

日粮添加茶多酚对肉鸡生产性能及肌肉抗氧化性能的影响

李卫春¹, 焦卫民², 刘福柱¹, 牛竹叶¹, 高玉鹏¹, 吴艳丽¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 韩城市畜牧兽医站, 陕西 韩城 715400)

[摘要] 【目的】探讨日粮中添加茶多酚对肉鸡生产性能及抗氧化性能的影响。【方法】将21日龄健康艾维骨肉鸡180只随机分为3组(公母各半), 日粮分别添加0(对照组(I)), 200(试验组(II)), 400(试验组(III)) mg/kg茶多酚, 试验期为21 d。42日龄时每组重复抽取4只鸡(公母各半)采血并取胸肌, 测定超氧化物歧化酶(T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)和过氧化氢酶(CAT)活性及血浆和胸肌4℃冷藏1, 3, 5, 7, 9 d时的丙二醛(MDA)含量, 并测定总增重、料肉比和全净膛重。【结果】日粮中添加不同水平的茶多酚, 均能提高肉鸡的生产性能和屠体性能, 但差异不显著($P>0.05$)。试验组公、母鸡血浆中的CAT活性均显著高于对照组($P>0.05$), 公、母鸡的GSH-PX活性和公鸡的T-SOD活性均显著高于对照组($P<0.05$), 母鸡的T-SOD活性显著低于对照组($P<0.05$)。试验组公、母鸡胸肌中的GSH-PX和母鸡的T-SOD活性高于对照组, 试验组公鸡的T-SOD活性低于对照组, 但差异均不显著($P>0.05$); 试验III组公鸡胸肌中的CAT活性显著高于对照组($P<0.05$), 但母鸡的CAT活性显著低于对照组($P<0.05$)。胸肌冷藏7 d后, 试验II、III组公、母鸡胸肌中时MDA含量显著低于对照组($P<0.05$); 冷藏9 d后, 试验组和对照组鸡的MDA含量均较冷藏7 d时有所下降。【结论】茶多酚能降低料肉比, 提高胸肌和血浆中的抗氧化物酶活性, 降低MDA含量, 且添加茶多酚对肉鸡生产性能和肌肉抗氧化性能的影响存在性别差异。

[关键词] 茶多酚; 肉仔鸡; 抗氧化物酶; 丙二醛

[中图分类号] S831.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2008)11-0016-05

Effect of dietary supplementation of tea catechins on growth performance and antioxidant of chicken muscle

LI Wei-chun¹, JIAO Wei-min², LIU Fu-zhu¹, NIU Zhu-ye¹, GAO Yu-peng¹, WU Yan-li¹

(1 College of Animal Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 Hancheng Animal and Veterinary station, Hancheng, Shaanxi 715400, China)

Abstract: 【Objective】The effect of supplementation of dietary tea catechins (TC) on growth performance and antioxidant performance was evaluated. 【Method】180 21-day-old broilers were randomly divided into three treatments and 0(Control I), 200 (Experiments II), 400 (Experiments III) mg/kg TC was fed for 21 d respectively. 42-day-old broilers were slaughtered for blood drawing. Breast meat sample and plasma of the antioxidant enzymes and Malondialdehyde(MDA) were measured on the 1st, 3rd, 5th, 7th and 9th d when the samples were stored at 4℃. The enzymes included superoxide dismutase (T-SOD), glutathione peroxidase(GSH-PX), catalase(CAT). Gain weight, intake feed and feed-gain rate were measured, too. 【Result】The differences were not significant ($P>0.05$), though the supplementation of different levels of

* [收稿日期] 2007-12-05

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD12B02-07)

[作者简介] 李卫春(1980-), 女, 山东日照人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: liweichun8003@163.com

