



河南师范大学水产学院

读书报告

 朱振祥

 2018.8.18



FOOD AND AGRICULTURAL IMMUNOLOGY, 2018
<https://doi.org/10.1080/09540105.2018.1457013>



 OPEN ACCESS  Check for updates

Effects of *Clostridium butyricum* and *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune function and volatile fatty acid level of caecal digesta in broilers

Jinfeng Han^{a,b†}, Yongwei Wang^{b†}, Dan Song^b, Zixian Lu^b, Zhenglin Dong^b,
Haijiang Miao^b, Weiwei Wang^b, Jianhua He^a and Aike Li^b

^aSchool of Animal Nutrition and Feed Science, Hunan Agricultural University, Changsha, People's Republic of China; ^bAcademy of State Administration of Grain, Beijing, People's Republic of China



目录



第一部分

简介



第二部分

材料与amp;方法



第三部分

实验结果



第四部分

讨论分析





第一部分 简介

- 1.应对目前畜禽养殖中出现的病害等问题，除却使用抗生素，人们开始选择新的代替物，如：益生元，益生菌，植物提取物等。
- 2.益生菌能够维持肠道环境的健康，改善肠道功能以此来作为抗生素的替代品，被人们所关注。



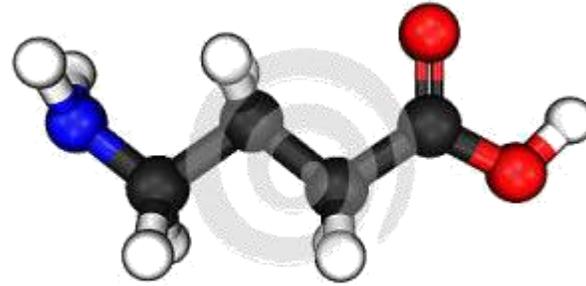
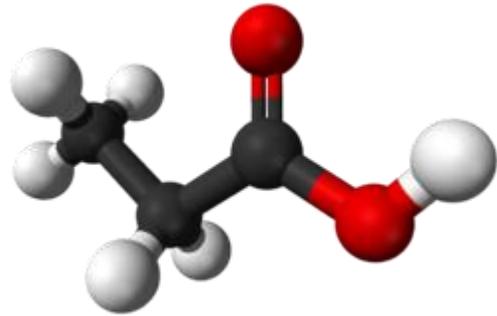


简介



丁酸梭菌是一种肠道益生菌，可以提高肠道的消化吸收能力，并抑制有害微生物的增值。**丁酸梭菌的代谢产物含有淀粉酶**，淀粉酶可以水解淀粉和碳水化合物转化为**低聚糖**。**低聚糖**可以动物肠道中的双歧杆菌和乳酸杆菌所利用。

植物乳杆菌的代谢产物包括乳酸，细菌素和蛋白酶，它们可以维持肠道微生物的平衡，促进动物的消化和吸收功能。针对其对外界环境的敏感性，可以使用**微胶囊技术**来提高其对外界环境的抵抗能力。



肠道内的微生物可以代谢产生短链脂肪酸等物质，这些短链脂肪酸可以通过降低肠道pH来抑制有害菌的生长，短链脂肪酸尤其是丁酸盐，在肠道能量代谢过程中发挥着重要的作用。

虽然在前期研究中有着丁酸梭菌对肉鸡脂代谢以及肠道微生物的研究，但仍需研究其对短链脂肪酸的影响。



第二部分 材料和方法



1. 实验设计



实验对象：一天左右的雄性Arbor Acres肉鸡 ($41.6 \pm 5g$)

实验分组：Control group (CON) , *C. butyricum* group(CB)

, microencapsulated *L. plantarum* group (MLP), *C.*

butyricum and microencapsulated *L. plantarum* group (MIX)

, antibiotics group (ANT) , 。 每组7个重复, 每个重复4只鸡

。

养殖时间：42天

养殖管理：第一周32-35°C, 第二周后维持在25°C。

喂食：自由摄食, 并在第七天和第十四天注射疫苗。



养殖期间喂食基础饲料配方

Table 1. Ingredients and nutrient composition of the basal diet (g/kg diet as fed basis).

