

L-肉碱与辅酶 Q₁₀ 添加对腹水症敏感肉鸡生产性能和部分免疫功能的影响

耿爱莲^{1,2}, 李保明², 芮于明^{1*}

(1. 中国农业大学动物科学技术学院, 北京 100094;

2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室, 北京 100083)

摘要: 研究了日粮 L-肉碱与辅酶 Q₁₀ (辅酶 Q) 添加对腹水症敏感肉鸡生产性能和免疫功能的影响。L-肉碱添加水平分别为 0、75、100 mg/kg, 辅酶 Q 添加水平分别为 0、40 mg/kg。480 只 1 日龄艾维茵公肉鸡随机分为 12 组, 每组设 5 个重复, 每个重复 8 只鸡。试验持续 6 周。试验结果表明: 单独添加 L-肉碱或辅酶 Q 对肉鸡生产性能没有显著影响, 可显著提高肉鸡 0~3 周的心脏指数 ($P < 0.05$), 而对免疫器官的发育没有影响。日粮中单独添加 L-肉碱能够显著降低红细胞压积 (PCV) ($P < 0.05$), 而单独添加辅酶 Q 却没有显著效果。分别单独添加 L-肉碱、辅酶 Q 以及二者同时添加时均可显著降低肉鸡的腹水心脏指数 (AHI) 以及腹水症死亡率 ($P < 0.05$)。单独添加 L-肉碱显著提高肉鸡血清中 IgG 的含量 ($P < 0.05$), 而单独添加辅酶 Q 以及二者同时添加时 IgG 含量没有显著变化; L-肉碱与辅酶 Q 共同添加时显著提高血清溶菌酶活性 ($P < 0.05$)。单独添加辅酶 Q 以及二者同时添加时, 刀豆素 A (ConA) 刺激裂原淋巴细胞增殖反应显著降低 ($P < 0.05$)。本试验结果表明肉鸡腹水症敏感性的降低, 可能与日粮中 L-肉碱和辅酶 Q 的共同添加改善了机体部分免疫功能作用有关。

关键词: L-肉碱; 辅酶 Q₁₀; 肉鸡; 免疫功能

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2007)08-0806-08

Effects of L-carnitine and CoQ₁₀ Supplementation on Performance and Some Immune Functions in Ascites-Susceptible Broilers

GENG Ai-lian^{1,2}, LI Bao-ming², GUO Yu-ming^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University,

Beijing 100094, China; 2. Key Laboratory of Agricultural Bioenvironmental

Engineering, Ministry of Agriculture, College of Water Conservancy and Civil Engineering,

China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: To investigate the effects of L-carnitine and CoQ₁₀ (CoQ) supplementation on performance and immune functions in ascites-susceptible broilers. L-carnitine supplemental levels were 0, 75, 150 mg/kg, CoQ supplemental levels were 0 and 40 mg/kg, respectively. Four hundred and eighty 1 day-old Arbor Acre male broiler chicks were randomly allocated into 12 groups with 5 replicates each, 8 birds per replicate. The results showed that performance was not significantly influenced by L-carnitine and CoQ supplementation alone, but heart index of broilers was significantly increased during 0–3 week ($P < 0.05$), and the development of immune organs was not significantly affected. PCV was significantly decreased by L-carnitine supplementation alone ($P < 0.05$), and was not affected by CoQ supplementation alone. AHI and ascites mortality were de-

收稿日期: 2006-04-28

基金项目: 中国博士后科学基金 (20060390546)

作者简介: 耿爱莲 (1972-), 女, 汉族, 山西天镇人, 动物营养博士, 现为中国农业大学水利与土木工程学院农业工程博士后, 主要从事动物营养、环境、代谢病调控以及动物福利研究, E-mail: ailiangengcau@126.com

* 通讯作者: 芮于明, 教授, 博士生导师, 主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: guoym@cau.edu.cn

creased by L-carnitine, CoQ supplementation alone, and L-carnitine + CoQ supplementation together ($P < 0.05$). Serum IgG content was improved by L-carnitine supplementation alone ($P < 0.05$), and was not affected by CoQ supplementatim alone and L-carnitine + CoQ supplementatim together. Lysozyme activity was increased by L-carnitine + CoQ supplementation together ($P < 0.05$). Supplemental CoQ alone and L-carnitine + CoQ together decreased the peripheral blood lymphocyte (PBL) proliferation in response to concanavalin A (ConA) ($P < 0.05$). The study suggested that the reduction of broilers' susceptibility to ascites might be relevant with L-carnitine + CoQ supplementation's improving some immune functions of broilers.

