

食品防霉剂脱氢醋酸钠的肉鸡耐受性研究

孙得发, 杨志斌, 屈长波, 张莉莉, 王恬*

(南京农业大学动物科技学院, 江苏 南京 210095)

摘要:目的: 对食品防霉剂脱氢醋酸钠进行动物耐受性研究, 为其在食品及饲料中的应用确定最高添加剂量及安全性评价提供参考。方法: 选取1日龄健康爱拔益加(Arbor Acres, AA)肉鸡240只, 随机分为4组, 每组6个重复, 每个重复10只, 分别饲喂添加脱氢醋酸钠0(CON组)、200 mg/kg(TES1组)、1 000 mg/kg(TES2组)、2 000 mg/kg(TES3组)的基础日粮。测定肉鸡的生长性能和血清生化指标。结果: 1) 肉鸡生长前期, TES3组的日采食量、日体质量增量、平均体质量显著或极显著低于其他各组($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 饲料效率显著或极显著降低($P<0.05$ 或 $P<0.01$), TES2组的日体质量增量、平均体质量均显著低于CON组和TES1组($P<0.05$); 肉鸡生长后期, TES3组的日采食量、日体质量增量均显著低于其他各组($P<0.05$)。2) 肉鸡生长后期, TES2组和TES3组血液中白细胞含量显著高于CON组及TES1组($P<0.05$); 3) 与对照组相比, 肉鸡生长后期TES2组血清中白蛋白含量显著降低($P<0.05$); 与TES1组相比, TES3组血清中天冬氨酸氨基转移酶含量显著降低($P<0.05$), 肌酐浓度显著提高($P<0.05$)。结论: 日粮中添加2 000 mg/kg脱氢醋酸钠可显著降低肉鸡生长性能, 导致肉鸡肾脏功能障碍。在食品中添加应用高剂量脱氢醋酸钠会对机体代谢产生不良影响, 应用时应严格按照规定控制剂量。

关键词: 脱氢醋酸钠; 爱拔益加肉鸡; 生长性能; 血清生化指标

Tolerance of Broilers to Dietary Sodium Dehydroacetate as an Antimildew Agent

SUN Defa, YANG Zhibin, QU Changbo, ZHANG Lili, WANG Tian*

(College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The tolerance of broilers to dietary sodium dehydroacetate as an antimildew agent was studied in order to provide valuable references establishing its maximum safe dose in food and feed and evaluating its safety. Totally 240 Arbor Acres (AA) broilers were randomly divided into 4 groups with 6 replicates in each group, fed with basal diet (CON), and basal diet supplemented with 200 mg/kg (TES1), 1 000 mg/kg (TES2) and 2 000 mg/kg (TES3) sodium Dehydroacetate, respectively. The growth performance and serum biochemical indicators of broilers were measured. Results showed: 1) during the early growth stage, average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG), average body weight (ABW), and feed efficiency (FE) of TES3 group were significantly or highly significantly lower than those of other groups ($P<0.05$ or 0.01), and TES2 group presented significantly lower ADG and ABW than CON and TES1 groups ($P<0.05$); during the later growth stage, ADFI and ADG of TES3 group were significantly reduced when compared with other groups ($P<0.05$); 2) the number of white blood cells (WBCs) in TES2 and TES3 groups were significantly higher than in CON and TES1 groups ($P<0.05$) during the later growth stage; 3) compared with CON group, the level of serum albumin in TES2 group was significantly decreased at the later growth stage, and TES2 group exhibited a significant reduction in serum aspartic aminotransferase concentration and a significant increase in serum creatinine concentration ($P<0.05$) in comparison to TES1 group. These results suggest that 2 000 mg/kg sodium dehydroacetate may negatively influence the growth performance and metabolism of broilers and cause renal dysfunction.

