

桉叶多酚对胡须鸡肌肉抗氧化性能和肉质品质影响的研究

李伟, 陈运娇, 谭荣威, 张小英, 曹庸

(华南农业大学食品学院, 广东省天然活性物工程技术研究中心, 广东广州 510642)

摘要: 本文旨在研究在日粮中添加桉叶多酚对胡须鸡肌肉抗氧化性能和肉质品质的影响。试验选用 324 只 90 日龄胡须鸡, 设置 6 个实验组, 每组 6 个重复, 每个重复 9 只鸡, 连续喂养 40 d, 宰杀后采集胸肌和腿肌, 分析胡须鸡肌肉抗氧化性能、肉色、滴水损失和营养成分等指标。结果表明: 与对照组相比, 在抗氧化指标方面, 桉叶多酚可以显著提高胡须鸡肌肉中谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-P_x) 活力, 同时显著降低丙二醛值 (MDA) 含量; 在肉质品质方面, 桉叶多酚能够显著改善肌肉肉色、提高肌肉中肌内脂肪含量; 此外, 桉叶多酚显著改善肌肉脂肪酸组成, 提高油酸、亚麻酸相对含量, 降低饱和脂肪酸含量, 提高了肉质品质。综上所述, 桉叶多酚具有提高胡须鸡肌肉抗氧化性能、改善肉质品质的作用, 本文为桉叶多酚在禽类高品质肉制品方面的应用提供了实验基础。

关键词: 桉叶多酚; 胡须鸡; 抗氧化; 肉质

文章编号: 1673-9078(2017)8-58-65

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.8.010

Effect of Eucalyptus Polyphenols on the Antioxidant Activity and Meat Quality of Beard Chicken

LI Wei, CHEN Yun-jiao, TAN Rong-wei, ZHANG Xiao-ying, CAO Yong

(Guangdong Province Engineering Research Center for Bioactive Natural Products, College of Food Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The purpose of this paper is to study the effects of dietary supplement containing eucalyptus polyphenols (EPE) on the antioxidant activity and meat quality of beard chicken muscles. A total of 324 90-day-old beard chickens were randomly divided into six groups (six replicates/group and nine chickens/group). The animals were fed for 40 days, and breast and thigh muscles were collected after slaughter to analyze the antioxidant activity, meat color, drip loss, nutrients, etc. of beard chicken muscles. In terms of the indicators of antioxidant activity, the results showed that EPE could significantly enhance the activity of glutathione peroxidase (GSH-P_x) and significantly reduce the malondialdehyde (MDA) content of beard chicken muscle. In the case of meat quality, EPE could obviously improve the meat color and increase the content of intramuscular fat. Simultaneously, EPE could obviously improve the composition of fatty acids, enhance the contents of oleic and linolenic acid, and reduce the content of saturated fatty acids, in order to improve the meat quality. In summary, EPE could obviously improve the antioxidant activity of beard chicken muscle and enhance the meat quality.

Key words: eucalyptus polyphenols; beard chicken; antioxidant activity; meat quality

桉树是桃金娘科桉树属、杯果木属和伞房属等一大类树种的总称^[1]。在澳大利亚, 考拉生活在桉树上并且以桉树叶作为食物^[2], 同时桉树也常用于造纸、制药以及化妆品行业^[3]。研究表明, 桉树叶中含有多

收稿日期: 2017-03-09

基金项目: 国家重点研发计划-人工林非木质林产资源高质量利用技术创新 (2016YFD0600806)

作者简介: 李伟 (1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事天然活性提取、分离、鉴定及活性评价

通讯作者: 曹庸 (1966-), 男, 博士, 教授, 主要从事天然活性物提取、分离、鉴定及活性评价

种活性物质, 例如挥发油、鞣质和黄酮等, 因此对于其活性物质的结构和功能的研究也越来越多。Rauha J P 等^[4,5]研究表明, 研究者们开始对桉叶中多酚类物质抗氧化活性以及抗菌性进行研究, 也有对于桉树来源的一些副产物进行研究。也曾经有报道, 桉树木质部分提取物有一定的抗氧化作用。研究者们开始逐渐意识到植物提取物带来的潜在价值, 他们开始关注植物不同提取部位的生物活性, 包括抗氧化性和抗癌性^[6]。

本实验室前期对于桉叶多酚的基本性质进行研究, 其多酚含量达到 30% 以上, 与茶叶粗提物中多酚含量相当, 具有良好的清除 1,1-二苯基-2-苦基肼基自

由基 (DPPH)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐 (ABTS) 自由基的能力^[7], 此外桉叶多酚的乙酸乙酯萃取物抗氧化活性较 50%茶多酚高^[8]; 同时采用改良寇氏法设计桉叶多酚急性毒性评价灌胃浓度, 结果表明桉叶多酚 LD₅₀ 为 5060 mg/Kg, 属于实际无毒范围, 具有潜在的开发价值。随着人们生活水平的提高, 对于高品质肉制品的需求越来越大。研究表明多酚类物质具有很好的抗氧化效果, 在改善动物肉质方面也有广泛的应用^[9,10], 而桉叶多酚在动物体内发挥效用的相关研究鲜有报道。试验选用胡须鸡作为实验对象, 这种鸡胸肌发达, 生长缓慢但肉质口感良好, 深受消费者欢迎。本文旨在探究桉叶多酚对胡须鸡肌肉抗氧化及其肉质变化的研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