Key words: L-carnitine; CoQ₁₀; broiler; immune functions

L-肉碱除了参与长链脂肪酸的转移外,还可增强机体的免疫反应^[1]和参与免疫网络调控^[2]。另外,在脓毒性休克^[3]及 AIDS 病人中^[4],都发现体内血清和组织中肉碱池有减少的情况,这进一步说明了内源肉碱池在维持正常的免疫系统中起着关键的作用。

辅酶 Q 作为线粒体氧化磷酸化过程中的一种关键组分,也可作为一种非特异性的免疫防卫系统刺激剂^[5]。Tanner^[6]在试验动物中观察到辅酶 Q 可增强机体抗细菌能力。Folkers 和 Wolaniuk^[7]使用免疫系统模型表明辅酶 Q 是一种免疫调控剂,并推断辅酶 Q 在线粒体水平上对于维持免疫系统的适宜功能是必需的。

L-肉碱同辅酶 Q 结合使用时可保护烟曲霉素 B₁ 处理的大鼠脾脏细胞避免氧化应激诱导的 DNA 损伤^[8]。日粮中共同添加 L-肉碱与辅酶 Q 可以显著降低肉鸡对腹水症发生的敏感性^[9]。而目前关于 L-肉碱与辅酶 Q 对肉鸡生产性能的影响,以及在肉鸡腹水症敏感性提高时免疫反应方面的变化还没有研究,因此本文研究二者对腹水症敏感肉鸡的生产性能和免疫功能的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验动物与日粮

选 480 只 1 日龄艾维茵公肉鸡随机分为 12 组,每组设 5 个重复,每个重复 8 只鸡。饲喂全植物性玉米-豆粕基础日粮,参照 NRC(1994)肉仔鸡营养需要配制(配方及营养水平见表 1)。日粮 L-肉碱添加水平分别为 0、75、100 mg/kg,辅酶 Q 添加水平为 0、40 mg/kg,分别从 1 日龄和 10 日龄开始添加,试验期 6 周。L-肉碱购自香港龙沙公司(肉碱王),辅酶 Q 由日本出光石油化学株式会社(Summit AGRO International Ltd.)赠送。

表 1 基础日粮的组分和营养水平

Table 1 The composition and nutrient levels of the basal diets

| 组分 Ingredients | 基础日粮 Basal diets | |
|-------------------------------------|------------------|--------------|
| | 育雏料 Starter | 育肥料 Finisher |
| 玉米 Corn | 50.85 | 59.67 |
| 豆粕 Soybean meal | 27.88 | 22.00 |
| 玉米蛋白粉 Corn gluten meal | 12.00 | 11.03 |
| 大豆油 Soybean oil | 5.03 | 3.57 |
| 石粉 Limestone | 1.25 | 1.42 |
| 磷酸氢钙 Dicalcium phosphate | 1.89 | 1.31 |
| 食盐 Salt | 0.30 | 0.30 |
| 微量元素预混剂 Mineral premix ¹ | 0.20 | 0.20 |
| 复合多维 Vitamin premix ² | 0.02 | 0.02 |
| 50%氯化胆碱 Choline chloride | 0.10 | 0.10 |
| 15%金霉素 Aureomycin | 0.10 | 0.10 |
| 33%乙氧基喹啉 Ethoxy quinoline | 0.03 | 0.03 |
| 赖氨酸 Lysine | 0.25 | 0.24 |
| 蛋氨酸 Methonine | 0.10 | 0.02 |
| 合计 Total | 100.00 | 100.00 |
| 代谢能 AMEn/(MJ/kg) | 13.39 | 13.39 |
| 粗蛋白 Crude protein | 23.00 | 20.00 |
| 钙 Calcium | 1.00 | 0.90 |
| 非植酸磷 Available phosphorus | 0.45 | 0.35 |
| 赖氨酸 Lysine | 1.10 | 1.00 |
| 蛋氨酸 Methionine | 0.50 | 0.38 |

1. 微量元素预混料(每千克饲料提供 mg): Cu 8; Zn 75; Fe 80; Mn 100; Se 0.15; I 0.35; 2. 维生素预混料(每千克饲料提供): VA 12 500 IU, VD₃, 2 500 IU; VE 18.75 mg; VK₃ 2.65 mg; VB₁ 2 mg; VB₂ 6 mg; VB₁₂ 0.025 mg; 生物素 0.032 5 mg; 叶酸 1.25 mg; 泛酸 2 mg; 烟酸 50 mg。

试验采用常规饲养管理,常规免疫。自由采食和饮水,全日光照。1 日龄控制温度为 33℃,3 日龄为 32.5℃,5 日龄为 32℃,以后每隔 1 d 降低 1℃,至 9 日龄时为 30℃。相对湿度保持在 60%~65%。

10~21日龄突然关闭水暖,进行低温处理(白天最高温15℃,夜间最低温12℃),保持相对湿度为50%~60%,21日龄后继续关闭水暖,自然光照和气温(15~18℃),保持相对湿度为50%~60%,直到饲养结束。

1.2 取样及指标测定方法

生产性能测定以重复为单位,记录0~3周龄、4~6周龄及0~6周龄的采食量、阶段增重,计算平均采食量、体增重、饲料转化效率,统计各组中腹水症鸡死亡数以及总死亡鸡数并计算腹水症死亡率。

