

何 菊,李筱雯,崔卫涛,等.丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡生产性能、肠道形态和菌群的影响[J].湖北农业科学,2021,60(17):93-97,103.

丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡生产性能、 肠道形态和菌群的影响

何 菊¹,李筱雯²,崔卫涛²,郭 杰¹,王 纯¹,肖运才¹,李自力¹,周祖涛¹
(1.华中农业大学动物医学院/湖北省预防兽医学重点实验室,武汉 430070;
2.湖北华大瑞尔科技有限公司/生物发酵饲料湖北省工程研究中心,武汉 430070)

摘要:本研究旨在探讨丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂对肉鸡生产性能、肠道形态和菌群结构的影响。选取 1 日龄 Cobb500 肉鸡 15 000 只,随机分为 5 组,每组 3 个重复,每个重复 1 000 只,分别饲喂:A 组为基础日粮、B 组含有 50 g/t 金霉素的日粮、C1、C2 和 D 组分别在基础日粮中添加 100 g/t 丁酸梭菌 CB1 制剂、200 g/t 丁酸梭菌 CB1 制剂、200 g/t 丁酸梭菌 CB1 制剂复合菌制剂,试验期为 42 d。试验结果表明,C1、C2 和 D 组 1~21 d 平均日增重高于 B 组($P<0.05$ 或 $P<0.01$),D 组 1~42 d 平均日增重与 B 组相当($P>0.05$),C2 组和 D 组的料肉比、死亡率均明显低于 A 组和 B 组,D 组盲肠绒毛高度和 VH/CD 值最高。在日粮中添加丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡回肠、盲肠乳酸杆菌和双歧杆菌的增殖有显著促进作用。由此可见,丁酸梭菌 CB1 复合菌制剂具有与金霉素相当的促生长效果,在日粮中添加丁酸梭菌 CB1 制剂可以显著提高肠道绒毛高度和 VH/CD 值,有效促进肉鸡的生长性能,促进肠道形态发育,改善肠道菌群。

关键词:丁酸梭菌 CB1;肉鸡;生产性能;肠道形态和菌群;抗生素替代

中图分类号:S816.7;S831

文献标识码:A

文章编号:0439-8114(2021)17-0093-05

DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2021.17.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of *Clostridium butyricum* CB1 preparations on production performance, intestinal morphology and microflora of broilers

HE Ju¹, LI Xiao-wen², CUI Wei-tao², GUO Jie¹, WANG Chun¹, XIAO Yun-cai¹, LI Zi-li¹, ZHOU Zu-tao¹

(1.College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University/Hubei Key Laboratory of Preventive Veterinary Medicine, Wuhan 430070, China;

2.Hubei Huada Real Science & Technology Co., Ltd./Hubei Engineering Research Center of Biofermentation Feed, Wuhan 430070, China)

Abstract: This study was designed to investigate the effects of *Clostridium butyricum* CB1 preparations and composite probiotics added to the diets on broiler production performance, intestinal morphology and structure of microbial community. A total of 15 000 one-day old of Cobb500 broiler chickens were randomly divided into 5 groups, with 3 replicates in each group and 1 000 chickens in each replicate, they were fed with: group A (basal diet), group B (basal diet supplemented with 50 g/t chlortetracycline), group C1, C2 and D were basal diets supplemented with 100 g/t *C. butyricum* CB1 preparation, 200 g/t *C. butyricum* CB1 preparation and 200 g/t *C. butyricum* CB1 preparation and *Bacillus subtilis* preparation, 42 days trial period. The test results showed that broilers in antibiotic (chlortetracycline) group B and group C1, C2 and D fed with *C. butyricum* CB1 preparation could increase the average body weight in different levels. The average daily weight gain of groups C1, C2 and D from 1 to 21 days were higher than that in antibiotic group B ($P<0.05$ or $P<0.01$), and the average daily gain of group D from 1 to 42 days was similar to that of group B ($P>0.05$). During the test period, the feed conversion ratio and death rate of group C2 and group D was obviously below basal diet group A and antibiotic group B, and of these the height of cecum villus and VH/CD ratio of group D was the highest. Adding *C. butyricum* CB1 to the diet could significantly promote the proliferation of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* in ileum and cecum of broilers. It can be seen that the *C. butyricum* CB1 complex bacteria preparation has a growth-promoting effect equivalent to that of chlortetracycline. *C. butyricum* CB1 preparation added in diets can significantly increase the height of intestinal villi and the VH/CD value, effectively promote the growth performance of broilers, enhance immune function, promote the development of intestinal morphology, and improve intestinal flora.

