

马景蕃, 刘喜明, 吴 程. 不结球白菜提取物对肉鸡免疫及抗氧化功能的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(6): 1378-1383.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.06.028

不结球白菜提取物对肉鸡免疫及抗氧化功能的影响

马景蕃^{1,2}, 刘喜明³, 吴 程¹

(1. 龙岩学院生命科学学院, 福建 龙岩 364012; 2. 福建省预防兽医学与兽医生物技术重点实验室, 福建 龙岩 364012; 3. 龙岩学院艺术与设计的学院, 福建 龙岩 364012)

摘要: 为探讨不结球白菜提取物(NCCE)对肉鸡生产性能、屠宰性能、免疫器官指数、血清免疫指标及血清抗氧化水平的影响。本试验选取 240 只 1 日龄健康 AA 肉仔鸡, 随机分为 4 组, 每组设 3 个重复, 每个重复 20 只鸡。对照组饲喂基础日粮, 试验 I 组、II 组、III 组分别在基础日粮中添加 100 mg/kg、500 mg/kg、900 mg/kg 的 NCCE, 试验期 35 d。结果显示, 试验 II 组能显著提高肉鸡后期日增质量和饲料转化率, 显著增加肉鸡活质量, 显著降低肉鸡腹脂率; 试验 III 组能显著增加肉鸡全净膛率; 试验 II 组、III 组能显著提高肉鸡法氏囊指数和胸腺指数; 试验 I 组、II 组血清 IgG 含量显著高于对照, 试验 II 组血清 IgM、补体 C3 含量显著高于对照, 试验 I 组补体 C4 含量显著高于对照; 试验 II 组血清超氧化物歧化酶(SOD)活性显著高于对照, 试验各组血清总抗氧化能力(T-AOC)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性均高于对照, 试验组血清丙二醛(MDA)含量均低于对照。可见, 日粮中添加一定水平的 NCCE 对肉鸡的产肉性能、免疫功能及抗氧化能力均有一定的促进作用, 其中, 以 500 mg/kg 的添加量效果最佳。

关键词: 不结球白菜提取物(NCCE); 肉鸡; 免疫; 抗氧化功能

中图分类号: S816.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)06-1378-06

Influence of non-heading Chinese cabbage extracts (NCCE) on the immunity and antioxidative capacity of broilers

MA Jing-fan^{1,2}, LIU Xi-ming³, WU Cheng¹

(1. School of Life Sciences, Longyan University, Longyan 364012, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Preventive Veterinary Medicine and Veterinary Biotechnology, Longyan 364012, China; 3. School of Art Design, Longyan University, Longyan 364012, China)

Abstract: To investigate the effects of non-heading Chinese cabbage extracts (NCCE) on growth performance, slaughter performance, immune functions and antioxidant levels in broilers, 240 one day-aged AA broilers were randomly divided into four groups including one control group and three trial groups, 3 repetition treatments per group with 20 chickens each. Trial groups were treated with basal diet per kilogramme added with 100 mg (group I), 500 mg (group II), and 900 mg (group III) of NCCE, respectively. Experimental period was 35 d. The results showed that daily weight gain and the feed conversion efficiency from 21st to 35th day were significantly boosted and the abdominal fat rate was significantly decreased in trial group II. The dressing percentage was significantly increased in trial group III. Bursa index and thymus index

were significantly improved in trial groups II and III. The content of serum immunoglobulin G were significantly increased in trial groups I and II. The content of serum immunoglobulin M and serum complement 3 were significantly increased in trial group II. The content of serum complement 4 was significantly increased in trial group I. The activity of SOD was significantly increased in trial group II. The content of T-AOC and the activity of GSH-Px in every trial group were higher than those in control.

收稿日期: 2015-07-21

基金项目: 福建省科技厅重点项目(2012N0020); 福建省教育厅 A 类项目(JA12320); 国家自然科学基金培育项目(LG2014014)。

作者简介: 马景蕃(1978-), 女, 福建龙岩人, 博士, 副教授, 主要从事活性物质的提取与免疫研究。(E-mail) m_jingfan@163.com

The content of MDA in every trial group was lower than those in control. The study suggested that NCCE supplementation could improve the growth performance, immune functions and antioxidant levels of broilers and the best effect was found in 500 mg/kg NCCE addition group.