试验18日龄时从每个重复组中随机取一只鸡,翼静脉采血2 mL,分别装入肝素钠抗凝管和不抗凝管,抗凝管立即采用温氏法^[10]测定红细胞压积,不抗凝管分离血清贮于-30℃冰箱待测。32日龄时从每个重复组中随机取一只鸡翼静脉采血,肝素抗凝,采用微量全血体外培养和³H胸腺嘧啶(³H-TdR)掺入法测定外周血淋巴细胞转化率^[11]。刺激原刀豆素A(ConA)和脂多糖(LPS)的浓度分别为45 μg/mL和25 μg/mL,结果用刺激指数(SI)表示。21、42日龄从每个重复组中取一只鸡屠宰,称取心脏重量,并分离,以检测腹水心脏指数(右心室重/总心室重),测定方法参考Huchzermeyer和De Ruyck^[12];分离两侧胸腺,称重,计算胸腺指数(胸腺平均重/活重),分离脾脏、法氏囊并分别称重,计算脾脏指数(脾脏重/活重)和法氏囊指数(法氏囊重/活重)。

血清中IgG抗体测定,参考王世平^[13]免疫比浊方法,其中兔抗鸡IgG血清购自北京夏斯生物技术有限公司;IgG标准品购自中国军事医学科学院。血清溶菌酶活性测定,32日龄时从各个处理组每个重复随机抓取1只鸡,翼静脉采血,分离出血清测定溶菌酶含量,参照Kreukniet等^[14]的方法。

1.3 数据统计

试验数据采用平均值±标准差表示。运用Spss10.0 for Windows软件中方差分析(ANOVA)和一般线性模型(GLM)进行统计和Duncan'S比较,以 $P<0.05$ 为显著水平。

2 结果与讨论

2.1 L-肉碱与辅酶Q添加对腹水症敏感肉鸡生长性能的影响

关于日粮中添加L-肉碱对家禽生产性能的影响一直颇有争议。有研究表明肉鸡日粮中添加L-肉碱可提高生长率和饲料转化率^[15~17],而Barker和Sell^[18],Leibetseder^[19],Buyse等^[20],Rodehutsord等^[21]观察到在日粮或饮水中添加L-肉碱对肉鸡生产性能没有产生任何积极的作用。Celik和Öztürkcan^[22]甚至指出L-肉碱和L-肉碱+抗坏血酸添加可降低热中性条件下肉鸡的体增重。

辅酶Q在日粮中添加的效果还未见报道。从表2可看出,单独添加L-肉碱或辅酶Q以及在不同日龄添加时对肉鸡生产性能均没有显著影响。1日龄开始添加75 mg/kg L-肉碱与40 mg/kg辅酶Q同对照组相比可显著升高0~6周肉鸡的体增重($P<0.05$),L-肉碱和添加日龄互作可显著影响肉鸡0~6周的体增重和饲料转化率($P<0.05$),而L-肉碱、辅酶Q同添加日龄互作,也可显著影响肉鸡0~6周的平均采食量和饲料转化率($P<0.05$)。

2.2 L-肉碱与辅酶Q添加对PCV、AHI以及腹水症死亡率的影响

结果表明(表3),10日龄添加同1日龄添加相比肉鸡PCV值显著降低,日粮中单独添加L-肉碱能够显著降低PCV值($P<0.05$),而单独添加辅酶Q没有显著效果。单独添加L-肉碱或辅酶Q以及二者同时添加时均可显著降低肉鸡的AHI值以及腹水症死亡率($P<0.05$),L-肉碱、辅酶Q和添加日龄之间互作可显著降低AHI值($P<0.05$),表明单独添加L-肉碱或辅酶Q以及二者同时添加均可有效降低肉鸡对腹水症的敏感性,这同笔者前期试验结果相一致^[9]。

2.3 L-肉碱与辅酶Q添加对腹水症敏感肉鸡内脏器官发育的影响

结果表明(表4),单独添加100 mg/kg L-肉碱或40 mg/kg辅酶Q时可显著提高肉鸡0~3周的心脏指数($P<0.05$),而对免疫器官的发育无影响。L-肉碱与添加日龄互作可提高肉鸡0~3周的脾脏指数($P<0.05$),辅酶Q与添加日龄互作可提高肉鸡3~6周的心脏指数($P<0.05$)。有关的研究仅见于Arafa等^[23]报道的日粮中添加L-肉碱可改善电磁场对动物体重以及脾脏细胞活力的影响。

