

网络出版日期:2017-10-18

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20171018.1733.006.html>

日粮苏氨酸水平对肉鸡生产性能、 机体抗氧化性能和免疫机能的影响

刘升国, 曲正祥, 蒙国华, 高玉鹏, 闵育娜

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 旨在研究日粮不同苏氨酸水平对肉鸡生产和免疫的影响, 为苏氨酸在肉鸡生产中的应用提供依据。将 432 只体质量相近的 1 日龄健康 AA 肉鸡随机分成 4 组, 每组 6 个重复, 每个重复 18 只鸡, 分别饲喂苏氨酸水平为 NRC(1994)标准推荐量的 85%、100%、125% 和 150% 的日粮, 采样并测定肉鸡的生长性能、血清生化指标、机体抗氧化指标和免疫指标。结果表明, 日粮不同苏氨酸水平显著影响肉鸡平均日增量和耗料增量比, 但对平均日采食量的影响不显著, 其中, 100% NRC 组生产性能最佳; 日粮苏氨酸水平显著影响血清谷胱甘肽过氧化物酶及总超氧化物歧化酶的活性, 以 125% NRC 组活性最高; 日粮过量苏氨酸水平显著提高血清中谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性, 显著增加血清中尿酸的浓度; 日粮中 125% NRC 苏氨酸水平能够显著增加血清中总蛋白、球蛋白质量浓度和肉鸡的脾脏指数、法氏囊指数及胸腺指数。日粮苏氨酸水平对 21 日龄、35 日龄和 42 日龄肉鸡新城疫抗体滴度有显著影响, 且抗体水平以 125% NRC 组最高。总之, 日粮苏氨酸水平为 NRC(1994)标准推荐量的 100% 时, 肉鸡可获得最佳的生产性能; 日粮中 125% NRC 苏氨酸水平能增强机体的抗氧化能力和免疫机能。

关键词 苏氨酸; 肉鸡; 生长性能; 抗氧化; 免疫机能

中图分类号 S831.5

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2017)10-1429-09

作为家禽日粮的第三限制性氨基酸, 苏氨酸在调控家禽生理功能和机体免疫力等方面发挥重要作用^[1-2]。随着理想蛋白质和氨基酸平衡理论的发展和运用, 苏氨酸在家禽日粮氨基酸平衡中的重要性日益凸现。但是近年来有关苏氨酸的研究多集中于需要量方面, 而关于日粮不同苏氨酸水平对肉鸡生产性能和免疫功能影响的报道较为少见。本试验通过饲喂不同苏氨酸水平的玉米—豆粕—花生粕型日粮来探究日粮不同苏氨酸水平对肉鸡生产性能、血清生化指标、抗氧化性能以及免疫机能的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验设计及试验动物

试验采用单因子完全随机设计, 设 4 个苏氨酸水平, 分别为 NRC(1994)肉鸡苏氨酸需要量的 85% (基础日粮组)、100%、125% 和 150%。试验

动物为 432 只健康、体质量相近的 1 日龄 AA 肉仔鸡, 随机分为 4 组, 每组 6 个重复, 每重复 18 只鸡。试验期分为 2 个阶段: 生长前期(0~21 d)和生长后期(22~42 d)。

1.2 试验日粮

试验日粮按照 NRC(1994)和 AA 肉鸡饲养标准进行配制, 基础日粮组成和营养水平见表 1。基础日粮中, 除苏氨酸缺乏外, 其他养分均满足或高于 NRC(1994)肉鸡营养需要。在基础日粮中添加饲料级 L-苏氨酸, 使试验日粮的苏氨酸水平分别为 NRC(1994)肉鸡苏氨酸需要量的 85%、100%、125% 和 150%。

1.3 饲养管理

试验于西北农林科技大学畜牧生态养殖场进行, 饲养参照 AA 肉鸡饲养管理手册进行。人工控制温度, 第 1 周鸡背上方温度保持在 33 ℃, 以后每周下降 2 ℃, 舍内相对湿度生长前期保持在

收稿日期: 2016-10-11 修回日期: 2016-12-12

基金项目: 中国博士后基金面上项目(2014M562464); 陕西省科技统筹创新工程计划(2016KTCL02-18)。

第一作者: 刘升国, 男, 硕士研究生, 从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: liushengg91@163.com

通信作者: 高玉鹏, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事动物营养与免疫、现代家禽生产技术研究。E-mail: gaoyupeng112@sina.com

闵育娜, 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事动物营养与免疫调控研究。E-mail: minyuna2003@163.com