胡须鸡由惠州兴泰现代农业有限公司龙华调理场提供。

桉叶多酚: 9~10月采于湛江的“广林9号”桉树叶, 自然阴干, 粉碎后取 40~60目桉叶粉末加入 7倍体积的 70%乙醇溶剂, 搅拌提取 2次, 每次 2h, 减压抽滤, 合并滤液, 减压旋转蒸发溶剂后, 喷雾干燥备用。

1.2 实验设计与分组

选取日龄 90d 左右体重相近、生长正常鸡的 324只, 随机分成 6处理组, 每组分 6个重复, 每个重复 9只鸡。组 A 为对照组, 基础日粮饲喂; 组 B, 在基础日粮中添加 0.6 g/kg 桉叶多酚; 组 C, 在基础日粮中添加 0.9 g/kg 桉叶多酚; 组 D, 在基础日粮中添加 1.2 g/kg 桉叶多酚; 组 E 为阳性对照组; 组 F, 基础日粮中添加 0.9 g/kg 桉叶多酚+阳性对照。饲养过程中自由采食, 采取相同饲养管理, 试验期 40d。试验日粮中养分含量均达或超过 NRC(1998)标准。

1.3 试验基础日粮与管理

表 1 基础日粮

Table 1 Basal diet

原材料	G/kg	原材料	G/kg
玉米	640	代谢能	2.96
次粉	20	/(mcal/kg)	
米糠	30	粗蛋白/%	15.5
豆粕	97	赖氨酸/%	0.65
花生麸	40	钙/%	1.19
		磷/%	0.57

玉米蛋白粉	20	钠/%	0.206
精制三虫粉	60	氯	0.196
CP45%			
石粉	15	钾	0.47
磷酸氢钙	13	蛋氨酸	0.25
大豆油	25	精氨酸	0.83
338 预混料 (4%)	40		

注: 预混料包括维生素 A, 15750 IU; 维生素 D, 3500 IU; 维生素 E 35 mg; 甲萘醌, 4.4 mg; 硫胺素, 3.5 mg; 核黄素, 10.5 mg; 维生素 B₆, 7 mg; 维生素 B₁₂, 35 mg; 尼克酸, 70 mg; 泛酸, 21 mg; 叶酸, 1.75 mg; 生物素, 0.175 mg。

试验期 40d, 试验饲养管理参照胡须鸡的日常饲养管理进行, 自由采食和饮水, 日常管理参照常规消毒, 保持清洁卫生, 并按常规免疫程序免疫。每天记录鸡生长温度、湿度, 每周记录饲料消耗情况。基础日粮见表 1。

1.4 样品采集与制备

饲养 40d 后, 各重复随机选取 2 只生长状况良好、体重相近的胡须鸡, 左颈静脉处将其屠宰致死, 同时采集血液样品, 室温倾斜放置 30 min, 常温下 3000 r/min 离心 10 min, 分离血清, 样品分装后立即置于冰盒中, 带回存放于 -80 °C, 用于后续指标的测定; 待胡须鸡屠宰致死倒挂 10 min, 将血放净, 而后迅速采集整条腿肌和完整胸肌, 置于液氮下保存, 用于后续指标测定; 当场测定 pH、肉色。

1.5 测量指标及其方法

1.5.1 生长性能^[11]

试验鸡分别于正试期开始以及 45d、饲养结束时空腹 12h 后称重, 统计在试验期间各重复组鸡的饲料消耗量, 计算平均日采食量、平均日增重和料肉比等。

(1) 平均日采食量: 试验期间, 以栏 (重复) 为单位每天记录各圈鸡的日供给量, 实验结束时统计剩料量。以整个试验周期耗料量来计算该重复鸡的平均日采食量。

平均日采食量=[总消耗量-(死淘鸡总重/料肉比)]/天数

(2) 平均日增重: 记录试验期每栏鸡的初始体重和屠宰前体重, 计算每只鸡平均日增重。

ADG=(鸡平均末重-鸡平均初重)/天数

(3) 料肉比: 根据日粮消耗总量和鸡增重量计算料肉比。计算方法如下:

FCR=总消耗量/(鸡总末重+死淘鸡总重-总初重)

1.5.2 肌肉抗氧化指标

(1) 超氧化物歧化酶 (SOD): 南京建成试剂盒测定。具体操作见试剂盒说明。

(2) 丙二醛 (MDA) 含量: 南京建成试剂盒测定。具体操作见试剂盒说明。

(3) 谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX): 南京建成试剂盒测定。具体操作见试剂盒说明。

