

李娟, 雷春龙, 邱时秀, 等. 丁酸钠对彭县黄鸡生产性能、屠宰性能和肠道微生物菌的影响研究 [J]. 畜牧与兽医, 2019, 51 (5): 34-38.

Li J, Lei C L, Qiu S X, et al. Effects of dietary sodium butyrate on the production and slaughter performances and intestinal microflora of Pengxian Yellow chickens [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2019, 51 (5): 34-38.

丁酸钠对彭县黄鸡生产性能、屠宰性能和肠道微生物菌的影响研究

李娟¹, 雷春龙¹, 邱时秀^{1*}, 张龙², 吴永胜¹, 梅秀丽³,
李丛艳³, 许祯莹¹, 徐麒麟¹, 刘瀚扬¹

(1. 成都市农林科学院畜牧研究所, 四川 成都 611130;

2. 西华师范大学生态研究院, 四川 南充 637009;

3. 四川省畜牧科学研究院, 四川 成都 610066)

摘要: 为比较添加不同浓度丁酸钠对地方家禽彭县黄鸡生产性能、屠宰性能和肠道菌群的影响, 选取健康且体重相近的 100 日龄彭县黄鸡 (公鸡) 共 288 羽, 随机分成 4 组, 每组 4 个重复, 每个重复 18 羽。其中: S0 为对照组, S1、S2、S3 组分别在基础日粮中添加 0.025%、0.05% 和 0.1% 的丁酸钠。结果: 日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高彭县黄鸡 105~152 日龄阶段的增重、日增重和活重 ($P<0.05$); 当添加量在 0.05% 和 0.1% 水平时, 能显著降低料重比 ($P<0.05$)。日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高腹脂重 ($P<0.05$), 显著降低腺胃重和腺胃率 ($P<0.05$)。此外, 日粮中添加不同水平丁酸钠对彭县黄鸡的肠道双歧杆菌、乳酸菌和沙门菌数量均无显著影响 ($P>0.05$), 但添加 0.05% 的丁酸钠可在一定程度上增加肠道双歧杆菌数量, 降低沙门菌的数量。综合考虑, 彭县黄鸡后期日粮中丁酸钠的适宜添加剂量为 0.05%。

关键词: 丁酸钠; 鸡; 生产性能; 屠宰性能

中图分类号: S816.79

文献标志码: B

文章编号: 0529-5130(2019)05-0034-05

Effects of dietary sodium butyrate on the production and slaughter performances and intestinal microflora of Pengxian Yellow chickens

LI Juan¹, LEI Chunlong¹, QIU Shixiu^{1*}, ZHANG Long², WU Yongsheng¹,
MEI Xiuli³, LI Congyan³, XU Zhenying¹, XU Qilin¹, LIU Hanyang¹

(1. Institute of Animal Science, Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu 611130, China;

2. Institute of Ecology, China West Normal University, Nanchong 637009, China;

3. Sichuan Academy of Animal Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: In this experiment, a total of 288 Pengxian Yellow chickens of 100 day old were selected and were randomly divided into four groups (four replicates per group and 18 birds per replicate). The chickens in the control group were fed with a basal diet, the other three test groups, S1, S2, S3, were fed with a basal diet supplemented with 0.025%, 0.05%, 0.1% of sodium butyrate, respectively. The entire experiment lasted for 56 days. The results showed as follows: Compared with the control group, the 0.025% sodium butyrate group at 105-152 days of age had significantly greater total weight gain ($P<0.05$), daily weight gain ($P<0.05$) and live weight ($P<0.05$). The 0.05% and 0.1% sodium butyrate groups had a significantly greater feed conversion ratio than the control group ($P<0.05$). Compared with the control group, the chickens of the 0.05% sodium butyrate group had a significantly greater live weight and abdominal fat weight ($P<0.05$), but lower glandular stomach weight and a glandular stomach rate ($P<0.05$). In addition, although no significant difference on the number of intestinal *Bifidobacteria*, *Lactobacillus* and *Salmonella* ($P>0.05$) was observed, the birds of the 0.05% dietary supplementation group showed a higher intestinal number of *Bifidobacteria* and a lower number of *Salmonella*, in comparison to the control group. Based on all the results obtained, the suitable addition level of sodium butyrate in the diet of finishing Pengxian Yellow chickens is 0.05%.