60%~70%，生长后期保持在50%~60%。光照采用自然+人工补光。通风采用自然通风和横向

负压通风相结合。鸡舍为半开放式，2层笼养，自由采食与饮水。按照常规免疫程序进行免疫。

表1 基础日粮组成及营养水平

Table 1 Ingredients and nutrient composition of the basal diet

日粮组成/% Ingredient	前期 Starter	后期 Grower	营养水平 Nutrient level	前期 Starter	后期 Grower
玉米 Corn	31.92	32.36	代谢能/(MJ/kg) ME	12.55	12.97
豆粕 Soybean meal	26.25	18.40	总磷/% TP	0.68	0.62
小麦 Wheat	25.00	30.00	可利用磷/% AP	0.45	0.40
花生粕 Peanut meal	5.00	5.00	钙/% Ca	0.90	0.90
豆油 Soya bean oil	4.20	4.80	氯化钠/% NaCl	0.30	0.30
进口玉米酒糟 DDGS	3.00	5.00	干物质/% DM	89.7	88.4
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.65	1.35	粗蛋白/% CP	20.87	19.10
细石粉 Limestone	1.10	1.30	赖氨酸/% Lys	1.24	1.11
预混料 Premix	1.00	1.00	蛋氨酸/% Met	0.50	0.42
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys monohydrochloride	0.32	0.28	异亮氨酸/% Ile	0.67	0.58
食盐 Salt	0.25	0.25	苏氨酸/% Thr	0.69	0.62
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.18	0.13	缬氨酸/% Val	0.85	0.74
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	精氨酸/% Arg	1.32	1.14
抗氧化剂 Antioxidant	0.03	0.03			
L-苏氨酸 L-Thr	0.00	0.00			
总计 Total	100.00	100.00			

注：每千克日粮提供维生素A,45 000 IU；维生素D₃,14 000 IU；维生素E,90 IU；维生素K₃,10 mg；维生素B₁,7.36 mg；维生素B₂,25.6 mg；维生素B₆,19.68 mg；维生素B₁₂,0.1 mg；烟酰胺,158.4 mg；泛酸钙,46 mg；叶酸,3.325 mg；生物素,0.7 mg；铜,7.25 mg；铁,72 mg；锌,74.52 mg；锰,71.232 mg；硒,0.3 mg；碘,0.5 mg；钴,0.2 mg。

Note: Diet per kg providing 45 000 IU vitamin A, 14 000 IU cholecalciferol, 90 IU vitamin E, 10 mg vitamin K₃, 7.36 mg thiamin, 25.6 mg riboflavin, 19.68 mg pyridoxine, 0.1 mg vitamin B₁₂, 158.4 mg nicotinamide, 46 mg calcium pantothenate, 3.325 mg folic acid, 0.7 mg biotin, 7.25 mg Cu, 72 mg Fe, 74.52 mg Zn, 71.232 mg Mn, 0.3 mg Se, 0.5 mg I, and 0.2 mg Co.

1.4 样品采集

分别于肉鸡7、14、21、28、35、42日龄进行翅静脉采血，制备血清，分装数管，-20℃保存，备用。于肉鸡21、42日龄进行屠宰试验。屠宰时，每重复选取1只接近平均体质量的肉鸡，测量体长，称量，颈部放血宰杀。每只鸡取脾脏、胸腺和法氏囊，仔细剥离其周围的脂肪和其他组织，用生理盐水洗干净后称量，用于计算免疫器官指数。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 生产性能 饲养期间以重复为单位，记录每周的耗料量，21、42日龄禁食12h后称量，计算日均采食量(Average daily feed intake, AD-FI)、平均日增量(Average daily gain, ADG)以及料质量比(F/G)。记录死亡只数，计算死亡率。

1.5.2 血清生化指标 自动生化分析仪测定谷草转氨酶(Aspartate aminotransferase, AST)和

谷丙转氨酶(Alanine aminotransferase, ALT)的活性，测定尿酸(Uric acid, UA)、总胆固醇(Total cholesterol, TC)以及甘油三酯(Triglyceride, TG)的浓度。

1.5.3 血清抗氧化指标 试剂盒测定血清中丙二醛(Malondialdehyde, MDA)的浓度及谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione peroxidase, GSH-Px)、总超氧化物歧化酶(Total super oxide dismutase, T-SOD)的活性，试剂盒购自南京建成生物科技有限公司。

1.5.4 免疫性能 免疫器官指数计算：脾脏指数=脾脏质量/活体质量，胸腺指数=胸腺质量/活体质量，法氏囊指数=法氏囊质量/活体质量。

采用自动生化分析仪测定血清总蛋白(Total protein, TP)、白蛋白(Albumin, ALB)和球蛋白(Globulin, GLO)质量浓度，并计算白蛋白与球

蛋白之比(A/G)。

利用 β -微量血凝抑制法检测鸡新城疫抗体滴度。

1.6 数据统计分析

数据经过 Excel 2010 初步处理后,采用 SPSS 22.0 的单因子方差分析(One-Way ANOVA)进行显著性检验,Duncan's 进行多重比较,试验结果以“平均值 \pm 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 日粮苏氨酸水平对肉鸡生产性能的影响

由表 2 可知,日粮苏氨酸水平对 0~21 日龄肉鸡的 ADG 影响不显著($P > 0.05$),但是对

22~42 日龄以及生长全期肉鸡的 ADG 影响极显著($P < 0.01$),100% NRC 苏氨酸水平组的 ADG 显著高于 85% NRC 和 150% NRC 组($P < 0.01$);日粮苏氨酸水平对 0~21 日龄以及生长全期的肉鸡 F/G 影响显著($P < 0.05$),其中 100% NRC 组的 F/G 最低;日粮苏氨酸水平对 22~42 日龄肉鸡的 F/G 影响不显著($P > 0.05$),但是其总体变化趋势与 0~21 日龄肉鸡的 F/G 一致;日粮中苏氨酸水平对各生长阶段肉鸡的 ADFI 影响不显著($P > 0.05$),但是随着日粮苏氨酸水平的提高,ADFI 先增加后减小,100% NRC 组的 ADFI 最高。