(4) 总抗氧化能力 (T-AOC): 南京建成试剂盒测定。具体操作见试剂盒说明。

(5) 蛋白质定量 (BCA): 南京建成试剂盒测定。具体操作见试剂盒说明。

1.5.3 肉质指标

1.5.3.1 pH 值^[12]

鸡屠宰后 45 min 内, 取胸肌、腿肌肉样, 在其表面开口, pH 计直接插入该口以接触肌肉渗出的浆液, 测定 pH 值, 重复测定三次; 24 h 后, 同样方式测定胸肌、腿肌肉样 pH。

1.5.3.2 滴水损失^[13]

屠宰后, 肉样在 0~4 °C 冰箱中保存 24 h 后, 取胸肌、腿肌肉样, 切成形状大小相同的肉样, 记录重量(W₁)。用细铁丝钩住肉条的一端, 悬吊于一次性水杯中央, 外套一层保鲜袋并系紧袋口, 将肉条密封在杯内, 杯内留有充足的空间接收肉条渗出的水滴。在冰箱 4 °C 条件下悬挂保存 48 h 后, 去掉保鲜袋、细铁丝和一次性水杯, 用滤纸吸干肉条表面残留的水分, 然后称重(W₂)。

$$\text{滴水损失}(\%) = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100\%$$

1.5.3.3 肉色测定

采用色差计测定, 鸡屠宰后取胸肌和腿肌, 测定宰后 45 min 内肉样的 L*(亮度)、a*(红度)和 b*(黄度)。

1.5.3.4 肌肉脂肪酸组成^[14]

取冷冻干燥肉样 0.5 g(精确到 0.001 g), 加入苯-石油醚(苯-石油醚=1:1)混合溶液 2 mL 浸提 24 h, 再加入 0.4 mol/L 氢氧化钠甲醇溶液, 充分混匀, 取上清液过 0.22 μm 有机滤膜, 待用。

气相-质谱联用仪条件:

色谱柱 HB-5 极性弹性石英毛细管柱, 程序升温为进样口温度为 250 °C, 流速为 1.0 mL/min, 载气为高纯氦气 (>99.999%); 色谱柱初温 120 °C, 保持 5 min, 以 8 °C/min 的速率上升到 222 °C, 以 0.8 °C/min 的速率上升到 228 °C, 保持 0 min, 最后以 20 °C/min 的速率上升到 250 °C, 保持 2 min, 分流比为 30:1。

1.5.3.5 肌肉营养成分

(1) 水分含量: 参照中华人民共和国国家标准 GB 9695.15-88 《肉与肉制品水分含量测定》;

(2) 蛋白质含量: 参照中华人民共和国国家标准 GB 5009.5-2010 《食品中蛋白质的测定》;

(3) 肌内脂肪^[13]: 参照中华人民共和国国家标准 GB 9695.7-88 《肉与肉制品总脂肪含量测定》;

(4) 灰分: 参照中华人民共和国国家标准 GB 5009.4-2010 《食品中灰分的测定》。

1.6 数据分析与处理

数据用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析, 差异显著者进行 Duncan's 多重比较。结果用平均值±标准误差表示, 显著水平设置为 $p=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 生长性能

表 2 桉叶多酚对胡须鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of EPE on the growth performance in beard chicken

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+阳性对照组
F/G	5.51±0.36	5.51±0.28	5.47±0.23	5.28±0.23	5.6±0.28	5.5±0.43
ADG/(g/d)	9.93±0.93	9.81±0.76	10.53±0.59	10.57±0.23	9.87±0.86	10.07±0.33
ADFI/(g/d)	64.87±1.37	64.21±1.53	65.19±1.04	65.59±1.93	65.14±1.07	65.57±1.71

注: 同一测定时间不同组比较, 同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$), 同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

由表 2 可知, 在饲养 40 d 后, 桉叶多酚对胡须鸡料肉比、平均日增重以及平均日采食量等生长性能指标无显著影响 ($p>0.05$)。但是随着桉叶多酚添加量的提高, 料肉比呈现下降趋势, 1.2 g/kg 桉叶多酚组和对照组依次为 5.28±0.23 和 5.51±0.36, 下降了 4.36%; 同时 0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组胡须鸡的平均日增重比

对照组提高了 6.04%和 6.45%。各组间平均日采食量没有明显的变化, 提示桉叶多酚添加到肉鸡日粮中不影响其采食量, 有利于桉叶多酚下一步开发利用。

2.2 肌肉抗氧化指标

SOD、T-AOC、GSH-PX 和 MDA 常作为考察机

体抗氧化能力的指标^[15]。由表3可得,胸肌肌肉的SOD和T-AOC活力与对照组统计学上无显著性差异($p>0.05$),但是添加0.9 g/kg 桉叶多酚组SOD活力比对照组提高17.94%、比阳性对照组提高了11.37%,同时1.2 g/kg 桉叶多酚组的T-AOC活力相比对照组也有一定提升。此外,0.6、0.9和1.2 g/kg 桉叶多酚组胸

