

枯草芽胞杆菌和三肽囊素对肉鸡生长性能、血液生化和抗氧化指标的影响

易丹 沈雪娇 曾东 倪学勤 卞正容 雷明霞

四川农业大学动物医学院,雅安 625014

摘要 选取144只1日龄科宝-500肉鸡,随机分为4组,每组3个重复,每个重复12只。对照组(I)和三肽囊素组(II)饲喂基础饲料,枯草芽胞杆菌组(III)和枯草芽胞杆菌加三肽囊素复合组(IV)在基础饲料中添加枯草芽胞杆菌 1.0×10^6 cfu/g, II、IV组在4日龄和7日龄注射0.01 mg/kg的三肽囊素,试验期为42 d,探讨枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡生长性能、血液生化和抗氧化指标的影响。结果表明:与对照组相比, II、III和IV组试验前期和全期日增质量显著提高($P < 0.05$), IV组料重比最低,较对照组降低4.37% ($P > 0.05$); 21日龄时, III、IV组血清总蛋白含量分别比对照组提高19.60%、27.68% ($P < 0.05$), 白蛋白含量分别比对照组提高16.72%、18.03% ($P < 0.05$); 21日龄的III组和42日龄的IV组的CAT、GSH-Px酶活力显著高于对照组 ($P < 0.05$), 42日龄时试验组血清MDA显著低于对照组。由此可见,添加枯草芽胞杆菌及其与三肽囊素联合应用能改善肉鸡生长性能,提高血清总蛋白和白蛋白含量,增加CAT和GSH-Px的酶活力。

关键词 枯草芽胞杆菌; 三肽囊素; 生长性能; 血液生化指标; 抗氧化指标; 肉鸡

中图分类号 S 816.73 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)02-0078-05

自2006年欧盟禁止抗生素作为饲料添加剂使用以来,益生菌已成为了一种重要的抗生素饲料添加剂替代品^[1]。枯草芽胞杆菌(*Bacillus subtilis*)因其抗逆性、耐高温高压、易储存等独特的生物特性成为微生态制剂研究的热点^[2]。已有研究表明,枯草芽胞杆菌在改善家禽生产性能、血液生化、抗氧化功能、维持肠道菌群平衡、增强机体抗病力和改善肉质等方面均有较好的效果^[3-6]。

三肽囊素(bursin, BS)是氨基酸序列为Lys-His-Gly-NH₂的一种三肽,是Audhya等^[7]于1986年利用层析技术首次从鸡法氏囊中提纯出来的。法氏囊提取物具有促进免疫器官发育、B淋巴细胞分化及抗体产生等作用^[8]。目前的研究主要集中在法氏囊提取物作为免疫增强剂和疫苗佐剂等方面^[9-10]。有研究表明,三肽囊素有免疫增强作用且可提高鸡的饲料报酬率^[11]。但三肽囊素与益生菌联合应用及其对肉鸡血液生化和抗氧化功能影响方面的研究还未见报道。为此,本试验以科宝-500肉鸡为研究对象,研究枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉

鸡生长性能、血液生化和抗氧化能力的影响,旨在为其在肉鸡生产上的联合应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

三肽囊素由上海申联生物技术有限公司提供,纯度 $\geq 95\%$;枯草芽胞杆菌菌粉由四川农业大学动物微生态研究中心提供,活菌数为 1.0×10^9 cfu/g。

1.2 试验动物及日粮

1日龄科宝-500(Cobb-500)肉鸡购自温江正大畜禽有限公司;基础日粮采用玉米-豆粕型饲料,其配方见表1。

1.3 试验设计与饲养管理

选用1日龄健康科宝-500肉鸡144只,平均初始质量(45 \pm 5) g,随机分为4组,每组3个重复,每个重复12只。试验期42 d。对照组(I组)、三肽囊素组(II组)饲喂基础日粮,枯草芽胞杆菌组(III组)、枯草芽胞杆菌与三肽囊素的复合组(IV组)分别在基础日粮中添加枯草芽胞杆菌 1.0×10^6 cfu/g, II、IV