表 2 日粮不同水平苏氨酸的肉鸡生产性能

Table 2 Dietary threonine levels on growth performance in broilers

项目 Item	苏氨酸水平 Threonine level				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
平均日增量/(g/d) ADG					
0~21 d	32.35 \pm 1.07	33.73 \pm 0.94	33.20 \pm 0.62	33.08 \pm 0.82	0.090
22~42 d	78.61 \pm 1.68 C	83.98 \pm 0.90 A	82.07 \pm 2.37 AB	81.10 \pm 2.96 BC	0.003
0~42 d	55.49 \pm 0.96 C	58.86 \pm 0.86 A	57.63 \pm 1.08 AB	57.09 \pm 1.60 B	0.001
平均日采食量/(g/d) ADFI					
0~21 d	52.86 \pm 1.61	53.51 \pm 1.17	53.21 \pm 0.98	53.12 \pm 0.97	0.829
22~42 d	160.28 \pm 3.32	162.43 \pm 4.49	161.33 \pm 3.27	160.88 \pm 6.88	0.879
0~42 d	106.57 \pm 2.10	107.97 \pm 2.40	107.27 \pm 1.64	107.00 \pm 3.42	0.797
耗料增量比 F/G					
0~21 d	1.63 \pm 0.02 a	1.59 \pm 0.04 b	1.60 \pm 0.01 b	1.61 \pm 0.02 ab	0.025
22~42 d	2.04 \pm 0.06	1.93 \pm 0.04	1.97 \pm 0.06	1.98 \pm 0.09	0.072
0~42 d	1.92 \pm 0.04 a	1.84 \pm 0.04 b	1.86 \pm 0.04 b	1.88 \pm 0.06 ab	0.032

注:同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

Note: In the same row, values with different lower case letters mean significant difference ($P < 0.05$), with different uppercase letters mean extremely significant difference ($P < 0.01$). The same below.

2.2 日粮苏氨酸水平对肉鸡机体抗氧化性能的影响

由表 3 可知,日粮苏氨酸水平对 21 日龄及 42 日龄肉鸡血清中 GSH-Px 的活性影响显著($P < 0.05$),其中 21 日龄时,100% NRC 组最高,且显著高于 85% NRC 和 150% NRC 组($P < 0.05$);42 日龄时,125% NRC 组最高,并且显著高于 85% NRC 组和 100% NRC 组($P < 0.05$);日粮苏氨酸水平能显著影响 42 日龄肉鸡血清中 T-SOD 的活性($P < 0.05$),且随着日粮苏氨酸水平的升高先升高后降低,125% NRC 组显著高于其他 3 组($P < 0.05$);日粮苏氨酸水平对 21 日龄

肉鸡血清中 T-SOD 活性、MDA 浓度以及 42 日龄肉鸡血清中 MDA 浓度的影响不显著($P > 0.05$)。

2.3 日粮苏氨酸水平对肉鸡血清生化指标的影响

由表 4 可知,与 85% NRC 组相比,日粮苏氨酸水平升高极显著地提高 21 日龄及 42 日龄肉鸡血清中 ALT 的活性($P < 0.01$);日粮不同苏氨酸水平对 21 日龄肉鸡血清中 AST 活性影响不显著($P > 0.05$),但对 42 日龄肉鸡血清中 AST 活性的影响显著($P < 0.05$),AST 活性随苏氨酸水平的提高先升高后降低,125% NRC 组的 AST 活

表 3 日粮不同苏氨酸水平的肉鸡抗氧化性能

Table 3 Dietary threonine levels on antioxidant enzyme activities in broilers

项目 Item	苏氨酸水平 Threonine level				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
21 d					
丙二醛/(nmol/mL) MDA	2.71±0.17	2.63±0.25	2.80±0.19	2.78±0.28	0.574
总超氧化物歧化酶/(U/mL) T-SOD	174.13±8.68	182.19±16.23	174.09±17.45	169.62±22.68	0.721
谷胱甘肽过氧化物酶/(U/mL) GSH-Px	1 231.72±87.45 b	1 384.55±177.22 ab	1 436.55±129.73 a	1 221.38±117.90 b	0.021
42 d					
丙二醛/(nmol/mL) MDA	2.32±0.23	2.25±0.11	2.31±0.23	2.38±0.15	0.772
总超氧化物歧化酶/(U/mL) T-SOD	178.86±15.05 b	182.70±15.48 ab	207.76±24.65 a	162.36±15.79 b	0.030
谷胱甘肽过氧化物酶/(U/mL) GSH-Px	1 311.04±127.02 b	1 363.45±90.42 b	1 520.00±134.41 a	1 385.52±117.29 ab	0.038

表 4 日粮不同苏氨酸水平肉鸡的血清生化指标

Table 4 Dietary threonine levels on serum biochemical indices in broilers

项目 Item	苏氨酸水平 Threonine level				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
21 d					
谷丙转氨酶/(U/L) ALT	10.04±0.99 B	10.18±0.83 B	13.75±1.39 A	13.83±1.35 A	0.001
谷草转氨酶/(U/L) AST	241.23±16.72	252.43±20.22	247.16±20.01	248.92±13.19	0.792
尿酸/(mmol/L) UA	0.44±0.04 A	0.35±0.02 B	0.37±0.02 B	0.46±0.02 A	0.001
总胆固醇/(mmol/L) TC	3.39±0.33	3.49±0.34	3.53±0.29	3.43±0.31	0.891
甘油三酯/(mmol/L) TG	0.55±0.04	0.47±0.04	0.52±0.05	0.53±0.04	0.087
42 d					
谷丙转氨酶/(U/L) ALT	9.20±0.43 B	10.87±1.02 A	11.75±0.70 A	11.00±1.25 A	0.004
谷草转氨酶/(U/L) AST	333.47±26.35 b	343.95±23.59 b	393.60±39.54 a	335.13±30.21 b	0.024
尿酸/(mmol/L) UA	0.24±0.01 C	0.22±0.02 BC	0.26±0.02 C	0.30±0.03 A	0.001
总胆固醇/(mmol/L) TC	2.78±0.16	2.80±0.15	2.81±0.17	2.94±0.25	0.478
甘油三酯/(mmol/L) TG	0.46±0.04	0.42±0.04	0.41±0.04	0.43±0.01	0.236