Key words: non-heading Chinese cabbage extract (NCCE); broiler; immunity; antioxidative capacity

不结球白菜 (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* Makino) 是长江中下游地区主栽蔬菜品种之一, 中医认为不结球白菜微寒味甘, 具有养胃生津、利尿通便、除烦解渴、清热解毒的功效^[1]。国内外学者已从不结球白菜中分离到一系列复杂的化学成分, 其中相当一部分具有重要的生理活性^[2]。日本科学家发现, 不结球白菜提取物抗氧化锈蚀的效果很好, 其中尤其是未完全成熟, 叶形舒展的嫩株提取物抗氧化效果更好^[3]。在美国国立癌症研究所发表的防癌食品排行榜中, 不结球白菜排在大蒜的后面, 位列第二^[4]。最新的研究还发现, 不结球白菜提取物能提升血清中雌激素代谢物——2 羟雌酮的水平, 对预防乳腺癌有益处^[5]。经现代药理学研究结果表明不结球白菜具有很好的免疫调节作用。Meyer 等^[6]报道, 饲料中添加不结球白菜提取物可提高小鼠血清抗氧化活性, 龙盛京等^[7]研究结果表明不结球白菜和百里香提取物可以提高鸡肉和鸡蛋的氧化稳定性及更有效地延缓肉仔鸡脂质氧化。本试验通过在日粮中添加不同比例的不结球白菜提取物 (NCCE), 运用现代技术来研究其对肉鸡生产性能、屠宰性能、免疫器官指数、血清免疫指标及血清抗氧化水平的影响, 旨在探讨 NCCE 对 AA 肉鸡免疫功能及抗氧化功能的影响, 为 NCCE 添加剂在肉鸡生产上应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

同一批出雏, 体质健壮的 1 日龄 AA 肉仔鸡 240 羽, 购自森宝(龙岩)公司。

不结球白菜品种苏州青由龙岩学院生物技术课题组提供, 定植 30 d 后进行采收, 用聚乙烯膜真空包装后迅速于液氮中冷冻, 经真空冷冻干燥, 粉碎过 60 目筛。称取 100 g 粉末, 用 75% 的乙醇 500 ml 超声提取 35 min, 再进行回流提取 3 h 后抽滤, 滤渣重复以上操作 1 次, 合并 2 次的滤液。经旋转蒸发浓缩至近干, 即为不结球白菜的粗提物。粗提物用蒸馏水溶解, 得到水悬液, 转入 500 ml 分液漏斗中, 用

等体积乙酸乙酯萃取 4 次, 合并萃取液, 旋转蒸发浓缩后真空冷冻干燥至恒质量, 即为不结球白菜提取物 (NCCE), 主要组分为黄酮和多酚类等生物活性物质^[6], 将其置于 4 ℃ 冰箱冷藏保存备用。

1.2 试验动物分组处理与饲养管理

试验用鸡随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 20 羽, 试验期 35 d, 4 组鸡饲养条件一致, 均采用地面平养, 自由采食及饮水, 给 24 h 光照。对照组饲喂基础日粮 (玉米-豆粕型), 配制参照 NRC 1994 《家禽的营养需要量》, 基础日粮组成及营养水平见表 1。试验 I 组、II 组、III 组为分别在基础日粮中添加 100 mg/kg、500 mg/kg、900 mg/kg 的 NCCE。按常规免疫程序对所有试验鸡进行免疫接种。