Key words: sodium butyrate; chicken; production performance; slaughter performance

收稿日期: 2018-08-02; 修回日期: 2019-03-12

基金项目: 成都市 2017 年第三批市级应用技术与开发 (2060404)

作者简介: 李娟 (1984-), 女, 博士, 高级畜牧师

* 通信作者: 邱时秀, 高级畜牧师, 主要从事动物营养与生态循环农业方面的研究, E-mail: qy619@sohu.com。

彭县黄鸡肉质细嫩, 产肉、产蛋性能均佳, 是四川省优良鸡种之一。广泛分布于四川平原和丘陵地区, 主产于成都市的彭县及其附近县份。属于蛋肉兼用型品种, 彭县黄鸡于 2003 年被收录于《中国家禽地方品种资源图谱》^[1]。

随着养殖业的不断发展, 消费者对畜产品质量的要求越来越高。长期超量添加抗生素、激素、镇静类药物等可危害动物及人体健康, 由此而引发的饲料安全问题日益突出。因此尽快开发出一些能替代抗生素、无安全隐患的绿色饲料添加剂产品迫在眉睫。绿色饲料添加剂不一定全是有机的, 但“绿色的”一定无公害的和安全的^[2]。有研究证明酸化剂短链脂肪酸如丁酸盐能抑制肉鸡沙门菌的生长, 并被认为是抗生素生长促进剂的潜在替代物。目前, 酸化剂在养猪业中已得到广泛的应用, 在肉鸡方面的研究也日益增多。本试验在地方品种彭县黄鸡的饲料中添加丁酸钠, 研究丁酸钠对彭县黄鸡屠宰性能、生产性能、肠道微生物菌的影响, 初步验证丁酸钠在生产中的作用效果和最佳使用方案, 为抗生素替代品研究和应用提供新的思路和科学依据, 为彭县黄鸡健康养殖提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在彭州天华禽业有限公司养殖场进行, 选用健康且体重相近的 100 日龄彭县黄鸡 (公鸡) 共 288 只, 随机分成 S0、S1、S2 和 S3 组, 每组 4 个重复, 每个重复 18 只鸡, 其中: S0 为对照组, S1、S2、S3 组分别在基础日粮中添加 0.025%、0.05% 和 0.1% 的丁酸钠。丁酸钠购自于日照东润德农牧发展有限公司。试验基础饲料参照我国黄羽肉鸡饲养标准 2004 (NY/T33-2004) 配制, 具体为 (%): 玉米 75.53, 豆粕 18.58, 菜籽粕 1.00, 豆油 1.42, 碳酸钙 0.95, 磷酸氢钙 1.50, L-赖氨酸 0.27, 蛋氨酸 0.10, 禽用多维 0.05, 食盐 0.30, 小苏打 0.10, 矿添 0.20。其中: 禽用多维为每千克饲料提供: VA 5 400 IU, VD₃ 1 080 IU, VE 9 mg, VK₃ 1.4 mg, VB₁ 0.5 mg, VB₂ 1.75 mg, VB₁₂ 0.005 mg, VB₆ 0.8 mg, 烟酸 18 mg, 叶酸 0.45 mg, 泛酸 2.5 mg, 生物素 0.09 mg; 矿物质

添加剂为每千克饲料提供: Mn 136 mg, Fe 120 mg, Zn 116 mg, Cu 12 mg, I 1.2 mg, Se 0.6 mg。营养水平为: 代谢能 12.72 MJ/kg, 赖氨酸 0.87%, 蛋氨酸 0.36%, 粗蛋白 15.50%, 总钙 0.80%, 总磷 0.60%。各试验组免疫程序按照常规免疫程序进行。自由采食和自由饮水。试验预试期 5 d, 正试期共 47 d。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 生产性能

试验鸡 105 日龄 (试验开始) 和 152 日龄 (试验结束) 时全群称重, 每周统计每组每个重复的饲料消耗量。

1.2.2 屠宰性能

试验结束时从每个组中抽取最接近全群称重后每个处理组平均体重相近的肉仔鸡 8 只 (每重复 2 只), 空腹称重, 然后参照文献 [3] 进行常规屠宰。胸肌重和腿肌重分别是指鸡左侧胸肌和左侧腿肌重量。腹脂率 = (腹脂重 + 肌胃外脂肪重) / 全净膛重 × 100%; 胸肌率 = (胸肌重 × 2) / 全净膛重 × 100%; 腿肌率 = (腿肌重 × 2) / 全净膛重 × 100%; 屠体率 = 屠体重 / 活重 × 100%; 全净膛率 = 全净膛重 / 活重 × 100%; 半净膛率 = 半净膛重 / 活重 × 100%; 脾率 = 脾重 / 半净膛重 × 100%; 肝率 = 肝重 / 半净膛重 × 100%; 腺胃率 = 腺胃 / 半净膛重 × 100%; 肌胃率 = 肌胃 / 半净膛重 × 100%。