Ingredient	Composition	
	Starter (days 1–21)	Finisher (days 22–42)
Corn	557.50	571.10
Soybean meal	367.50	350.00
Soybean oil	29.60	41.70
Dicalcium phosphate	18.60	14.20
limestone	12.50	14.00
Salt	3.00	3.00
Choline chloride (50%)	2.60	2.00
Minerals premix ^a	2.00	2.00
Vitamin premix ^b	0.20	0.20
L-Methionine	2.87	0.10
L-Lysine HCl	3.09	1.20
L-Threonine	0.54	0.50
Total	1000	1000
Calculated chemical composition (g/kg diet as fed basis)		
ME (MJ/kg)	12.14	12.92
Crude protein	22.10	20.700
Calcium	1.09	1.01
Total Phosphorus	0.65	0.65
Lysine	1.20	1.11
Methionine	0.55	0.39



生长实验

在第21天和第24天，喂食12h后进行称重，并统计再次期间饲料喂食量。用以计算平均日增重（ADG），平均日摄入量（ADFI）和饲料转换率（FCR）。

血清免疫水平

在第21天和第24天，每笼选取一只鸡进行翼静脉取血，血清在4°C，3000rpm离心10min，保存在-20°C，使用ELISA检测血清中IgA, IgM, IgG 水平。



肠道形态学观察

在第21天和第24天，翼静脉取血后，处死，取1cm空肠段，使用生理盐水进行冲洗，10%的福尔马林中固定过夜，在梯度酒精（50%，70%，80%，96%和100%）中连续脱水，用二甲苯透明并在石蜡中包埋，然后用切片机切成5 μ m厚的切片。通过图像分析仪来测量绒毛高度和隐窝深度。

挥发性脂肪酸分析

将盲肠内容物无菌收集到管中并立即液氮速冻，保存在-80 $^{\circ}$ C下以进行VFA分析。取约0.25g消化物用2ml蒸馏水稀释，匀浆并离心后，取1ml上清液并加入0.2ml偏磷酸溶液。将样品混匀并置于冰浴中至少30分钟以使其蛋白质完全沉淀。最后，将样品10,000rpm离心10min，用气相色谱仪进行检测。



第三部分 实验结果

Table 2. Effects of *C. butyricum* and microencapsulated *L. plantarum* on growth performance in broiler.

Items	CON	CB	MLP	MIX	ANT	P-value
Days 1–21						
ADFI (g/d)	45.04 ± 0.71	45.69 ± 0.44	44.51 ± 0.97	46.38 ± 0.66	44.81 ± 0.70	0.392
ADG (g/d)	33.5 ± 0.57	33.61 ± 0.32	33.11 ± 0.83	34.08 ± 0.63	34.59 ± 0.75	0.557
Feed conversion ratio (g/g)	1.37 ± 0.03b	1.36 ± 0.01b	1.37 ± 0.01b	1.36 ± 0.01b	1.30 ± 0.02a	0.027
Days 22–42						
ADFI (g/d)	122.81 ± 1.57	125.34 ± 3.51	125.14 ± 3.48	132.9 ± 7.05	123.82 ± 3.06	0.436
ADG (g/d)	69.09 ± 1.91	71.24 ± 2.62	70.73 ± 0.94	72.06 ± 4.52	70.16 ± 1.63	0.904
FCR (g/g)	1.82 ± 0.04	1.76 ± 0.04	1.75 ± 0.04	1.8 ± 0.01	1.75 ± 0.02	0.25

Notes: Means within a row with different letters differ significantly ($P < .05$). CON = a basal diet; CB = a basal diet + *C. butyricum*; MLP = a basal diet + microencapsulated *L. plantarum*; MIX = a basal diet + *C. butyricum* + microencapsulated *L. plantarum*. ANT = a basal diet + Aureomycin.

除在第21天，ANT组的FCR低于其他组 ($P < 0.05$)。在所有处理中没有观察到生长性能的差异 ($P > 0.05$)。

Table 3. Effects of *C. butyricum* and microencapsulated *L. plantarum* on immunoglobulins in broilers.

