5] TREVIÑO J, ORTIZ L, CENTENO C. Effect of tannins from faba beans (*Vicia faba*) on the digestion of starch by growing chicks [J]. Animal Feed Science and Technology, 1992, 37(3/4): 345-349.
- [6] SMULIKOWSKA S, PASTUSZEWSKA B, E. Ś WIECH, ET al. Tannin content affects negatively nutritive value of pea for monogastrics [J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2001, 10(3): 511-523.
- [7] 从光雷, 王志跃, 杨海明, 等. 植物单宁的生物学功能及其影响因素的研究进展 [J]. 中国饲料, 2020(21): 1-7.
CONG G L, WANG Z Y, YANG H M, et al. Research progress on biological functions of plant tannin and its influencing factors [J]. China Feed, 2020(21): 1-7. (in Chinese)
- [8] STAR ČEVIĆ K, KRSTULOVIĆ L, BROZIĆ D, et al. Production performance, meat composition and oxidative susceptibility in broiler chicken fed with different phenolic compounds [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(6): 1172-1178.
- [9] PROVENZA F D. Post-ingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminant [J]. Range Manage, 1995, 48: 2-17.
- [10] 陈宝江, 裴素俭, 魏忠华, 等. 单宁酸对肉仔鸡生产性能和消化道酶活性的影响研究 [J]. 中国家禽, 2012, 34(20): 26-28, 32.
CHEN B J, PEI S J, WEI Z H, et al. Effect of tannic acid on production performance and digestive enzyme activity of broiler [J]. China Poultry, 2012, 34(20): 26-28, 32. (in Chinese)
- [11] 华金玲, 从光雷, 郭亮, 等. 构树对黄淮白山羊瘤胃发酵特性、消化代谢、生产性能及肉品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(5): 924-931.
HUA J L, CONG G L, GUO L, et al. Effects of *Broussonetia papyrifera* leaves on rumen fermentation characteristics, digestibility and metabolism, production performance, and meat quality of *Huanghuai* white goat [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2019, 42(5): 924-931. (in Chinese)
- [12] 岳远西, 史彬林, 赵启龙, 等. 黑沙蒿提取物对肉仔鸡生长性能和屠宰性能及肉品质的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(17): 39-43.
YUE Y X, SHI B L, ZHAO Q L, et al. Effects of *Artemisia ordosica* extract on growth performance, slaughter performance and meat quality of broilers [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2015, 51(17): 39-43. (in Chinese)
- [13] JAMROZ D, WILICZKIEWIC Z, ASKORUPINSKA J, et al. Effect of sweet chestnut tannin (SCT) on the performance, microbial status of intestine and histological characteristics of intestine wall in chickens [J]. British Poultry Science, 2009, 50(6): 687-699.
- [14] 刘娇, 常文环, 陈志敏, 等. 日粮中添加辣木提取物对 AA 肉鸡生产性能、屠宰性能、肉品质及血清生化指标的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(2): 414-423.
LIU J, CHANG W H, CHEN Z M, et al. Effect of *Moringa oleifera* Lam. extract on production performance, slaughter performance, meat quality and serum biochemical indexes in AA broilers [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019, 46(2): 414-423. (in Chinese)
- [15] 刘娇, 常文环, 陈志敏, 等. 爱拔益加肉鸡对饲料中添加的辣木提取物的耐受性评价 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(2): 839-849.
LIU J, CHANG W H, CHEN Z M, et al. Tolerance of arbor acres broilers to *Moringa oleifera* Lam. extract in diet [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(2): 839-849. (in Chinese)
- [16] ALLEN C D, FLETCHER D L, NORTH CUTT J K, et