表 2 腹水症敏感肉鸡生产性能的变化

Table 2 Changes of performance in ascites-susceptible broiler

| 添加日龄 Supplemental age/d | L-肉碱 L-carnitine (mg/kg) | 辅酶 Q CoQ (mg/kg) | 0~3 周 0-3 week | | | 0~6 周 0-6 week | | |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|---------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | 平均采食量 AFI/kg | 体增重 BWG/kg | 饲料转化率 FCR | 平均采食量 AFI/kg | 体增重 BWG/kg | 饲料转化率 FCR |
| 1 | 0 | 0 | 1.07±0.05 | 0.71±0.03 | 1.52±0.09 ^c | 4.27±0.48 ^{ab} | 1.96±0.07 ^d | 2.17±0.23 ^{abc} |
| | 0 | 40 | 1.17±0.07 | 0.73±0.04 | 1.61±0.10 ^{abc} | 4.70±0.79 ^a | 2.15±0.09 ^{abc} | 2.18±0.32 ^{bc} |
| | 75 | 0 | 1.15±0.05 | 0.70±0.03 | 1.63±0.06 ^{abc} | 4.72±0.42 ^a | 2.18±0.05 ^a | 2.16±0.16 ^{bc} |
| | 75 | 40 | 1.13±0.08 | 0.70±0.03 | 1.62±0.09 ^{abc} | 4.13±0.39 ^{ab} | 2.16±0.06 ^{abc} | 1.91±0.17 ^{bc} |
| | 100 | 0 | 1.18±0.13 | 0.71±0.08 | 1.66±0.17 ^{ab} | 4.32±0.32 ^{ab} | 2.16±0.09 ^{abc} | 2.00±0.11 ^{abc} |
| | 100 | 40 | 1.16±0.05 | 0.69±0.03 | 1.68±0.09 ^{ab} | 4.18±0.26 ^{ab} | 1.99±0.09 ^{bcd} | 2.06±0.24 ^{abc} |
| 10 | 0 | 0 | 1.13±0.06 | 0.71±0.05 | 1.58±0.08 ^{bc} | 4.27±0.49 ^{ab} | 1.98±0.22 ^{cd} | 2.16±0.23 ^{abc} |
| | 0 | 40 | 1.13±0.04 | 0.67±0.05 | 1.71±0.14 ^{ab} | 4.18±0.23 ^{ab} | 2.18±0.22 ^a | 1.94±0.26 ^{abc} |
| | 75 | 0 | 1.14±0.04 | 0.72±0.02 | 1.59±0.06 ^{abc} | 4.28±0.60 ^{ab} | 2.00±0.16 ^{abcd} | 2.14±0.28 ^{abc} |
| | 75 | 40 | 1.17±0.06 | 0.68±0.03 | 1.73±0.08 ^a | 4.72±0.76 ^a | 1.94±0.03 ^d | 2.44±0.40 ^a |
| | 100 | 0 | 1.15±0.04 | 0.71±0.04 | 1.62±0.09 ^{abc} | 4.65±0.41 ^a | 2.08±0.14 ^{abcd} | 2.24±0.19 ^{ab} |
| | 100 | 40 | 1.08±0.03 | 0.71±0.04 | 1.52±0.07 ^c | 3.81±0.43 ^b | 2.06±0.12 ^{abcd} | 1.85±0.19 ^c |
| L-carnitine | <i>P</i> | | 0.509 | 0.857 | 0.459 | 0.367 | 0.992 | 0.308 |
| CoQ | <i>P</i> | | 0.789 | 0.163 | 0.089 | 0.307 | 0.570 | 0.216 |
| Age | <i>P</i> | | 0.575 | 0.534 | 0.852 | 0.604 | 0.069 | 0.509 |
| L-carnitine×CoQ | <i>P</i> | | 0.065 | 0.930 | 0.055 | 0.113 | 0.002 | 0.485 |
| L-carnitine×Age | <i>P</i> | | 0.174 | 0.308 | 0.010 | 0.554 | 0.013 | 0.043 |
| CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.323 | 0.210 | 0.625 | 0.786 | 0.577 | 0.632 |
| L-carnitine×Age | | | | | | | | |
| CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.252 | 0.293 | 0.095 | 0.015 | 0.481 | 0.004 |

同列平均数肩标无相同字母者表示差异显著($P<0.05$), 下表同

Means in the same column with different superscript differ significantly($P<0.05$). The same as below

表 3 肉鸡 PCV、AHI 和腹水死亡率的变化

Table 3 Changes of PCV, AHI and ascites mortality

| 添加日龄 Supplemental age/d | L-肉碱 L-carnitine/(mg/kg) | 辅酶 Q CoQ/(mg/kg) | 红细胞压积 PCV/% | 腹水心脏指 数 AHI | 腹水死亡率 Ascites mortality/% |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 35.71 ^a | 0.35 ^a | 14.81 |
| | 0 | 40 | 33.89 ^{ab} | 0.16 ^{bc} | 4.44 |
| | 75 | 0 | 32.89 ^{abc} | 0.19 ^{bc} | 4.44 |
| | 75 | 40 | 30.42 ^{bc} | 0.17 ^{bc} | 0 |
| | 100 | 0 | 32.31 ^{abc} | 0.17 ^{bc} | 0 |
| | 100 | 40 | 32.72 ^{abc} | 0.20 ^b | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 34.98 ^a | 0.29 ^a | 11.11 |
| | 0 | 40 | 31.00 ^{bc} | 0.21 ^b | 2.22 |
| | 75 | 0 | 29.99 ^c | 0.16 ^{bc} | 0 |
| | 75 | 40 | 31.35 ^{bc} | 0.13 ^c | 2.22 |
| | 100 | 0 | 31.44 ^{bc} | 0.17 ^{bc} | 0 |
| | 100 | 40 | 30.72 ^{bc} | 0.19 ^{bc} | 0 |
| SEM | | | 0.389 | 0.010 | 0.850 |
| GLM analysis | | | | | Aresin analysis |
| L-carnitine | 0 | | 33.90 ^a | 0.25 ^a | 35.3 ^a |
| | 75 | | 31.16 ^b | 0.16 ^b | 25.4 ^a |
| | 100 | | 31.80 ^b | 0.18 ^b | 22.6 ^b |
| <i>P</i> | | | 0.003 | 0.000 | 0.000 |
| CoQ | 0 | | 32.89 | 0.22 ^a | 35.4 ^a |
| | 40 | | 31.68 | 0.18 ^b | 25.1 ^b |
| <i>P</i> | | | 0.061 | 0.001 | 0.008 |
| Age | 1 | | 32.99 ^a | 0.21 | 28.8 |
| | 10 | | 31.58 ^b | 0.19 | 26.7 |
| <i>P</i> | | | 0.030 | 0.211 | 0.296 |
| L-carnitine | <i>P</i> | | 0.164 | 0.001 | 0.009 |
| L-carnitine×Age | <i>P</i> | | 0.860 | 0.451 | 0.666 |
| CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.879 | 0.194 | 0.296 |
| L-carnitine×CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.124 | 0.043 | 0.443 |