Key words: *Clostridium butyricum* CB1; broiler; production performance; intestinal morphology and flora; replacing antibiotics

收稿日期:2020-12-07

基金项目:广西创新驱动发展专项(桂科 AA18118051)

作者简介:何 菊(1990-),女,贵州六盘水人,硕士,主要从事兽医微生物与免疫学方向研究,(电话)15185048696(电子信箱)3354797775@qq.com;

通信作者:周祖涛(1980-),男,副教授,博士,主要从事兽医微生物与免疫学的研究工作,(电话)13114373570(电子信箱)ztzhou@mail.hzau.edu.cn

欧盟委员会在2013年批准丁酸梭菌可作为蛋鸡饲料添加剂,中国也于2013年正式将丁酸梭菌纳入新饲料添加剂中^[1]。研究报道,在种鸡和肉鸡饲料中添加丁酸梭菌能有效提高日增重、平均体重、产蛋率和饲料转化率,促进肠道发育和肠道形态的完整,提高肠道有益菌数量,抑制有害菌,可有效预防肠炎的发生^[2,3]。作为饲料添加剂,丁酸梭菌既可单独使用也可和其他益生菌复合使用,目前丁酸梭菌单独使用在抗病促生长方面尚难达到与抗生素相同的效果,而与芽孢杆菌、乳酸杆菌、双歧杆菌等菌种复合及与低聚糖、中草药、维生素和酶制剂等添加剂联合应用显示出优异的成绩^[4,5],因此复合型益生菌添加剂的研究显得非常必要。为此,本试验将丁酸梭菌CB1单菌制剂及其与枯草芽孢杆菌复合菌制剂添加于肉鸡日粮中,评价丁酸梭菌CB1制剂对肉鸡生产性能、肠道形态和菌群的影响,确定丁酸梭菌CB1制剂的益生效果,为肉鸡日粮中抗生素替代提供技术依据。

1 材料与方 法

1.1 试验样品及试验动物

丁酸梭菌CB1制剂(有效活菌数 2×10^9 CFU/g)和复合菌制剂(丁酸梭菌CB1有效活菌数 2×10^9 CFU/g,枯草芽孢杆菌TL有效活菌数 2×10^{10} CFU/g),由湖北华大瑞尔科技有限公司提供。金霉素(含量为15%)购自金河生物科技股份有限公司。试验肉鸡品种为Cobb500,购自湖北荆州正康家禽有限公司。

1.2 试验动物与试验设计

选取1日龄Cobb 500肉鸡15 000只,随机分为5组:A组(基础日粮)、B组(基础日粮+50 g/t金霉素)、C1组(基础日粮+100 g/t丁酸梭菌CB1制剂)、C2组(基础日粮+200 g/t丁酸梭菌CB1制剂)、D组(基础

日粮+200 g/t复合菌制剂),每组3个重复,每个重复1 000只。基础日粮为玉米豆粕型日粮,参照NRC(1994)营养需要配制,试验周期为42 d。饲喂试验在湖北当阳正阳家禽养殖专业合作社开展,同一栋鸡舍,网上平养,免疫按常规程序进行。

1.3 生产性能测定方法

生产性能指标包括平均日增重、料肉比和死亡率。试验期间每天记录采食量和鸡群数量,分别在1、7、14、21、28、35、42 d时,每个重复随机抽取100只鸡进行称重,称重在早晨喂料前进行,计算1~21、22~42、1~42 d的平均日增重和死淘率,全程料肉比和死亡率。

1.4 相关指标检测方法

分别在21 d和42 d,每个重复随机抽取10只鸡,称取每只采样鸡活体重量并记录,颈部静脉放血处死,剖开腹腔采集各项检测指标所需样品。

1.4.1 肠道形态检测 用细线结扎盲肠和回肠中上段一端,取长度约2 cm的肠段,于4%甲醛溶液中固定,经洗涤、脱水、透明、透蜡、包埋、修蜡、切片等处理步骤,进行常规HE染色。使用日本Nikon 80i生物光学显微镜并结合NIS-Elements高清晰度彩色图文分析系统进行测量、观察和取图,每张切片观察选出2~3个典型视野,测定10根完整绒毛的绒毛高度(VH)和隐窝深度(CD),计算绒毛高度与隐窝深度的比值(VH/CD)。