[通讯作者] 刘福柱(1963-), 男, 陕西神木人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事动物生物技术与营养学研究。
E-mail: liufuzhu@vip.sina.com

tea catechins could enhance the growth and slaughter performance. The chicken's CAT activity was significantly higher than that of control groups in blood ($P>0.05$). The activity of GSH-PX and T-SOD was significantly higher than that of control groups ($P<0.05$), except for female-chicks T-SOD in blood and verse. In breast meat, the activity of GSH-PX and T-SOD was significantly higher than that of the control ($P<0.05$), except for male-chicks T-SOD and verse; the activity of CAT in male III was significantly higher than that of control groups ($P<0.05$), but that of the female was significantly lower than that of control group ($P<0.05$). Storage on 7th day at 4 °C, MDA of the experiment groups was significantly lower than that of control groups ($P<0.05$), and declined on the 9th day. 【Conclusion】 Tea catechins can increase body gain, decrease feed-meat ratio and the MDA value, and improve the activity of antioxidant enzyme, and gender differences exist in TC diet in the effects on the growth performance and antioxidant of chicken muscle.

Key words: tea catechins; broiler; antioxidant enzyme; MDA (Malondialdehyde)

肉类营养丰富,是人类不可缺少的食物资源。随着人们生活条件的改善,冷却肉逐渐成为消费主流,但保存不当易变质腐败,从而影响肉的外观和营养价值。因此,从 20 世纪 50 年代以来,食品抗氧化剂得到广泛运用,其中 2,6-二叔甲基苯酚^[1](BHT)、叔丁基茴香醚^[2-3](BHA)和 3-丁基氢醌(TBHQ)已经应用了 50 多年。但 Branen 提出^[4],这些抗氧化剂很可能具有毒性,而且可能对生物体产生诱变而致癌。近些年来,天然安全的抗氧化剂被广泛接受,Tang 等^[5]报道,在肉鸡饲料中添加 300 mg/kg 维生素 E 饲喂 28 d,在火鸡饲料中添加 500 mg/kg 维生素 E 饲喂 13 周,均能有效提高肉质的抗氧化性。茶多酚是茶叶中的多酚类混合物,有降压、降低胆固醇含量及抗癌等功效^[6],其抗氧化性能优于维生素 E。茶多酚有良好的脂质抗氧化能力^[7],这在肥育猪饲养上已有报道^[8];Tang 等^[9]研

究认为,肉鸡饲喂茶多酚能抑制组织中的脂质氧化,但在鸡肉组织中并未检测到茶多酚的沉积。另外,前人研究中也未提及是否由于茶多酚的活性基团提高了抗氧化酶的活性,从而提高了组织的抗氧化性。为此,本试验试图在肉鸡饲料中添加不同水平的茶多酚,以评估对肉鸡抗氧化性能的影响。

1 材料与方法

1.1 试验分组与基础日粮营养水平

健康 1 日龄 AA 商品肉鸡常规饲养至 21 日龄,选取 180 只个体,随机分成 I、II、III 3 组,每组 60 只,公母各半。每组 3 个重复,每重复 20 只。其中 I 为对照组,II、III 组为试验组。

对照组饲喂基础日粮(表 1),试验 II、III 组分别在对照组日粮基础上添加 200 和 400 mg/kg 的茶多酚(褐色粉末状,质量分数大于 40%)。

表 1 基础日粮配方及其营养水平

Table 1 Ingredients and nutrient level of basal diets

原料配方 Ingredient	组成/(g·kg ⁻¹) Composition of diets		营养水平 Nutrient level	含量 Content	
	0~3 周	4~6 周		0~3 周	4~6 周
	0~3 week	4~6 week		0~3 week	4~6 week
玉米 Corn	560.10	625.00	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)ME	12.60	12.77
豆粕 Soybean meal	311.00	290.00	粗蛋白/(g·kg ⁻¹)CP	218.50	192.50
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	30.00	10.00	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹)Met	3.50	2.90
玉米油 Corn oil	30.00	30.00	有效磷/(g·kg ⁻¹)P	4.30	3.70
鱼粉 Fish meal	30.00	10.00	Ca/(g·kg ⁻¹)	10.60	9.00
碳酸氢钙 CaHPO ₄	12.50	10.00			
石粉 Limestone	12.60	12.00			
食盐 Salt	3.80	3.00			
预混料 Premix	10.00	10.00			