Key words: sodium dehydroacetate; Arbor Acres (AA) broiler; growing performance; serum biochemical indicators

中图分类号: TS251

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)07-0189-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201507035

收稿日期: 2014-04-03

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 孙得发(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: sun859969@163.com

*通信作者: 王恬(1958—), 男, 教授, 博士, 研究方向为动物生长发育的营养调控。E-mail: twang18@163.com

脱氢醋酸钠(sodium dehydroacetate)是一种新开发的广谱类、抑菌力较强的食品防腐剂,对霉菌、酵母菌、细菌的抑制能力特别强,广泛地应用于各类食品加工行业中^[1],其有效抑制剂量为0.05%~0.1%,一般用量为0.03%~0.05%,但高剂量的脱氢醋酸钠对人体健康有一定危害性,相关毒性研究发现:大鼠口服脱氢醋酸钠的LD₅₀为1 000 mg/kg(以体质量计,下同),小鼠为1 330 mg/kg,人体长期服用过量脱氢醋酸钠会引起肾结石^[2],在食品添加中需限量使用,因此我国将脱氢醋酸钠列入了限量使用食品添加剂^[3],并规定其在酱菜、腐乳中的添加量不得超过0.3 g/kg^[4],国外有规定在面包、乳酪中最高添加量为0.05%^[5]。由于肉鸡对于外界的不良因素反应更加敏感,本实验选用爱拔益加(Arbor Acres, AA)肉鸡为研究对象,通过对AA肉鸡生长性能、器官发育、血常规和血液生化指标的分析,研究AA肉鸡对饲料中添加不同剂量脱氢醋酸钠的耐受程度,为在食品添加剂中的应用确定最高耐受剂量,以及食品添加剂损伤的预防和修复提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 动物、材料与试剂

AA白羽肉鸡,购自南京华牧公司。

脱氢醋酸钠(C₈H₇NaO₄)由江苏天成动物保健品公司提供,生产批号2012818,有效成分≥98%,为无臭白色粉末,通过逐级混匀的方式添加到日粮中。基础日粮参照National Research Council(NRC)1994标准^[6]配制,其组成及营养水平见表1。

表1 基础日粮组成及营养水平
Table 1 Basal diet composition and nutrient levels

| 成分 | 1~21 d(前期) | 22~42 d(后期) | % | |
|-------------|------------|-------------|-------|-------|
| 玉米 | 57.70 | 62.50 | | |
| 豆粕 | 32.50 | 26.30 | | |
| 玉米蛋白粉 | 3.00 | 3.50 | | |
| 植物油 | 2.80 | 3.70 | | |
| 石粉 | 1.28 | 1.20 | | |
| 磷酸氢钙 | 1.75 | 1.65 | | |
| 食盐 | 0.30 | 0.30 | | |
| L-赖氨酸 | 0.19 | 0.22 | | |
| DL-蛋氨酸 | 0.14 | 0.12 | | |
| 预混料 | 0.44 | 0.51 | | |
| 营养水平 | 计算值 | 实测值 | 计算值 | 实测值 |
| 代谢能/(MJ/kg) | 12.52 | 12.79 | 12.98 | 12.88 |
| 粗蛋白 | 21.17 | 20.98 | 19.27 | 19.19 |
| 钙 | 0.97 | 1.01 | 0.90 | 1.00 |
| 有效磷 | 0.42 | 0.44 | 0.40 | 0.40 |
| 赖氨酸 | 1.11 | | 1.00 | |
| 蛋氨酸 | 0.49 | | 0.45 | |
| 蛋氨酸+胱氨酸 | 0.85 | | 0.78 | |

注:表中数据均以风干物质计;每千克日粮含有:铁60 mg、铜7.5 mg、锌65 mg、锰110 mg、碘1.1 mg、杆菌肽锌盐30 mg、VA 4 500 IU、VD 31 000 IU、VE 30 IU、VK 1.3 mg、VB₁ 2.2 mg、VB₂ 10 mg、VB₃ 10 mg、胆碱400 mg、VB₅ 50 mg、VB₆ 4 mg、生物素0.04 mg、VB₁₁ 1 mg、VB₁₂ 1.013 mg。

1.2 方法

1.2.1 动物分组及管理

采用单因子完全随机试验设计,将240只健康的1日龄AA肉仔鸡随机分为4个处理组,分别在基础日粮中添加脱氢醋酸钠0(CON组)、200 mg/kg(TES1组)、1 000 mg/kg(TES2组)和2 000 mg/kg(TES3组),每个处理设6个重复,每个重复10只鸡。基础日粮采用玉米-豆粕型,饲养期为42 d,饲养前彻底清扫、冲洗鸡舍地面及育雏设备,然后用甲醛熏蒸消毒。肉鸡采用笼养,自由采食和饮水,喂料遵循少喂勤添的原则。每天清扫鸡舍,定期清洗饮水管道,并及时通风换气,保证鸡舍内环境卫生良好。于10 d时进行鸡新城疫(La Sota株)、鸡传染性支气管炎(H120株)和传染性法氏囊病三联多价灭活疫苗及禽流感疫苗免疫,免疫方式采用颈背侧皮下注射方式。