Items	CON	CB	MLP	MIX	ANT	P-values
21d						
IgA (μg/ml)	50.11 ± 2.06	55.69 ± 1.92	53.20 ± 1.76	53.40 ± 1.85	52.65 ± 2.38	0.555
IgM (mg/ml)	1.75 ± 0.16a	2.50 ± 0.08b	1.79 ± 0.07a	2.11 ± 0.19ab	2.03 ± 0.29ab	0.039
IgG (mg/ml)	1.00 ± 0.16	1.10 ± 0.29	1.28 ± 0.10	1.07 ± 0.13	1.01 ± 0.11	0.664
42d						
IgA (μg/ml)	68.38 ± 2.31	69.49 ± 2.94	68.65 ± 1.55	69.22 ± 1.50	67.55 ± 3.34	0.981
IgM (mg/ml)	1.71 ± 0.62	2.45 ± 1.17	1.86 ± 0.17	2.10 ± 0.43	2.35 ± 0.62	0.868
IgG (mg/ml)	1.09 ± 0.20	1.27 ± 0.33	1.25 ± 0.29	1.30 ± 0.58	1.07 ± 0.27	0.979

Notes: Means within a row with different letters differ significantly ($P < .05$). CON = a basal diet; CB = a basal diet + *C. butyricum*; MLP = a basal diet + microencapsulated *L. plantarum*; MIX = a basal diet + *C. butyricum* + microencapsulated *L. plantarum*. ANT = a basal diet + Aureomycin.

CB组在第21天的IgM水平高于CON组 ($P < 0.05$)。

Table 4. Effect of *C. butyricum* and microencapsulated *L. plantarum* on jejunum morphology in broilers.

Items	Age (days)	CON	CB	MLP	MIX	ANT	P-values
Villus height (mm)	21	0.81 ± 0.03	0.93 ± 0.06	0.89 ± 0.05	0.90 ± 0.10	0.85 ± 0.07	0.588
	42	1.09 ± 0.11	1.18 ± 0.10	1.26 ± 0.06	1.12 ± 0.06	1.21 ± 0.12	0.695
Crypt depth (µm)	21	98.90 ± 2.92	89.10 ± 4.38	95.80 ± 7.39	92.20 ± 9.24	85.10 ± 3.80	0.567
	42	183.87 ± 14.25b	136.88 ± 19.78a	163.65 ± 10.53ab	144.33 ± 6.76ab	124.75 ± 11.62a	0.047
Villus height/crypt depth	21	7.91 ± 0.45	8.25 ± 0.59	7.46 ± 0.31	8.09 ± 0.65	8.91 ± 0.36	0.323
	42	6.19 ± 0.48a	9.16 ± 0.48b	6.36 ± 0.36a	7.63 ± 0.59ab	6.99 ± 0.93a	0.037

Notes: Means within a row with different letters differ significantly ($P < .05$). CON = a basal diet; CB = a basal diet + *C. butyricum*; MLP = a basal diet + microencapsulated *L. plantarum*; MIX = a basal diet + *C. butyricum* + microencapsulated *L. plantarum*. ANT = a basal diet + *Aureomycin*.

在第42天，CB组的隐窝深度显著低于CON组 ($P < 0.05$)。与CON组相比，CB组绒毛高度/隐窝深度比显著增加 ($P < 0.05$)。

Table 5. Effect of *C. butyricum* and microencapsulated *L. plantarum* on short chain fatty acid (SCFA) concentrations in cecum digesta (mg/kg of wet ileal digesta).