注:每 kg 预混料中含 Fe 80 mg,Cu 8 mg,Mn 60 mg,Zn 40 mg,I 0.35 mg,Se 0.15 mg,维生素 A 11 000 IU,维生素 D₃ 2 200 IU,维生素 E 22 mg,维生素 K₃ 3.7 mg,维生素 B₁ 2.2 mg,维生素 B₂ 6.6 mg,维生素 B₆ 4.5 mg,维生素 B₁₂ 0.02 mg,烟酸 44 mg,泛酸钙 13.5 mg,叶酸 1.1 mg,生物素 0.13 mg。营养水平均为计算测值。

Note: The vitamin/mineral premix includes (per kg feed): Fe, 80 mg; Cu, 8 mg; Mn, 60 mg; Zn, 40 mg; I, 0.35 mg; Se, 0.15 mg; Vitamin A, 11 000 IU; Vitamin D₃ 2 200 IU; Vitamin E 22 mg; Menadione, 4.4 mg; Thiamine, 2.2 mg; Riboflavin, 6.6 mg; Vitamin B₆, 4.5 mg; Vitamin B₁₂, 0.02 mg; Nicotinic acid, 44 mg; Calcium pantothenate, 13.5 mg; Folic acid, 1.1 mg; Biotin, 0.13 mg. Nutrition level computed value.

1.2 饲养管理

试验于 2007-04-12~2007-05-25 在西北农林科技大学畜牧站种鸡场进行。饲养期 42 d, 其中试验期 21 d。

在整个饲养试验中, 采用双层笼养, 炉火升温, 粉料饲喂, 自由采食、饮水。第 1 周舍内温度维持在 32~35 ℃, 以后每周降低 2~3 ℃, 至室温在 25 ℃ 左右。舍内湿度维持在 60%~65%, 并按《艾维因肉鸡饲养手册》免疫程序进行免疫。粪便及时清理, 保持舍内清洁卫生, 通风良好。

1.3 测定指标及其方法

42 日龄时, 每重复抽取 4 只鸡, 公、母各 2 只, 空腹 12 h 后称重, 翅下静脉采血, 立即采集血液离心取血浆, 分装置于 -70 ℃ 冰箱, 待测其抗氧化酶活性和 MDA 含量。后屠宰, 取右胸肌 20 g 放于液氮罐, 移入 -70 ℃ 超低温冰箱, 用于检测抗氧化酶(T-SOD、GSH-PX、CAT)活性; 其余右胸肌放

于 4 ℃ 冰箱, 分别在冷藏 1, 3, 5, 7, 9 d 时测肉中的 MDA 含量。采用试剂盒测定胸肌和血浆中的抗氧化酶活性和 MDA 含量, 试剂盒购于南京建成生物研究所。试验数据以“平均值±标准差”表示, 所得数据用 SPSS 12.0 软件进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 日粮添加茶多酚对肉鸡生产及屠体性能的影响

由表 2 可以看出, 试验 II、III 组肉鸡的体增重和料肉比均低于对照组, 但差异不显著 ($P>0.05$); 试验 II、III 组肉鸡的活重和全净膛重均高于对照组, 但差异也不显著 ($P>0.05$); 公鸡的腹脂率高于对照组, 其中试验 II 组略高于试验 III 组, 各组间差异不显著 ($P>0.05$); 试验 II 组母鸡的腹脂率低于对照组, 而试验 III 组高于对照组, 各组间的差异也均不显著 ($P>0.05$)。

表 2 日粮添加茶多酚对肉鸡屠体及生产性能的影响

Table 2 Effect of dietary tea catechins on broiler slaughter and growth performance