1.2.2 样品采集

于肉鸡生长至21日龄(前期)06:00(此前禁食12 h,自由饮水)每个重复随机抽取1只鸡,称质量后颈静脉采血,4℃条件下放置待血清完全析出后,3 500 r/min离心10 min制备血清,与未经离心的血液适当保存,待测。于肉鸡生长至42日龄(后期)时采血,步骤同前,并在鸡放血致死迅速剖开其腹腔,剖检取心、肝、脾、肺、肾等脏器称质量,并按照下式计算器官指数。

$$\text{器官指数}/\% = \frac{\text{器官质量}/\text{g}}{\text{体质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

每天记录各个重复消耗的饲料质量,并于肉鸡生长至21日龄和42日龄时,分别对各重复的肉鸡进行空腹称质量。分别计算实验前期、后期和实验全期各重复的日体质量增量、日采食量和饲料效率。记录饲养期间肉鸡的腹泻只数、死亡和淘汰只数,计算腹泻率和死亡率。

$$\text{饲料效率} = \frac{\text{日采食量}/(\text{g/d})}{\text{日体质量增量}/(\text{g/d})} \quad (2)$$

1.2.3 检测指标

检测血液常规指标主要包括白细胞(white blood cell, WBC)、血红蛋白(hemoglobin, HGB)、血小板(blood platelet, PLT)含量等;检测生化指标主要包括谷氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(aspartate transaminase, AST)、碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, ALP)活力,总蛋白(total protein, TPRO)、白蛋白(albumin, ALB)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、肌酐(creatinine, CRE)、血糖(blood glucose, GLU)、球蛋白(globulin, GLO)含量等指标。

1.3 数据分析

数据结果用Excel 2007进行初步处理,采用SPSS 16.0

中ANOVA进行分析,用LSD法进行多重比较,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准,结果以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 脱氢醋酸钠对AA肉鸡生长性能的影响

表 2 脱氢醋酸钠对AA肉鸡生长性能的影响
Table 2 Effect of sodium dehydroacetate on growth performance of AA broilers

| 指标 | CON组 | TES1组 | TES2组 | TES3组 |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1~21 日龄 (前期) | | | | |
| 日采食量/(g/d) | 48.90±1.46 ^a | 48.21±1.94 ^a | 46.15±2.01 ^a | 31.02±1.48 ^b |
| 日体质量增量/(g/d) | 32.27±1.29 ^a | 33.10±0.63 ^a | 29.16±0.65 ^b | 17.18±0.42 ^c |
| 21 d 平均体质量/kg | 0.72±0.03 ^a | 0.74±0.01 ^a | 0.65±0.01 ^b | 0.40±0.01 ^c |
| 饲料效率 | 1.52±0.04 ^a | 1.46±0.07 ^a | 1.59±0.08 ^{ab} | 1.80±0.07 ^c |
| 21~42 日龄 (后期) | | | | |
| 日采食量/(g/d) | 128.87±3.84 ^a | 121.64±3.70 ^a | 118.86±6.52 ^a | 82.88±6.32 ^b |
| 日体质量增量/(g/d) | 62.79±2.13 ^a | 59.19±3.86 ^a | 57.84±3.19 ^a | 40.53±3.23 ^b |
| 42 d 平均体质量/kg | 2.02±0.08 ^a | 1.97±0.08 ^a | 1.82±0.06 ^a | 1.23±0.05 ^b |
| 饲料效率 | 2.06±0.04 | 2.08±0.08 | 2.06±0.07 | 2.05±0.05 |
| 1~42 日龄 (全期) | | | | |
| 日采食量/(g/d) | 94.87±4.10 ^a | 92.76±2.66 ^a | 89.49±2.80 ^a | 63.54±1.75 ^b |
| 日体质量增量/(g/d) | 47.12±1.87 ^a | 46.14±1.88 ^a | 42.46±1.42 ^a | 28.40±1.17 ^b |
| 饲料效率 | 2.01±0.01 ^a | 2.02±0.06 ^a | 2.11±0.06 ^{ab} | 2.25±0.07 ^{bc} |