肌肌肉GSH-PX活力显著高于对照组($p<0.05$),分别提高了4.59%、44.50%和24.65%;0.9 g/kg 桉叶多酚组GSH-PX活力显著高于阳性对照组($p<0.05$),提高了66.52%。作为脂质过氧化指标之一的MDA,相对于对照组和阳性对照组,0.9 g/kg 桉叶多酚组胸肌肌肉MDA显著降低了25.40%和24.29% ($p<0.05$)。

表3 桉叶多酚对胡须鸡肌肉抗氧化的影响

Table 3 Effects of EPE on the antioxidant activity of beard chicken muscle

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚 +阳性对照组	
胸肌	SOD/(nmol/mg prot)	28.31±5.60	27.48±5.63	33.39±7.82	30.12±4.41	29.98±3.91	29.35±4.44
	T-AOC/(U/mg prot)	7.43±0.81	7.42±1.45	8.39±0.98	8.96±1.75	8.09±1.45	8.25±1.53
	GSH-PX/(U/mg prot)	127.77±24.61 ^b	133.64±30.06 ^{ab}	184.63±38.69 ^a	159.26±33.58 ^{ab}	110.87±9.47 ^b	192.24±22.12 ^a
	MDA/(nmol/mg prot)	13.74±1.79 ^b	11.26±0.93 ^{ab}	10.25±1.81 ^a	11.65±1.50 ^{ab}	13.54±1.36 ^b	10.60±2.04 ^a
腿肌	SOD/(nmol/mg prot)	35.34±4.83	34.09±5.35	37.92±6.13	37.88±3.23	36.58±3.89	37.77±4.69
	T-AOC/(U/mg prot)	18.56±2.16	19.24±1.26	20.88±3.32	21.34±3.24	19.49±2.14	19.99±2.15
	GSH-PX/(U/mg prot)	168.28±14.71 ^a	199.60±15.86 ^{ab}	245.27±31.56 ^b	268.78±39.76 ^b	218.20±31.05 ^{ab}	231.25±32.38 ^{ab}
	MDA/(nmol/mg prot)	12.17±2.19 ^a	10.27±0.85 ^{ab}	8.36±0.95 ^b	8.88±2.11 ^{ab}	9.31±1.02 ^{ab}	8.81±1.35 ^{ab}

注:同一测定时间不同组比较,同行肩标不同小写字母表示差异显著($p<0.05$),同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著($p>0.05$)。

腿肌的抗氧化指标也呈现相似的结果,添加0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组腿肌肌肉中SOD活力相对于对照组呈现上升趋势,分别提高了7.30%和7.19%;而1.2 g/kg 桉叶多酚组的T-AOC活力也比对照组提高了14.98%。相对于对照组,腿肌肌肉中GSH-PX活力和MDA含量均有显著变化($p<0.05$),其中0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组腿肌肌肉GSH-PX活力显著提升了45.75%和58.72%,0.9 g/kg 桉叶多酚组腿肌肌肉MDA

含量显著降低了31.30%。结果表明桉叶多酚对于胡须鸡肉质抗氧化性能有明显的提升作用,相似研究^[16]也指出植物多酚可以显著降低肉鸡血清MDA值,提高GSH-PX活力,从而提高机体的抗氧化能力并且抑制脂质过氧化。

2.3 肉质指标

2.3.1 桉叶多酚对胡须鸡肌肉pH的影响

表4 桉叶多酚对胡须鸡肌肉pH影响

Table 4 Effects of EPE on the pH of beard chicken muscle

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+阳性对照组	
胸肌	pH _{45min}	6.47±0.38	6.39±0.33	6.57±0.27	6.32±0.42	6.59±0.19	6.45±0.28
	pH _{24h}	5.57±0.15	5.64±0.12	5.65±0.11	5.55±0.20	5.60±0.21	5.65±0.20
腿肌	pH _{45min}	6.60±0.30	6.61±0.22	6.61±0.25	6.59±0.28	6.69±0.18	6.67±0.20
	pH _{24h}	5.65±0.23	5.64±0.18	5.68±0.22	5.72±0.21	5.69±0.21	5.64±0.17

注:同一测定时间不同组比较,同行肩标不同小写字母表示差异显著($p<0.05$),同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著($p>0.05$)。

pH值是肉品质测定时非常重要的指标之一,它直接影响肉品利用的许多过程,如保藏性和熟煮加工等^[16]。由表4可知,本实验测定胡须鸡采样后45 min内和24 h的肌肉pH值,结果表明0.6、0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组相对于空白组和阳性对照组无明显变化($p>0.05$),其实pH值对于肉品质来说属于中性指标,实际上处于正常的范围之内,过高或者过低对肉品质