性别 Sex	组别 Group	活重/kg Final body gain	全净膛重/kg Body gain	腹脂率/% Abdominal fat	全期增重/kg Final gain	全期耗料/kg Feed intake	料肉比 Feed : gain
公 Male	I (CK)	2.06±0.13	1.50±0.43	1.12±0.15	38.80±1.43	77.12±17.13	2.01
	II	2.10±0.10	1.54±0.05	1.33±0.20	33.75±1.39	67.47±13.72	1.97
	III	2.08±0.08	1.52±0.06	1.28±0.38	33.19±1.28	66.35±10.53	1.95
母 Female	I (ck)	1.73±0.17	1.24±0.14	1.72±0.37	33.79±1.13	67.74±15.11	1.88
	II	1.89±0.04	1.38±0.06	1.59±0.38	31.92±1.29	62.31±14.39	1.85
	III	1.87±0.08	1.37±0.08	1.97±0.38	31.55±1.07	61.55±13.57	1.84

2.2 日粮添加茶多酚对肉鸡血浆和胸肌中抗氧化酶活性的影响

2.2.1 GSH-PX 活性 由表 3 可以看出, 试验 II、III 组公鸡血浆中的 GSH-PX 活性显著高于 ($P>0.05$) 对照组, 试验 II 组又显著高于试验 III 组 ($P<0.05$)。试验 II、III 组母鸡血浆中的 GSH-PX 活性显著高于 ($P<0.05$) 对照组, 试验 III 组高于试验 II 组, 但差异不显著 ($P>0.05$)。各组公、母鸡胸肌中的 GSH-PX 活性差异不显著 ($P>0.05$), 但以试验 II、III 组稍高于对照组。

2.2.2 T-SOD 活性 由表 3 可知, 试验 II、III 组公鸡血浆中的 T-SOD 活性显著高于对照组 ($P<0.05$), 其中试验 II 组又高于试验 III 组, 但差异不显著 ($P>0.05$)。试验 II、III 组母鸡血浆中的 T-SOD 活性显著低于对照组 ($P<0.05$), 其中试验 II 组高于试验 III 组, 但差异也不显著 ($P>0.05$); 试验 II、III 组公鸡胸肌中的 T-SOD 活性稍低于对照组 ($P>0.05$), 母鸡胸肌中的 T-SOD 活性稍高于对照组

($P>0.05$)。

2.2.3 CAT 活性 由表 3 可知, 试验 II、III 组公鸡血浆中的 CAT 活性显著高于对照组 ($P<0.05$), 其中试验 III 组又显著高于试验 II 组 ($P<0.05$); 试验 II、III 组母鸡血浆中的 CAT 活性显著高于对照组 ($P<0.05$), 其中试验 II 组又高于试验 III 组, 但差异不显著 ($P>0.05$)。试验 III 组公鸡胸肌中的 CAT 活性显著高于对照组和试验 II 组 ($P<0.05$), 其中试验 II 组稍低于对照组 ($P>0.05$); 试验 III 组母鸡胸肌中的 CAT 活性显著低于对照组和试验 II 组 ($P<0.05$), 而试验组又稍高于对照组 ($P>0.05$)。

2.3 日粮添加茶多酚对肉鸡血浆和 4 ℃ 冷藏肉中 MDA 含量的影响

由表 4 可知, 试验 II、III 组公、母鸡血浆中的 MDA 含量与对照组差异均不显著 ($P>0.05$)。公、母鸡胸肌于 4 ℃ 冷藏 7 d 时, 试验 II、III 组的 MDA 含量显著低于对照组 ($P<0.05$); 冷藏 9 d 时, 各组胸肌中的 MDA 含量均较冷藏 7 d 时有所下降。

表 3 日粮添加茶多酚对肉鸡血浆和肌肉抗氧化酶活性的影响

Table 3 Effect of dietary tea catechins on antioxidantase plasma and chicken meat