- al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life [J]. *Poultry Science*, 1998, 77 (2): 361–366.
- [17] PRZYWITOWSKI M, MIKULSKI D, ZDUNCZYK Z, et al. The effect of dietary high-tannin and low-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) on the growth performance, carcass traits and breast meat characteristics of finisher turkeys [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2018, 240: 184–196.
- [18] QIAO M, FLETCHER D L, SMITH D P, et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity [J]. *Poultry Science*, 2001, 80 (5): 676–680.
- [19] JUNG S, CHOE J H, KIM B, et al. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers [J]. *Meat Science*, 2010, 86 (2): 520–526.
- [20] VASTA V, PENNISI P, LANZA M, et al. Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation [J]. *Meat Science*, 2007, 76 (4): 739–745.
- [21] CHAMORRO S, VIVEROS A, CENTENO C, et al. Effects of dietary grape seed extract on growth performance, amino acid digestibility and plasma lipids and mineral content in broiler chicks [J]. *Animal*, 2013, 7 (4): 555–561.
- [22] FARAHAT M H, ABDALLAH F M, ALI H A, et al. Effect of dietary supplementation of grape seed extract on the growth performance, lipid profile, antioxidant status and immune response of broiler chickens [J]. *Animal*, 2016, 11 (5): 771–777.
- [23] LEMME A, MITCHELL M A. Examination of the composition of the luminal fluid in the small intestine of broilers and absorption of amino acids under various ambient temperatures measured *in vivo* [J]. *International Journal of Poultry Science*, 2008, 7 (3): 1–17.
- [24] BRUS M, GRADIŠNIK L, TRAPE Č AR M, et al. Beneficial effects of water-soluble chestnut (*Castanea sativa* Mill.) tannin extract on chicken small intestinal epithelial cell culture [J]. *Poultry Science*, 2018, 97 (4): 1271–1282.

Effects of *Plotyarya strohilacea* Sieb. et Zuce Tannin on Growth Performance, Slaughter Performance, Organ Indexes, Meat Quality, Antioxidant Function and Intestinal Development of Broilers

CONG Guanglei^{1,2} XIAO Yunqi¹ ZHANG Qianyun^{1,3} WANG Zhiyue² ZHANG Shan¹
YAN Lei⁴ LIANG Mingzhen³ SHI Shourong^{1,2*}

(1. Institute of Poultry, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Yangzhou 225125, China; 2. School of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 3. School of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China; 4. Shandong New Hope Liuhe Group Co., Ltd., Qingdao 266061, China)

Abstract: The purpose of this experiment is to study the effects of *Plotyarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin on growth performance, slaughter performance, organ indexes, meat quality, antioxidant function and intestinal development of broilers. A total of 288 one-day-old male Arbor Acres (AA) broilers were selected and randomly divided into 4 groups with 6 replicates in each group and 12 broilers in each replicate. Broilers in the control group (PT₀ group) was fed a basal diet, and others in experimental groups were fed basal diets supplemented with 100 (PT₁₀₀ group), 500 (PT₅₀₀ group) and 1 000 mg/kg (PT_{1 000} group) *Plotyarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin, respectively. The experiment lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake (ADFI) of broilers during 1 to 21 days of age of PT₁₀₀ group was significantly lower than that of PT₀ group ($P < 0.05$), and there was a significant quadratic correlation between ADFI and *Plo-*

tytarya strohilacea Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$). Compared with PT_0 group, the feed to gain ratio of broilers during 22 to 42 days of age of PT_{100} group had a decreasing trend ($P = 0.068$). 2) Dietary *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin had no significant effects on the slaughter performance and meat quality of broilers ($P > 0.05$). 3) The gizzard index of 42-day-old broilers of PT_{1000} group was significantly lower than that of other groups ($P < 0.05$), and there was a significant quadratic correlation between gizzard index and *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$). 4) The breast muscle total superoxide dismutase (T-SOD) activity of 42-day-old broilers of PT_{500} and PT_{1000} groups was significantly higher than that of PT_0 group ($P < 0.05$), and there was a significant linear correlation between breast muscle T-SOD activity and *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$). 5) Dietary *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin had no significantly effects on the corrected length and index in duodenum and cecum of broilers ($P < 0.05$). 6) The jejunum villi height of 21-day-old broilers of PT_{500} group was significantly higher than that of other groups ($P < 0.05$), and there was a significant linear correlation between jejunum villi height and *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$); the jejunum villi height of 42-day-old broilers of PT_{100} and PT_{500} and PT_{1000} groups was significantly higher than that of PT_0 group ($P < 0.05$), and there were significant linear and quadratic correlations between jejunum villi height and *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$). The ileum villus height/crypt depth (V/C) of 42-day-old broilers of PT_0 and PT_{100} group was significantly higher than that of PT_{500} group ($P < 0.05$), and there was a significant linear correlation between ileum V/C and *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin addition amount ($P < 0.05$). In conclusion, dietary *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin can improve the antioxidant function, jejunum villi height and ileum V/C of broilers, reduce the ADFI of broilers during 1 to 21 days of age, and have a tendency to reduce the feed to gain ratio of broilers during 22 to 42 days of age. Based on various indicators, the recommended dietary addition amount of *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin of broilers is 500 mg/kg. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(5):2661-2671]

Key words: *Plotytarya strohilacea* Sieb. et Zuce tannin; growth performance; slaughter performance; organ indexes; antioxidant function; intestinal development