注:同行数据肩标字母相同、相邻、相隔分别表示差异不显著 ($P>0.05$)、显著 ($P<0.05$)、极显著 ($P<0.01$)。下同。

如表2所示,肉鸡生长前期, TES3组的日采食量显著低于CON、TES1、TES2组 ($P<0.05$), TES3组的日体质量增量极显著低于CON、TES1组 ($P<0.01$), 显著低于TES2组 ($P<0.05$), 平均体质量极显著低于CON、TES1组 ($P<0.01$), 显著低于TES2组 ($P<0.05$), 其中TES2组的日体质量增量、平均体质量均显著低于CON、TES1组 ($P<0.05$), TES3组的饲料效率极显著高于CON、TES1组 ($P<0.01$), 显著高于TES2组 ($P<0.05$); 在肉鸡生长后期, TES3组的日采食量、日体质量增量、平均体质量均显著低于CON、TES1、TES2组 ($P<0.05$), 但各组间的饲料效率并没有显著差异 ($P>0.05$); 从全期来看, TES3组的日采食量、日体质量增量均显著低于CON、TES1、TES2组 ($P<0.05$), 饲料效率显著高于CON、TES1组 ($P<0.05$)。

表 3 脱氢醋酸钠对AA肉鸡死淘率和腹泻率的影响
Table 3 Effect of sodium dehydroacetate on mortality and diarrhea rate of AA broilers

| 组别 | CON组 | TES1组 | TES2组 | TES3组 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 死淘率 | 0.10±0.04 | 0.13±0.06 | 0.15±0.04 | 0.19±0.07 |
| 腹泻率 | 0.04±0.01 | 0.04±0.02 | 0.06±0.01 | 0.05±0.01 |

如表3所示, 研究脱氢醋酸钠对AA肉鸡死淘率及腹泻率的影响, 结果表明各组间差异均不显著

($P>0.05$), 但死淘率随着添加脱氢醋酸钠添加剂量的增加有升高的趋势。

2.2 脱氢醋酸钠对AA肉鸡器官发育的影响

表 4 脱氢醋酸钠对AA肉鸡器官指数的影响
Table 4 Effect of sodium dehydroacetate on organ indexes of AA broilers

| 指标 | CON组 | TES1组 | TES2组 | TES3组 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 肝脏指数/% | 2.65±0.35 | 2.50±0.12 | 2.41±0.04 | 2.76±0.10 |
| 脾脏指数/% | 0.18±0.02 | 0.16±0.01 | 0.16±0.01 | 0.17±0.03 |
| 胸腺指数/% | 0.25±0.03 | 0.21±0.01 | 0.20±0.03 | 0.16±0.06 |
| 法氏囊指数/% | 0.11±0.01 | 0.09±0.01 | 0.10±0.02 | 0.09±0.01 |

由表4可知, 不同剂量的脱氢醋酸钠对AA肉鸡器官指数的影响并不显著 ($P>0.05$), 但TES1、TES2、TES3组的脾脏指数较CON组分别降低了11%、11%和6% ($P>0.05$), 胸腺指数较CON组分别降低了16%、20%、36% ($P>0.05$), 法氏囊指数则分别比CON组降低了18%、9%、18% ($P>0.05$)。

2.3 脱氢醋酸钠对AA肉鸡血液常规指标的影响

表 5 脱氢醋酸钠对AA肉鸡血液常规指标的影响
Table 5 Effect of sodium dehydroacetate on routine blood test of AA broilers

| 指标 | CON组 | TES1组 | TES2组 | TES3组 |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 21 日龄 | | | | |
| WBC含量/(10^9 个/L) | 1.87±0.28 | 1.92±0.21 | 2.13±0.20 | 2.22±0.20 |
| HGB含量/(g/L) | 86.00±0.82 ^a | 78.83±2.00 ^b | 80.50±2.45 ^{ab} | 80.50±3.42 ^{ab} |
| PLT含量/(10^9 个/L) | 3.50±0.62 | 3.83±1.14 | 2.83±0.31 | 3.17±0.48 |
| 42 日龄 | | | | |
| WBC含量/(10^9 个/L) | 2.62±19.76 ^a | 2.87±7.38 ^a | 3.00±10.2 ^b | 3.00±6.80 ^b |
| HGB含量/(g/L) | 92.00±4.23 | 87.67±3.55 | 96.00±6.80 | 90.67±5.14 |
| PLT含量/(10^9 个/L) | 3.83±0.40 | 2.50±0.72 | 3.50±0.85 | 2.50±0.22 |