1.2.3 肠道菌群检测

①菌群稀释: 屠宰时精确称取鸡盲肠内容物, 以无菌生理盐水稀释为终浓度 10 mg/mL 菌悬液, 为 10⁰ 倍稀释母液。用 0.2 mL 无菌吸管精确地吸取 0.1 mL 细菌悬液放入含有 0.9 mL 生理盐水的洁净灭菌试管中, 然后将管内悬液混合均匀, 即为 10⁻¹ 倍稀释菌液。另取一支吸管自 10⁻¹ 试管吸 0.5 mL 放入含有等量 0.5 mL 生理盐水的试管中, 其余依次类推, 最终得到 10⁻¹、10⁻²、10⁻³、10⁻⁴、10⁻⁵、10⁻⁶ 倍稀释的菌液。

②细菌分离: 每个稀释度菌液取 0.01 mL 稀释液分别接种 4 种培养基进行大肠杆菌、沙门菌、乳酸杆菌、双歧杆菌的分离培养, 每种稀释度检测 3 次。培养基种类及培养方法见表 1。同时以生理盐水加入无菌平皿作空白对照。

表 1 肠道微生物菌培养基及培养方法

细菌种类	培养基	培养方式	培养温度/℃	培养时间/h
大肠杆菌	EMB 琼脂	需氧	37	24
沙门菌	HE 琼脂	需氧	37	24
乳酸杆菌	LBS 琼脂	厌氧	37	48
双歧杆菌	TPY 琼脂	厌氧	37	48

③计数: 培养一段时间后取出培养皿, 算出同一稀释度的菌落平均数, 并按下列公式进行计算得到每毫升总活菌数: 每毫升中总活菌数 = 同一稀释度 3 次重复的菌落平均数 × 稀释倍数 × 10。

1.3 数据统计分析

采用 JMP10 统计软件对试验数据进行分析, 采用单因素方差分析程序进行单因素方差分析和多重比较, 结果表示为平均值 ± 标准误。

2 结果

2.1 生产性能

由表 2 可知, 与对照组 (S0 组) 相比, 日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高彭县黄鸡 105 ~ 152 日龄阶段的增重和日增重 ($P < 0.05$), 当添加量在 0.05% 和 0.1% 水平时, 能显著降低彭县黄鸡的料重比 ($P < 0.05$)。

表 2 丁酸钠对彭县黄鸡生产性能的影响

指标	S0 组	S1 组	S2 组	S3 组
始重/g	1 741.00 ± 21.48	1 680.99 ± 21.48	1 669.83 ± 21.48	1 694.54 ± 21.48
末重/g	2 131.10 ± 27.56 ^{bc}	2 102.10 ± 27.56 ^c	2 236.93 ± 27.56 ^a	2 195.98 ± 27.56 ^{ab}
增重/g	390.41 ± 29.23 ^c	421.10 ± 29.23 ^{bc}	567.09 ± 29.23 ^a	501.44 ± 29.23 ^{ab}
日增重/g	8.99 ± 0.62 ^{bc}	8.95 ± 0.54 ^c	12.06 ± 0.54 ^a	10.66 ± 0.54 ^{ab}
日采食量/g	88.40 ± 1.06	87.69 ± 1.06	87.99 ± 1.06	88.82 ± 1.06
料重比	9.92 ± 0.51 ^a	9.91 ± 0.44 ^a	7.32 ± 0.44 ^b	8.41 ± 0.44 ^b

注: 同行比较, 无字母或小写字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

2.2 屠宰性能

由表 3 可知, 与对照组 (S0) 相比, 日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高彭县黄鸡的活重、腹脂重 ($P < 0.05$), 显著降低腺胃重和腺胃率 ($P <$

0.05)。日粮中添加 0.05% 的丁酸钠与添加 0.025% 组相比, 能显著提高鸡的活重、屠体重、半净膛重 ($P < 0.05$), 显著降低腺胃率 ($P < 0.05$)。