表 1 基础日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets

成分	1~21 d	22~35 d	营养水平	1~21 d	22~35 d
玉米 (%)	56.46	63.04	水分 (%)	12.70	12.80
豆粕 (%)	12.08	1.29	粗蛋白质 (%)	21.00	19.50
玉米蛋白粉 (%)	7.92	9.41	粗脂肪 (%)	3.60	4.70
棉粕 (%)	7.43	8.42	钙 (%)	0.95	0.87
次粉 (%)	6.93	3.96	有效磷 (%)	0.35	0.28
膨化大豆 (%)	5.05	10.10	代谢能 (MJ/kg)	12.34	12.91
石粉 (%)	1.52	1.61			
磷酸氢钙 (%)	1.18	0.74			
赖氨酸 (%)	0.33	0.39			
蛋氨酸 (%)	0.08	0.03			
苏氨酸 (%)	0.02	0.02			
预混料	1.00	1.00			

1 kg 预混料含铁 60.00 mg, 铜 7.50 mg, 锌 65.00 mg, 锰 110.00 mg, 碘 1.10 mg, 硒 0.40 mg, 杆菌肽锌 30.00 mg, V_A 4 500 IU, V_{D_3} 1 000 IU, V_K 1.30 mg, V_{B_1} 2.20 mg, V_{B_2} 10.00 mg, V_{B_3} 10.0 mg, 氯化胆碱 400.00 mg, V_{B_5} 50.00 mg, V_{B_6} 4.00 mg, V_H 0.04 mg, $V_{B_{11}}$ 1.00 mg, $V_{B_{12}}$ 1.01 mg。

1.3 测定指标及检测方法

1.3.1 生产性能的测定 分别在肉鸡 21、35 日龄时, 将每组肉鸡个体空腹称质量, 统计耗料量, 计算各阶段平均日增质量及料肉比。

1.3.2 屠宰性能及免疫器官指数的测定 肉鸡在 35 日龄时, 每组随机选取体质量相近的健康鸡 9 羽, 早晨空腹 12 h, 称质量, 采用颈外放血致死, 分别测定其屠体质量、全净膛质量、腹脂质量和屠宰性能^[8], 取胸腺、法氏囊及脾脏, 剔出脂肪并用滤纸吸干血液后称质量, 计算免疫器官指数, 免疫器官指数 (g/kg) = 器官质量/体质量。

1.3.3 血清抗体和补体 C3、C4 的测定 肉鸡在 35 日龄时, 每组随机选取体质量相近的健康鸡 9 羽, 早晨空腹 12 h, 心脏采血, 3 000 r/min 离心 10 min, 取血清采用免疫比浊法测定抗体 IgG、IgM、IgA 及补体 C3、C4, 按试剂盒操作说明进行试验, 试验试剂盒均购自南京建成生物有限公司。

1.3.4 血清抗氧化水平的测定 血清 SOD 活性采用黄嘌呤氧化物酶法测定, T-AOC 采用比色法测定, GSH-Px 采用二硫代二硝基苯甲酸法测定, MDA 含量采用硫巴比妥酸法 (TBA) 测定。试剂盒均购自南京建成生物有限公司。

1.4 数据处理与统计分析

采用 SPSS 19.0 软件 One-way ANOVA 方法进行统计分析, 并采用 LSD 法多重比较。

2 结果与分析

2.1 不结球白菜提取物 (NCCE) 对肉鸡生产性能的影响

由表 2 可知, 在肉鸡饲养前期 (0~21 d), 各试验组与对照间的日增质量与料肉比差异均不显著; 但在饲养后期 (22~35 d), 各试验组与对照相比, 日增质量均有所提高, 其中, 试验 I 组和试验 II 组较对照分别提高了 4.92% 和 7.88%, 达到显著性差异水平。饲养后期各试验组与对照相比, 料肉比均有所下降, 其中, 试验 II 组与对照相比, 料肉比降低了 9.92%, 达到显著性差异水平。

2.2 NCCE 对肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知, 各试验组与对照相比, 肉鸡活质量均有所增加, 试验 I 组和试验 II 组较对照分别增加了 3.23% 和 4.48%, 达到显著性差异水平; 各试验组与对照相比, 肉鸡的屠宰率均有所增加, 但增加不显著; 各试验组与对照相比, 肉鸡的全净膛率均有所增加, 其中, 试验 III 组比对照增加了 3.59%, 达到显著性差异水平; 各试验组与对照相比, 肉鸡的腹脂率均有所下降, 试验 I 组、试验 II 组和试验 III 组较对照

