

丁酸梭菌对肉鸡生长性能和血清生化指标的影响

郑爱娟¹ 吴正可¹ PIRZADO Shoaib Ahmed¹ 蔡辉益^{1,2} 陈志敏¹
常文环¹ 邓雪娟² 刘国华^{1*}

(1. 中国农业科学院饲料研究所, 农业部饲料生物技术重点开放实验室, 北京 100081;
2. 生物饲料开发国家工程研究中心, 北京 100081)

摘要: 本试验通过在基础饲料中添加丁酸梭菌, 研究其对肉鸡生长性能和血清生化指标的影响。选择 1 日龄 180 只健康爱拔益加肉鸡, 随机分为 3 个组, 分别为无抗对照组、抗生素组和丁酸梭菌组, 每组 6 个重复, 每个重复 10 只鸡。无抗对照组饲喂基础饲料, 抗生素组在基础饲料中添加 5 mg/kg 黄霉素、75 mg/kg 金霉素和 20 mg/kg 吉他霉素, 丁酸梭菌组在基础饲料中添加 2.5×10^8 CFU/kg 丁酸梭菌, 试验期 42 d。结果表明: 1) 饲料添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡 21 日龄和 42 日龄体重、1~21 日龄平均日增重和料重比 ($P > 0.05$); 与无抗对照组相比, 饲料添加丁酸梭菌极显著降低了 1~21 日龄肉鸡平均日采食量 ($P < 0.01$)。2) 与无抗对照组和抗生素组相比, 饲料添加丁酸梭菌显著提高了 42 日龄肉鸡血清甘油三酯、总胆固醇含量和碱性磷酸酶活性 ($P < 0.05$)。3) 与无抗对照组或抗生素组相比, 饲料添加丁酸梭菌显著提高了 42 日龄肉鸡血清总蛋白、白蛋白和球蛋白含量 ($P < 0.05$); 与无抗对照组相比, 饲料添加丁酸梭菌极显著降低了 21 日龄和 42 日龄肉鸡血清氨含量 ($P < 0.01$), 显著降低了 21 日龄肉鸡血清尿酸含量 ($P < 0.05$)。综上, 饲料添加丁酸梭菌显著改变了肉鸡脂类代谢, 提高了血清中蛋白质含量, 降低了蛋白质代谢废物含量。

关键词: 丁酸梭菌; 肉鸡; 生长性能; 血清生化指标

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)12-5519-07

丁酸梭菌是属于厚壁菌门、梭菌纲、梭菌目、梭菌科、梭菌属严格厌氧的革兰氏阳性芽孢杆菌^[1], 在自然界主要存在于动物和人类消化道、肠道和粪便还有环境土壤以及酒窖泥中^[2-3]。丁酸梭菌在畜禽肠道内能够产生乙酸、丁酸及乳酸等小分子代谢物, 不仅对肠道能量供应、肠黏膜屏障的维持和肠动力的调节有重要作用, 而且促进双歧杆菌、乳酸杆菌和粪杆菌等肠道有益菌增殖, 抑制葡萄球菌、大肠杆菌、伤寒沙门氏菌和产膜梭菌等致病菌的生长^[4-5], 从而促进肠道微生态平衡, 降低胺类、吲哚、硫化氢等有害物质的产生, 提高肠道消化吸收能力, 提高机体免疫力^[6]。丁酸梭

菌产生的丁酸是肠道上皮细胞修复和再生的主要物质, 能促进畜禽肠道的发育, 强化其各种功能, 增强畜禽免疫力和抗病力^[7]。丁酸梭菌为内生芽孢, 对外界环境有较强的抵抗力, 它不仅可以抵抗饲料制粒过程中的高温^[8], 而且能有效地在胃酸和胆汁中生存, 使其在肠道中停留更长时间^[9]。同时, 丁酸梭菌还耐受部分抗生素药物。因此, 丁酸梭菌应用在饲料中更具广阔的市场前景^[10]。基于此, 本研究通过在玉米-豆粕型基础饲料中添加丁酸梭菌, 评价其对肉仔鸡生长性能和血清生化指标的影响, 为丁酸梭菌在肉鸡饲料中的广泛应用提供参考。