表 3 丁酸钠对彭县黄鸡屠宰性能的影响

指标	S0 组	S1 组	S2 组	S3 组
活重/g	2 151.37 ± 25.21 ^{bc}	2 119.62 ± 25.21 ^c	2 226.00 ± 25.21 ^a	2 196.37 ± 25.21 ^{ab}
腹脂重/g	6.10 ± 8.12 ^b	9.47 ± 8.12 ^{ab}	68.63 ± 8.12 ^a	9.14 ± 8.12 ^{ab}
胸肌重/g	102.06 ± 5.25	89.29 ± 5.25	102.90 ± 5.25	99.27 ± 5.25
腿肌重/g	202.75 ± 6.92	196.06 ± 6.92	203.40 ± 6.92	203.05 ± 6.92
屠体重/g	1 924.50 ± 40.64 ^{ab}	1 842.62 ± 40.64 ^b	1 979.25 ± 40.64 ^a	1 934.62 ± 40.64 ^{ab}
全净膛重/g	1 355.83 ± 31.52 ^a	1 252.80 ± 31.52 ^b	1 334.81 ± 31.52 ^{ab}	1 312.85 ± 31.52 ^{ab}
半净膛重/g	1 726.21 ± 36.20 ^{ab}	1 622.95 ± 36.20 ^b	1 731.87 ± 36.20 ^a	1 691.81 ± 36.20 ^{ab}
脾重/g	4.18 ± 0.69	3.69 ± 0.69	3.92 ± 0.69	4.87 ± 0.69
肝重/g	29.00 ± 1.76	27.28 ± 1.76	29.32 ± 1.76	29.71 ± 1.76
腺胃重/g	5.52 ± 0.31 ^a	5.27 ± 0.31 ^{ab}	4.53 ± 0.31 ^b	5.54 ± 0.31 ^a
肌胃重/g	25.52 ± 1.56	26.37 ± 1.56	26.25 ± 1.56	27.80 ± 1.56
腹脂率/%	0.35 ± 0.41	0.15 ± 0.41	0.95 ± 0.41	0.06 ± 0.41
胸肌率/%	15.01 ± 0.81	14.31 ± 0.81	15.44 ± 0.81	15.21 ± 0.81
腿肌率/%	29.91 ± 1.01	31.35 ± 1.01	30.45 ± 1.01	31.09 ± 1.01
屠体率/%	89.52 ± 1.65	86.92 ± 1.65	88.91 ± 1.65	88.05 ± 1.65
全净膛率/%	63.06 ± 1.31 ^a	59.11 ± 1.31 ^b	59.97 ± 1.31 ^b	59.73 ± 1.31 ^b
半净膛率/%	80.28 ± 1.47	76.57 ± 1.47	77.79 ± 1.47	77.00 ± 1.47
脾率/%	0.24 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.28 ± 0.03
肝率/%	1.68 ± 0.10	1.69 ± 0.10	1.69 ± 0.10	1.76 ± 0.10
腺胃率/%	0.32 ± 0.01 ^a	0.33 ± 0.01 ^a	0.26 ± 0.01 ^b	0.33 ± 0.01 ^a
肌胃率/%	1.47 ± 0.07	1.62 ± 0.07	1.51 ± 0.07	1.63 ± 0.07

2.3 肠道微生物菌

由表 4 可知, 日粮中添加不同水平丁酸钠对彭县黄鸡的肠道双歧杆菌、乳酸菌和沙门菌数量均无显著

影响 ($P>0.05$), 但添加 0.05% 的丁酸钠可在一定程度上增加肠道双歧杆菌数量, 降低沙门菌的数量 ($P>0.05$)。

表 4 丁酸钠对彭县黄鸡肠道微生物菌群和 pH 的影响

指标	S0 组	S1 组	S2 组	S3 组
双歧杆菌 / ($\times 10^6$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$)	5.21 $\pm$ 2.38	6221.71 $\pm$ 2.93	19.45 $\pm$ 2.93	20.75 $\pm$ 2.93
乳酸菌 / ($\times 10^6$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$)	14.07 $\pm$ 2.71	18345.88 $\pm$ 3.13	13.06 $\pm$ 3.13	28.37 $\pm$ 2.71
沙门菌 (致病菌) / ($\times 10^4$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$)	3.35 $\pm$ 1.34	5.66 $\pm$ 0.75	0.55 $\pm$ 0.4	2.00 $\pm$ 0.95
大肠杆菌 (致病菌) / (cfu $\cdot$ g $^{-1}$)	—	—	—	—
pH	6.98 $\pm$ 0.21	6.99 $\pm$ 0.21	6.86 $\pm$ 0.21	6.70 $\pm$ 0.24