有影响。

2.3.2 桉叶多酚对胡须鸡肌肉滴水损失的影响

滴水损失也是衡量鸡肉品质的重要指标之一,滴水损失越小,说明鸡肉系水力越高,肌肉表现为多汁、鲜嫩、表面干爽^[13]。由表5可得,不同浓度桉叶多酚组胡须鸡肌肉滴水损失与对照组无显著变化($p>0.05$)。已有研究指出,多酚类物质添加到畜禽日

粮时,添加量过多或者过少都有可能引起肉质的改变。徐晓娟^[17]研究报道日粮添加不同浓度茶多酚有降低青脚麻鸡滴水损失的趋势,需要在一定浓度水平下才能达到显著水平。Zhong R Z 等^[18]研究表明日粮添加

适量儿茶素有利于防止脂质过氧化,同时显著降低了肌肉滴水损失、改善肌肉 pH。这也提示动物日粮添加桉叶多酚达到一定浓度水平后才能呈现最佳降低滴水损失的效果。

表 5 桉叶多酚对胡须鸡肌肉滴水损失的影响 (%)

Table 5 Effects of EPE on the drip loss of beard chicken muscle

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+ 阳性对照组
胸肌	3.98±1.20	4.07±1.18	3.98±1.36	4.02±1.30	4.14±1.09	3.79±1.12
腿肌	3.90±0.09	3.95±1.51	3.87±1.45	4.20±1.02	3.82±0.80	3.72±1.09

注:同一测定时间不同组比较,同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$),同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

2.3.3 桉叶多酚对胡须鸡肌肉肉色的影响

表 6 桉叶多酚对胡须鸡肌肉肉色的影响

Table 6 Effects of EPE on the meat color of beard chicken muscle

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+ 阳性对照组
胸肌	亮度/L*	50.83±3.64	52.18±4.05	52.25±2.75	52.49±3.45	51.04±3.05
	红度/a*	4.83±0.58 ^b	5.96±0.89 ^a	5.27±1.15 ^{ab}	5.41±1.42 ^{ab}	5.44±1.26 ^{ab}
	黄度/b*	4.39±1.21	4.89±1.37	4.73±1.36	4.42±1.59	4.43±1.77
腿肌	亮度/L*	54.75±3.43	54.66±3.43	54.20±2.85	54.50±2.60	54.43±3.01
	红度/a*	6.90±1.43 ^b	8.58±1.66 ^a	8.31±1.64 ^a	8.48±1.63 ^a	8.09±2.14 ^{ab}
	黄度/b*	4.57±1.74	4.78±1.55	3.93±1.61	3.86±1.48	4.16±1.78

注:同一测定时间不同组比较,同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$),同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

由表 6 可得,各实验组胡须鸡胸肌和腿肌肉色中 L* (亮度)、b* (黄度) 无明显变化 ($p>0.05$); 此外,0.6 g/kg 桉叶多酚组胸肌肌肉 a* (红度) 显著高于对照组 ($p<0.05$),提高了 23.40%; 与对照组相比,0.6、0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组腿肌肌肉 a* (红度) 同样显著提高了 24.52%、20.60%和 23.07% ($p<0.05$)。腿肌

颜色普遍比胸肌红是因为两者肌肉中肌纤维的类型不同,腿肌红肌纤维含量较高,颜色偏红。肌肉肉色本质上是肌红蛋白和血红蛋白决定的,两者的含量、比例等因素变化,肉色就表现出不同的特征^[19]。姚波等^[20]报道添加茶多酚作为肉质改良剂能够有效改善肉色,显著改善系水力和降低滴水损失。

表 7 桉叶多酚对胡须鸡肌肉营养成分的影响

Table 7 Effects of EPE on the nutrient composition of beard chicken muscle

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+阳性对照组
胸肌	水分/%	69.34±2.38	69.98±0.80	71.41±1.54	69.15±0.85	71.33±1.65
	蛋白质/%	82.49±1.79	82.93±2.14	83.28±1.41	83.18±1.71	82.62±1.40
	肌内脂肪/%	4.84±1.13 ^b	5.66±0.98 ^{ab}	6.51±1.25 ^a	5.41±0.93 ^{ab}	5.22±1.25 ^{ab}
	灰分/%	1.39±0.06	1.41±0.20	1.45±0.04	1.45±0.06	1.50±0.17
腿肌	水分/%	69.46±1.25	72.40±1.43	71.51±2.71	69.73±2.12	69.78±1.93
	蛋白质/%	80.58±1.38	80.53±2.34	80.78±2.49	80.72±1.60	81.01±1.09
	肌内脂肪/%	6.66±1.20 ^b	8.09±0.93 ^{ab}	8.68±1.03 ^a	8.26±1.40 ^{ab}	6.91±1.32 ^{ab}
	灰分/%	1.33±0.13	1.37±0.12	1.36±0.14	1.36±0.08	1.33±0.06

注:同一测定时间不同组比较,同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$),同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