由表5可知, 肉鸡生长前期TES3、TES2、TES1组的WBC含量分别比CON组降低了18.7%、15.6%和4.2%, 但并无显著差异 ($P>0.05$), TES3、TES2、TES1组HGB含量较CON组分别降低了6.4%、6.4%、8.3%, 其中TES1组达到显著水平 ($P<0.05$)。肉鸡生长后期, TES2、TES3组的WBC含量较CON、TES1组升高了14.5%和4.96% ($P<0.05$)。

2.4 脱氢醋酸钠对AA肉鸡血液生化指标的影响

由表6可知, 肉鸡生长前期, TES1、TES2和TES3组球蛋白含量分别比CON组低2.2%、1.4%和4.9%, 提示脱氢醋酸钠的添加可能会导致球蛋白含量的减少。与TES1组相比, 1 000、2 000 mg/kg剂量能够显著降低肉鸡生长后期血清中AST活力 ($P<0.05$)。肉鸡生长后期, TES3、TES2、TES1组血清CRE含量分别较CON组升高了133.4%、59.5%和16.6%, 其中TES3组达到显著水平 ($P<0.05$)。

表 6 脱氢醋酸钠对肉鸡血清生化指标的影响
Table 6 Effect of sodium dehydroacetate on serum biochemical indicators of broilers

| 指标 | CON组 | TES1组 | TES2组 | TES3组 |
|----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 21 日龄 | | | | |
| TPRO含量/(g/L) | 26.65±1.08 | 25.58±0.77 | 26.18±0.66 | 25.80±0.21 |
| ALB含量/(g/L) | 13.62±0.62 | 12.83±0.33 | 13.33±0.37 | 13.38±0.26 |
| GLO含量/(g/L) | 13.03±0.53 | 12.75±0.52 | 12.85±0.31 | 12.42±0.15 |
| ALT活力/(U/L) | 2.67±0.21 | 2.17±0.31 | 3.33±0.49 | 3.00±0.52 |
| AST活力/(U/L) | 258.17±15.24 | 274.83±53.27 | 220.50±6.46 | 236.83±9.76 |
| ALP活力/(U/L) | 3 960.83±71.52 | 3 826.50±253.16 | 3 331.67±533.09 | 3 327.67±382.79 |
| BUN含量/(mmol/L) | 0.52±0.05 ^a | 0.37±0.03 ^b | 0.5±0.04 ^a | 0.50±0.03 ^a |
| CRE含量/(μmol/L) | 3.33±0.50 ^a | 7.83±2.22 ^b | 6.33±1.26 ^{ab} | 4.67±1.17 ^{ab} |
| GLU含量/(mmol/L) | 12.55±1.04 | 12.60±0.37 | 11.90±0.32 | 12.77±0.38 |
| 42 日龄 | | | | |
| TPRO含量/(g/L) | 46.68±2.46 | 38.70±3.19 | 37.70±3.80 | 44.87±6.22 |
| ALB含量/(g/L) | 14.02±0.33 ^a | 13.13±0.40 ^{ab} | 12.07±0.78 ^b | 12.90±0.59 ^{ab} |
| GLO含量/(g/L) | 32.67±2.55 | 25.57±2.89 | 25.63±3.49 | 31.97±6.06 |
| ALT活力/(U/L) | 3.00±0.52 ^c | 5.00±0.52 ^a | 3.67±0.33 ^{bc} | 4.17±0.40 ^{abc} |
| AST活力/(U/L) | 299.33±14.97 ^{ab} | 347.33±10.39 ^a | 288.67±19.16 ^b | 275.00±18.66 ^b |
| ALP活力/(U/L) | 1 047.83±221.82 | 1 337.83±216.78 | 1 494.33±322.91 | 956.67±140.32 |
| BUN含量/(mmol/L) | 0.48±0.04 | 0.62±0.10 | 0.58±0.05 | 0.55±0.06 |
| CRE含量/(μmol/L) | 14.00±1.77 ^a | 16.33±1.75 ^a | 22.33±2.62 ^{ab} | 32.67±11.23 ^b |
| GLU含量/(mmol/L) | 10.37±0.58 | 11.05±0.30 | 9.75±0.63 | 10.35±0.27 |