收稿日期: 2019-05-20

基金项目: 国家重点研发计划资助(2018YFD0500600)

作者简介: 郑爱娟(1977—), 女, 河北唐山人, 副研究员, 博士, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: zhengaijuan@caas.cn

* 通信作者: 刘国华, 研究员, 博士生导师, E-mail: liuguohua@caas.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用丁酸梭菌为粉状,菌粉中活菌数为 5.0×10^9 CFU/g。

1.2 试验设计

选择体重相近的 180 只 1 日龄爱拔益加 (AA) 健康肉鸡,随机分为 3 个组,每个组 6 个重

复,每个重复 10 只鸡。无抗对照组饲喂基础饲料,抗生素组在基础饲料中添加 5 mg/kg 黄霉素、75 mg/kg 金霉素和 20 mg/kg 吉他霉素,丁酸梭菌组在基础饲料中添加 2.5×10^8 CFU/kg (50 mg/kg) 丁酸梭菌。基础饲料采用玉米-豆粕型饲料,饲料配方参考《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004) 设计,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

项目 Items	含量 Content	
	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59.31	60.42
豆粕 Soybean meal	29.88	28.87
棉籽粕 Cottonseed meal	5.00	3.00
大豆油 Soybean oil	1.51	3.98
L-赖氨酸 L-Lys	0.15	0.09
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.14	0.16
石粉 Limestone	1.27	1.02
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.94	1.66
食盐 NaCl	0.30	0.30
氯化胆碱 Choline chloride	0.20	0.20
维生素预混料 Vitamin premix ¹⁾	0.03	0.03
微量元素预混料 Mineral premix ¹⁾	0.10	0.10
沸石粉 Zeolite powder	0.17	0.17
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.35	13.02
粗蛋白质 CP	21.18	19.84
钙 Ca	1.01	0.85
有效磷 AP	0.45	0.40
总磷 TP	0.69	0.63
赖氨酸 Lys	1.14	1.05
蛋氨酸 Met	0.49	0.48
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.83	0.81
苏氨酸 Thr	0.77	0.22

¹⁾ 维生素预混料和微量元素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix and mineral premix provided the following per kg of diets: VA 10 000 IU, VD₃ 2 000 IU, VE 10 IU, VK₃ 2.5 mg, VB₁ 1 mg, VB₂ 6 mg, VB₃ 10 mg, VB₅ 40 mg, VB₆ 3 mg, VB₁₁ 0.3 mg, VB₁₂ 0.01 mg, 生物素 biotin 0.12 mg, Cu (as copper sulfate) 8 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Mn (as manganese sulfate) 60 mg, Zn (as zinc sulfate) 40 mg, Se (as sodium selenite) 0.15 mg, I (as potassium iodide) 0.35 mg。

²⁾ 营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验于 2018 年 11—12 月在中国农业科学院饲料研究所南口试验基地进行。采用立体笼

养(4 层笼),每笼饲养 10 只鸡,23 h 光照,1 h 黑暗;乳头式饮水器供水,自由采食(粉料);水循环式暖气供热,前 3 天鸡舍温度维持在 33 ℃,此后

每周降低 2 ℃ ,直到 24 ℃ ,并维持在 24 ℃ 。1 日龄接种马立克疫苗,7 日龄滴鼻点眼接种新城疫和肾传支二联苗。试验鸡饲养管理、免疫规程和鸡舍卫生管理均按 AA 肉鸡饲养规程进行。每天进行健康观察,试验期 42 d。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能指标

分别在肉鸡 21 和 42 日龄时,以重复为单位进行称重,统计试验期间各重复耗料量,计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。记录试验期间各组肉鸡的死亡和淘汰情况。