Parameter (mM)	Age (days)	Dietary treatments					P-values
		CON	CB	MLP	MIX	ANT	
Acetic (µg/µL)	21	4.06 ± 0.33a	5.17 ± 0.28b	5.37 ± 0.43b	5.09 ± 0.13b	4.73 ± 0.10ab	.033
	42	4.52 ± 0.32	5.03 ± 0.29	5.15 ± 0.20	4.58 ± 0.40	5.17 ± 0.59	.481
Propionic (µg/µL)	21	0.79 ± 0.04	0.91 ± 0.04	0.90 ± 0.05	0.87 ± 0.05	0.78 ± 0.03	.119
	42	1.06 ± 0.04a	1.23 ± 0.09ab	1.45 ± 0.10b	1.27 ± 0.14ab	1.09 ± 0.07b	.047
Butyrate (µg/µL)	21	1.81 ± 0.31	2.15 ± 0.13	2.08 ± 0.22	2.24 ± 0.11	2.18 ± 0.21	.666
	42	1.08 ± 0.14	1.24 ± 0.12	1.29 ± 0.22	1.13 ± 0.23	1.25 ± 0.16	.905
Valerate (ng/µL)	21	133.70 ± 10.24a	133.33 ± 2.29a	160.32 ± 5.18b	156.92 ± 6.51b	139.00 ± 9.05ab	.032
	42	127.98 ± 8.70	158.81 ± 9.83	156.29 ± 14.79	132.13 ± 19.76	129.57 ± 10.07	.244
Total (µg/µL)	21	7.80 ± 0.73	8.18 ± 0.36	9.20 ± 0.36	8.64 ± 0.23	7.74 ± 0.23	.057
	42	7.85 ± 0.60	8.36 ± 0.63	8.44 ± 0.36	8.19 ± 1.19	8.30 ± 0.84	.966

Notes: Means within a row with different letters differ significantly ($P < .05$). CON = a basal diet; CB = a basal diet + *C. butyricum*; MLP = a basal diet + microencapsulated *L. plantarum*; MIX = a basal diet + *C. butyricum* + microencapsulated *L. plantarum*. ANT = a basal diet + *Aureomycin*.

在第21天，MLP组肉鸡的盲肠消化物中乙酸和戊酸的含量显著高于CON组 ($P < 0.05$)。与CON组相比，CB组在第21天具有更高的乙酸水平 ($P < 0.05$)。在第42天，与对照组中相比，MLP组和ANT组具有更高的丙酸水平 ($P < 0.05$)。



第四部分 讨论分析



1.与对照组相比，丁酸梭菌和植物乳杆菌可以提高血清免疫球蛋白的水平可能的原因是丁酸梭菌和植物乳杆菌的代谢产物主要是蛋白质和B族维生素，可以促进抵抗力家禽的能力。但*C. butyricum*和*L. plantarum*没有显示出比CB或MLP组显著的效果。具体机制需要进一步研究。

2.空肠是肉鸡肠道营养吸收的主要区域，营养素的消化和吸收是通过小肠的绒毛/隐窝轴的柱状上皮细胞异质单层完成的。健康的鸡往往有更长的绒毛，更浅的隐窝和更大绒毛高度/隐窝深度比。目前的结果显示微囊化植物乳杆菌和丁酸梭菌的补充对形态参数没有显著影响。具体的行动机制需要进一步研究。

3. VFA在动物体内的基本作用之一是提供能量。乙酸，丙酸和丁酸被肠粘膜上皮细胞作为能量来源吸收，可促进胃肠道细胞的增殖和成熟。微生物群具有高发酵碳水化合物的能力。 *C. butyricum*可以产生乙酸，肠道中的丁酸和其他有机酸，不仅提供营养，还能降低肠道pH值，促进乳酸杆菌的生长，抑制病原微生物的生长，维持肠道菌群的平衡并改善动物健康。

RESEARCH

Open Access



Effects of dietary supplementation of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune response, intestinal barrier function, and digestive enzyme activity in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88

IF=2.052

Ling Zhang^{1,2}, Lingling Zhang², Xiu'an Zhan¹, Xinfu Zeng³, Lin Zhou¹, Guangtian Cao¹, An'guo Chen¹ and Caimei Yang^{2*}



第一部分 简介



1. **产肠毒素的大肠杆菌**引起的大肠杆菌病是一种严重的感染，导致了家禽业巨大的经济损失。

2. 丁酸是上皮细胞特别重要的营养物质，能够对肠道病原体起到抑制作用。同时丁酸梭菌耐低pH和高温，实验表明其能够促进生长，平衡肠道微生物群，改善肠道形态，刺激免疫系统，改善肉质和脂肪酸等特性，这使它成为一个良好的饲料添加剂。