性别 Sex	组别 Group	血浆抗氧化酶/(U·mL ⁻¹) Plasma antioxidantase			胸肌抗氧化酶/(U·mg ⁻¹) Antioxidase in meat of breast		
		GSH-PX	T-SOD	CAT	GSH-PX	T-SOD	CAT
公 Male	I (CK)	418.75±198.53 a	266.87±69.97 a	1.01±0.32 a	117.65±2.87 a	214.93±1.77 a	0.06±0.02 a
	II	1337.50±49.61 b	360.30±26.62 b	1.77±0.68 b	122.04±10.93 a	214.27±2.85 a	0.05±0.01 a
	III	1075.00±363.15 c	304.50±113.93 b	2.85±0.43 c	141.57±67.23 a	214.75±12.7 a	0.08±0.01 b
母 Female	I (CK)	833.33±222.23 a	267.18±71.73 a	1.38±0.93 a	158.36±24.32 a	207.62±16.88 a	0.09±0.02 a
	II	1190.63±190.63 b	239.12±63.56 b	2.29±0.89 b	160.75±21.74 a	220.06±14.59 a	0.10±0.04 a
	III	1472.92±204.47 b	230.72±50.87 b	2.17±0.63 b	159.87±19.98 a	222.20±26.38 a	0.06±0.04 b

注:同一性别、同列数据后标不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: In the same sex, different small letters in the same column mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 4 日粮添加茶多酚对肉鸡血浆和 4℃ 冷藏肉中 MDA 含量的影响

Table 4 Effect of dietary tea catechins on MDA plasma and chilled chicken meat at 4℃

性别 Sex	组别 Group	胸肌 MDA/(nmol·mg ⁻¹) Breast meat MDA					血浆 MDA/ (nmol·mL ⁻¹) Plasma MDA
		1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	
公 Male	I (CK)	0.29±0.12 a	0.33±0.22 a	0.37±0.12 a	0.67±0.19a	0.31±0.14 a	2.87±0.56 a
	II	0.27±0.04 a	0.35±0.15 a	0.44±0.21 a	0.36±0.16b	0.43±0.20 a	2.92±0.37 a
	III	0.22±0.01 a	0.38±0.52 a	0.56±0.14 a	0.28±0.09b	0.44±0.11 a	2.41±0.85 a
母 Female	I (ck)	0.26±0.05 a	0.55±0.28 a	0.47±0.37 a	0.57±0.14a	0.52±0.25 a	2.45±0.29 a
	II	0.27±0.02 a	0.31±0.15 a	0.29±0.23 a	0.43±0.07b	0.30±0.13 a	2.59±0.53 a
	III	0.24±0.04 a	0.30±0.19 a	0.36±0.09 a	0.36±0.03b	0.32±0.15 a	2.27±0.63 a

3 讨论

3.1 茶多酚对肉鸡生产性能的影响

在本次试验条件下,日粮中添加茶多酚对肉鸡的生产性能有改善作用($P>0.05$)。曹兵海等^[10]报道,在肉仔鸡日粮中添加 0.4% 的茶多酚,对肉仔鸡的增重、料肉比等有改善作用($P>0.05$),本试验与此研究结果基本一致。但刘晓华等^[11]研究认为,日粮中添加茶多酚可使 4~6 周龄肉鸡的生产性能得到显著提高($P<0.05$);王妍琪等^[12]报道,茶多酚对 4~6 周龄肉鸡的生产性能有促进作用,能提高肉仔鸡的采食量和日增重,降低料肉比($P<0.05$)。本试验结果与以上研究结果存在差异,可能与肉鸡的品种及茶多酚的添加水平不同有关。

3.2 茶多酚对抗氧化物酶活性的影响

GSH-PX 是细胞内 H₂O₂ 和脂质自由基的清除剂。SOD 是自由基损害的主要防御酶,其重要意义在于清除 H₂O₂ 和 OH⁻ 的前身 O₂⁻,从而保护细胞不受毒性氧自由基的损伤。因此,其活力可以反映机体清除氧自由基的能力。测定 SOD 可以判断组织内的自由基水平及脂质过氧化程度。SOD 和 GSH-PX 两种酶不但能协同减弱自由基的损伤效应,而且相互间还起着保护作用。