性显著高于其他 3 组。日粮不同苏氨酸水平对 21 日龄以及 42 日龄肉鸡血清中 UA 的浓度有显著影响($P < 0.05$),且均是随着苏氨酸水平的提高先减少后增加,100% NRC 组的 UA 浓度明显低于其他 3 组。日粮不同苏氨酸水平对 21 日龄以及 42 日龄肉鸡血清中 TC、TG 的浓度影响不显著($P > 0.05$)。

2.4 日粮苏氨酸水平对肉鸡免疫机能的影响

2.4.1 免疫器官指数 由表 5 可知:日粮中不同水平的苏氨酸对 21 日龄肉鸡的脾脏指数及法氏囊指数影响极显著($P < 0.01$),85% NRC 组脾脏指数显著低于其他 3 组,125% NRC 组的脾脏指数和法氏囊指数最高($P < 0.01$);但是日粮苏氨

酸水平对胸腺指数影响不显著($P > 0.05$)。对于 42 日龄的肉鸡,日粮苏氨酸水平对胸腺指数以及法氏囊指数影响极显著($P < 0.01$),85% NRC 组的胸腺指数和法氏囊指数显著低于其他 3 组($P < 0.01$);日粮苏氨酸水平对脾脏指数影响不显著($P > 0.05$)。

2.4.2 血清免疫指标 由表 6 可知,日粮苏氨酸水平会显著影响 21 日龄肉鸡血清中 GLO 的质量浓度($P < 0.05$),其中 125% NRC 组血清中 GLO 质量浓度最高;但是日粮苏氨酸水平对 21 日龄肉鸡血清中 TP、ALB 的质量浓度及 A/G 影响不显著($P > 0.05$)。日粮苏氨酸水平对 42 日龄肉鸡血清中 TP 和 GLO 的质量浓度影响显著,

85% NRC 组最低, 125% NRC 组最高 清中 ALB 的质量浓度及 A/G 没有显著影响 ($P < 0.05$)。日粮苏氨酸水平对 42 日龄肉鸡血 ($P > 0.05$)。

表 5 日粮不同苏氨酸水平肉鸡的免疫器官指数

Table 5 Dietary threonine levels on immune organ index in broilers

项目 Item	苏氨酸水平 Threonine level				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
21 d					
脾脏指数/(g/kg) Spleen index	0.86±0.04 B	1.21±0.07 A	1.22±0.16 A	1.06±0.10 A	0.001
胸腺指数/(g/kg) Thymus index	5.29±0.46	5.69±0.52	6.09±0.50	5.67±0.52	0.164
法氏囊指数/(g/kg) Bursa index	1.81±0.07 BC	2.02±0.20 AB	2.12±0.18 A	1.78±0.07 C	0.006
42 d					
脾脏指数/(g/kg) Spleen index	1.53±0.38	1.81±0.50	1.43±0.22	1.53±0.40	0.377
胸腺指数/(g/kg) Thymus index	3.75±0.24 B	4.32±0.37 A	4.43±0.28 A	4.46±0.28 A	0.008
法氏囊指数/(g/kg) Bursa index	0.84±0.07 A	1.03±0.09 AB	1.22±0.05 BC	1.49±0.18 C	0.001

表 6 日粮不同苏氨酸水平肉鸡的血清免疫指标

Table 6 Dietary threonine levels on serum immune indices in broilers

项目 Item	苏氨酸水平 Threonine level				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
21 d					
总蛋白/(g/L) TP	26.73±1.11	27.32±1.72	27.67±1.11	27.63±2.15	0.722
白蛋白/(g/L) ALB	16.33±0.92	16.67±0.42	17.02±1.31	16.53±1.28	0.718
球蛋白/(g/L) GLO	10.18±0.50 b	11.18±0.66 a	11.53±0.82 a	11.07±0.41 a	0.023
白球比 A/G	1.62±0.11	1.50±0.10	1.46±0.23	1.49±0.10	0.334
42 d					
总蛋白/(g/L) TP	31.00±1.42 b	32.41±1.40 ab	33.55±1.41 a	31.74±1.04 b	0.026
白蛋白/(g/L) ALB	15.45±0.99	16.05±0.92	16.60±1.07	15.94±0.43	0.215
球蛋白/(g/L) GLO	14.90±0.39 b	16.36±0.99 a	16.40±0.75 a	15.80±1.16 ab	0.047
白球比 A/G	1.05±0.08	0.99±0.08	1.02±0.10	1.02±0.09	0.676

2.4.3 新城疫抗体滴度 由表 7 可知,免疫新城疫后,肉鸡新城疫抗体水平随时间的增加先升高后降低,28 日龄达到峰值;日粮不同水平的苏氨酸对 21、35 日龄肉鸡的新城疫抗体滴度影响显著 ($P < 0.05$),其中,85% NRC 组最低,125% NRC 组最高且显著高于 85% NRC 组 ($P < 0.05$);在