1.4.2 肠道菌群qRT-PCR检测目的基因 结扎固定位置和固定长度的回肠、盲肠,置于50 mL灭菌离心管中保存,于无菌超净台中称取肠道内容物。为减少个体差异所带来的试验偏差,将每组采集的粪便样品混合。以乳酸杆菌、双歧杆菌、梭菌、大肠杆菌和沙门氏菌属特异性基因为靶基因构建标准质粒。PCR扩增引物及退火温度见表1。

表1 qPCR引物

引物	序列(5'-3')	退火温度/℃	片段大小/bp	参考文献
大肠杆菌	GACCTCGGTTTAGTTCACAGA CACACGCTGACGCTGACCA	55	585	[6]
乳酸杆菌	GCAGCAGTAGGGAATCTTCCA GCATTYCACCGCTACACATG	56	328	[7]
双歧杆菌	GGTGTAATGCCGGATG CCACCGTTACACCGGAA	58	510	[8]
梭菌	AAAGGAAGATTAATACCGCATAA ATCTTGCGACCGTACTCCCC	56	722	[9]
沙门氏菌	AGTCTGCATTACTCTATCTG CTGTGCGCTTAATGGCATGT	55	580	[10]

采用 3 步法定量检测肠道菌群数量的 qPCR, 其中, 大肠杆菌和沙门氏菌反应程序为: 95 °C 预变性 30 s; 40 个循环, 95 °C 变性 5 s, 55 °C 退火 20 s, 72 °C 延伸 30 s。乳酸杆菌和梭菌反应程序为: 95 °C 预变性 30 s; 40 个循环, 95 °C 变性 5 s, 56 °C 退火 20 s, 72 °C 延伸 30 s。双歧杆菌反应程序为: 95 °C 预变性 30 s; 40 个循环, 95 °C 变性 5 s, 58 °C 退火 20 s, 72 °C 延伸 30 s。反应体系为: SYBR Premix Ex Taq II 10 μL, 上、下游引物 (10 μmol/L) 各 0.4 μL, 模板 2 μL, 加去离子水补足至 20 μL。每次 RT-PCR 扩增反应结束后, 通过用熔解曲线 (65~95 °C) 来检测扩增产物的单一性。

1.5 数据处理

试验数据用 SPSS 19.0 软件进行统计分析, 利用 ANOVA、LSD 进行差异显著性检验和 Duncan 多重比较, 试验结果以平均值±标准差 (Mean±SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡生产性能的影响

2.1.1 平均日增重 丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂对肉鸡平均日增重的影响结果见表 2。由表 2 可知, 在 1~21 d, C2 和 D 组平均日增重均极显著高于 A 组 ($P<0.01$), D 组平均日增重最高 (37.74 g/d); 与 B 组相比, C1、C2 和 D 组平均日增重分别提高了 4.76%、

6.54%、14.33%。在 22~42 d, B 组平均日增重极显著高于 A、C1、C2 和 D 组 ($P<0.01$)。在 1~42 d, 与 A 组相比, B、C1、C2 和 D 组的平均日增重分别提高了 5.46%、0.37%、1.52% 和 4.10%, D 组与 B 组平均日增重基本持平。上述结果显示, 丁酸梭菌 CB1 制剂及其复合菌制剂对肉鸡 1~21 d 促生长效果优于抗生素组, 22~42 d 促生长效果低于抗生素组, 从全程比较, 复合菌制剂促生长效果与抗生素相当。

表 2 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡平均日增重的影响

(单位: g/d)

组别	平均日增重		
	1~21 d	22~42 d	1~42 d
A	32.68±1.63 cC	81.55±1.38 bB	57.11±0.69 dD
B	33.01±1.16 cC	87.46±0.61 aA	60.23±0.34 aA
C1	34.58±0.48 bBC	79.89±1.22 cC	57.32±0.61 cC
C2	35.17±1.66 bB	80.8±0.5 bBC	57.98±0.25 bB
D	37.74±1.60 aA	81.17±0.66 bBC	59.45±0.33 aA

注: 表中同列数据后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

2.1.2 料肉比与死亡率 由图 1 可知, C2、D 组料肉比与死亡率均优于 A 组和 B 组, 说明在肉鸡日粮中添加丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂可以提高饲料转化率和肉鸡存活率。