收稿日期:2013-07-18

基金项目:教育部留学回国人员科研启动基金项目(0835-1)和四川省学术带头人培养基金项目

易丹,硕士研究生,研究方向:动物微生态, E-mail: yidan7686@aliyun.com

通信作者:曾东,博士,教授,研究方向:动物微生态, E-mail: zend@sicau.edu.cn;

倪学勤,教授,研究方向:动物微生态, E-mail: xueqinni@yahoo.com

组在4日龄和7日龄时胸部肌肉注射三肽囊素0.01 mg/kg,同时I和III组注射等量生理盐水。试验鸡采用三层笼养,自由饮水和采食,24 h光照。

表1 基础日粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet

项目 Items	含量 Content
原料/% Ingredients	
玉米 Corn	51.64
豆粕 Soybean meal	39.6
菜籽油 Vegetable oil	4.30
D,L-蛋氨酸 D,L-Methionine	0.20
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.85
碳酸钙 CaCO ₃	1.30
食盐 Salt	0.40
多维 ¹⁾ Vitamin premix	0.03
胆碱 Choline chloride	0.18
微量元素预混料 ²⁾ Mineral premix	0.50
合计 Total	100.00
营养成分 Nutrient levels	
粗蛋白/% CP	21.17
代谢能/(MJ/kg) ME	14.16
蛋氨酸/% Met	0.49
钙/% Ca	1.07
总磷/% TP	0.71

1) 多维为每千克全价料提供 Vitamin premix provided per kg of diet: VA 50 000 IU; VD₃ 10 000 IU; VE 25 IU; VK 35 mg; VB₁ 2 mg; VB₂ 16 mg; VB₆ 6 mg; VB₁₂ 0.03 mg; 烟酸 Nicotinic acid 25 mg; 泛酸钙 Ca-pantothenate 25 mg; 叶酸 Folic acid 0.5 mg。2) 微量元素预混料为每千克全价料提供 Mineral premix supplied per kg of diet: Fe 80 mg; Cu 8 mg; Mn 60 mg; Zn 40 mg; Se 0.15 mg; I 0.35 mg.

1.4 测定指标与方法

1) 生长性能测定。分别于1日龄、21日龄和42日龄上午08:00称鸡只空腹质量,同时记录总耗料量。计算2个阶段的平均日增质量(average daily gain, ADG)、平均日采食量(average daily feed intake, ADFI)和料重比(F/G)。

2) 血液生化指标测定。21日龄和42日龄,空腹12 h,随机从每个组中抽取5只,颈静脉采血,37℃水浴30 min,于4℃下3 000 r/min离心10 min得血清。使用全自动生化分析仪GS200(深圳天才电子有限公司)检测总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、总胆固醇(total cholesterol, TC)和甘油三酯(triglyceride, TG)的含量。

3) 血液抗氧化指标测定。取1.4.2)中分离的血清,采用试剂盒检测血清中超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)的活性及丙二醛(methane dicarbox-

ylic aldehyde, MDA)的含量,所用试剂盒均购自南京建成生物有限公司。

1.5 统计分析

应用SPSS 19统计软件进行单因素方差分析,并采用Duncan's法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准,结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡生长性能的影响

由表2可知,21日龄时,各组间肉鸡平均日采食量没有显著差异;试验组肉鸡平均日增质量显著高于I组,其中第III组最好,较对照组提高了9.54%,但试验组之间差异不显著;试验组料重比均低于对照组,且III、IV组差异达到显著水平,以IV组料重比最低,比对照组降低了9.62%。试验后期(22~42日龄),试验组肉鸡日增质量较对照组增加,但差异不显著;试验组肉鸡日采食量比对照组增加,且II、III组显著高于对照组;此期各组之间料重比差异不显著。试验全期:试验组肉鸡平均日增质量显著高于对照组,且比对照组分别提高了11.19%、10.18%和11.57% ($P < 0.05$);试验组肉鸡日采食量也较对照组高,且II、III组差异达到显著水平;全期各组间料重比无显著差异,但III、IV组料重比比对照组降低,IV组与对照组相比降低了4.37%。