表 4 不同阶段肉鸡内脏器官的变化
Table 4 Changes of internal organs of broilers at different stages

| 添加日龄 Supplemental age/d | L-肉碱 L-carnitine /(mg/kg) | 辅酶 Q CoQ /(mg/kg) | 0~3 周 0-3 week | | | | 3~6 周 3-6 week | | | | g/kg |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
| | | | 心脏指数 Heart index | 脾脏指数 Spleen index | 法氏囊指数 Bursa index | 胸腺指数 Thymus index | 心脏指数 Heart index | 脾脏指数 Spleen index | 法氏囊指数 Bursa index | 胸腺指数 Thymus index | |
| 1 | 0 | 0 | 5.529 ^{abc} | 0.899 ^b | 2.239 | 6.241 | 3.772 ^{bc} | 1.331 | 1.447 | 5.515 ^{ab} | |
| | 0 | 40 | 6.012 ^{abc} | 1.442 ^{ab} | 2.103 | 5.704 | 3.758 ^{bc} | 1.960 | 1.856 | 4.410 ^{ab} | |
| | 75 | 0 | 5.199 ^{bc} | 1.175 ^b | 1.899 | 6.123 | 4.601 ^a | 1.881 | 1.809 | 4.716 ^{ab} | |
| | 75 | 40 | 5.553 ^{abc} | 1.087 ^b | 1.926 | 7.455 | 3.761 ^{bc} | 1.791 | 1.725 | 2.609 ^b | |
| 10 | 100 | 0 | 6.362 ^{ab} | 1.544 ^{ab} | 2.605 | 5.529 | 3.921 ^{abc} | 1.851 | 2.037 | 4.693 ^{ab} | |
| | 100 | 40 | 6.389 ^{ab} | 1.392 ^{ab} | 2.302 | 5.074 | 3.630 ^a | 2.545 | 1.632 | 4.758 ^{ab} | |
| | 0 | 0 | 5.463 ^{abc} | 1.389 ^{ab} | 2.045 | 5.554 | 4.014 ^{abc} | 1.354 | 1.669 | 4.699 ^{ab} | |
| | 0 | 40 | 6.610 ^a | 1.426 ^{ab} | 2.345 | 5.874 | 4.155 ^{abc} | 1.388 | 1.624 | 5.098 ^{ab} | |
| SEM | 75 | 0 | 4.842 ^c | 1.431 ^{ab} | 2.187 | 5.683 | 3.823 ^{bc} | 1.711 | 1.947 | 3.509 ^{ab} | |
| | 75 | 40 | 5.839 ^{abc} | 1.918 ^a | 1.813 | 5.663 | 4.412 ^{ab} | 2.392 | 1.542 | 4.715 ^{ab} | |
| | 100 | 0 | 5.408 ^{abc} | 0.862 ^b | 2.091 | 4.557 | 4.182 ^{abc} | 2.502 | 1.708 | 6.176 ^a | |
| | 100 | 40 | 6.594 ^a | 1.415 ^{ab} | 2.208 | 6.115 | 4.376 ^{ab} | 1.767 | 1.771 | 5.734 ^a | |
| L-carnitine | 0 | 0 | 0.131 | 0.070 | 0.089 | 0.287 | 0.070 | 0.112 | 0.065 | 0.263 | |
| | 75 | 0 | 5.903 ^b | 1.289 | 2.183 | 5.843 | 3.925 | 1.508 | 1.649 | 4.931 | |
| | 75 | 40 | 5.358 ^b | 1.403 | 1.956 | 6.231 | 4.149 | 1.944 | 1.756 | 3.887 | |
| | 100 | 0 | 6.188 ^a | 1.303 | 2.302 | 5.319 | 4.027 | 2.166 | 1.787 | 5.345 | |
| P | 0 | 0 | 0.017 | 0.730 | 0.365 | 0.512 | 0.366 | 0.055 | 0.696 | 0.073 | |
| | 0 | 40 | 5.467 ^b | 1.217 | 2.178 | 5.614 | 4.052 | 1.772 | 1.769 | 4.885 | |
| | 40 | 0 | 6.166 ^a | 1.447 | 2.116 | 5.961 | 4.015 | 1.974 | 1.692 | 4.557 | |
| | 0 | 40 | 0.004 | 0.082 | 0.758 | 0.571 | 0.775 | 0.359 | 0.579 | 0.531 | |
| Age | 0 | 0 | 5.841 | 1.257 | 2.179 | 6.021 | 3.907 | 1.893 | 1.751 | 4.45 ^b | |
| | 10 | 0 | 5.793 | 1.407 | 2.115 | 5.574 | 4.151 | 1.852 | 1.710 | 4.992 ^a | |
| | 0 | 40 | 0.829 | 0.247 | 0.749 | 0.490 | 0.055 | 0.853 | 0.769 | 0.302 | |
| | 0 | 40 | 0.926 | 0.947 | 0.865 | 0.869 | 0.832 | 0.769 | 0.412 | 0.977 | |
| L-carnitine×CoQ | 0 | 0 | 0.504 | 0.030 | 0.691 | 0.748 | 0.195 | 0.657 | 0.961 | 0.589 | |
| | 10 | 0 | 0.075 | 0.317 | 0.704 | 0.694 | 0.011 | 0.344 | 0.712 | 0.172 | |
| | 0 | 40 | 0.123 | 0.619 | 0.556 | 0.122 | 0.129 | 0.349 | 0.332 | 0.172 | |
| | 0 | 40 | 0.865 | 0.619 | 0.556 | 0.122 | 0.129 | 0.349 | 0.332 | 0.172 | |