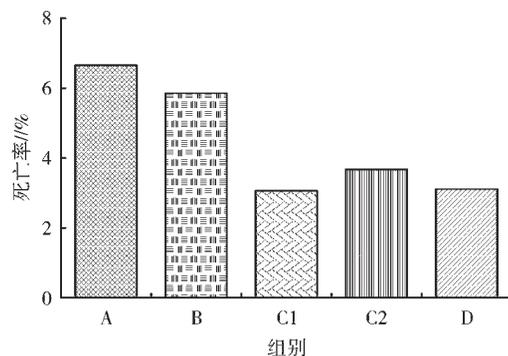
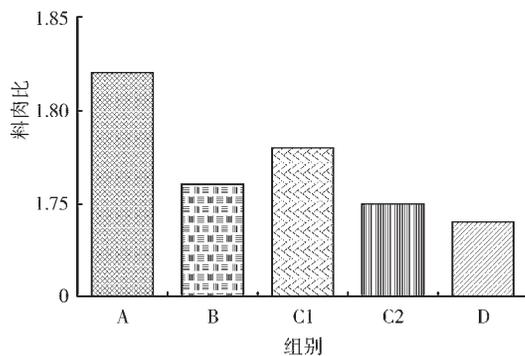


图 1 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡料肉比和死亡率的影响

2.2 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡肠道形态的影响

丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂对肉鸡肠道形态的影响结果见表 3 和表 4。由表 3、表 4 可知, 21 d 时, B、C1、C2 和 D 组回肠 VH/CD 值比 A 组分别提高了 1.0%、1.51%、7.79% 和 32.41%。B、C1、C2 和 D 组盲肠 VH/CD 值比 A 组分别提高了 11.54%、50.00%、65.38% 和 95.51%。D 组回肠、盲肠 VH/CD 值均极显著高于 C1、C2 组。

42 d 时, B、C1、C2 和 D 组回肠 VH/CD 值比 A 组分别提高了 18.34%、19.48%、22.92% 和 47.56%, D 组

B、C1、C2 和 D 组盲肠 VH/CD 值比 A 组分别提高了 31.49%、54.70%、80.11% 和 95.58%, D 组 VH/CD 值最高。上述结果表明, 日粮中添加丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂可提高肉鸡回肠、盲肠绒毛高度, 降低隐窝深度和显著提高绒毛高度与隐窝深度比值, 有效改善肠道形态结构。

2.3 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡肠道菌群的影响

丁酸梭菌 CB1 制剂及其复合菌制剂对肠道菌群的影响结果见表 5 和表 6。由表 5、表 6 可知, 在 21 d 时, 回肠中乳酸杆菌数量 C1、C2 和 D 组极显著高于 A 组和 B 组 ($P<0.01$), B 组乳酸杆菌数量最低, 双歧

(C) VH/CD 值与 B、C1、C2 组相比差异极显著 ($P<0.01$); A 组和 B 组 ($P<0.01$), B 组乳酸杆菌数量最低, 双歧

表3 丁酸梭菌CB1制剂对21 d肉鸡肠道形态的影响

组别	绒毛高度/ μm		隐窝深度/ μm		VH/CD	
	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠
A	597.31±38.42 aA	133.61±26.35 dD	151.14±16.55 aA	87.07±10.94 aA	3.98±0.33 bB	1.56±0.34 cC
B	553.55±30.94 bB	146.13±22.64 dD	139.26±13.64 bB	85.27±12.12 aAB	4.02±0.52 bB	1.74±0.35 cC
C1	477.93±46.64 cC	167.94±26.30 cC	118.99±16.30 cC	73.33±13.96 bC	4.04±0.31 bB	2.34±0.44 bB
C2	539.98±44.87 bB	192.33±29.49 bB	127.23±16.98 bBC	77.60±14.24 bBC	4.29±0.50 bB	2.58±0.72 bB
D	611.98±49.74 aA	216.06±19.03 aA	117.24±16.42 cC	72.19±11.54 bC	5.27±0.47 aA	3.05±0.41 aA

表4 丁酸梭菌CB1制剂对42 d肉鸡肠道形态的影响

组别	绒毛高度/ μm		隐窝深度/ μm		VH/CD	
	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠
A	507.01±74.09 cC	174.15±37.23 cC	147.98±19.32 aA	97.86±15.04 aA	3.49±0.74 cC	1.81±0.43 dD
B	599.21±60.48 bB	197.45±37.29 cC	146.59±17.95 aA	84.80±12.19 bB	4.13±0.56 bB	2.38±0.59 cC
C1	568.40±106.21 bB	239.79±41.11 bB	138.50±22.34 bAB	86.36±11.92 bB	4.17±0.86 bB	2.80±0.49 bB
C2	594.79±44.20 bB	259.74±30.22 bAB	141.65±21.23 bAB	82.52±16.99 bB	4.29±0.73 bB	3.26±0.68 aA
D	650.58±74.68 aA	282.51±39.01 aA	128.51±18.76 cC	80.63±11.06 bB	5.15±0.84 aA	3.54±0.47 aA