分别下降 18.26%、21.58% 和 23.65%, 达到显著性差异水平。

表 2 NCCE 对肉鸡日增质量和料肉比的影响

Table 2 Effects of NCCE on the growth performance and feed conversion of broilers

组别	日增质量 (g)		料肉比	
	0~21 d	22~35 d	0~21 d	22~35 d
对照	42.63 ± 0.27a	62.73 ± 0.87c	1.72 ± 0.03a	2.52 ± 0.21a
试验 I 组	41.54 ± 0.31a	65.82 ± 1.09ab	1.68 ± 0.04a	2.38 ± 0.17ab
试验 II 组	42.19 ± 0.48a	67.67 ± 0.68a	1.70 ± 0.05a	2.27 ± 0.05b
试验 III 组	41.77 ± 0.09a	64.06 ± 1.56bc	1.65 ± 0.02a	2.36 ± 0.13ab

对照: 基础日粮; 试验 I 组: 基础日粮+100 mg/kg NCCE; 试验 II 组: 基础日粮+500 mg/kg NCCE; 试验 III 组: 基础日粮+900 mg/kg NCCE。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 3 NCCE 对肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of NCCE on slaughter performance of broilers

组别	活质量 (g)	屠宰率 (%)	全净膛率 (%)	腹脂率 (%)
对照	1 762.0 ± 15.6c	89.33 ± 1.25a	69.92 ± 2.34b	2.41 ± 0.38a
试验 I 组	1 819.0 ± 21.4ab	91.02 ± 0.93a	71.04 ± 3.02ab	1.97 ± 0.19b
试验 II 组	1 841.0 ± 30.6a	90.95 ± 0.79a	71.88 ± 2.57ab	1.89 ± 0.22b
试验 III 组	1 785.0 ± 9.9bc	89.74 ± 1.02a	72.43 ± 3.10a	1.84 ± 0.45b

对照: 基础日粮; 试验 I 组: 基础日粮+100 mg/kg NCCE; 试验 II 组: 基础日粮+500 mg/kg NCCE; 试验 III 组: 基础日粮+900 mg/kg NCCE。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

2.3 NCCE 对肉鸡免疫器官指数的影响

由表 4 可知, 试验 I 组和试验 II 组与对照相比, 肉鸡的脾脏指数均有所增加, 但增加不显著; 各试验组与对照相比, 法氏囊指数均显著增加; 各试验组与对照相比, 胸腺指数也有增加趋势, 其中试验 II 组和试验 III 与对照相比差异显著。

2.4 NCCE 对肉鸡血清免疫指标的影响

由表 5 可见, 与对照组相比, 试验 I 组和 II 组均能不同程度地提高肉鸡血清的免疫水平。其中血清 IgG 含量分别提高 49.9% ($P < 0.05$) 和 63.8% ($P < 0.05$); 血清 IgM 含量分别提高 21.0% ($P > 0.05$) 和 68.0% ($P < 0.05$); 血清 IgA 含量分别提高 6.4% ($P > 0.05$) 和 0.4% ($P > 0.05$); 血清补体 C3 含量分别提高 0.2% ($P > 0.05$) 和 38.7% ($P < 0.05$); 试验 I 组血清补体 C4 含量比对照提高 27.2% ($P < 0.05$), 但试验 II 组和试验 III 组的含量呈下降趋势; 另外, 试验 III 组的血清 IgG、IgM 和补体 C3 均呈下降趋势,