2.2 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液生化指标的影响

由表3可知,21日龄时,试验组血清总蛋白和白蛋白含量较对照组都有升高,其中III、IV组血清总蛋白分别比对照组提高19.60%和27.68% ($P < 0.05$),白蛋白提高16.72%和18.03% ($P < 0.05$)。42日龄时,试验组血清总蛋白和白蛋白与对照组比较差异不显著,但III组白蛋白显著高于II组。21日龄时,各试验组血清总胆固醇和甘油三酯都高于对照组,且只有IV组甘油三酯差异不显著。42日龄时,各组之间血清总胆固醇和甘油三酯无显著差异。21日龄和42日龄,各组间血尿素氮含量均没有显著变化。

表 2 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡生长性能的影响¹⁾Table 2 Effects of *Bacillus subtilis* and bursin on growth performance of broilers

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
1~21 d				
平均日增质量/g ADG	33.64±0.43 a	35.87±0.14 b	36.85±0.38 b	36.15±1.02 b
平均日采食量/g ADFI	52.43±1.03	53.13±1.49	53.79±0.96	51.03±0.85
料重比 F/G	1.56±0.01 a	1.48±0.04 ab	1.46±0.02 b	1.41±0.02 b
22~42 d				
平均日增质量/g ADG	76.34±2.39	86.40±2.82	84.33±3.59	86.57±3.63
平均日采食量/g ADFI	147.23±3.71 a	167.09±0.40 b	170.99±1.44 b	154.76±2.73 a
料重比 F/G	1.93±0.01	1.92±0.06	1.99±0.07	1.79±0.09
1~42 d				
平均日增质量/g ADG	54.99±1.30 a	61.14±1.46 b	60.59±1.98 b	61.35±1.52 b
平均日采食量 ADFI/g	100.98±1.60 a	111.50±3.06 b	113.82±0.28 b	104.16±1.23 a
料重比 F/G	1.83±0.05	1.83±0.09	1.81±0.09	1.75±0.01

1) 同行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。In the same row, values with different small letter mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

表 3 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液生化指标的影响

Table 3 Effects of *Bacillus subtilis* and bursin on serum biochemistry of broilers

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
21 d				
总蛋白/(g/L) TP	24.75±2.72 a	28.40±0.60 ab	29.60±0.68 b	31.60±0.60 b
白蛋白/(g/L) ALB	15.25±1.11 a	17.00±0.32 ab	17.80±0.49 b	18.00±0.55 b
尿素氮/(mmol/L) BUN	1.10±0.50	0.64±0.09	0.72±0.07	0.76±0.02
总胆固醇/(mmol/L) TC	2.58±0.62 a	3.57±0.17 b	4.07±0.15 b	3.98±0.16 b
甘油三酯/(mmol/L) TG	0.19±0.06 a	0.30±0.02 b	0.30±0.03 b	0.26±0.02 ab
42 d				
总蛋白/(g/L) TP	33.60±1.36	33.00±2.17	36.80±1.96	33.60±1.86
白蛋白/(g/L) ALB	18.40±0.40 ab	17.40±0.51 a	20.20±0.97 b	17.80±0.37 ab
尿素氮/(mmol/L) BUN	0.72±0.05	0.68±0.10	0.76±0.06	0.76±0.09
总胆固醇/(mmol/L) TC	3.02±0.22	3.18±0.14	3.19±0.27	3.29±0.14
甘油三酯/(mmol/L) TG	0.29±0.06	0.28±0.01	0.28±0.06	0.31±0.04

2.3 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液抗氧化指标的影响

由表 4 可知, 试验组肉鸡血清 SOD 与对照组相比无显著变化。各试验组血清 CAT 均高于对照组, 且 21 日龄时 III、IV 组达到显著水平, 42 日龄时 IV 组达到显著水平。饲料中添加枯草芽胞杆菌的 2