42 日龄,日粮中不同水平苏氨酸对肉鸡血清中新城疫抗体滴度影响极显著 ($P < 0.01$),同样也是以 125% NRC 组最高。日粮不同水平的苏氨酸对 14、28 日龄肉鸡的新城疫抗体滴度影响不显著 ($P > 0.05$)。

表 7 日粮不同苏氨酸水平肉鸡的新城疫抗体滴度(log₂)

Table 7 Effects of dietary threonine levels on the antibody to Newcastle disease virus of broilers (log₂)

日龄/d Day	苏氨酸水平 Threonine levels				P 值 P value
	85% NRC	100% NRC	125% NRC	150% NRC	
14	5.33±0.21	5.33±0.21	6.17±0.37	6.35±0.36	0.095
21	6.33±0.33 b	7.17±0.48 ab	7.67±0.42 a	7.33±0.21 a	0.038
28	6.83±0.31	7.50±0.52	7.83±0.71	7.55±0.26	0.069
35	6.33±0.42 b	7.00±0.26 ab	7.50±0.34 a	7.43±0.17 a	0.043
42	4.83±0.31 B	6.83±0.31 A	7.00±0.37 A	6.87±0.31 A	0.007

3 讨论

3.1 日粮苏氨酸水平对肉鸡生产性能和血清生化指标的影响

苏氨酸是肉鸡的必需氨基酸之一,对肉鸡的生产性能、饲料转化率等都具有重要的影响。在一定条件下,随着日粮中苏氨酸水平的提高肉鸡的生产性能也相应提高。王红梅等^[3-4]研究认为,日粮苏氨酸水平为 0.60% 时,肉仔鸡的生产性能最佳。Rama Rao 等^[5]发现,日粮苏氨酸水平为 0.70% 时,肉鸡的 ADG、采食量以及饲料利用率最高,生产性能最佳。席鹏彬等^[6]在研究 22~42 日龄黄羽肉鸡苏氨酸需要量时发现,与含 0.55% 苏氨酸的基础日粮组相比,苏氨酸添加组(含 0.62%~0.83% 苏氨酸)的 ADFI 和 ADG 显著提高;其结果还表明,肉鸡 ADG 和 ADFI 随日粮苏氨酸水平增加呈二次曲线变化。田亚东等^[7]研究也表明,按氨基酸模型的 100% 预测值配置日粮,肉鸡的饲养效果最好,按模型预测值的 90% 配置的日粮降低肉鸡的 F/G,按模型预测值的 110% 配置的日粮对肉鸡的生长性能没有提高作用。这与本试验结果基本一致。日粮苏氨酸水平显著影响肉鸡的 ADG 和 F/G,日粮苏氨酸水平为 NRC 标准推荐量时,肉鸡的 ADG 最高、F/G 最低,而苏氨酸水平为 NRC 标准推荐量的 85% 和 150% 的处理降低肉鸡 ADG,增加 F/G。原因可能是苏氨酸缺乏与过量造成体内氨基酸的不平衡,脱氨基作用使得额外能量的消耗增大;也可能是由于日粮苏氨酸的缺乏或过量干扰体内其他氨基酸的吸收和利用。

血清生化指标的测定可以用来判定动物机体的代谢水平及生理健康状况。血清中 ALT 和 AST 活性是判断心脏以及肝脏功能的 2 个重要指标。本研究结果表明,日粮苏氨酸水平能显著影响肉鸡 21 日龄和 42 日龄血清 ALT 的活性和 42 日龄 AST 的活性,且 125% NRC 组和 150% NRC 组这两种酶的活性显著高于 85% NRC 组以及 100% NRC 组。Habte-Tsion 等^[8]和 Gao 等^[9]研究发现日粮苏氨酸不平衡显著影响血清 ALT 和 AST 活性,并且过量苏氨酸的 ALT 和 AST 活性较高,这与本研究得出的结果一致。相反的,Valizade 等^[10]研究表明苏氨酸水平对肉鸡血清 AST 活性没有影响。

血清中 UA 可以直观地反映出机体的氨基

酸代谢水平。当日粮氨基酸不平衡时,特别是当某种限制性氨基酸缺乏时,就会导致氨基酸分解加速,血清中 UA 浓度升高。当各种限制性氨基酸得到满足后,氮的利用率就会相应提高,UA 浓度降低。王勇生等^[11]研究发现日粮中苏氨酸水平能够显著影响 15~21 日龄北京鸭的 UA 浓度,0.90% 日粮苏氨酸水平组的 UA 浓度显著高于 0.70% 和 0.80% 组。同样的,Gong 等^[12]研究发现血清 UA 水平会随着 1 种或几种氨基酸的缺乏或过量而增加。本研究结果表明,日粮中不同水平苏氨酸对 21 日龄和 42 日龄肉鸡血清 UA 浓度影响极显著,日粮中苏氨酸水平过低或者过高,都会导致血清中 UA 浓度的升高,当苏氨酸水平为 NRC(1994)推荐量时,血清中 UA 浓度最低。由此可知,日粮苏氨酸水平为 NRC 标准推荐量时,氨基酸平衡较好,适合肉鸡生长需要,这与日粮苏氨酸水平为 NRC 标准推荐量时,肉鸡的生产性能最佳结果相吻合。