2.4 肌肉营养成分

由表 7 可知, 各试验组对肌肉水分含量、蛋白质含量、灰分含量无显著影响 ($p>0.05$), 桉叶多酚各组指标相对于对照组均有一定的提高, 表明其一定程度上促进肌肉积累有机物, 提高肌肉食用品质; 腿肌肌肉蛋白质和灰分含量同样呈现提高的趋势; 0.9 g/kg 桉叶多酚组对胡须鸡胸肌、腿肌肌肉脂肪均有显著提

高作用 ($p<0.05$), 提高比例分别为 34.50% 和 30.33%, 此外 0.6 g/kg 和 1.2 g/kg 桉叶多酚组胡须鸡腿肌肌肉脂肪统计学上没有达到显著水平, 但其提高比例分别为 21.47% 和 24.02%。这表明桉叶多酚有利于提高胡须鸡肌肉的肌内脂肪, 肌内脂肪沉积在肌肉的内肌膜上, 它能使结缔组织松散, 从而提高肌肉的多汁性和嫩度。

2.5 肌肉脂肪酸组成

表 8 桉叶多酚对胡须鸡胸肌脂肪酸组成 (%) 的影响

Table 8 Effects of EPE on the fatty acid composition of breast muscle (%) of beard chicken

组别	对照组	0.6g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚 +阳性对照组
十四酸	0.55±0.10	0.56±0.25	0.55±0.11	0.54±0.13	0.56±0.09	0.59±0.15
棕榈酸	22.52±2.25	19.86±3.65	22.98±5.70	25.01±2.28	24.44±0.47	24.00±33.94
棕榈油酸	4.13±1.27	4.24±0.70	4.59±1.52	4.44±0.19	4.28±0.82	4.81±1.80
硬脂酸	8.22±2.41	8.22±0.95	8.12±1.94	8.38±1.50	8.89±0.24	8.26±0.55
油酸	31.63±3.17	32.12±1.54	31.88±3.89	31.23±2.01	31.71±2.83	30.34±1.79
亚油酸	27.63±4.73	29.48±5.17	26.68±5.65	24.81±3.25	25.36±1.93	26.56±3.39
亚麻酸	3.74±1.01	3.84±0.56	3.54±1.23	3.91±0.97	3.18±0.76	3.75±0.26
花生四烯酸	1.58±0.34	1.68±0.57	1.66±0.50	1.68±0.12	1.58±0.17	1.69±0.25
SFA	31.28±4.63	28.3±4.91	31.65±7.38	33.93±3.32	33.89±0.67	32.85±4.15
UFA	68.72±4.63	71.70±4.91	68.35±7.38	66.07±3.32	66.11±0.67	67.15±4.15

注: 同一测定时间不同组比较, 同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$), 同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

由表 8 可知, 相比于阳性对照组, 0.6、0.9 和 1.2 g/kg 桉叶多酚组胸肌虽然统计学上没有达到显著水平 ($p>0.05$), 但是亚油酸、亚麻酸以及花生四烯酸都有一定的提高, 研究发现亚油酸和亚麻酸作为多不饱和

脂肪酸, 对肉制品烹调过程中香味产生有重要作用, 同时它们既是人体的必须脂肪酸, 又起到降脂降压等作用^[21,22]。这也表明桉叶多酚对胡须鸡肌肉脂肪酸组成有积极影响, 改善了肉质品质。

表 9 桉叶多酚对胡须鸡腿肌脂肪酸组成 (%) 的影响

Table 9 Effects of EPE on the fatty acid composition of thigh muscle (%) of beard chicken

组别	对照组	0.6 g/kg 桉叶多酚组	0.9 g/kg 桉叶多酚组	1.2 g/kg 桉叶多酚组	阳性对照组	0.9 g/kg 桉叶多酚+ 阳性对照组
十四酸	1.35±0.15	1.23±0.27	1.39±0.42	1.37±0.28	1.47±0.27	1.42±0.27
棕榈酸	28.75±2.11 ^{bcd}	25.52±4.27 ^d	28.46±1.63 ^{cd}	31.24±3.77 ^{abc}	33.20±2.12 ^{ab}	34.57±2.49 ^a
棕榈油酸	5.55±2.07	5.31±1.72	5.94±1.09	5.61±0.75	5.60±1.11	5.24±0.66
硬脂酸	9.29±0.87	9.62±0.79	9.03±2.06	9.11±0.54	8.50±1.30	8.24±0.27
油酸	30.89±2.08 ^{ab}	33.15±2.22 ^a	30.25±1.33 ^{ab}	29.05±2.16 ^b	27.84±0.39 ^b	28.07±1.45 ^b
亚油酸	21.00±1.28	21.89±2.77	21.16±0.44	20.29±1.07	20.23±2.58	19.09±0.85
亚麻酸	1.44±0.07 ^b	1.70±0.10 ^{ab}	1.91±0.29 ^a	1.40±0.26 ^b	1.39±0.30 ^b	1.61±0.12 ^{ab}
花生四烯酸	1.73±0.05	1.58±0.46	1.85±0.33	1.94±0.26	1.78±0.66	1.76±0.37
SFA	39.39±2.62 ^{abcd}	36.37±3.49 ^d	38.22±1.48 ^{cd}	41.72±3.79 ^{abc}	43.16±1.55 ^{ab}	44.23±2.67 ^a
UFA	60.61±2.62 ^{abc}	63.63±3.49 ^a	61.78±1.48 ^{ab}	58.28±3.79 ^{bc}	56.84±1.55 ^c	55.77±2.67 ^c

