

# 复合有机酸对肉鸡的营养生理效应研究

朱碧泉, 余 冰, 丁雪梅, 陈代文\*

(四川农业大学动物营养研究所, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 选择 360 只 1 日龄艾维茵肉鸡, 考察日粮添加 0、0.05%、0.1%、0.2%、0.3% 和 0.4% 复合酸化剂对肉鸡生产性能、养分利用率以及肠道微生态环境的影响, 确定肉鸡日粮中适宜的酸化剂添加量。结果表明: 饲粮添加酸化剂能不同程度改善肉鸡 1~21 日龄饲粮干物质、蛋白质、有机物和能量的利用率, 显著提高 21~42 日龄钙磷利用率 ( $P < 0.05$ ), 但有降低前期钙磷利用率的趋势。添加酸化剂有降低肉鸡 42 日龄十二指肠、空肠和盲肠内容物 pH 值的趋势, 而此时空肠和直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的数量均有不同增加, 但乳酸杆菌的增殖占优势。综合分析所有参数, 添加 0.2% 酸化剂效果最好。

**关键词:** 酸化剂; 生产性能; 养分利用率; 肠道微生态; 肉鸡

中图分类号: S831.5

文献标识码: B

文章编号: 0258-7033(2007)11-0024-03

有机酸作为一种饲料添加剂在动物生产中使用已有较长的时间, 其促生长效果明显。肉鸡日粮中添加有机酸可显著提高增重和饲料转化率<sup>[1]</sup>。但目前对有机酸在肉鸡生产中的应用研究主要针对生产性能的影响, 且主要以单一形式添加, 要充分发挥有机酸对动物的促生长作用, 有必要研究复合有机酸的作用效果, 同时对微生态效应进行系统而全面的研究, 从而为实际生产中更合理使用和科学认识有机酸提供试验依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验设计** 采用单因子试验设计, 将 360 只 1 日龄健康的艾维茵肉鸡随机分为 6 个处理, 即在基础日粮中分别添加 0、0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4% 复合酸化剂 (广州乐达公司提供), 每个处理 6 个重复, 每个重复 10 只鸡。按常规饲养管理及正常免疫程序接种各种疫苗。自由采食和饮水。

**1.2 试验日粮** 参照我国肉鸡饲养标准 (1986) 及 NRQ (1994) 肉鸡营养需要分两阶段 1~3 周龄和 4~6 周龄配制试验基础饲粮, 见表 1)。在基础饲粮中分别添加相应剂量的酸化剂构成相应的试验饲粮。前期饲粮为粉料; 后期饲粮为颗粒料。

**1.3 样品采集** 在试验第 17~20 天和第 38~41 天采用全收粪法分别进行代谢试验, 粪便烘干后测定粗蛋

白质、能量、钙、磷等养分; 在试验第 21 天和 42 天每个重复选 1 只体重接近平均体重的试鸡进行屠宰, 收集肠道内容物备测 pH 值和大肠杆菌及乳酸杆菌。

## 1.4 考察指标

**1.4.1 生产性能** 在试验第 1、21、42 天进行称重, 记录各组的采食量, 计算日增重和饲料转化率。

表 1 基础饲粮配方及营养成分

原料/%	1~3 周	4~6 周	营养成分	1~3 周	4~6 周
玉米	57.90	62.90	ME/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	12.72	12.51
豆粕	23.00	21.00	CP/%	20.80	19.35
膨化大豆	10.00	9.00	Ca/%	1.02	0.97
鱼粉	4.00	3.00	总 P/%	0.79	0.76
大豆油	1.00	0.00	AP/%	0.62	0.59
食盐	0.30	0.30	Met/%	0.56	0.53
氯化胆碱	0.10	0.10	Met+Cys/%	0.89	0.85
磷酸氢钙	1.50	1.50	Lys/%	1.32	1.21
石粉	0.80	0.80			
L-Lys·HCl	0.20	0.20			
DL-Met	0.20	0.20			
预混料	1.00	1.00			
合计	100.00	100.00			

注: 预混料为每千克日粮提供: 维生素 A 25 000 IU, 维生素 D<sub>3</sub> 5 000 IU, 维生素 E 12.5 IU, 维生素 K 32.5 mg, 维生素 B<sub>1</sub> 1.0 mg, 维生素 B<sub>2</sub> 8.0 mg, 维生素 B<sub>6</sub> 3.0 mg, 维生素 B<sub>12</sub> 15 μg, 烟酸 17.5 mg, 泛酸 12.5 mg, 叶酸 250 μg, 生物素 0.4 mg, 铁 80 mg, 铜 10 mg, 锰 80 mg, 硒 0.5 mg, 碘 0.35 mg