血清中的 TG 主要参与脂肪组织的发育及成长,它可以反映出机体脂肪合成的强度,血清中的 TC 浓度可以用来判断机体脂肪沉积的情况;本试验中,日粮苏氨酸水平对这两者的浓度都不具有显著影响。Westermeier 等^[13]发现在动物日粮中苏氨酸水平能够影响其机体的脂肪代谢,导致血清中 TG 及低密度脂蛋白的浓度下降。苏氨酸对机体脂肪代谢的影响及作用机制需要进一步研究。

3.2 日粮苏氨酸水平对肉鸡机体抗氧化以及免疫机能的影响

在动物机体内最为有效的两种具有抗氧化功能的酶为 T-SOD 和 GSH-Px,机体内这两种酶活性的升高能够有效抑制动物组织细胞脂质的过氧化和机体自由基的生成,是机体自我防御和免疫系统的重要酶的组成成分;脂质发生过氧化反应最终会形成 MDA,通过测定它的含量可以有效判断机体内组织细胞脂质过氧化程度,当体内 T-SOD 和 GSH-Px 活性增强时,MDA 浓度就会随之降低^[14]。本研究结果表明,日粮中 125% NRC 苏氨酸水平组能显著提高 21 日龄和 42 日龄肉鸡血清中 GSH-Px 的活性,能显著提高 42 日龄肉鸡血清中 T-SOD 的活性。Azzam 等^[15]研究发现日粮添加苏氨酸对 MDA、谷胱甘肽和 GSH-Px 均没有显著影响,但对 SOD 的活性有显著影响,与日粮中添加 0.1% 和 0.3% 苏氨酸组相比,日粮

中添加 0.2% 苏氨酸的 SOD 活性最高,但是对于 SOD 的影响机制目前尚没有明确的研究结果。相反的,Chen 等^[16]发现日粮中添加 3 g/kg 的苏氨酸与添加 1 g/kg 的苏氨酸相比能显著降低血清 MDA 含量,而对血清 SOD 没有影响。苏氨酸对机体抗氧化能力的影响及作用机制需要进一步研究。

脾脏、胸腺和法氏囊是家禽重要的免疫器官。本研究结果表明,日粮苏氨酸水平极显著影响肉鸡的脾脏指数、胸腺指数和法氏囊指数,且以 125% NRC 苏氨酸水平组的免疫器官指数最高。王红梅等^[3-4]研究表明,日粮中添加苏氨酸显著提高肉仔鸡法氏囊指数和脾脏指数,日粮苏氨酸水平为 0.70% 或 6.7 g/kg 时,免疫器官指数达到最高;Chen 等^[16]研究显示日粮添加 1 g/kg 苏氨酸能显著增加肉鸡脾脏的相对质量,而添加 3 g/kg 苏氨酸能显著增加胸腺的相对质量;这与本研究结果相符。其原因可能与苏氨酸能够促进蛋白质的合成和免疫器官细胞的增殖有关,但其作用机制有待进一步研究。

本试验结果还表明,日粮不同水平的苏氨酸对肉鸡 21 日龄和 42 日龄的血清 GLO 有显著影响,并且对 42 日龄的血清 TP 有显著影响,且都以 NRC 标准推荐量的 125% 处理组的含量最高。TP 可维持血浆渗透压、组织蛋白动态平衡和血液 pH 的稳定,其水平反应机体的营养和免疫状况。GLO 主要为免疫球蛋白,其血清中浓度的增加表明家禽免疫力增强。事实上,苏氨酸是禽类免疫球蛋白生成时的主要限制性氨基酸^[17]。这些结果表明,添加苏氨酸促进抗体的产生,提高机体的免疫功能。王红梅等^[3-4]研究发现,日粮添加苏氨酸能够显著促进肉鸡 BSA 抗体的产生,肉仔鸡血清中 TP、ALB 以及 GLO 的质量浓度也相应提高。张艳蕾^[18]在研究日粮苏氨酸水平(0.49%、0.59%、0.69%、0.79% 和 0.89%)对 2~3 月龄的生长肉兔免疫性能时发现,苏氨酸添加水平对血清免疫球蛋白 IgG 的质量浓度影响显著,并且随着添加水平的升高,血清免疫球蛋白 IgG 的质量浓度不断升高,血清 TP 和 ALB 随着苏氨酸水平的增加均有先升高后降低的趋势。另外,Azzam 等^[15]发现,与苏氨酸水平为 0.47% 的基础日粮相比,添加 0.77% 的苏氨酸水平能够线性增加巴布科克蛋鸡体内免疫球蛋白 IgG 水平。Mao 等^[19]研究发现,在仔猪日粮中

分别添加可消化苏氨酸水平为 0.74%、0.89%、1.11% 的苏氨酸,能够显著升高 21 日龄断奶仔猪血浆中 IgG 和 IFN- γ 的水平。Heshmat 等^[20]做了关于不同苏氨酸水平对罗氏鸡细胞免疫及体液免疫的影响研究,结果发现饲喂高于 NRC(1994)标准 0.07% 的苏氨酸可以提高罗氏鸡免疫球蛋白的质量浓度,而饲喂高于 NRC(1994)标准 0.14%、0.31% 苏氨酸的结果却恰恰相反,添加高于 NRC(1994)标准 0.07% 苏氨酸的 IgG、IgM 和 IgA 的质量浓度最高,这与本研究的试验结果基本相符。