但与对照无显著性差异。

表 4 NCCE 对肉鸡免疫器官指数的影响

Table 4 Effect of NCCE on immune organ index of broilers

组别	脾脏指数	法氏囊指数	胸腺指数
对照	1.23 ± 0.43a	1.13 ± 0.52b	1.58 ± 0.73b
试验 I 组	1.48 ± 0.29a	2.11 ± 0.71a	2.21 ± 1.19ab
试验 II 组	1.56 ± 0.64a	2.31 ± 0.61a	2.88 ± 1.24a
试验 III 组	1.17 ± 0.77a	1.98 ± 0.49a	2.79 ± 1.19a

对照:基础日粮;试验 I 组:基础日粮+100 mg/kg NCCE;试验 II 组:基础日粮+500 mg/kg NCCE;试验 III 组:基础日粮+900 mg/kg NCCE。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 5 NCCE 对肉鸡血清免疫球蛋白及补体 C3、C4 的影响

Table 5 Effects of NCCE on immunoglobulins, complements C3 and C4 in broilers sera

组别	免疫球蛋白 G (IgG, g/L)	免疫球蛋白 M (IgM, g/L)	免疫球蛋白 A (IgA, g/L)	补体 C3 (g/L)	补体 C4 (g/L)
对照	1.372 ± 0.239c	0.713 ± 0.124b	0.792 ± 0.033a	1.713 ± 0.472b	0.372 ± 0.053b
试验 I 组	2.056 ± 0.328b	0.863 ± 0.061b	0.843 ± 0.046a	1.717 ± 0.319b	0.473 ± 0.128a
试验 II 组	2.247 ± 0.337a	1.198 ± 0.295a	0.795 ± 0.018a	2.376 ± 0.421a	0.294 ± 0.118c
试验 III 组	1.203 ± 0.215 c	0.931 ± 0.147b	0.697 ± 0.008a	1.964 ± 0.577b	0.225 ± 0.011c

对照:基础日粮;试验 I 组:基础日粮+100 mg/kg NCCE;试验 II 组:基础日粮+500 mg/kg NCCE;试验 III 组:基础日粮+900 mg/kg NCCE。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 6 NCCE 对肉鸡血清抗氧化水平的影响

Table 6 Effects of NCCE on antioxidant levels in broilers sera

组别	超氧化物歧化酶 (SOD, U/ml)	总抗氧化能力 (T-AOC, U/ml)	谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px, μmol/L)	丙二醛 (MDA, nmol/ml)
对照	151.12 ± 9.17b	19.35 ± 1.04b	296.53 ± 9.53a	5.66 ± 0.65a
试验 I 组	160.32 ± 9.33b	22.21 ± 0.93a	297.39 ± 8.46a	5.01 ± 1.05a
试验 II 组	178.91 ± 8.78a	23.46 ± 1.11a	304.12 ± 10.14a	4.53 ± 0.78a
试验 III 组	169.11 ± 8.64ab	22.36 ± 1.25a	299.77 ± 12.36a	4.69 ± 1.03a

对照:基础日粮;试验 I 组:基础日粮+100 mg/kg NCCE;试验 II 组:基础日粮+500 mg/kg NCCE;试验 III 组:基础日粮+900 mg/kg NCCE。同列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

3 讨论

3.1 NCCE 对肉鸡生产性能和屠宰性能的影响

试验结果表明添加 500 mg/kg 的 NCCE 能显著提高肉鸡后期日增质量和饲料转化率,显著增加肉鸡活质量,降低肉鸡腹脂率。各试验组与对照相比,肉鸡的屠宰率有所增加,全净膛率有所增加 ($P < 0.05$)。可见 NCCE 对肉鸡的产肉性能具有良好的

2.5 NCCE 对肉鸡血清抗氧化水平的影响

由表 6 可以看出,对照肉鸡血清 SOD 活性最低,试验 I 组次之,试验 II 组最高,试验 II 组比对照提高 18.4% ($P < 0.05$),对照、试验 I 组和试验 III 组的 SOD 活性无显著差异;血清 T-AOC 活性 II 组最高,对照最低,试验 II 组比对照提高了 21.2% ($P < 0.05$),添加 NCCE 各试验组间差异不显著 ($P > 0.05$);添加 NCCE 各试验组血清 GSH-Px 活性均高于对照 ($P > 0.05$),其中试验 II 组最高,比对照提高 2.6% ($P > 0.05$);各试验组肉鸡血清 MDA 含量均低于对照,但无显著差异。