注: 同一测定时间不同组比较, 同行肩标不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$), 同行数据无肩标或肩标字母有相同表示差异不显著 ($p>0.05$)。

由表 9 可知,0.6 g/kg 桉叶多酚组胡须鸡腿肌肌肉油酸相对于对照组显著提高了 19.07% ($p<0.05$), 0.9 g/kg 桉叶多酚组腿肌肌肉中亚麻酸的相对含量显著高于对照组和阳性对照组 ($p<0.05$), 提高了 32.63%和 37.42%; 与阳性对照相比, 0.6 g/kg 桉叶多酚组肌肉中饱和脂肪酸含量显著下降、不饱和脂肪酸显著增高 ($p<0.05$), 不饱和脂肪酸最高增加了 11.95%。此外, 0.9、1.2 g/kg 桉叶多酚组花生四烯酸相对含量为 1.85 ± 0.33 和 1.94 ± 0.26 , 相比于对照组呈现明显上升趋势。肌肉脂肪酸也是一个重要的肉质指标, 作为细胞和脂肪组成成分, 脂肪酸组成和种类对脂肪组织理化性质和肉质风味有重要影响^[23]。本次试验结果表明桉叶多酚显著改善了肌肉脂肪酸组成, 提高了不饱和脂肪酸的含量, 降低了饱和脂肪酸含量, 提高了肉质品质。

3 结论

3.1 本研究表明, 桉叶多酚可以提高胡须鸡肌肉的抗氧化性能, 这可能与多酚激活机体内 SOD 等抗氧化酶及其相关转录系统紧密相关, 显著增强机体抗氧化能力。日粮添加多酚和其他一些抗氧化物可以保护细胞不受自由基损伤。本次试验中桉叶多酚试验组对胡须鸡肌肉 pH、滴水损失影响虽没有达到显著水平, 但是有一定降低肌肉滴水损失的作用。此外, 桉叶多酚可以显著改善胡须鸡肌肉肉色中 a^* (红度)。

3.2 肌肉组织在受热过程中产生的香气物质, 部分是由肌内脂肪产生的, 它是一种重要的风味前体物质, 因此肌内脂肪含量是评价肌肉品质的重要指标。本次试验表明桉叶多酚能够显著提高肌肉中肌内脂肪的含量, 它与肌肉多汁性和嫩度等都有相关性。此外, 桉叶多酚也显著改善肌肉脂肪酸组成, 提高油酸、亚麻酸相对含量; 研究表明, 不饱和脂肪酸可以从营养代谢、疾病防治等各个方面发挥对机体的保护作用, 特别是亚油酸和亚麻酸等不饱和脂肪酸。

3.3 综上所述, 桉叶多酚显著提高肌肉的 GSH-PX 活力, 降低了 MDA 值, 显著提高了胡须鸡机体的抗氧化能力。同时, 其显著改善了肉色、肌内脂肪和脂肪酸组成等肌肉肉质品质指标, 表明桉叶多酚可以提高肌肉抗氧化性能, 改善肉质品质。

参考文献

[1] Cimanga K, Kambu K, Tona L, et al. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the democratic republic of congo [J]. J. Ethnopharmacol, 2002,