2.4 L-肉碱与辅酶 Q 添加对血清 IgG 抗体水平以及溶菌酶活性的影响

血清 IgG 是体内一种重要的免疫球蛋白,在机体免疫系统中起着非常重要的作用。以往试验表明,日粮添加 L-肉碱可以显著提高肉鸽^[24]和肉鸡^[25]的 BSA 特异总抗体含量以及 IgG 的水平。Folkers 等^[26]使用辅酶 Q、VB₆ 以及二者同时给人服用,结果发现不论辅酶 Q 单独添加还是辅酶 Q 和 VB₆ 同时添加,血液 IgG 水平都显著提高 ($P < 0.05$)。表 5 表明肉鸡血清中 IgG 含量以及溶菌酶活性发生了变化。不同日龄添加 IgG 含量变化不显著,单独添加 L-肉碱能够显著提高肉鸡血清中

IgG 的含量 ($P < 0.05$),而单独添加辅酶 Q 和二者共同添加对 IgG 含量均没有显著影响。

溶菌酶是体内单核细胞、中性粒细胞和巨噬细胞的产物,在机体抗感染、抗肿瘤等方面发挥主要作用,可作为吞噬系统功能的指标。本试验结果表明,日粮中单独添加 L-肉碱、辅酶 Q 以及在不同日龄添加时对溶菌酶活性均没有显著影响,而 L-肉碱与辅酶 Q 共同添加以及 L-肉碱和日龄交互可显著提高溶菌酶的活性 ($P < 0.05$),这提示 L-肉碱与辅酶 Q 可能协作提高了机体抗细菌感染的能力,从而提高了机体抗应激能力,降低了肉鸡对腹水症的敏感性。

表 5 IgG 含量和溶菌酶活性的变化

Table 5 Changes of IgG content and lysozyme activity

| 添加日龄 Supplemental age/d | L-肉碱 L-carnitine/(mg/kg) | 辅酶 Q CoQ/(mg/kg) | 免疫球蛋白 G IgG/(g/L) | 溶菌酶活性 Lysozyme activity/(μ g/mL) |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|--|
| 1 | 0 | 0 | 1.06 ^f | 166.08 ^b |
| | 0 | 40 | 1.70 ^{ef} | 179.22 ^{ab} |
| | 75 | 0 | 3.59 ^{bc} | 184.74 ^{ab} |
| | 75 | 40 | 3.54 ^{bc} | 172.93 ^{ab} |
| | 100 | 0 | 5.66 ^a | 190.48 ^a |
| | 100 | 40 | 6.55 ^a | 182.25 ^{ab} |
| 10 | 0 | 0 | 1.26 ^f | 173.61 ^{ab} |
| | 0 | 40 | 1.88 ^{def} | 195.15 ^a |
| | 75 | 0 | 3.06 ^{cde} | 189.25 ^a |
| | 75 | 40 | 3.34 ^{bcd} | 194.31 ^a |
| | 100 | 0 | 4.94 ^{ab} | 180.43 ^{ab} |
| | 100 | 40 | 5.35 ^a | 173.79 ^{ab} |
| SEM | | | 0.32 | 2.20 |
| L-carnitine | 0 | | 1.47 ^c | 178.52 |
| | 75 | | 3.38 ^b | 185.31 |
| | 100 | | 5.63 ^a | 181.74 |
| <i>P</i> | | | 0.001 | 0.376 |
| CoQ | 0 | | 3.26 | 180.76 |
| | 40 | | 3.73 | 182.94 |
| | | | 0.129 | 0.580 |
| <i>P</i> | | | 0.129 | 0.580 |
| Age | 0 | | 3.68 | 179.24 |
| | 10 | | 3.30 | 184.42 |
| <i>P</i> | | | 0.215 | 0.198 |
| L-carnitine×CoQ | <i>P</i> | 0.708 | 0.034 | |
| L-carnitine×Age | <i>P</i> | 0.304 | 0.049 | |
| CoQ×Age | <i>P</i> | 0.932 | 0.261 | |
| L-carnitine×CoQ×Age | <i>P</i> | 0.853 | 0.727 | |