新城疫抗体滴度反映机体防御新城疫病毒的能力,抗体滴度高,则机体对抗外源病原菌的能力就强,抗体滴度低,则机体就容易受到外源病毒的侵染。Bhargava 等^[21]研究认为,苏氨酸在肉仔鸡的免疫应答反应中起着至关重要的作用,研究指出,日粮中添加 0.50% 的苏氨酸水平,肉鸡的新城疫抗体滴度没有显著的变化,但把日粮苏氨酸水平提高至 0.70% 时,肉鸡新城疫抗体滴度显著增加,且继续增加苏氨酸水平可能会得到更高的新城疫抗体滴度,并且随着苏氨酸水平的增高,新城疫抗体滴度的高水平能够维持更长时间。Maroufyan 等^[22]研究日粮中添加苏氨酸和赖氨酸对感染法氏囊疾病的科布肉鸡免疫反应的影响,结果表明日粮中添加高于 NRC(1994)推荐量标准 3 倍的苏氨酸和赖氨酸能显著提高新城疫抗体滴度。这与本研究结果基本相符。本研究结果表明,125% NRC 苏氨酸水平组的新城疫抗体水平最高,说明适量苏氨酸水平可提高新城疫抗体滴度的水平,并且能够减缓新城疫抗体滴度的降低趋势,从而说明适当增加日粮苏氨酸水平可提高肉鸡的免疫性能。

4 结论

日粮不同苏氨酸水平显著影响肉鸡日增量及耗料增量比。日粮苏氨酸水平为 NRC(1994)推荐的标准量时,肉鸡的生产性能最佳。

综合日粮苏氨酸水平对肉鸡抗氧化能力和免疫指标的影响,日粮苏氨酸水平为 NRC(1994)的 125% 时,肉鸡的抗氧化和免疫机能最佳。

参考文献 Reference:

- [1] FERNANDEZ S R, AOYAGI S, HAN Y, *et al.* Limiting order of amino acids in corn and soybean meal for growth of the chick[J]. *Poultry Science*, 1995, 73(12): 1887-1896.
- [2] KIDD M T. Nutritional considerations concerning threonine

- in broilers[J]. *World's Poultry Science Journal*, 2000, 56(2): 139-151.
- [3] 王红梅, 刘国华, 陈玉林, 等. 日粮苏氨酸水平对 0~3 周龄肉仔鸡生长性能、血清生化指标及免疫机能的影响[J]. 中国家禽, 2005, 27(20): 12-15.
WANG H M, LIU G H, CHEN Y L, *et al.* Effect of dietary threonine levels on growth performance, serum biochemical parameters and immune function in broilers at 0-3 weeks [J]. *China Poultry*, 2005, 27(20): 12-15 (in Chinese with English abstract).
- [4] 王红梅, 陈玉林, 刘国华, 等. 4~6 周龄肉仔鸡日粮中苏氨酸的需要量[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(1): 84-88.
WANG H M, CHEN Y L, LIU G H, *et al.* Dietary threonine requirement for broilers at 4 to 6 weeks[J]. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 2006, 34(1): 84-88(in Chinese with English abstract).
- [5] RAMA RAO S V, RAJU M V L N, PANDA A K, *et al.* Performance, carcass variables and immune responses in commercial broiler chicks fed graded concentrations of threonine in diet containing sub-optimal levels of protein[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2011, 169(3/4): 218-223.
- [6] 席鹏彬, 林映才, 蒋宗勇, 等. 日粮苏氨酸水平对 22~42 日龄黄羽肉鸡生长性能、胴体品质和免疫功能的影响[C]//中国畜牧兽医学动物营养学分会第十次学术研讨会论文集. 广州: 广东省农业科学院畜牧研究所, 2008: 58-62.
XI P B, LIN Y C, JIANG Z Y, *et al.* Effect of dietary threonine on growth performance, carcass quality and immune function in Chinese color-feathered chickens during 22-42 days old[C]//The tenth symposium on china animal husbandry and veterinary association animal nutrition branch. Guangzhou: Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, 2008: 58-62 (in Chinese).
- [7] 田亚东, 蔡辉益, 康涛涛. 肉鸡氨基酸需要动态预测模型的评价[J]. 西北农业学报, 2011, 20(11): 33-38.
TIAN Y D, CAI H Y, KANG X T. Evaluation of dynamic models to estimate amino acid requirements for broiler chickens[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2011, 20(11): 33-38 (in Chinese with English abstract).
- [8] HABTE-TSION H M, GE X, LIU B, *et al.* A deficiency or an excess of dietary threonine level affects weight gain, enzyme activity, immune response and immune-related gene expression in juvenile blunt snout bream [J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2015, 42(2): 439-446.
- [9] GAO Y J, YANG H J, LIU Y J, *et al.* Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella* [J]. *Aquaculture*, 2014, 424/425: 113-119.
- [10] VALIZADE M R, SADEGHI A A, CHAMANI M, *et al.* The effects of increase in threonine to lysine ratio on performance, blood parameters and humoral immune responses of male broiler chickens challenged with salmonella [J]. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 2016, 22(2): 165-172.
- [11] 王勇生, 侯水生, 刘福柱, 等. 0~21 日龄北京鸭色氨酸、苏氨酸、异亮氨酸需要量的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(7): 25-30.
WANG Y SH, HOU SH SH, LIU F ZH, *et al.* Study on the requirements of threonine, isoleucine and tryptophan for Beijing ducks aged from 0 to 21 days [J]. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 2005, 33(7): 25-30(in Chinese with English abstract).
- [12] GONG L M, LAI C H, QIAO S Y, *et al.* Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and serum biochemical parameters of broilers fed low-protein diets supplemented with various ratios of threonine to lysine [J]. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 2005, 18(8): 1164.
- [13] WESTERMEIER C, PAULICKS B R, KIRCHGESSNER M. Feed intake and body weights of suckling sows and piglets in dependence of dietary threonine supplementation, 1: contribution about the threonine requirement of suckling sows[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Germany)*, 1998, 79(1): 33-45.
- [14] CHIANG Y H, YEO Y S. Effect of nutrition density and zeolite level in diet on body weight gain, nutrient utilization and serum characteristics of broilers [J]. *Journal of Animal Science*, 1983, 51: 591-600.
- [15] AZZAM M M, ZOU X T, DONG X Y, *et al.* Effect of supplemental L-threonine on mucin 2 gene expression and intestine mucosal immune and digestive enzymes activities of laying hens in environments with high temperature and humidity [J]. *Poultry Science*, 2011, 90(10): 2251-2256.
- [16] CHEN Y P, CHENG Y F, LI X H, *et al.* Effects of threonine supplementation on the growth performance, immunity, oxidative status, intestinal integrity, and barrier function of broilers at the early age [J]. *Poultry Science*, 2016, 95: 240.
- [17] TENENHOUSE H S, DEUTSCH H F. Some physicochemical properties of chicken γ -globulins and their pepsin and papain digestion products [J]. *Immunochemistry*, 1966, 3(1): 11IN313-12IN720.
- [18] 张艳蕾. 日粮苏氨酸水平对生长肉兔生长发育、免疫性能、血液生化指标以及蛋白质代谢的影响[D]. 济南: 山东农业大学, 2011.
ZHANG Y L. Effects of dietary threonine on growth performance, immunity performance, blood metabolites in serum and protein metabolism of growing meat rabbits [D]. Jinan: Shandong Agricultural University, 2011 (in Chinese with English abstract).
- [19] MAO X, LAI X, YU B, *et al.* Effects of dietary threonine supplementation on immune challenge induced by swine Pseudorabies live vaccine in weaned pigs [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2014, 68(1): 1-15.
- [20] HESHMAT M, MONAJJEMI M, AGHAEI H, *et al.* Solvent effect on 14 N NMR shielding of glycine, serine, leucine, and threonine; comparison between chemical shifts