杆菌数量C1、C2和D组极显著高于B组($P<0.01$);大肠杆菌数量各处理组均低于A组。盲肠中乳酸杆菌数量C2、D组极显著高于A组和B组($P<0.01$);双歧杆菌数量C1、C2和D组极显著高于A组和B组($P<0.01$),与B组相比,分别提高了8.25%、10.77和9.34%;大肠杆菌数量各处理组均低于A组;沙门氏菌数量C2和D组显著低于A组($P<0.05$)。添加丁酸梭菌CB1制剂提高了C1、C2和D组回肠、盲肠中梭菌数量。

在42 d时,C1、C2和D组回肠乳酸杆菌、双歧杆菌数量极显著高于B组($P<0.01$);大肠杆菌数量B、C1、C2和D组均极显著低于A组($P<0.01$)。盲肠中

乳酸杆菌和双歧杆菌数量C1、C2和D均极显著高于A组和B组($P<0.01$),双歧杆菌数量B组最少;沙门氏菌数量C1、C2和D组显著低于B组($P<0.05$)。上述结果显示,在肉鸡日粮中添加丁酸梭菌CB1及其复合菌制剂提高了回肠、盲肠乳酸杆菌和双歧杆菌数量,降低了沙门氏菌的数量,高剂量组和复合菌组尤其显著。

3 小结与讨论

3.1 丁酸梭菌CB1制剂对肉鸡生产性能的影响

丁酸梭菌能够促进机体对营养物质的消化吸收,提高肉鸡生产性能。杜云平等^[1]研究表明,日

表5 丁酸梭菌CB1制剂对21 d肉鸡肠道菌群数量的影响

[单位:log(copies/g)]

组别	乳酸杆菌		梭菌		双歧杆菌		大肠杆菌		沙门氏菌
	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠	盲肠
A	9.90±0.05 cC	10.06±0.75 bC	8.19±0.27 aA	9.74±0.67 aA	4.20±0.48 bAB	5.44±0.10 bB	8.21±0.04 aA	11.18±0.51 aA	11.45±0.25 aA
B	9.50±0.07 dD	10.05±0.04 bC	7.36±0.19 aA	8.81±0.38 aA	3.59±0.06 bB	5.57±0.02 bB	8.00±0.04 bB	10.61±0.07 abAB	11.22±0.95 abA
C1	10.86±0.03 bB	10.57±0.04 bBC	8.25±0.36 aA	10.28±1.79 aA	4.84±0.10 abA	6.03±0.08 aA	8.14±0.06 abAB	10.35±0.03 bB	10.17±0.71 abA
C2	11.32±0.22 aA	11.00±0.03 aAB	9.62±1.88 aA	9.83±2.26 aA	4.92±0.53 aA	6.17±0.10 aA	8.15±0.05 abA	10.58±0.01 bAB	9.52±0.39 bA
D	11.42±0.09 aA	11.48±0.08 aA	9.10±0.38 aA	10.79±1.29 aA	4.96±0.32 aA	6.09±0.09 aA	8.09±0.09 bAB	10.55±0.48 bAB	10.09±1.46 bA

表6 丁酸梭菌CB1制剂对42 d肉鸡肠道菌群数量的影响

[单位:log(copies/g)]

组别	乳酸杆菌		梭菌		双歧杆菌		大肠杆菌		沙门氏菌
	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠	回肠	盲肠	盲肠
A	10.54±0.04 dCD	10.15±0.28 dD	8.66±0.95 aA	10.12±0.44 abA	4.47±0.29 bB	5.36±0.14 bB	8.89±0.09 cA	10.64±0.36 aA	12.35±0.33 abA
B	10.42±0.09 dD	10.85±0.07 cC	7.89±0.52 aA	10.40±0.56 abA	3.90±0.26 cC	5.24±0.04 bB	8.21±0.06 abB	10.49±0.37 aA	13.15±1.64 aA
C1	10.68±0.07 cC	11.29±0.06 bB	10.47±1.29 aA	10.83±1.40 bA	4.98±0.46 aA	6.30±0.12 aA	8.08±0.09 bB	10.29±0.05 aA	11.12±0.17 bA
C2	11.24±0.01 aA	11.53±0.06 bAB	9.52±0.21 aA	13.12±1.00 aA	5.52±0.06 aA	6.16±0.29 aA	8.28±0.13 aB	10.08±0.38 bB	11.37±0.26 bA
D	10.94±0.01 aA	11.72±0.03 aA	10.53±0.49 aA	10.68±0.94 abA	5.08±0.48 aA	6.17±0.07 aA	8.09±0.09 bB	10.84±0.05 aA	11.28±0.70 abA