3 讨论

脱氢醋酸钠在抑制霉菌生长的同时，同时也会在生物体组织中残留^[7]，当达到一定量时会导致肝、肾和中枢神经系统的损伤，表现为肝、肾功能减弱，出现惊厥、颤抖、共济失调等神经症状，还可能会引起体质量减少和慢性肺水肿，对人体健康造成损害^[8-9]。在动物的毒理学实验中发现，给猴子每周5次饲喂200 mg/kg脱氢醋酸钠会导致生长紊乱及器官病理变化^[10]。本实验以AA肉鸡为动物模型，结果显示1 000、2 000 mg/kg的添加量均显著降低21日龄肉鸡的生长性能；当日粮中脱氢醋酸钠的剂量为2 000 mg/kg时，42日龄AA肉鸡的日采食量、日体质量增量和平均体质量均显著降低（ $P<0.05$ ），原因可能是过高剂量脱氢醋酸钠对消化系统黏膜具有毒性作用，破坏黏膜完整性并造成功能障碍^[11]，同时因适口性降低而造成其采食量减少。而1 000 mg/kg剂量组对AA肉鸡后期生长性能没有显著影响，可能原因是肉鸡生长前期对于外界应激较为敏感，而后期已经逐渐适应1 000 mg/kg的添加量，全期随着脱氢醋酸钠剂量的增加，肉鸡的生长性能下降。

研究发现，胸腺、脾脏、法氏囊的质量可用于评价鸡的免疫状况，三者绝对质量和相对质量越大，则说明机体的细胞免疫和体液免疫功能越强^[12-13]。胸腺属于中枢免疫器官，是T细胞繁殖分化的主要场所，决定外周免疫器官的发育，对提高机体的细胞免疫功能具有重要意义^[14]。本

实验发现，脱氢醋酸钠的添加能够在一定程度上抑制胸腺、脾脏、法氏囊的发育，对AA肉鸡的免疫机能造成不良影响，这与本实验发现的脱氢醋酸钠能够降低肉鸡的生长性能存在一定联系。

白细胞数目是应激反应的重要指标之一，白细胞升高往往意味着器官和组织的急性或慢性的感染、炎症、组织损伤等情况，是机体的一种自我保护措施^[15-16]。在本实验中，高剂量的脱氢醋酸钠能够导致AA肉鸡血液中白细胞含量的提高，原因可能是其导致机体的应激反应，对器官和组织造成一定伤害。

动物机体的代谢是一个不断变化的过程，血液中的许多生化参数受年龄、发育阶段、营养水平和内分泌状况的影响，因而这些参数也反映了机体生理状况是否良好。血液生化指标的测定已经广泛地应用到许多研究领域，如动物疾病的诊断、体现受试动物对其所在自然生态环境的适应程度等^[17]。血清蛋白主要由白蛋白和球蛋白组成，其中球蛋白占比例较大，而球蛋白由单核巨噬细胞系统产生，因此当机体循环抗体水平升高时，血清球蛋白数量增加，引起总蛋白含量上升^[18]。本实验中，肉鸡生长前期，血清中球蛋白含量随着脱氢醋酸钠添加量的增加有所降低，证实脱氢醋酸钠的添加会对体液免疫造成不良影响。肌酐是肌酸和磷酸肌酸代谢的终产物，它主要由肌肉中磷酸肌酸通过非酶促反应生成，若肌酐含量高于正常范围时，则通过肾小球滤过，随尿液排出体外^[19]，不被肾小球重吸收，肾小管也分泌少量的肌酐。若肾脏机能受损，肌酐的正常排泄受到阻碍，致使血清中肌酐含量增加，意味着肾功能受到损害，当发生肾功能障碍，无法排除过多肌酐时会在体内沉积并导致水代谢失调、代谢性酸中毒、肾性骨病、内分泌失调、钠钾代谢失调等症状^[20]，是判断肾脏功能的重要指标^[21]。本实验中，AA肉鸡生长后期TES3组血清肌酐含量显著提高，说明当脱氢醋酸钠的添加量为2 000 mg/kg时会对肾功能造成一定损伤。国内研究高剂量脱氢醋酸钠对机体损伤的报道较少，在本实验结果的基础上，进一步细化其添加剂量，探讨其造成机体损伤的机理，对指导该食品添加剂的科学应用有重要意义。