2.5 L-肉碱与辅酶 Q 添加对肉鸡全血淋巴细胞增殖反应的影响

表 6 反映了单独添加 L-肉碱对 ConA 以及

LPS 刺激丝裂原淋巴细胞增殖反应没有影响,而单独添加辅酶 Q 以及二者共同添加可显著降低 ConA 刺激丝裂原淋巴细胞增殖反应 ($P < 0.05$)。L-肉

碱、辅酶 Q 和日龄互作也可显著降低淋巴细胞增殖反应 ($P < 0.05$)。这同先前报道的认为 L-肉碱^[6]与

辅酶 Q^[5]对大鼠和人类具有免疫调控作用的结果不尽一致。

表 6 肉鸡全血淋巴细胞增殖反应的变化
Table 6 Changes of lymphocyte proliferation responses in broilers

| 添加日龄 Supplemental age/d | L-肉碱 L-carnitine/(mg/kg) | 辅酶 Q CoQ/(mg/kg) | 淋巴细胞转化刺激指数/%SI | |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | | | LPS | ConA |
| 1 | 0 | 0 | 3.48 ^{ab} | 2.27 ^{ab} |
| | 0 | 40 | 2.2 ^{abc} | 1.65 ^b |
| | 75 | 0 | 2.76 ^{abc} | 1.81 ^b |
| | 75 | 40 | 2.05 ^{abc} | 1.56 ^b |
| | 100 | 0 | 2.18 ^{abc} | 1.60 ^b |
| | 100 | 40 | 1.52 ^c | 1.03 ^b |
| 10 | 0 | 0 | 3.42 ^{ab} | 3.29 ^a |
| | 0 | 40 | 1.89 ^{bc} | 0.96 ^b |
| | 75 | 0 | 2.73 ^{abc} | 1.29 ^b |
| | 75 | 40 | 3.80 ^a | 2.22 ^{ab} |
| | 100 | 0 | 2.03 ^{abc} | 1.77 ^b |
| | 100 | 40 | 2.37 ^{abc} | 1.25 ^b |
| SEM | | | 0.17 | 0.14 |
| L-carnitine | 0 | | 2.75 | 2.04 |
| | 75 | | 2.84 | 1.72 |
| | 100 | | 2.03 | 1.42 |
| <i>P</i> | | | 0.088 | 0.094 |
| CoQ | 0 | | 2.77 | 2.01 ^a |
| | 40 | | 2.31 | 1.45 ^b |
| <i>P</i> | | | 0.154 | 0.019 |
| Age | 1 | | 2.36 | 1.65 |
| | 10 | | 2.71 | 1.79 |
| <i>P</i> | | | 0.282 | 0.527 |
| L-carnitine×CoQ | <i>P</i> | | 0.116 | 0.011 |
| L-carnitine×Age | <i>P</i> | | 0.404 | 0.975 |
| CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.189 | 0.725 |
| L-arnitine×CoQ×Age | <i>P</i> | | 0.428 | 0.046 |

Arafa 等^[23]研究了 L-肉碱与辅酶 Q 对电磁场处理下小鼠脾脏细胞有丝分裂的影响,结果表明单独添加 L-肉碱可以提高植物凝集素(PHA)刺激后脾脏淋巴细胞增殖,而单独添加辅酶 Q 却没有显著影响。本试验结果表明单独添加辅酶 Q 可以降低肉鸡对 ConA 刺激的全血淋巴细胞增殖。这两个试验结果的差距可能是由于所用试验动物、淋巴细胞类型、丝裂原种类以及不同处理等造成的。

因此,有关 L-肉碱或辅酶 Q 单独及共同对免疫反应的调控作用还有待进一步深入研究。

3 结 论

单独添加 L-肉碱或辅酶 Q 对肉鸡生产性能没

有显著影响。肉鸡腹水症敏感性的降低可能与 L-肉碱和辅酶 Q 共同添加改善了机体部分免疫功能的作用有关。

参考文献:

- [1] De Simone C, Delogue G, Fagiola A. Lipids and the immune system are influenced by L-carnitine. A study in elderly subjects with cardiovascular diseases [J]. International Journal of Immunotherapy, 1985, 1: 267~271.
- [2] Deufel T. Determination of L-carnitine in biological fluids and tissues [J]. Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry, 1990, 28: 307~311.
- [3] Famularo G, De Simone C, Arrigoni-Martelli E,