(C)1994-2014 China Academic Electronic Journal Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

粮中添加丁酸梭菌可明显改善肉鸡日增重、饲料转化率和经济效益,日增重比对照组提高了 4.61%,饲料转化率提高 9.26%,只均利润提高 0.97 元。赵旭^[12]研究报道,日粮中添加丁酸梭菌显著提升了肉鸡的平均日采食量和日增重($P<0.05$)。丁酸梭菌还具有降低脂肪沉积的功能,其主要的代谢产物丁酸发挥重要作用,丁酸梭菌也改变了肉鸡肠道中的菌群结构,从而促进肉鸡的脂肪合成。

本研究中,肉鸡日粮中添加丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂能够改善肉鸡生产性能,有效降低料肉比和死亡率。在 1~21 d,丁酸梭菌 CB1 制剂添加组 C1、C2 和 D 组的平均体重显著高于抗生素组($P<0.05$ 或 $P<0.01$),但 22~42 d 的平均体重极显著低于抗生素组($P<0.01$)。其原因可能是在生长前期,肉鸡肠道菌群不完善,外源添加丁酸梭菌 CB1 及其复合菌制剂迅速促进了肠道菌群的建立及维持稳态,促进机体的生长,其作用优于抗生素。在 21 d 后,肠道菌群变化逐渐趋于稳定,丁酸梭菌 CB1 制剂对菌群丰度的影响作用趋低,而抗生素调整菌群丰度作用趋高,其作用优于丁酸梭菌 CB1 制剂。龚琪等^[13]研究发现,雏鸡盲肠菌群从 7~14 日龄为一个过渡期,从 14~42 日龄为相对稳定期,益生菌或抗生素的添加可以促进肠道菌群在过渡期更有效地完成过渡,在稳定期维持更稳定的状态。经试验全期分析,在肉鸡日粮中添加丁酸梭菌 CB1 与枯草芽孢杆菌 TL 复合菌制剂(200 g/t),其促生长效果与金霉素组相当,能替代抗生素类药物,起到抗病促生长的作用。

3.2 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡肠道形态的影响

肠道是营养物质消化和吸收的主要部位,肠道功能与肠绒毛高度(VH)和隐窝深度(CD)密切相关。VH/CD 比值升高,说明肠道形态功能得以增强,消化吸收功能提高。刘来亭等^[14]报道,添加 0.6%、0.9% 酪酸芽孢杆菌可显著提高肉鸡小肠绒毛高度($P<0.05$)。日粮中添加不同剂量的丁酸梭菌,与对照组相比,显著提高了肉鸡 14、21 和 42 d 回肠绒毛高度,降低了隐窝深度($P<0.05$);肉仔鸡饲喂益生菌饲料添加剂后,小肠黏膜皱襞增多,绒毛高度增高,小肠吸收面积增大^[15]。本研究中,添加丁酸梭菌 CB1 制剂后能有效促进肠道形态的生长发育,显著提高 21、42 d 肉鸡盲肠和回肠 VH/CD 值,丁酸梭菌 CB1 复合菌制剂对肠道形态的改善优于抗生素。

3.3 丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡肠道菌群的影响

动物肠道内复杂的微生物菌群对营养吸收和健康起着重要作用。丁酸梭菌为厌氧芽孢杆菌,能产生丁酸、乙酸和丙酸,促进双歧杆菌、乳酸杆菌等肠

道有益菌群增殖,抑制大肠杆菌、伤寒沙门氏菌等致病菌和腐败菌的生长,促进肠道微生物菌群平衡,降低有害物质的产生。丁酸梭菌能够促进有益微生物的生长而减少有害菌的增殖,具有调控肠道内微生物群落结构平衡、优化宿主肠道内微生态环境的功能^[16,17]。