1.4.2 血清生化指标

分别于肉鸡 21 和 42 日龄时,每重复随机选取肉鸡 1 只,颈静脉采血 10 mL,分离血清用日立 7600 全自动生化分析仪测定血清总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、磷(P)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、尿酸(UA)和氨(NH₃)含量以及碱性磷酸酶(ALP)活性。测定试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.5 试验数据统计分析

采用 SPSS 17.0 软件的单因子方差分析(one-way ANOVA),因子显著性采用 *F* 检验。对主效应显著的指标,各组间平均值进行 Duncan 氏多重比较。以 $P < 0.05$ 作为差异显著的判断标准, $P < 0.01$ 作为差异极显著的判断标准。

2 结果

2.1 饲粮添加丁酸梭菌对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知,1~21 日龄,饲粮添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡体重、平均日增重和料重比($P > 0.05$);与无抗对照组相比,饲粮添加丁酸梭菌和抗生素极显著降低了肉鸡平均日采食量($P < 0.01$);与抗生素组相比,饲粮添加丁酸梭菌显著降低了肉鸡平均日采食量($P < 0.05$)。22~42 日龄,与无抗对照组相比,饲粮添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡体重、平均日增重、平均日采食量和料重比($P > 0.05$);抗生素组肉鸡料重比显著低于无抗对照组和丁酸梭菌组($P < 0.05$)。

表 2 饲粮添加丁酸梭菌对肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary *Clostridium butyricum* on growth performance of broilers

项目 Items	无抗对照组 Non-antibiotic control group	抗生素组 Antibiotic group	丁酸梭菌组 <i>Clostridium butyricum</i> group	合并均值标准误 Pooled SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
1~21 日龄 1 to 21 days of age					
体重 BW/g	771.11	728.26	768.58	7.80	0.307
平均日增重 ADG/g	37.07	35.81	35.51	0.35	0.238
平均日采食量 ADFI/g	51.04 ^{Aa}	46.49 ^{Bb}	43.79 ^{Bc}	0.43	0.001
料重比 F/G	1.339	1.313	1.350	0.015	0.275
22~42 日龄 22 to 42 days of age					
体重 BW/g	2 207	2 391	2 204	21.70	0.140
平均日增重 ADG/g	73.73	85.17	76.89	0.93	0.056
平均日采食量 ADFI/g	152.47	165.62	153.81	1.31	0.079
料重比 F/G	2.116 ^a	2.033 ^b	2.191 ^a	0.020	0.028

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),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($P < 0.01$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

2.2 饲粮添加丁酸梭菌对肉鸡血清脂类、磷含量以及碱性磷酸酶活性的影响

由表 3 可知,21 日龄,饲粮添加丁酸梭菌未显

著影响肉鸡血清甘油三酯含量($P > 0.05$),与抗生素组相比,饲粮添加丁酸梭菌显著降低了肉鸡血清磷含量($P < 0.05$),但与无抗对照组相比差异不

显著 ($P>0.05$)。与无抗对照组相比,饲料添加抗生素显著提高了肉鸡血清总胆固醇含量 ($P<0.05$),极显著提高了肉鸡血清碱性磷酸酶活性 ($P<0.01$);丁酸梭菌组肉鸡血清总胆固醇含量和碱性磷酸酶活性介于无抗添加组和抗生素组之间,且丁酸梭菌组肉鸡血清碱性磷酸酶活性显著低于抗生素组 ($P<0.05$),并显著高于无抗对照组 ($P<0.05$)。42日龄,与无抗添加组和抗生素组相

比,饲料添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡血清磷含量 ($P>0.05$),但显著提高了肉鸡血清甘油三酯含量和碱性磷酸酶活性 ($P<0.05$);丁酸梭菌组肉鸡血清总胆固醇含量极显著高于抗生素组 ($P<0.01$),显著高于无抗对照组 ($P<0.05$);抗生素组和无抗对照组肉鸡血清各指标无显著差异 ($P>0.05$)。