注 “—” 表示未检出

3 讨论

酸化剂正逐渐被广泛应用于畜禽生产中。饲料中添加酸化剂有促进动物生长、增强机体免疫力、调节肠道微生物、抑制有害病原的生长等功能, 将之应用于畜禽生产可以减少动物疾病、提高畜禽生产性能, 从而提高经济效益。酸化剂分为有机酸和无机酸, 由于无机酸具有较强的酸性和较低的添加成本, 所以其作为酸化剂的使用非常普遍, 无机酸如果用量较少达不到较好效果, 较高用量则会损害动物器官。在动物日粮中添加有正面效应的有机酸化剂主要有柠檬酸、延胡索酸、乳酸、丙酸、苹果酸、山梨酸、甲酸、乙酸、丁酸等^[4]。丁酸钠也是属于酸化剂中的一种, 通过在饲料中添加酸化剂, 可降低胃肠道 pH 值, 改变有害菌的适宜生存环境或直接抑制杀死病原菌, 同时促进乳酸杆菌等有益菌的增殖^[5]。丁酸可提供 50% 以上的能量供胃肠道黏膜代谢需要, 除了杀菌活性, 丁酸在肠道上皮细胞的增殖与分化过程中也发挥着重要作用, 能上调紧密连接蛋白, 增强肠道上皮细胞的屏障功能^[6]。

丁酸钠在鸡上的应用有一些报道。研究表明, 饲料中添加 0.1% 的丁酸钠能提高鸡生产性能^[7]。本研究发现, 日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高 105~152 日龄鸡的日增重, 显著降低料重比, 与前面的研究一致。屠宰性能是反映肉用畜禽重要的产肉性状和经济效益指标。Leeson 等^[8]认为, 饲料中添加 0.2% 的丁酸钠时能显著增加鸡的胴体重和胸肌重。本研究发现, 日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高 105~152 日龄鸡的日增重与活重, 丁酸钠可以提高产肉性状, 提高经济效益。而 Deepa 等^[9]研究表明, 饲料中添加丁酸钠对血清生化指标和肉品无明显影响, 但是能减少血清总胆固醇的含量。Gomathi 等^[10]研究认为, 补充丁酸钠不会影响鸡肉的 pH、蒸

煮损失、剪切力、风味、质地、口感、肉质, 但可降低鸡肉的肉胆固醇水平。Sang-Oh 等^[11]研究表明, 饲料中添加 5% 的包膜丁酸钠, 能增加肉的风味。

早在 1963 年, Elliott 在《Nature》就报道了仔猪饲料中添加乳酸可减少粪便中大肠埃希氏杆菌数量。在肉鸡生产中, 有机酸并没有得到和在养猪业上一样的重视, 可能是由于肉鸡日粮添加有机酸, 饲料转化率不如在猪明显^[12], 但是在肠道发育方面仍有一些报道。丁酸作为优选的短链脂肪酸能为肠道细胞直接提供能量源, 在畜禽肠道保健过程中发挥了极其重要的作用。与其他短链脂肪酸相比, 丁酸的杀菌活性最大^[6]。丁酸钠可诱导吸收水钠与肠道细胞增殖^[13]、并刺激肠血流量和合成胃肠激素^[14]。有研究证明丁酸盐能抑制肉鸡的沙门菌的生长, 并被认为是抗生素生长促进剂的潜在替代物^[8]。除了其杀菌活性, 丁酸在肠上皮细胞正常发育中发挥了作用^[14]。Barcelo 等^[15]研究发现, 丁酸增强结肠防御屏障, 增加黏蛋白和宿主抗菌药物的产生肽和减少肠上皮通透性。Gilani 等^[16]研究表明, 饮水中添加丁酸钠, 增加了鸡小肠的通透性。孙冰锋^[4]研究发现, 日粮添加酸化剂降低了鸡空肠和盲肠内容物 pH 值, 有利于肠道有益微生物的生长, 抑制有害菌生长。本试验结果发现, 饲料中添加一定量的丁酸钠之后, 肠道酸环境发生变化, pH 值先变大后变小, 与前面的研究一致, 可能是丁酸盐在诱导吸收水钠与肠道细胞增殖中起了作用, 进而促进肠道细胞发育。郭传珍等^[8]研究表明, 肉鸡饲料中添加丁酸钠可以提高乳酸杆菌数量, 降低大肠杆菌数量。Zhou 等^[14]研究发现, 饲料中添加丁酸钠能显著抑制禽大肠杆菌数量, 可以抑制禽球虫病。另外, 有学者研究证明, 丁酸等酸能预防沙门菌感染^[17]。Cerisuelo 等^[18]研究发现, 低剂量的组合 EO (50 mg/kg) 和 1 g/kg 丁酸钠可降低鸡盲肠沙门菌的数量, 饲料中添加丁酸钠不影响鸡生长性能。