个处理组血清中 GSH-Px 均高于对照组, 且 21 日龄的 III 组和 42 日龄的 IV 组分别比对照组提高 41.30% 和 24.59% ($P < 0.05$)。肉鸡血清中 MDA 含量, 在 42 日龄时, 各试验组均低于对照组, 且差异显著; 但在 21 日龄时, 只有 III 组显著低于对照组, II 组 MDA 含量反而高于对照组 ($P < 0.05$)。

表 4 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of *Bacillus subtilis* and bursin on antioxidant indices of broilers

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
21 d				
超氧化物歧化酶/(U/mL) SOD	87.45±2.79	86.63±3.81	81.93±2.20	82.70±4.20
过氧化氢酶/(U/mL) CAT	0.70±0.35 a	2.12±0.30 ab	2.51±0.40 b	2.82±0.84 b
谷胱甘肽过氧化物酶/(μ mol/L) GSH-Px	436.27±65.00 a	439.52±24.81 a	616.45±58.58 b	522.19±9.53 ab
丙二醛/(nmol/L) MDA	4.06±1.00 a	6.76±0.37 b	2.06±0.31 c	5.37±0.22 ab
42 d				
超氧化物歧化酶/(U/mL) SOD	151.30±5.34 ab	164.67±5.17 b	134.20±6.85 a	158.82±10.36 b
过氧化氢酶/(U/mL) CAT	1.34±0.14 a	1.96±0.31 ab	1.66±0.17 ab	2.42±0.32 b
谷胱甘肽过氧化物酶/(μ mol/L) GSH-Px	710.42±39.00 ab	700.03±60.34 a	728.95±40.12 ab	885.12±76.28 b
丙二醛/(nmol/L) MDA	8.92±0.51 a	5.42±0.41 b	2.75±0.26 c	3.99±0.17 d

3 讨论

3.1 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡生长性能的影响

本试验结果表明,单独使用枯草芽胞杆菌、三肽囊素及联合使用枯草芽胞杆菌与三肽囊素都显著提高了肉鸡试验前期和全期日增质量,且枯草芽胞杆菌与三肽囊素联合应用表现出一定的协同效应,有优于单独添加枯草芽胞杆菌或注射三肽囊素的趋势。余东游等^[5]研究表明,基础日粮中添加 10^5 cfu/g 枯草芽胞杆菌饲喂罗斯 308 肉鸡,处理组肉鸡日增质量比对照组提高了 12.20% ($P < 0.05$),与本试验结果相符。但余东游等^[5]的研究中,日增质量的提高主要通过后期(22~42 日龄)的促生长效果体现出来,该结果与本试验结果(整个试验期枯草芽胞杆菌对肉鸡都有促生长作用,且前期(1~21 日龄)肉鸡日增质量的提高较后期(22~42 日龄)更为显著)不完全相符,这可能与试验所用的动物品种、枯草芽胞杆菌菌种、添加量等因素有关。计慧琴^[11]研究表明,墟岗黄鸡腿部肌肉注射 0.01 mg/kg 三肽囊素可以提高饲料报酬率,与本试验前期结果相符,但试验后期三肽囊素组与对照组料重比差异却不显著,这可能与三肽囊素在试验前期注射,其作用效果主要表现在试验前期,而试验后期三肽囊素作用效力变弱有关。

3.2 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液生化指标的影响

陈家祥等^[6]研究表明,添加地衣芽胞杆菌肉鸡血清中尿素氮含量显著降低,胆固醇含量无显著变化,白蛋白和总蛋白的含量有所提高。林谦等^[12]研究报告,基础日粮组血清甘油三酯含量高于益生菌组,而益生菌有降低血清总胆固醇含量的趋势。辛娜等^[13]研究认为,在基础日粮中添加芽胞杆菌能降低血清中胆固醇含量。郝生宏等^[14]试验表明,地衣芽胞杆菌能显著提高 3 周龄肉仔鸡的血糖水平,但对甘油三酯、总胆固醇、总蛋白和白蛋白的影响不显著。综合以上报道可看出,有关益生菌对动物血液生化指标影响的报道不尽一致,这可能与试验动物品种、益生菌菌种和饲养管理方式等有关。而关于三肽囊素对动物血液生化指标的影响尚未见相关报道。本试验结果表明,枯草芽胞杆菌及其与三肽囊素联合应用能显著提高 21 日龄血清总蛋白和白蛋白的含量($P < 0.05$)。注射三肽囊素有提高 21 日龄血清总蛋白和白蛋白含量的趋势。总蛋白与白蛋