本研究中,日粮中添加丁酸梭菌 CB1 制剂对肉鸡肠道回肠和盲肠双歧杆菌、乳酸杆菌的增殖有显著的促进作用。在 21 和 42 d,丁酸梭菌 CB1 制剂添加组 C1、C2 和 D 组回肠和盲肠乳酸杆菌、双歧杆菌数量极显著增加($P<0.01$),高于 A 组和抗生素 B 组,大肠杆菌、沙门氏菌数量有降低的趋势。在试验中,随着日龄的增加,肠道内容物中有益菌逐渐增加,有害菌不断减少,说明丁酸梭菌 CB1 制剂在促进有益菌繁殖和维持肠道菌群平衡方面具有优势。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部公告第 1231 号(批准丁酸梭菌和地衣芽孢杆菌为新饲料添加剂)[J]. 中国饲料添加剂, 2010(4): 44.
- [2] 刘婷婷,滑 静,王晓霞,等. 丁酸梭菌对蛋用仔公鸡肠道菌群、形态结构及黏膜免疫相关细胞的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(11): 2210-2221.
- [3] 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): 2121-9.
- [4] 苗晓微. 合生素对肉鸡生产性能的研究[D]. 吉林延吉: 延边大学, 2006.
- [5] 郝永任. 新型动物微生态制剂—复合酪酸菌制剂的研制[D]. 济南: 山东师范大学, 2002.
- [6] WANG R F, CAO W W, CERNIGLIA C E. PCR detection and quantitation of predominant anaerobic bacteria in human and animal fecal samples[J]. Applied & environmental microbiology, 1996, 62(4): 1242-1247.
- [7] WALTER J, HERTEL C, TANNOCK G W, et al. Detection of *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, and *Weissella* species in human feces by using group-specific PCR primers and denaturing gradient gel electrophoresis[J]. Applied & environmental microbiology, 2001, 67(6): 2578-2585.
- [8] LANGENDUK P S, SCHUT F, JANSEN G J, et al. Quantitative fluorescence in situ hybridization of *Bifidobacterium* Spp. With genus-specific 16S rRNA-targeted probes and its application in fecal samples[J]. Applied & environmental microbiology, 1995, 61(8): 3069-3075.
- [9] AMIT-ROMACH E, SKLAN D, UNI Z. Microflora ecology of the chicken intestine using 16S ribosomal DNA primers[J]. Poultry science, 2004, 83(7): 1093-1098.
- [10] 张敬平,凌 霞,陈 悦,等. PCR 检测沙门菌 *hilA* 基因的方法研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(12): 2608-2609.
- [11] 杜云平,周庆丰,郑泽铭,等. 丁酸梭菌对肉鸡生产性能的影响[J]. 饲料广角, 2009(22): 34-35.

皮组织中表达,其所介导的信号转导参与调节胃黏膜上皮更新和修复过程;NOS3在一定条件下可释放NO抑制胃肠道运动。经分子模拟对接验证,烟酸、苯丙氨酸可与FOS、EGFR、CREB1、NOS3在活性位点稳定结合。

综上,健脾益气口服液对小鼠小肠运动功能有促进作用,药物靶点富集在线粒体,预测它们参与Ca²⁺信号通路、神经活性配体-受体相互作用、多巴胺能突触和cAMP信号通路、血清能突触、TNF信号通路、内分泌抵抗、雌激素信号通路等多条信号通路调控,合成ATP为肠道蠕动提供动力,调控雌激素与5-HT的表达水平,增加胃酸分泌,加快胃排空速度以治疗FD。健脾益气口服液通过多成分、多靶点、多通路发挥疗效,需通过进一步试验验证靶点和活性成分。

参考文献:

[1] 金婷婷. 功能性消化不良的中西医研究概况[A]. 中国中西医结合学会消化系统疾病专业委员会. 第三十一届全国中西医结合消化系统疾病学术会议论文集[C]. 中国中西医结合学会消化系统疾病专业委员会: 中国中西医结合学会, 2019. 159.

[2] JUNG H O, KWON J G, JUNG H K, et al. Clinical practice guidelines for functional dyspepsia in korea[J]. J Neurogastroenterol Motil, 2020, 26(1): 29-50.

[3] ZHANG J Q, WANG X, SHI X S, et al. Combination of 15 lipid metabolites and motilin to diagnose spleen-deficiency FD[J]. Chin Med, 2019, 14: 16.

[4] 唐 燕, 唐梅文, 楼茜欣, 等. 功能性消化不良的中医治疗进展[J]. 中医学报, 2020, 35(2): 1-5.

[5] 叶美玉. 党参山楂健脾养胃咀嚼片的制剂工艺及药效学研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2019.