表3 饲料添加丁酸梭菌对肉仔鸡血清脂类、磷含量以及碱性磷酸酶活性的影响

Table 3 Effects of dietary *Clostridium butyricum* on serum contents of lipid and phosphorus and alkaline phosphatase activity of broilers

项目 Items	无抗对照组 Non-antibiotic control group	抗生素组 Antibiotic group	丁酸梭菌组 <i>Clostridium butyricum</i> group	合并均值标准误 Pooled SEM	P 值 P-value
21 日龄 21 days of age					
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.72 ^b	2.66 ^a	2.20 ^{ab}	0.08	0.018
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.20	0.25	0.28	0.01	0.207
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	3 291 ^{Bc}	4 252 ^{Aa}	3 983 ^{ABb}	84	0.010
磷 P/(mmol/L)	1.50 ^{ab}	1.60 ^a	1.39 ^b	0.04	0.039
42 日龄 42 days of age					
总胆固醇 TC/(mmol/L)	2.68 ^{ABb}	2.21 ^{Bb}	3.14 ^{Aa}	0.12	0.002
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.28 ^b	0.29 ^b	0.42 ^a	0.03	0.075
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	1 843 ^b	1 594 ^b	2 264 ^a	107	0.022
磷 P/(mmol/L)	1.47	1.48	1.60	0.03	0.125

2.3 饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清蛋白及其代谢物含量的影响

由表4可知,21日龄,与无抗对照组相比,饲料添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡血清总蛋白和球蛋白含量 ($P>0.05$),但是从数值上看,饲料添加抗生素和丁酸梭菌有增加血清白蛋白和球蛋白的趋势;饲料添加丁酸梭菌和抗生素显著降低了血清尿酸含量 ($P<0.05$),极显著降低了血清氨含量 ($P<0.01$),并且丁酸梭菌组与抗生素组血清氨含量无显著差异 ($P>0.05$)。与无抗对照组相比,饲料添加抗生素显著提高了肉鸡血清白蛋白含量 ($P<0.05$),添加丁酸梭菌也有提高血清白蛋白含量的效果,但差异不显著 ($P>0.05$)。22~42日龄,饲料添加丁酸梭菌未显著影响肉鸡血清尿酸含量 ($P>0.05$)。与无抗对照组相比,饲料添加丁酸梭菌和抗生素极显著降低了肉鸡血清氨含量 ($P<0.01$),抗生素组和丁酸梭菌组血清氨含量差异不显著 ($P>0.05$);饲料添加丁酸梭菌极显著增加了

肉鸡血清白蛋白含量 ($P<0.01$),显著提高了肉鸡血清球蛋白含量 ($P<0.05$),但是抗生素组和无抗对照组肉鸡血清白蛋白、总蛋白和球蛋白含量均差异不显著 ($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料添加丁酸梭菌对肉鸡生长性能的影响

本试验结果显示,饲料添加 2.5×10^8 CFU/kg 丁酸梭菌极显著降低 1~21 日龄肉鸡平均日采食量,其效果与抗生素组无显著差异,但是有显著差异。这个结果跟丁酸梭菌组肉鸡血清总蛋白和白蛋白含量增加的结果相一致。因为当血清白蛋白、总蛋白含量增加时,会促进家禽对饲料的利用,提高机体营养物质吸收,因此会降低饲料消耗。这一结果与 Yang 等^[11]在饲料中分别添加 2×10^8 和 3×10^8 CFU/kg 丁酸梭菌均可提高肉鸡生长性能的结果一致。赵旭^[12]报道饲料添加 1×10^9 CFU/kg 丁酸梭菌可以显著提高 22~42 日龄和

1~42 日龄肉鸡平均日采食量和平均日增重。但是本试验显示,与无抗对照组相比,饲料添加 2.5×10^8 CFU/kg 丁酸梭菌未显著影响 1~21 日龄肉鸡体重、平均日增重和料重比和 22~42 日龄体重、平均日增重和平均日采食量和料重比;但是饲料添加抗生素显著降低了 22~42 日龄肉鸡料重比。Zhang 等^[13] 也研究表明在饲料中添加 1×10^9 CFU/kg 丁酸梭菌对肉鸡生长性能无显著影响。这个原因可能是因为微生物细胞和微生物的