and energy versus dielectric constant[J]. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 2007, 21(1): 111-116.

- [21] BHARGAVA K K, HANSON R P, SUNDE M L. Effects of threonine on growth and antibody production in chicks infected with Newcastle disease virus[J]. *Poultry Science*, 1971, 50(3): 710-713.

- [22] MAROUFYAN E, KASIM A, HASHEMI S R, *et al.* The effect of methionine and threonine supplementations on immune responses of broiler chickens challenged with infectious bursal disease[J]. *American Journal of Applied Sciences*, 2010, 7(1): 674-679.

Effects of Dietary Threonine Levels on Growth Performance, Antioxidant Capacities and Immune Function of Broiler Chickens

LIU Shengguo, QU Zhengxiang, MENG Guohua, GAO Yupeng and MIN Yuna

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract The study was conducted to investigate the impacts of dietary threonine levels on growth performance and immune function in broilers chicken. Four hundred and thirty-two 1-day-old AA broilers were randomly allocated to four dietary treatments with six replicates of 18 broilers each. Dietary threonine levels were 85%, 100%, 125%, and 150% of NRC recommendation for broilers, respectively. Growth performance, serum biochemical indexes, antioxidant and immune indexes were determined. The results showed that dietary threonine levels had significant effect on average daily gain and feed conversion ratio, whereas average daily feed intake was not influenced by dietary threonine level, and threonine level in the NRC recommendations (1994) that was optimum for growth performance. The threonine levels had significant effect on serum glutathione peroxidase and total serum super oxide dismutase, and the highest activities of total super oxide dismutase and glutathione peroxidase were obtained at 125% threonine level. Excess dietary threonine level triggered plasma aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase activities, increased content of uric acid. Excess dietary threonine level (about 125%) could increase excretion of globulin and total protein in serum, and improved spleen index, thymus index and bursal index. On 21d, 35 d and 42 d, the antibody concentrations of newcastle disease virus showed significant response to different graded concentrations of threonine, and the highest serum antibody concentrations of newcastle disease virus were obtained at 125% dietary threonine level. In conclusion, threonine level in the NRC recommendations (1994) was optimum for growth performance, and 125% of threonine level in the NRC recommendations (1994) had better effects on antioxidant function, and immune function of broilers.

Key words Threonine; Broilers; Growth performance; Antioxidant; Immune function

Received 2016-10-11

Returned 2016-12-12

Foundation item China Postdoctoral Science Foundation Funded (No. 2014M562464); Innovation Project of Coordinating Science and Technology of Shaanxi Province (No. 2016KTCL02-18).

First author LIU Shengguo, male, master student. Research area: animal nutrition and feed science. E-mail: liushengg91@163.com

Corresponding author GAO Yupeng, male, professor, doctoral supervisor. Research area: animal nutrition and immunity, modern poultry production technology. Email: gaoyupeng112@sina.com

MIN Yuna, female, associate professor, master supervisor. Research area: animal nutrition and immunity. E-mail: minyuna2003@163.com

(责任编辑:顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)