3. 丁酸梭菌可以通过抑制大肠杆菌来预防大肠杆菌所诱导的肠道疾病和大肠杆菌诱导的细胞凋亡。然而，关于丁酸梭菌对大肠杆菌所致病的动物的影响报道很少。因此本研究旨在研究丁酸梭菌对大肠杆菌K88攻毒的肉鸡所产生的免疫应答，肠屏障功能和消化酶活性的影响。





第二部分 材料和方法



材料和方法

实验对象：一天的雄性Cobb 肉鸡

实验分组：Negative control treatment (NC), Positive control treatment (PC), *C. butyricum* treatment (CB), Colistin sulfate treatment (CS), 每组6个重复, 每个重复15只鸡。

饲养管理：NC组与其他实验组分别在两个不同的房间饲养, 两个房间实验条件相同。前6天均喂食基础饲料, 在第7天各实验组分别喂食含生理盐水, 丁酸梭菌, 硫酸粘杆菌素的饲料。





饲料配方

在浙江汇佳生物科技有限公司购得*C.butyricum*菌株 (HJCB998)，且在液体发酵罐中37°C厌氧生长48小时，然后通过离心获取细菌，使用喷雾干燥技术进行干燥处理。硫酸粘杆菌素购自于浙江钱江生化有限公司。大肠杆菌K88菌株获自浙江大学动物科学学院，并在37°C下进行培养。

Table 1 The composition and nutrients of basal diet^a

Ingredient	Content, %	Chemical composition	Content
Corn	55.23	CP, %	20.90
Soybean meal	30.67	ME, Mcal/kg	3.00
Wheat shorts	4.00	Calcium, %	1.00
Fish meal ^b	3.00	Total P, %	0.65
Soybean oil ^c	2.90	Available P, %	0.45
DL-Methionine	0.27	Methionine + cysteine, %	0.90
NaCl	0.27	Lysine, %	1.05
Limestone	1.33		
Calcium phosphate	1.33		
Vitamin-mineral premix ^d	1.00		



样品采集

1. 在第3, 7, 14和21天分别称重, 以便计算BW和ADG
2. 每个重复选取一只鸡进行翼静脉取血, 处死后剪取1cm左右的空肠段, 然后用PBS轻轻冲洗多余的空肠, 用无菌刀片从中刮下空肠粘膜于无菌微量离心管, 于-20°C保存。





细胞因子检测

称取空肠粘膜0.5g，加入4.5mL的0.9%盐溶液，制成10%匀浆液，6000g离心15

二胺氧化酶是人类和哺乳动物小肠粘膜上层绒毛中具有高度活性的细胞内酶，能够反映肠道机械屏障的完整性和受损伤程度。

-4、TNF- α 。

血清内毒素和二胺氧化酶

测量血清内毒素的浓度，使用LAL试剂盒：样品在70°C下加热10分钟。用25%乙酸终止反应，然后在405nm处读取吸光度。

通过检查试剂盒检测二胺氧化酶（DAO）活性。



空肠形态学分析

空肠段用0.9%盐溶液冲洗，然后用10%甲醛 - 磷酸盐缓冲液固定48小时，组织梯度脱水。切片6 μ m。使用苏木精染色，Qwin软件分析图像。测量10个最长的空肠绒毛和最低的空肠隐窝，从而计算平均值。

消化酶活性

先将空肠粘膜转移到含有10mL PBS (7.4pH) 的灭菌管中，然后进行超声波处理解离组织。5000g离心25分钟，取上清液。根据试剂盒说明书测定酶活性。



第三部分 实验结果

Table 2 Effects of *Clostridium butyricum* on growth performance in broilers¹

Items	Age of (post-ch) ²	Experimental treats				Statistics	
		NC	PC	CB	CS	SEM	P-value
BW, g	3d	351.71 ^a	319.83 ^b	342.23 ^a	339.95 ^a	3.588	<0.01
	7d	401.16 ^a	354.00 ^b	402.71 ^a	398.81 ^a	4.479	<0.01
	14d	747.33 ^{ab}	649.00 ^c	774.83 ^a	738.16 ^b	11.161	<0.01
	21d	1283.5 ^a	1064.8 ^b	1265.8 ^a	1275.2 ^a	26.491	<0.01
ADG, g	3-7d	12.36 ^b	8.54 ^c	15.12 ^a	14.71 ^a	0.651	<0.01
	7-14d	49.45 ^a	42.14 ^b	53.16 ^a	48.47 ^a	1.117	<0.01
	14-21d	76.60	59.40	70.13	76.72	2.831	0.089
	3-21d	51.76 ^a	41.38 ^b	51.30 ^a	51.95 ^a	1.365	<0.01