代谢产物对家禽来说是抗原,当这些抗原进入体内后会产生抗体,家禽在产生抗体时需要消耗能量和蛋白质,在添加微生态制剂初期,会导致饲料报酬无显著变化甚至降低,当微生物在肠道定植后,随着微生物分泌的有益活性因子作用以及占位效应,会逐步改善肠道健康和免疫功能,从而提高生长性能,因此微生态制剂的菌种选择和添加剂量至关重要。

表 4 饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清蛋白及其代谢物含量的影响

Table 4 Effects of dietary *Clostridium butyricum* on serum contents of protein and its metabolites of broilers

项目 Items	无抗对照组 Non-antibiotic control group	抗生素组 Antibiotic group	丁酸梭菌组 <i>Clostridium butyricum</i> group	合并均值标准误 Pooled SEM	P 值 P-value
21 日龄 21 days of age					
总蛋白 TP/(g/L)	28.76	36.60	33.12	2.34	0.424
白蛋白 ALB/(g/L)	10.76 ^b	15.92 ^a	13.52 ^{ab}	0.80	0.018
球蛋白 GLB/(g/L)	8.42	10.34	10.18	0.77	0.563
尿酸 UA/($\mu\text{mol/L}$)	321 ^a	240 ^b	246 ^b	8.00	0.023
氨 NH_3 /($\mu\text{mol/L}$)	469.52 ^{Aa}	291.38 ^{Bb}	286.82 ^{Bb}	10.60	<0.001
42 日龄 42 days of age					
总蛋白 TP/(g/L)	45.60 ^{ab}	41.92 ^b	54.76 ^a	2.06	0.017
白蛋白 ALB/(g/L)	17.16 ^{Bb}	15.48 ^{Bb}	20.36 ^{Aa}	0.68	0.002
球蛋白 GLB/(g/L)	14.22 ^b	13.22 ^b	17.20 ^a	0.77	0.077
尿酸 UA/($\mu\text{mol/L}$)	252	247	297	13.81	0.291
氨 NH_3 /($\mu\text{mol/L}$)	468.10 ^{Aa}	344.42 ^{Bb}	350.44 ^{Bb}	18.08	0.001

3.2 饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清脂类、磷含量以及碱性磷酸酶活性的影响

血清脂质可以反映脂肪组织与肝脏间脂肪酸循环的基础调节情况^[14]。游离脂肪酸主要由脂肪组织中甘油三酯的水解产生,它的含量反映脂肪组织中脂解活性^[15]。本试验表明,饲料添加抗生素和丁酸梭菌均有提高肉鸡血清甘油三酯、总胆固醇含量和碱性磷酸酶活性的作用,且从 21 日龄肉鸡来看,抗生素的效果高于丁酸梭菌;但饲料添加丁酸梭菌对 42 日龄肉鸡血清甘油三酯、总胆固醇含量和碱性磷酸酶活性的提高效果显著高于抗生素。血清甘油三酯和总胆固醇含量增加,可能是因为肝脏脂类合成能力增强或者机体合成脂肪能力减弱。本试验结果与前人报道玉米-豆粕饲料中添加丁酸梭菌显著增加了血清甘油三酯和总胆固醇含量结果^[16]相一致,但与何菊等^[17]报道的饲料添加丁酸梭菌显著降低肉鸡血清甘油三酯和

总胆固醇含量的结果相反。而赵旭等^[12]和 Zhang 等^[18]研究显示,饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清甘油三酯和总胆固醇含量无显著影响。这些结果间的差异可能与肉鸡的品种和丁酸梭菌添加剂量有关。