Sikandar 等^[1]研究发现,饲料中添加 0.1% 浓度的丁酸钠能抑制鸡盲肠沙门菌的数量。与前人的研究结果相似,本研究发现饲料中添加 0.05% 的丁酸钠可在一定程度上降低盲肠中沙门菌的数量,但差异不显著,具体适宜的添加量还需要进一步探索。

4 结论

日粮中添加 0.05% 的丁酸钠能显著提高彭县黄鸡 105~152 日龄阶段的增重、日增重和活重,显著降低腺胃重和腺胃率,在一定程度上提高肠道双歧杆菌数量、降低致病菌沙门菌数。

参考文献:

- [1] 陈宽维,徐桂芳. 中国家禽地方品种资源图谱 [M]. 北京: 中国农业出版社出版, 2003: 24-25.
- [2] 顾君华,王欣. 安全饲料和绿色饲料的最终目标和途径 [J]. 饲料工业, 2002 (8): 1-4.
- [3] Zhao X L, Siegel P B, Liu Y P, et al. Housing system affects broiler characteristics of local Chinese breed reciprocal crosses [J]. Poult Sci, 2012, 91 (9): 2405-2410.
- [4] 孙冰锋. 酸化剂、益生菌及其组合添加对肉仔鸡的影响及作用机理研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [5] Russell J B, Diez-Gonzalez F. The effects of fermentation acids on bacterial growth [J]. Adv Microb Physiol, 1998, 39: 205-234.
- [6] 郭传珍,曹兵海. 丁酸钠对肉鸡肠道 pH 值、微生物菌群和挥发性脂肪酸的影响研究 [J]. 中国家禽, 2009, 31 (21): 14-17.
- [7] Sikandar A, Zaneb H, Younus M, et al. Protective effect of sodium butyrate on growth performance, immune responses and gut mucosal morphometry in Salmonella-challenged broiler chickens [J]. Int J Agric Biol, 2017, 19 (6): 1387-1393.
- [8] Leeson S, Namkung H, Antongiovanni M, et al. Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens [J]. Poult Sci, 2005, 84 (9): 1418-1422.
- [9] Deepa K, Purushothaman M R, Vasanthakumar P, et al. Serum biochemical parameters and meat quality influenced due to supplementation of sodium butyrate in broiler chicken [J]. Int J Livest Res, 2017, 7 (8): 108-116.
- [10] Gomathi G, Senthilkumar S, Natarajan A, et al. Effect of dietary supplementation of cinnamon oil and sodium butyrate on carcass characteristics and meat quality of broiler chicken [J]. Vet World, 2018, 11 (7): 959-964.
- [11] Sang-Oh P, Chae-Min R, Byung-Sung P, et al. The meat quality and growth performance in broiler chickens fed diet with cinnamon powder [J]. J Environ Biol, 2013, 34 (1): 127.
- [12] Langhout P. New additives for broiler chickens [J]. World Poultry, 2000, 16 (3): 22-27.
- [13] Barcelo A, Claustre J, Moro F, et al. Mucin secretion is modulated by luminal factors in the isolated vascularly perfused rat colon [J]. Gut, 2000, 46 (2): 218-224.
- [14] Pryde S E, Duncan S H, Hold G L, et al. The microbiology of butyrate formation in the human colon [J]. FEMS Microbiol Lett, 2002, 217 (2): 133-139.
- [15] Gilani S, Howarth G S, Tran C D, et al. Effects of delayed feeding, sodium butyrate and glutamine on intestinal permeability in newly-hatched broiler chickens [J]. J Appl Anim Res, 2018, 46 (1): 973-976.
- [16] Zhou Z, Nie K, Huang Q, et al. Changes of cecal microflora in chickens following Eimeria tenella challenge and regulating effect of coated sodium butyrate [J]. Exp Parasitol, 2017, 177: 73-81.
- [17] Thompson J L, Hinton M. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on Salmonellas in the crop [J]. Br Poult Sci, 1997, 38 (1): 59-65.
- [18] Cerisuelo A, Mar N C, S Nchezvizca No F, et al. The impact of a specific blend of essential oil components and sodium butyrate in feed on growth performance and Salmonella counts in experimentally challenged broilers [J]. Poult Sci, 2014, 93 (3): 599.