^{a-c}Means in the same row with different superscript letters differ significantly ($P < 0.05$)

¹Each mean represents 6 birds. NC = birds fed a basal diet without challenged with *E. coli* K88; PC = birds fed a basal diet and challenged with *E. coli* K88.

CB = birds fed a basal diet including 2×10^7 CFU *C. butyricum*/kg of diet and challenged with *E. coli* K88. CS = birds fed a basal diet including 20 mg colistin sulfate/kg of diet and challenged with *E. coli* K88

²The days after challenging

除CB和CS的ADG高于3-7天的NC组。

其他没有观察到NC，CB和CS组间的BW和ADG的显著差异。

Table 3 Effects of *Clostridium butyricum* on jejunal mucosa cytokines in broilers¹

Items	Age of (post-ch) ²	Experimental treats				Statistics	
		NC	PC	CB	CS	SEM	P-value
TNF- α , ng/L	3d	53.80 ^b	48.88 ^b	76.66 ^a	65.09 ^{ab}	7.19	0.030
	7d	65.29 ^{ab}	53.88 ^b	69.32 ^a	61.51 ^{ab}	4.72	0.040
	14d	63.39	50.22	62.92	61.23	6.88	0.220
	21d	50.56	35.28	54.46	56.92	6.92	0.110
IL-4, ng/L	3d	52.52	50.9	68.7	67.51	5.78	0.140
	7d	68.23 ^a	52.16 ^b	62.91 ^{ab}	57.03 ^{ab}	3.55	0.030
	14d	70.65 ^a	50.46 ^b	69.79 ^a	59.78 ^{ab}	4.26	0.010
	21d	52.64	42.59	56.38	57.09	6.41	0.350

在3天，CB组的空肠粘膜TNF- α 浓度高于NC或PC组 ($P < 0.05$)。

在14天，与PC组相比，CB组空肠粘膜IL-4的浓度较高 ($P < 0.05$)。

与NC组相比，大肠杆菌显著增加了实验过程中血清内毒素和血清DAO在整个实验过程中，CB和CS组的血清内毒素浓度和血清DAO浓度无显著差异。与NC组相比，CB和CS组的血清内毒素浓度（除14天，21天）和血清DAO浓度有显著差异。

Table 4 Effects of *Clostridium butyricum* on the concentrations of serum LPS and DAO in broilers¹

Items	Age of (post-ch) ²	Experimental treats				Statistics	
		NC	PC	CB	CS	SEM	P-value
Endotoxin, EU/mL	3d	0.460 ^b	0.738 ^a	0.704 ^a	0.734 ^a	0.025	<0.01
	7d	0.455 ^b	0.640 ^a	0.586 ^a	0.578 ^a	0.027	<0.01
	14d	0.327 ^b	0.413 ^a	0.335 ^{ab}	0.347 ^{ab}	0.024	0.070
	21d	0.252 ^c	0.380 ^a	0.304 ^{bc}	0.332 ^{ab}	0.023	<0.01
DAO, U/mL	3d	2.559 ^b	8.823 ^a	7.493 ^a	8.056 ^a	0.498	<0.01
	7d	1.570 ^b	8.649 ^a	7.121 ^a	7.496 ^a	0.617	<0.01
	14d	1.250 ^c	6.254 ^a	4.194 ^b	4.201 ^b	0.527	<0.01
	21d	0.819 ^c	3.952 ^a	2.419 ^b	3.060 ^{ab}	0.424	<0.01