茶多酚可以诱导抗氧化酶,如谷胱甘肽转移酶、GSH-PX 和 SOD 的生成^[13]。Masella 等^[14]也研

究认为,茶多酚能激活体内抗氧化酶及其转录系统,从而提高机体的抗氧化能力。王妍琪等^[12]报道,肉鸡日粮中添加茶多酚可极显著提高其血清中的 GSH-PX 活性($P<0.01$)。本试验结果表明,日粮中添加茶多酚后,公、母鸡血浆中的 GSH-PX 活性均显著高于对照组($P<0.05$),胸肌中的 GSH-PX 活性稍高于对照组,与以上试验结果基本一致。

日粮中添加茶多酚可诱导肉鸡体内 SOD 的生成^[13],提高肉鸡血清中的 SOD 活性^[12], Tang 等^[15]研究认为,这可能与茶多酚提高了机体内维生素 E 的沉积有关。维生素 E 能有效提高 SOD 的活力^[16]。本试验结果显示,日粮中添加茶多酚和硒后,公鸡血浆中的 T-SOD 活力显著高于对照组($P<0.05$),这与以上研究结果基本一致。但母鸡血浆中的 T-SOD 活力显著低于对照组($P<0.05$),这与以上研究结果不同。Tang 等^[15]还报道,肉鸡日粮中添加纯度为 40% 茶多酚的剂量大于 300 mg/kg 时,机体抗氧化能力有所下降,这可能是由于高剂量的茶多酚改变了机体的抗氧化机理。因此作者认为,公、母鸡血浆中 T-SOD 活力的差异与肉鸡性别有关,可能是公、母鸡对茶多酚添加剂量的耐受程度不同所致。

CAT 能分解 H₂O₂ 以减少机体受自由基的侵害,保护细胞膜的完整性。Udaya 等^[17]研究认为,茶多酚能提高 CAT 的活性,可有效地清除氧自由

基。本研究结果显示,试验Ⅲ组公、母鸡血浆中的 CAT 活力显著高于对照组($P < 0.05$),这与以上试验结果基本一致。试验Ⅲ组公鸡胸肌中的 CAT 活性显著高于对照组($P < 0.05$),而试验Ⅲ组母鸡胸肌中的 CAT 活性却显著低于对照组($P < 0.05$),这一差异可能与肉鸡性别有关。试验Ⅱ组与对照组差异不显著。

3.3 茶多酚对 MDA 含量的影响

测试 MDA 含量可以反映脂质过氧化程度,间接反映细胞受损伤程度,还可以判断肉的新鲜度。茶多酚对自由基引起的细胞膜脂质过氧化损伤有保护作用,对细胞膜 MDA 的生成有抑制作用^[18]。茶多酚也能与金属离子螯合,减少金属离子对氧化反应的催化^[15,19],从而起到延长货架期的作用。本试验结果表明,公、母鸡胸肌 4℃ 冷藏 7 d 时,日粮中添加茶多酚试验组肉鸡的 MDA 含量显著低于对照组($P < 0.05$),说明茶多酚抑制了胸肌中 MDA 的生成。本试验结果还显示,公、母鸡胸肌 4℃ 冷藏 9 d 时,各组 MDA 含量均较冷藏 7 d 有所下降。MDA 是脂质氧化的二级产物^[20],在适合的环境下还会发生级联反应,可继续生成二聚体和三聚体^[17],这可能是肉鸡胸肌冷藏 9 d MDA 含量下降的主要原因。

4 结 论

茶多酚对肉仔鸡的生长性能有改善作用。茶多酚对抗氧化物酶 GSH-PX、SOD 和 CAT 的活性有促进作用,但存在性别差异。茶多酚的添加能降低肉鸡胸肌中的 MDA 含量,对机体的抗氧化能力有一定的促进作用,有利于延长肉品的货架期。

有关茶多酚在肉鸡日粮中的合适添加量,以及过度添加茶多酚是否会影响采食量进而影响生产性能,不同剂量的茶多酚是否会引起体内抗氧化机理的改变等问题,尚有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] Barlow A C. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1975, 52: 59-63.