3.3 饲料添加丁酸梭菌对肉鸡血清蛋白及其代谢物含量的影响

血清总蛋白、白蛋白含量可反映机体的营养状况及蛋白质代谢水平,血清白蛋白、总蛋白含量增加,会促进家禽对饲料的利用,提高机体营养物质吸收,降低饲料消耗。本试验结果表明,与无抗对照组或抗生素组相比,饲料添加丁酸梭菌显著提高了 42 日龄肉鸡血清总蛋白、白蛋白和球蛋白含量。本试验结果与前人报道丁酸梭菌显著增加血清总蛋白含量结果^[16]相一致。在蛋白质合成代谢过剩的蛋白质被分解为氨基酸,氨基酸脱氨基作用形成氨。消化道细菌脲酶也可利用部分含氮

饲料产氮^[19]。血清氨含量的减少说明蛋白合成增强,蛋白质得到充分利用。此外,高含量氨在体内是毒性物质,不利于动物健康^[19]。本试验结果表明,与无抗对照组相比,饲料添加丁酸梭菌均极显著减低了21日龄和42日龄肉鸡血清氨含量,丁酸梭菌组肉鸡表明蛋白质合成代谢增加,氨排放减少,处于健康生长状态。Yang等^[11]均报道丁酸梭菌显著降低肉鸡血清氨含量。本试验的研究结果与上述报道结果相似。本试验结果表明,与无抗对照组相比,饲料添加丁酸梭菌显著减低了21日龄肉鸡血清尿酸含量。这一结果与张伟等^[16]报道的丁酸梭菌显著降低Cobb肉鸡血液尿酸含量结果一致。

4 结 论

本试验结果表明,饲料添加丁酸梭菌极显著降低1~21日龄肉鸡平均日采食量,促进肉鸡脂类和蛋白质的合成代谢,显著降低含氮废物的排放。

参考文献:

- [1] 杨玲,夏嗣廷,胡睿智,等.丁酸梭菌的功能性研究进展及其在畜禽生产中的应用[J].中国畜牧兽医,2018,45(11):3077-3085.
- [2] MURAYAMA T I, MITA N, TANAKA M, et al. Effects of orally administered *Clostridium butyricum* MIYAIRI 588 on mucosal immunity in mice[J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1995, 48(3/4):333-342.
- [3] NAKANISHI S, TANAKA M. Sequence analysis of a bacteriocinogenic plasmid of *Clostridium butyricum* and expression of the bacteriocin gene in *Escherichia coli*[J]. Anaerobe, 2010, 16(3):253-257.
- [4] KANAUCHI O, MITSUYAMA K, ARAKI Y, et al. Modification of intestinal flora in the treatment of inflammatory bowel disease[J]. Current Pharmaceutical Design, 2003, 9(4):333-346.
- [5] PECK M W. Biology and genomic analysis of *Clostridium botulinum*[J]. Advances in Microbial Physiology, 2009, 55:183-265, 320.
- [6] 邱权,詹志春,周樱,等.饲料添加剂丁酸梭菌的应用与研究进展[J].饲料研究,2016(11):17-18,55.
- [7] 张晓阳,卢忆,马艳莉,等.丁酸梭菌生理功能及应用研究进展[J].中国食物与营养,2012,18(12):31-35.
- [8] 李可,罗建杰,孟昆,等.益生菌对肉仔鸡生产性能、胴体性状、免疫功能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2903-2910.
- [9] 孔青.丁酸梭菌培养与发酵动力学以及调节腹泻小鼠肠道菌群平衡的研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2006.
- [10] 谢丽静,王伟华,王海宽,等.丁酸梭菌的应用及对食品安全的影响[J].中国食物与营养,2017,23(7):5-9.
- [11] YANG C M, CAO G T, FERKET P R, et al. Effects of probiotic *Clostridium butyricum* on growth performance, immune function and cecal microflora in broiler chickens[J]. Poultry Science, 2012, 91(9):2121-2129.
- [12] 赵旭.丁酸梭菌对肉鸡脂肪代谢的影响及其机理研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2014.
- [13] ZHANG B K, YANG X, GUO Y M, et al. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on the performance and the digestive tract of broiler chickens[J]. Archives of Animal Nutrition, 2011, 65(4):329-339.
- [14] MOSSAB A, LESSIRE M, GUILLAUMIN S, et al. Effect of dietary fats on hepatic lipid metabolism in the growing turkey[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2002, 132(2):473-483.
- [15] MERSMANN H J, MACNEIL M D. Relationship of plasma lipid concentrations to fat deposition in pigs[J]. Journal of Animal Science, 1985, 61(1):122-128.
- [16] 张伟,周樱,付大波,等.丁酸梭菌对肉鸡生长性能、血液指标、屠宰性能的影响[C]//中国畜牧兽医学动物营养学会第十二次动物营养学术研讨会论文集.武汉:中国农业大学出版社,2016:1.
- [17] 何菊,胡迪,郭云清,等.丁酸梭菌CB1对肉鸡免疫器官指数、黏膜sIgA抗体和血清生化指标的影响[J].中国兽医学报,2018,38(5):998-1002,1007.
- [18] ZHANG B, YANG X, GUO Y, et al. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on serum lipids and lipid-related gene expression in broiler chickens[J]. Animal, 2011, 5(12):1909-1915.
- [19] 程时军,马立保,张伟.溶菌酶对肉鸡肠粘膜形态、微生物数量及血氨浓度的影响[J].饲料工业,2009,30(20):13-16.