- et al.* Carnitine and septic shock patients [J]. *AIDS*, 1995, 6: 203~205.
- [4] Famularo G, De Simone C. A new era for carnitine [J]. *Immunology Today*, 1995, 16: 211~213.
- [5] Bliznakov E G. Immunological senescence in mice and its reversal by coenzyme Q₁₀ [J]. *Mechanic Aging Development*, 1978, 7: 189~197.
- [6] Tanner H A. Energy transformations in the biosynthesis of the immune system: their relevance to the progression and treatment of AIDS [J]. *Medical Hypotheses*, 1992, 38: 315~321.
- [7] Folkers K, Wolaniuk A. Research on coenzyme Q₁₀ in clinical medicine and in immunomodulation [J]. *Drugs under Experimental and Clinical Research*, 1985, 11: 539~545.
- [8] Atroshi F, Rizzo A, Biese I, *et al.* Fumonisin B₁-induced DNA damage in rat liver and spleen: effects of pretreatment with coenzyme Q₁₀, L-carnitine, alpha-tocopherol and selenium [J]. *Pharmacological Research*, 1999, 40: 459~467.
- [9] Geng A L, Guo Y M, Yuan J M. Effects of dietary L-carnitine and coenzyme Q₁₀ supplementation on performance and ascites mortality of broilers [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2004, 58: 473~482.
- [10] Jain N C. *Schalm's veterinary hematology* [M]. 4th edn. Lea and Febiger, Philadelphia, 1986. 20~87.
- [11] 吴建设, 张日俊, 周毓平, 等. 全血法鸡淋巴细胞转化试验最佳试验条件研究 [J]. *畜牧兽医学报*, 1997, 28: 212~216.
- [12] Huchzermeyer F W, De Ruyck A M C. Pulmonary hypertension syndrome associated with ascites in broilers [J]. *Veterinary Record*, 1986, 119: 94~96.
- [13] 王世平. 微量免疫比浊法测定血清免疫球蛋白、转铁蛋白及载脂蛋白的含量 [J]. *中国运动医学杂志*, 2001, 20: 392~395.
- [14] Kreukniet M B, Nieuwland M G B, Van der Zijpp A J. Phagocytic activity of two lines of chickens divergently selected for antibody production [J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 1994, 44: 377~387.
- [15] Rabie M H, Szilagy M, Gippert T. Effects of dietary L-carnitine supplementation and protein level on performance and degree of meatiness and fatness of broilers [A]. *Acta Biologica Hungarica*, 1997a, 48: 221~229.
- [16] Rabie M H, Szilagy M, Gippert T, *et al.* Influence of dietary L-carnitine on performance and carcass quality of broiler chickens [A]. *Acta Biologica Hungarica*, 1997b, 48: 241~252.
- [17] Rabie M H, Szilagy M. Effects of L-carnitine supplementation of diets differing in energy levels on performance, abdominal fat content, and yield and composition of edible meat of broilers [J]. *British Journal of Nutrition*, 1998, 80: 391~400.
- [18] Barker D L, Sell J L. Dietary carnitine did not influence performance and carcass composition of broiler chickens and young turkeys fed low- or high-fat diets [J]. *Poultry Science*, 1994, 73: 281~287.
- [19] Leibetseder J. Studies on the effects of L-carnitine in poultry [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 1995, 48: 97~108.
- [20] Buyse J, Janssens G P, Decuypere E. The effects of dietary L-carnitine supplementation on the performance, organ weights and circulating hormone and metabolite concentrations of broiler chickens reared under a normal or low temperature schedule [J]. *British Poultry Science*, 2001, 42: 230~241.
- [21] Rodehutsord M, Timmler R, Dieckmann A. Effect of L-carnitine supplementation on utilisation of energy and protein in broiler chicken fed different dietary fat levels [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2002, 56: 431~441.
- [22] Elik L, Öztürkcan O. Effects of dietary supplemental L-carnitine and ascorbic acid on performance, carcass composition and plasma L-carnitine concentration of broiler chicks reared under different temperature [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2003, 57: 27~38.
- [23] Arafa H M M, Abd-Allah A R A, El-Mahdy M A, *et al.* Immunomodulatory effects of L-carnitine and q10 in mouse spleen exposed to low-frequency high-intensity magnetic field [J]. *Toxicology*, 2003, 187: 171~181.
- [24] Janssens G P J, Mast J, Goddeeris B M, *et al.* Enhanced specific antibody response to bovine serum albumin in pigeons due to L-carnitine supplementation [J]. *British Poultry Science*, 2000, 41: 448~453.
- [25] Mast J, Buyse J, Goddeeris B M. Dietary L-carnitine supplementation increases antigen-specific immunoglobulin G production in broiler chickens [J]. *British Journal of Nutrition*, 2000, 83: 161~166.
- [26] Folkers K, Morita M, Jr, McRee J. The activities of coenzyme Q₁₀ and vitamin B₆ for immune responses [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1993, 193: 88~92.