白含量的升高是机体蛋白质代谢旺盛的体现,表明氨基酸、蛋白质的吸收利用率提高,机体肝脏的蛋白质合成代谢及组织蛋白质的沉淀作用增强,进而能提高动物生产性能。血清白蛋白还可补充体内营养,有助于升高抗体水平,提高免疫力,防止白细胞减少及贫血等。由此可见,枯草芽胞杆菌和三肽囊素在一定程度上改善了肉鸡的血液生化指标,增进了机体的免疫能力。

3.3 枯草芽胞杆菌与三肽囊素对肉鸡血液抗氧化指标的影响

沈文英等^[15]研究报告,养殖水体中添加芽胞杆菌使三角帆蚌血清中的 SOD 活性显著升高,CAT 活性仅 1.0×10^6 cfu/mL 芽胞杆菌组 15 日龄时高于对照组,芽胞杆菌添加量与三角帆蚌抗氧化指标活性呈正相关,而血清中丙二醛的含量变化不明显。翟玲等^[16]研究表明,枯草芽胞杆菌可提高肉鸡抗氧化酶(SOD 和 GSH-Px)活性,进而提高机体总抗氧化力。余东游等^[5]研究显示,枯草芽胞杆菌通过显著增加肉鸡血清及肝脏 GSH-Px、SOD 等抗氧化酶活力而使其总抗氧化力显著提高,并使脂质过氧化产物 MDA 含量显著降低,从而有效地保护了肉鸡免受氧化应激。本试验结果显示,添加枯草芽胞杆菌及其与三肽囊素联合应用能提高肉鸡血清中 CAT 和 GSH-Px 酶活力和降低血清中 MDA 含量,进而提高肉鸡的抗氧化能力。

综合以上结果,在科宝-500 肉鸡饲料中添加枯草芽胞杆菌、肌肉注射三肽囊素及枯草芽胞杆菌与三肽囊素联合应用,对试验肉鸡生长性能、血液生化指标及抗氧化功能均表现出不同程度的改善作用,且枯草芽胞杆菌与三肽囊素联合应用有一定的协同效应,其作用机制有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] CHEN K L, KHO W L, YOU S H, et al. Effects of *Bacillus subtilis* var. *natto* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed fermented feed on the enhanced growth performance of broilers[J]. *Poult Sci*, 2009, 88 (2): 309-315.
- [2] 张相伟. 饲用芽胞杆菌对鸡肠道发育和黏膜免疫调节作用的研究[D]. 武汉:华中农业大学图书馆, 2008: 1-2.
- [3] SEN S, INGALE S L, KIM Y W, et al. Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology[J]. *Res Vet Sci*, 2012, 93(1): 264-268.
- [4] HOSSAIN M E, KO S Y, KIM G M, et al. Evaluation of probiotic strains for development of fermented *Alisma canalicula-*