Effects of *Clostridium butyricum* on Growth Performance and Serum Biochemical Indices of Broilers

ZHENG Aijuan¹ WU Zhengke¹ PIRZADO Shoaib Ahmed¹ CAI Huiyi^{1,2} CHEN Zhimin¹
CHANG Wenhuan¹ DENG Xuejuan² LIU Guohua^{1*}

(1. Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. National Engineering Research Center for Biological Feed Development, Beijing 100081, China)

Abstract: The present study evaluated the effects of *Clostridium butyricum* on growth performance and serum biochemical indices by adding it into the basal diet of broilers. One hundred and eighty 1-day-old healthy Arbor Acres broiler chickens were randomly allotted to three groups as the control group without antibiotic (non-antibiotic control group), antibiotic group and *Clostridium butyricum* group with six replicates per group and 10 chickens per replicate. Broilers in the non-antibiotic control group were fed the basal diet, those in the antibiotic group were fed the basal diet supplemented with 5 mg/kg flavomycin, 75 mg/kg aureomycin and 20 mg/kg kitasamycin, and those in the *Clostridium butyricum* group were fed the basal diet supplemented with 2.5×10^8 CFU/kg *Clostridium butyricum* for 42 days. The results showed as follows: 1) the supplementation of *Clostridium butyricum* did not significantly affect body weight of broilers at 21 and 42 days of age, as well as average daily gain and feed to gain ratio of broilers from 1 to 21 days of age ($P > 0.05$). Compared with the non-antibiotic control group, the supplementation of *Clostridium butyricum* significantly reduced the average daily feed intake of broilers from 1 to 21 days of age ($P < 0.05$). 2) Compared with the non-antibiotic control group and the antibiotic group, the supplementation of *Clostridium butyricum* significantly increased the serum contents of triglyceride and total cholesterol and alkaline phosphatase activity of 42-day-old broilers ($P < 0.05$). 3) Compared with the non-antibiotic control group or the antibiotic group, the supplementation of *Clostridium butyricum* significantly increased the serum contents of total protein, albumin and globulin of 42-day-old broilers ($P < 0.05$). Compared with the non-antibiotic control group, the supplementation of *Clostridium butyricum* extremely significantly decreased serum ammonia content of 21- and 42-day-old broilers ($P < 0.01$), and significantly decreased the serum uric acid content of 21-day-old broilers ($P < 0.05$). In conclusion, the supplementation of *Clostridium butyrate* can significantly improve lipid metabolism, increase the serum protein content, and decrease the content of protein metabolites of broilers. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(12): 5519-5525]

Key words: *Clostridium butyricum*; broilers; growth performance; serum biochemical indices