Table 5 Effects of *Clostridium butyricum* on Jejunum morphometry in broilers¹

Items	Age of (post-ch) ²	Experimental treats				Statistics	
		NC	PC	CB	CS	SEM	P-value
Villi height, μm	3d	264.35	259.81	275.71	253.01	5.69	0.220
	7d	267.65 ^{bc}	287.54 ^b	346.75 ^a	254.41 ^c	7.91	<0.01
	14d	397.49 ^b	355.07 ^c	448.51 ^a	410.9 ^b	8.24	<0.01
	21d	429.41 ^b	433.6 ^b	531.09 ^a	407.26 ^b	9.37	<0.01
Crypt depth, μm	3d	50.22 ^a	47.01 ^{ab}	33.68 ^c	42.9 ^b	2.08	<0.01
	7d	50.06 ^b	60.3 ^a	39.44 ^c	38.2 ^c	2.17	<0.01
	14d	66.07 ^b	73.96 ^a	56.51 ^c	59.95 ^c	1.87	<0.01
	21d	82.5 ^b	115.46 ^a	84.04 ^b	76.03 ^b	3.29	<0.01

第7,14和21天, 与PC, NC或CS组相比, CB组具有较高 ($P < 0.05$) 的空肠绒毛高度。且与PC组相比, CB组在整个实验中拥有较低的空肠隐窝深度 ($P < 0.05$), 而CS组则在第7,14和21天具有较低 ($P < 0.05$) 的空肠隐窝深度。

Table 6 Effects of *Clostridium butyricum* on digestive enzyme activities in broilers¹

Items	Age of (day post-ch) ²	Experimental treats				Statistics	
		NC	PC	CB	CS	SEM	P-value
Amylase, U/mgprot	3d	0.94 ^a	0.33 ^c	0.70 ^b	0.74 ^{ab}	0.058	<0.01
	7d	0.96 ^a	0.45 ^b	0.88 ^a	0.83 ^a	0.054	<0.01
	14d	0.80 ^a	0.60 ^b	0.87 ^a	0.78 ^a	0.033	0.018
	21d	0.91 ^a	0.75 ^b	0.79 ^{ab}	0.85 ^{ab}	0.027	0.112
Protease, U/mgprot	3d	106.86 ^a	54.66 ^c	76.92 ^b	80.10 ^b	5.080	<0.01
	7d	103.76 ^a	65.29 ^b	93.32 ^a	89.39 ^a	4.213	<0.01
	14d	98.17 ^a	67.04 ^b	93.60 ^a	91.46 ^a	3.975	0.014
	21d	130.76	109.06	133.03	125.01	4.648	0.264
Lipase, U/mgprot	3d	190.87 ^{ab}	105.14 ^c	154.02 ^b	205.53 ^a	10.833	<0.01
	7d	193.84 ^a	105.66 ^b	186.09 ^a	155.90 ^{ab}	10.800	<0.01
	14d	183.76	167.93	205.40	195.76	7.046	0.278
	21d	194.07	177.85	197.87	203.41	5.697	0.448

大肠杆菌显著降低了空肠粘膜淀粉酶的活性，CB和CS之间淀粉酶活性无显著差异。



第四部分 讨论分析

研究表明，大肠杆菌K88攻击降低了BW和ADG，降低了肠屏障功能和消化酶活性，但膳食补充丁酸梭菌可以改善这些情况。

研究表明，丁酸梭菌和硫酸粘杆菌素对生长性能，免疫反应，肠屏障功能和消化酶活性的影响没有显著差异，说明丁酸梭菌有可能饲养除更健康的肉鸡。

因此丁酸梭菌有可能作为动物生产抗生素的替代品广为应用。



1. 丁酸梭菌对健康机体的生长性能没有显著促进作用，但当机体存在损伤时，有一定的促进作用。
2. 无论机体处于健康或损伤时，丁酸梭菌均具有一定的提高机体免疫的作用。
3. 丁酸梭菌可以促进机体机械屏障的提升，有助于维持肠道的完整性。
4. 丁酸梭菌可以增加肠道短链脂肪酸水平，有利于机体肠道健康的维持。



河南师范大学水产学院

请各位老师同学批评指正