- tum* and their effects on broiler chickens[J]. *Poult Sci*, 2012, 91(12): 3121-3131.
- [5] 余东游, 毛翔飞, 秦艳, 等. 枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能及其抗氧化和免疫功能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2010, 46(3): 22-25.
- [6] 陈家祥, 张仁义, 王全溪, 等. 地衣芽孢杆菌对肉鸡生长性能、抗氧化指标和血液生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(4): 1019-1023.
- [7] AUDHYA T, KROON D, HEAVNER G, et al. Tripeptide structure of bursin, a selective B-cell-differentiating hormone of the bursa of fabricius[J]. *Science*, 1986, 231(4741): 997-999.
- [8] FENG X, SU X, WANG F, et al. Isolation and potential immunological characterization of TPSGLVY, a novel bursal sept-peptide isolated from the bursa of *Fabricius* [J]. *Peptides*, 2010, 31(8): 1562-1568.
- [9] FENG X L, LIU Q T, CAO R B, et al. A bursal pentapeptide (BPP-D), a novel bursal-derived peptide, exhibits antiproliferation of tumor cell and immunomodulator activity[J]. *Amino Acids*, 2012, 42(6): 2215-2222.
- [10] WANG C, WEN W Y, SU C X, et al. Bursin as an adjuvant is a potent enhancer of immune response in mice immunized with the JEV subunit vaccine [J]. *Vet Immunol Immunopathol*, 2008, 122(3/4): 265-274.
- [11] 计慧琴. 三肽囊素对环磷酰胺免疫抑制的阻断机制研究[D]. 长沙: 湖南农业大学图书馆, 2004.
- [12] 林谦, 戴求仲, 宾石玉, 等. 益生菌与酶制剂对黄羽肉鸡血液生化指标和免疫性能影响的协同效应研究[J]. *饲料工业*, 2012, 33(14): 31-36.
- [13] 辛娜, 刁其玉, 张乃锋, 等. 芽孢杆菌制剂对蛋鸡生产性能、血清指标及盲肠微生物的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2011, 38(10): 5-9.
- [14] 郝生宏, 佟建明, 杨荣芳, 等. 地衣芽孢杆菌对 0~3 周龄肉仔鸡的影响[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2008, 36(8): 20-24.
- [15] 沈文英, 余东游, 李卫芬, 等. 地衣芽孢杆菌对三角帆蚌消化酶活性, 免疫指标和抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2009, 21(1): 95-100.
- [16] 翟玲, 李卫芬, 余东游. 枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能和抗氧化力的影响[J]. *中国兽医学报*, 2010, 30(6): 753-755.

Effects of *Bacillus subtilis* and bursin on growth performance, serum biochemical indices and antioxidant indices of broilers

YI Dan SHEN Xue-jiao ZENG Dong NI Xue-qin BIAN Zheng-rong LEI Ming-xia
College of Veterinary Medicine, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract This study was aimed to study the effects of *Bacillus subtilis* and bursin on growth performance, serum biochemical indices, and antioxidant indices of broilers. A total of one hundred and forty four 1-day-old Cobb-500 broilers were randomly allotted to four groups with three replications (twelve broilers in each replicate). The control group (group I) was only fed basal diet. The bursin group (group II) was fed basal diet and injected with bursin (0.01 mg/kg) at day 4 and day 7. Group III was fed basal diet with *Bacillus subtilis* (1.0×10^6 cfu/g feed). Group IV was fed basal diet with *B. subtilis* (1.0×10^6 cfu/g feed) and injected with bursin (0.01 mg/kg) at day 4 and day 7. The trial lasted for 42 days. The results showed that the average daily gain in groups II, III and IV were significantly higher than that in group I ($P < 0.05$) at day 21 and day 42, while the F/G value in group IV was the lowest and decreased 4.37% compared with group I ($P > 0.05$). At day 21, contents of serum total protein in group III and IV respectively increased 19.60% and 27.68%, comparing to group I. At the same time, albumin contents in group III and IV respectively increased 16.72% and 18.03%. The activities of CAT and GSH-Px in group III (on the 21th day) and IV (on the 42th day) were significantly higher than those in group I ($P < 0.05$). Contents of serum MDA in group II, III and IV were significantly lower than that in group I ($P < 0.05$) at day 42. It was concluded that *B. subtilis* and when it combined with bursin could improve growth performance and increase contents of total protein and albumin in serum and the activities of CAT, GSH-Px.

Key words *Bacillus subtilis*; bursin; growth performance; serum biochemical indices; antioxidant indices; broiler

(责任编辑:边书京)