4 结论

在本实验条件下，基础日粮中添加0~2 000 mg/kg脱氢醋酸钠，随着剂量的增加，AA肉鸡的生长性能逐渐降低，死淘率升高并造成免疫应激，影响肾脏的正常代谢。结果表明：在食品中添加高剂量的脱氢醋酸钠会对机体代谢产生不良影响，应用时应严格按照规定控制剂量。

参考文献:

- [1] 叶银枝. 脱氢醋酸钠在食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2002(3): 64-66.
- [2] 周家华. 食品添加剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 1.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2011 食品添加剂使用卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [4] 李青, 白梅, 蒋素, 等. 脱氢乙酸在食品中残留量检测方法的研究进展[J]. 中国卫生工程学, 2009, 8(2): 116-117.
- [5] UCHIDA O, NAITO K, YASUHARA K, et al. Studies on the acute oral toxicity of dehydroacetic acid, sorbic acid and their combination compound in rats[J]. Eisei Shikenjo hōkoku. Bulletin of National Institute of Hygienic Sciences, 1985, 103: 166-171.
- [6] Subcommittee on Poultry Nutrition, National Research Council. Nutrient requirements of poultry[M]. 9th ed. Washington DC: National Academy Press, 1994: 56-87.
- [7] 杜玉锋, 桂淦, 束婧婷, 等. HPLC检测鸡组织中脱氢乙酸残留量的研究[J]. 中国家禽, 2012, 34(24): 25-28.
- [8] 杜玉峰. 脱氢乙酸的毒性及在鸡组织中消除规律的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2009: 27-39.
- [9] 牟冠文, 李光浩. 食品防腐剂的使用安全[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(3): 528-530.
- [10] ZHANG Yumei, DU Yufeng, YIN Jun, et al. Determination and depletion of dehydroacetic acid residue in chicken tissues[J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2012, 29(6): 918-924.
- [11] SAKAGUCHI Y, SUGA S, OSHIDA K, et al. Anticoagulant effect of sodium dehydroacetate (DHA-S) in rats[J]. Journal of Applied Toxicology, 2008, 28(4): 524-529.
- [12] RIVAS A L, FABRICANT J. Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus[J]. Avian Diseases, 1987, 32(1): 1-8.
- [13] 程相朝, 张春杰. 中药免疫增强剂对肉仔鸡免疫器官生长发育及免疫活性细胞影响的研究[J]. 中兽医学杂志, 2002(3): 6-8.
- [14] 王自力, 鲁琳, 朱晓宇, 等. 中药复方对鸡免疫器官指数及IL-2表达的动态影响[J]. 中国兽医科学, 2007, 37(6): 543-546.
- [15] 赵初娴, 王椿, 高彦荣, 等. 淋巴结肿大伴白细胞升高[J]. 中华血液学杂志, 2013, 34(12): 1070-1072.
- [16] 徐丽婷, 杜慧, 孙爱军, 等. 银杏达莫注射液致过敏性休克分析[J]. 实用药物与临床, 2013, 16(11): 1064-1066.
- [17] 李春燕, 甘振磊, 汤德元, 等. 中药添加剂对猪增重, 血常规指标及免疫功能影响的研究[J]. 动物医学进展, 2012, 33(10): 53-56.
- [18] 李亚杰, 赵献军. 益生菌、黄芪多糖微胶囊制剂对肉仔鸡生长性能、免疫器官指数及血液生化指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1): 100-103.
- [19] 余微明, 祁国荣. 代谢(一): 糖代谢及其调控与核酸代谢[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 127-187.
- [20] 杨冬芝, 于九皋. 肌酐的性质及肾脏病患者体内肌酐的清除[J]. 天津药学, 2001, 13(5): 5-8.
- [21] LEVEY K A, MACKENZIE A P, STEPHENSON C, et al. Increased rates of chorioamnionitis with extra-amniotic saline infusion method of labor induction[J]. Obstetrics & Gynecology, 2004, 103(4): 724-728.