[2] Ito N, Hagiwara A, Shibata M, et al. Induction of squamous cell carcinoma in the forestomach of F344 rats treated with butylated hydroxyanisole [J]. Japanese Journal of Cancer Research, 1982, 73: 332-334.

[3] Ito N, Ffukushima S, Tsuda H. Carcinogenicity and modification of the carcinogenic responses by BHA, BHT and other antioxidants [J]. CRC Critical Reviews in Toxicology, 1985, 15: 109-150.

[4] Branen A C. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1975, 52: 59-63.

[5] Tang S Z, Kerry J P, Sheehan D, et al. Dietary tea catechins and iron-induced lipid oxidation in chicken meat, liver and heart [J]. Meat Science, 2000, 56: 285-290.

[6] Yang C S, Chung J Y, Chhabra S K, et al. Tea and tea polyphenols in cancer prevention [J]. Journal of Nutrition, 2000, 130: 472-478.

[7] Wang S M, Zhao J F. Antioxidant activities of tea polyphenol on edible oil [J]. Western Cereal and Oil Technology, 1997, 22: 44-46.

[8] 蔡海莹, 朱建国, 张 晓, 等. 日粮中添加茶多酚对肥育猪肉品质的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2007, 43(9): 27-30.

Cai H Y, Zhu J G, Zhang X, et al. The effect of supplementation of dietary tea catechins on meat quality [J]. Journal of Livestock of China, 2007, 43(9): 27-30. (in Chinese)

[9] Tang S Z, Kerry J P, Sheehan D, et al. Antioxidative effect of dietary tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat [J]. Meat Science, 2001, 57: 331-336.

[10] 曹兵海, 张秀萍, 冯于明, 等. 半纯合日粮添加茶多酚和果寡糖对母鸡生产性能、盲肠菌丛数量及其代谢产物的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2003(3): 85-90.

Cao B H, Zhang X P, Guo Y M, et al. Effects of TP and FOS supplementation on performance and caecal microflora counts and its metabolites in female broiler chickens fed semi-purified diets [J]. Journal of China Agriculture University, 2003(3): 85-95. (in Chinese)

[11] 刘晓华, 邵卫华, 夏 瑜, 等. 茶多酚对肉仔鸡生产性能-屠宰性能及肉品质的影响 [J]. 试验研究, 2004(12): 9-11.

Liu X H, Gao W H, Xia Y, et al. Effect of tea polyphenols on growth performance, slaughter performance and meat quality of broilers [J]. Journal of Research Experiment, 2004, (12): 9-11. (in Chinese)

[12] 王研琪, 孙文志, 王兴龙. 茶多酚、维生素 E 对热应激肉仔鸡生产性能和抗氧化性能的研究 [J]. 饲料博览, 2006(7): 4-7.

Wang Y Q, Sun W Z, Wang X L. Effect of tea polyphenols and vitamin E on reproductive performance and antioxidant of broilers under heatstress condition [J]. Journal of feed view, 2006(7): 4-7. (in Chinese)

[13] Balz F, Jane V H. Antioxidant activity of tea polyphenols in vivo: evidence from animal studies [J]. The Journal of Nutrition, 2003, 10: 3275-3284.

[14] Masella R, Di Benedetto R, Vari R, et al. Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2005, 16: 577-586.

[15] Tang S Z, Kerry J P, Sheehan D, et al. Antioxidant mechanisms of tea catechins in chicken meat systems [J]. Meat Science, 2002, 76: 45-51.