促进作用,其机制可能与 NCCE 具有的广泛生物学活性有关,NCCE 含有黄酮及多酚类等活性物质,Afolabi 研究结果^[9]表明,黄酮类物质能明显改变小鼠胃黏膜的损伤,对其具有保护作用;Yakubu 等研究结果^[10]表明,添加 0.08% 的十字花科植物西兰花提取物(主要成分为黄酮及多酚类物质)对 AA 肉鸡具有一定的促生长作用,这与本试验的结果相类似。可见添加 NCCE 后,可能使肉鸡的胃黏膜得到了保

护,进而提高了营养物质的消化率和肉鸡的生长速度。

3.2 NCCE 对肉鸡免疫指标的影响

免疫器官是动物有机体执行免疫功能的组织,是淋巴细胞和其他免疫细胞发生、分化、增殖和产生免疫应答的场所^[11]。动物有机体免疫功能的强弱与免疫器官的发育有着密切的关系。本试验结果表明,试验组与对照相比能提高免疫器官指数,这说明 NCCE 可以有效提高肉鸡免疫器官的发育,从而提高免疫器官指数,最终使机体的免疫力提高。Pattanaik 等^[12]报道,添加植物黄酮类物质,可显著提高肉雏鸡免疫器官指数。Fasscas 等^[13]报道,植物多酚可增加正常小鼠和免疫抑制小鼠的脾脏和胸腺质量。可见,不结球白菜活性提取物可以促进免疫器官的发育,抑制其细胞凋亡,提高机体抵抗力。

免疫球蛋白是执行体液免疫,具有抗体活性的蛋白质,是衡量动物有机体免疫功能的重要指标^[14]。本试验结果表明,试验组肉鸡血清中 IgG、IgM、IgA 及补体 C3、C4 水平都有一定的提高,Milos 等^[15]通过研究五味子黄酮对小鼠免疫生成细胞的影响,发现五味子黄酮可使免疫球蛋白数量明显增多;Sato 等^[16]报道党参主要活性成分党参多酚具有明显的增强雏鸡免疫功能的作用。NCCE 可显著提高肉鸡血清中免疫球蛋白含量,从而使机体免疫力增强。本试验高剂量组(试验Ⅲ组)并未显示显著的促进作用甚至还有降低的趋势,这可能与机体对 NCCE 的适应性有关。

3.3 NCCE 对肉鸡血清抗氧化能力的影响

SOD、GSH-Px 是防御体系中清除 H₂O₂ 的主要物质^[17],血清中 SOD、GSH-Px 活力间接反映了动物有机体清除自由基的能力,其活性越高,越有利于动物机体健康^[18]。添加 NCCE 在一定程度上提高了血清中 SOD、GSH-Px 活力,可能是由于含有黄酮和多酚类等生物活性物质阻碍过氧化物的形成^[19]。T-AOC 可反映血清抗氧化系统功能情况,本试验结果表明,各试验组血清 T-AOC 活性均显著高于对照,说明添加 NCCE 能提高肉鸡血清的总抗氧化能力。有学者对 NCCE 进行体外抗氧化试验,发现其多酚类物质有很强的抗氧化作用,而其他次要成分发挥着重要的协同作用^[20]。MDA 含量可反映机体脂质过氧化的程度即机体氧化损伤的程度^[21],本试验中各试验组肉鸡血清 MDA 含量均低于对照,这

可能是 NCCE 多种抗氧化成分进入循环系统最终在血清中表现出抗氧化活性的结果。

参考文献:

- [1] 侯喜林.不结球白菜育种研究新进展[J].南京农业大学学报,2003,26(4):111-115.
- [2] MA J F, HOU X L, XIAO D, et al. Cloning and characterization of the *BcTuR3* gene related to resistance to Turnip Mosaic Virus (TuMV) from non-heading Chinese cabbage[J]. Plant Mol Biol Rep, 2010, 28: 588-596.
- [3] ROJO E, SOLANO R, SANCHEZ-SERRANO J J. Interactions between signaling compounds involved in plant defense[J]. J Plant Growth Regul, 2003, 22: 82-98.
- [4] JONATHAN D G J, JEFFERY L D. The plant immune system[J]. Nature, 2006, 444: 323-329.
- [5] LIU T K, LI Y, ZHANG C W, et al. Basic helix-loop-helix transcription factor *BcbHLHpol* functions as a positive regulator of pollen development in non-heading Chinese cabbage[J]. Funct Integr Genomics, 2014, 14: 731-739.
- [6] MEYER U, WEIGEL K, SCHONE F. Effect of dietary iodine on growth and iodine status of growing fattening bulls[J]. Livestock Science, 2008, 115: 219-225.
- [7] 龙盛京, 负佩旧, 覃日昌. 17 种清热中药抗氧化活性的研究[J]. 中草药, 1999, 30(1): 40.
- [8] SELSTED M E, OUELLETIE A J. Mammalian defensins in the antimicrobial immune responses[J]. Nature Immunology, 2005, 6: 551-557.
- [9] AFOLABI F E. Chemical composition and antibacterial activity of *Gongronema latifolium*[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2007, 8(5): 352.
- [10] YAKUBU M B, ODAMA L E, NANDITA B D E. Studies on the antibacterial activity of the extract of *Stachytarpheta angustifolia*[J]. Journal of Nanjing Medical University, 2003, 17(3): 116.
- [11] 张训海, 王德云, 胡元亮, 等. 黄芩多糖对鸡体液免疫增强作用[J]. 中国兽医学报, 2009, 29(3): 312-314.
- [12] PATTANAIAK A K, KHAN S A, VARSHNEY V P, et al. Effect of iodine level in mustard (*Brassica juncea*) cake-based concentrate supplement on nutrient utilization and serum thyroid hormones of goats[J]. Small Ruminant Research, 2001, 41: 51-59.
- [13] FASSCAS M K, MOUNTZOURIS K C, TARANTILIS P A, et al. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils[J]. Food Chem, 2007, 1006: 1188-1194.
- [14] MARCIN A K S, SOKOL J, BYSTRICKY P, et al. Determination of lipid oxidation level in broiler meat by liquid chromatography[J]. J Aoac Int, 2004, 87(5): 1148-1152.
- [15] MILOS T, KULISIC A, RADONIC V, et al. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil[J]. Food Chem, 2004, 85: 633-640.
- [16] SATO K, CHO Y, TACHIBANA S, et al. Impairment of VLDL se-

- cretion by medium-chain fatty acids in chicken primary hepatocytes is affected by the chain length [J]. *The Journal of Nutrition*, 2005, 135(7):1636-1641.
- [17] 雷红, 祁成年, 郭世宁. 几种中药方剂对鸡血清免疫球蛋白和补体的影响[J]. *中国兽医杂志*, 2007, 43(1):33-34.
- [18] 范京辉, 钱利纯, 孙建义, 等. 植物源乳化剂对肉鸡生产性能及脂肪代谢的影响[J]. *中国兽医学报*, 2010, 30(30):1390-1393.
- [19] YAN H J, LEE E J, NAM K C, et al. Dietary functional ingredients: performance of animals and quality and storage stability of irradiated raw turkey breast[J]. *Poult Sci*, 2006, 85:1829-1837.
- [20] YUSUF K, FIGEM K, METIN C. Effects of dietary ascorbic acid on blood haematological profile, serum biochemical components and tonic immobility reaction of male turkeys under summer condition [J]. *Journal Poultry Science*, 2009, 46:105-111.
- [21] WANG J P, KIM H J, CHEN Y J, et al. Effects of delta-aminolevulinic acid and vitamin C supplementation on feed intake, back-fat, and iron status in sows[J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(11):3589-3595.

(责任编辑:袁伟)