[6] 王珊珊, 黄楚龙, 黎 芳, 等. 复方熊胆滴眼液治疗急性细菌性结膜炎作用及其机制的网络药理学分析[J]. 广东药科大学学报, 2020, 36(1): 78-83.

[7] WU M N, LI Y R, GU Y F. Hesperidin improves colonic motility in Loeramide-Induced constipation rat model via 5-Hydroxytryptamine 4R/cAMP signaling pathway [J]. Digestion, 2020, 101(6): 692-705.

[8] 张佳琪, 张丽颖, 王 雪, 等. 从线粒体功能异常探讨功能性消化不良胃肠动力障碍的发病机制[J]. 中华中医药杂志, 2019,

34(8): 3637-3639.

[9] 吕 林, 王凤云, 唐旭东, 等. 脾虚一号方对脾虚型功能性消化不良大鼠胃组织线粒体呼吸链复合物IV亚单位的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(7): 102-108.

[10] LU Y Y, ZHANG Z L, XI C, et al. Study of gastrointestinal tract viability and motility via modulation of serotonin in a zebrafish model by probiotics [J]. Food & function, 2019, 10(11): 7416-7425.

[11] 邢德刚. C-型钠尿肽对胆碱能系统调节胃运动作用的影响及其离子通道机制[D]. 吉林延吉: 延边大学, 2006.

[12] KATE N, NATASHA K, MARJORIE M W, et al. Women and functional dyspepsia [J]. Womens health (lond), 2016, 12(2): 241-250.

[13] MOUNIKA A, VICTORIA E D W, SAVIO R, et al. Immunopathological and molecular basis of functional dyspepsia and current therapeutic approaches [J]. Expert Rev Clin Immunol, 2018, 14(10): 831-840.

[14] CHOI Y J, PARK Y S, KIM N, et al. Gender differences in ghrelin, nociception genes, psychological factors and quality of life in functional dyspepsia [J]. World J Gastroenterol, 2017, 23(45): 8053-8061.

[15] 郝 志, 刘 欢, 乔明琦. 雌激素及其受体介导的5-羟色胺能系统在情绪调控中的作用研究进展[J]. 中国医药导报, 2016, 13(23): 45-48.

[16] 龙 茜, 刘乐平, 郭 璇, 等. 基于网络药理学探讨柴胡-黄芩药对治疗功能性消化不良的作用机制[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(4): 815-819.

[17] JOHN M R, JOSE T C, JENNIFER V S, et al. Visceral hypersensitivity and electromechanical dysfunction as therapeutic targets in pediatric functional dyspepsia [J]. World J Gastrointest Pharmacol Ther, 2014, 5(3): 122-138.

[18] MIN J L, HYE-KYUNG J, KO E L, et al. Degranulated eosinophils contain more fine nerve fibers in the duodenal mucosa of patients with functional dyspepsia [J]. J Neurogastroenterol Motil, 2019, 25(2): 212-221.

[19] DENTON R M. Regulation of mitochondrial dehydrogenases by calcium ions [J]. Biochimica et biophysica acta, 2009, 1787(11): 1309-1316.

[20] RAFFAELLO A, MAMMUCARI C, GHERARDI G, et al. Calcium at the center of cell signaling: Interplay between endoplasmic reticulum, mitochondria, and lysosomes [J]. Trends in biochemical sciences, 2016, 41(12): 103.

(上接第97页)

[12] 赵 旭. 丁酸梭菌对肉鸡脂肪代谢的影响及其机理研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.

[13] 龚 琪, 曾娟娟, 石德时, 等. 益生性屎肠球菌HDRsEfl1对雏鸡盲肠菌群发育的影响[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(1): 78-82.

[14] 刘来亭, 田鹏飞, 杜灵广, 等. 酪酸菌对肉鸡生产性能和死淘率及小肠形态结构的影响[J]. 河南农业科学, 2009(7): 130-131, 134.

[15] 余成瑶, 刘克琳, 周 毅. 鸡微生物饲料添加剂饲喂肉用仔鸡扫

描电镜下小肠粘膜的研究[J]. 四川农业大学学报, 1994(S1): 585-587, 572.

[16] GAO Q, QI L, WU T, et al. Ability of *Clostridium butyricum* to inhibit *Escherichia coli*-induced apoptosis in chicken embryo intestinal cells [J]. Veterinary microbiology, 2012, 160(3): 395-402.

[17] KONG Q, HE G Q, JIA J L, et al. Oral administration of *Clostridium butyricum* for modulating gastrointest microflora in mice [J]. Current microbiology, 2011, 62(2): 512-517.