79(2): 213-220

- [2] 鲍贝. 在澳洲[J]. 名作欣赏, 2012, 16: 120-124
BAO Bei. In Australia [J]. Journal of Appreciation, 2012, 16: 120-124
- [3] Hasegawa T, Takano F, Takata T, et al. Bioactive monoterpene glycosides conjugated with gallic acid from the leaves of *Eucalyptus globulus* [J]. Phytochemistry, 2008, 69(3): 747-753
- [4] Moure A, Cruz J M, Franco D, et al. Natural antioxidants from residual sources [J]. Food Chemistry, 2001, 72(2): 145-171
- [5] Rauha J P, Remes S, Heinonen M, et al. Antimicrobial effects of finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 56(1): 3-12
- [6] Widowati W, Wijaya L, Wargasetia T, et al. Antioxidant, anticancer, and apoptosis-inducing effects of Piper extracts in hela cells [J]. Journal of Experimental & Integrative Medicine, 2013, 3(3): 225-230
- [7] 汤杰, 赵力超, 陈洪璋, 等. 桉叶提取物与常用抗氧化剂活性比较研究[J]. 食品科技, 2013, 8: 247-251
TANG Jie, ZHAO Li-chao, CHEN Hong-zhang, et al. Comparison of antioxidant activities for eucalyptus leaf extract with common antioxidants [J]. Food Science and Technology, 2013, 8: 247-251
- [8] 王俊亮, 肖苏尧, 陈运娇, 等. 广林 9 号桉叶多酚抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(1): 20-24
WANG Jun-liang, XIAO Su-yao, CHEN Yun-jiao, et al. Antioxidant activity of polyphenol extracts from leaves of *E. grandis* × *E. urophylla* Guanglin No. 9 [J]. Food Science, 2012, 33(1): 20-24
- [9] 王红芹. 茶多酚和维生素 E 对肉仔鸡抗氧化性能的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(8): 4588-4589
WANG Hong-qin. Effect of tea polyphenols and vitamin E on antioxidant status in broilers [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(8): 4588-4589
- [10] 李红, 董硕, 熊颖, 等. 板栗总苞多酚对 AA 肉鸡生长、抗氧化性能影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(4): 788-795
LI Hong, DONG Shuo, XIONG Ying, et al. Effect of chestnut involucre polyphenols on growth performance and antioxidant properties of AA broilers [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 48(4): 788-795
- [11] 冯玉升. 啤酒花渣对肉仔鸡饲用效果的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007
FENG Yu-sheng. Studies on the feeding effects of hop

- residue supplement in broilers [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2007
- [12] 李卫春.日粮中添加高水平的硒与茶多酚对肉鸡生产性能、肉品质和肌肉抗氧化的影响研究[D].咸阳:西北农林科技大学,2008
- LI Wei-chun. Effect of high level of dietary tea polyphenols and selenium on growth performance, meat quality and antioxidant status of broilers [D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2008
- [13] 刘彦慈.中草药饲料添加剂对肉仔鸡生产性能及肉质风味的影响[D].保定:河北农业大学,2004
- LIU Yan-ci. Effects of Chinese herb medicine feed additive on performance, meat quality and flavour by broilers [D]. Baoding: Animal Nutrition and Feed Science, 2004
- [14] 丁景华.三颗针提取物对肉仔鸡生长、抗氧化功能及肉品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2006
- DING Jing-hua. Studies of berberis abstract on growth, antioxidant function and meat quality of broilers [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2006
- [15] 杨耀翔,杨玉,董晓芳,等.苜蓿多糖对不同性别肉仔鸡生长性能、屠宰性能、肉品质及抗氧化性能的影响[J].动物营养学报,2017,2:488-501
- YANG Yao-xiang, YANG Yu, DONG Xiao-fang, et al. Studies of alfalfa polysaccharides on growth performance, slaughtering, meat quality and antioxidant function of different gender broilers [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2017, 2: 488-501
- [16] 蒋步云.植物多酚对黄羽肉鸡抗氧化性能及肉品质影响的研究[D].长沙:湖南农业大学,2014
- JIANG Bu-yun. Effects of botanical polyphenol on antioxidant capacity and meat quality of yellow broilers [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2014
- [17] 徐晓娟,蔡海莹,张磊,等.日粮中添加茶多酚对青脚麻鸡生长性能、胴体品质和血脂的影响[J].中国饲料,2011,10:30-33
- XU Xiao-juan, CAI Hai-ying, ZHANG Lei, et al. Effect of dietary tea polyphenols on growth performance, meat quality, blood lipids of Qingjiaoma broilers [J]. China Feed, 2011, 10: 30-33
- [18] Zhong R Z, Tan C Y, Han X F, et al. Effect of dietary tea catechins supplementation in goats on the quality of meat kept under refrigeration [J]. Small Ruminant Research, 2009, 87(1-3): 122-125
- [19] 张诚.冻藏及反复冻融对文昌鸡肉品质的影响[D].海口:海南大学,2014
- ZHANG Cheng. Influence of frozen storage and freeze-thawing cycles on the quality of Wenchang chicken [D]. Haikou: Hainan University, 2014
- [20] 姚波,屠幼英,王春花.茶多酚作为育肥猪天然肉质改良剂的应用研究[J].饲料工业,2015,36(20):12-14
- YAO Bo, TU You-ying, WANG Chun-hua. Application of tea polyphenols as natural meat modifier on finishing pig [J]. Feed Industry, 2015, 36(20): 12-14
- [21] Ma X, Jiang Z, Lai C. Significance of increasing n-3 PUFA content in pork on human health [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016, 56(5): 858-870
- [22] 于昱,袁纓.多不饱和脂肪酸的营养研究[J].中国饲料,2003, 24:21-23
- YU Yu, YUAN Ying. Nutrition research of polyunsaturated fatty acids [J]. China Feed, 2003, 24: 21-23
- [23] Valsta L M, Tapanainen H, Mannisto S. Meat fats in nutrition [J]. Meat Science, 2005, 70(3SI): 525-530