**1.4.2 养分利用率** 采用常规法测定饲料和粪样中的干物质、粗蛋白、能量、有机物质、钙、磷的含量<sup>[2]</sup>, 计算其养分表观利用率 = (食入某养分 - 排泄物中某养分) / 食入某养分。

**1.4.3 胃肠道内容物 pH、消化道菌群** 分别测定胃肠道各部位内容物的 pH 值, 以及空肠和直肠内容物中

收稿日期: 2007-01-08; 修回日期: 2007-02-18

作者简介: 朱碧泉 (1963-), 女, 重庆奉节人, 讲师

\* 通讯作者

大肠杆菌和乳酸杆菌的数量。

1.5 数据处理 数据用 SPSS10.0 的 GLM 模型进行方差分析。对复合酸化剂的处理效应进行回归分析。生产性能指标以重复为统计单位。以  $P < 0.05$  为显著性标准。

## 2 结果与分析

2.1 不同剂量有机酸对肉鸡生产性能的影响 由表 2 可见, 从试验各阶段及全期来看, 添加酸化剂有使肉鸡采食量提高的趋势, 但无显著差异。从表观数据看, 当酸化剂添加量达 0.4% 时, 肉鸡后期及全期采食量均最低。综合考察各阶段及全期采食量, 0.2% 酸化剂组肉鸡采食量最高。

随着酸化剂添加量的提高, 肉鸡不同阶段及全期增重变化规律与采食量变化规律类似。综合各阶段及全期日增重看, 0.2% 酸化剂组肉鸡日增重最高。

各处理组之间饲料转化率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。其中从后期及全期来看, 0.2% 酸化剂组肉鸡饲料转化率略高于其余处理组。

2.2 不同剂量有机酸对肉鸡养分利用率的影响 由

表 3 可见, 饲粮添加有机酸能不同程度改善肉鸡前期饲粮干物质、蛋白质、有机物和能量的利用率, 钙磷利用率不同程度降低; 而对后期饲粮干物质、能量和有机物的利用率无明显改善作用, 但钙磷利用率提高。

2.3 不同剂量有机酸对肉鸡消化道内容物 pH 值的影响 由表 4 可见, 随饲粮酸化剂添加剂量的增加, 肉鸡 42 日龄肌胃内容物 pH 和腺胃内容物 pH 呈极显著线性增加 ( $P < 0.01$ ), 21 日龄盲肠内容物 pH 呈极显著的二次曲线变化 ( $P < 0.01$ ), 而其余各段胃肠道及日龄内容物 pH 无显著变化, 但有降低肉鸡 42 日龄十二指肠、空肠和盲肠内容物 pH 值的趋势。

2.4 不同剂量有机酸对肉鸡空肠和直肠微生物菌群的影响 由表 5 可见, 添加不同剂量酸化剂能不同程度抑制 21 日龄空肠和直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的增殖; 而对 42 日龄空肠和直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的增殖有促进作用, 其中所有加酸处理组直肠乳酸杆菌都显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ); 但随酸化剂剂量的增加, 大肠杆菌和乳酸杆菌数量均无显著的一次或二次曲线变化。

表 2 不同剂量有机酸对肉鸡生产性能的影响

指标		酸化剂添加量/%						SEM	P 值	
		0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4		一次	二次
日采食量/(g·d <sup>-1</sup> )	1~21 d	47.64	48.90	51.245	51.81	51.20	48.98	1.82	0.297	0.318
	22~42 d	151.35	150.2	149.60	158.03	147.12	136.91	5.32	0.339	0.114
	1~42 d	105.86	103.35	105.20	109.17	103.15	98.86	3.42	0.548	0.35
日增重/(g·d <sup>-1</sup> )	1~21 d	32.87	33.74	33.15	32.48	34.55	32.55	0.73	0.957	0.971
	22~42 d	70.29	70.71	71.53	75.60	71.68	68.73	3.4	0.751	0.558
	1~42 d	56.51	54.69	56.637	58.05	56.00	54.78	1.79	0.984	0.844
饲料转化率	1~21 d	1.46	1.45	1.57	1.60	1.48	1.51	0.06	0.355	0.379
	22~42 d	2.02	2.02	2.08	1.94	2.04	1.99	0.12	0.492	0.653
	1~42 d	1.82	1.82	1.90	1.80	1.84	1.81	0.08	0.695	0.598

表 3 不同剂量有机酸对肉鸡养分利用率的影响

指标		酸化剂添加量/%						SEM	P 值	
		0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4		一次	二次
干物质	前期	67.85	70.89	66.78	69.46	66.85	69.91	2.80	0.910	0.904
	后期	70.98	70.09	70.63	70.83	69.29	72.07	2.52	0.655	0.491
粗蛋白	前期	48.00	57.96	49.42	53.87	57.63	63.12	2.2	0.071	0.222
	后期	50.51	44.68	44.85	49.24	44.13	51.67	3.32	0.665	0.473
有机物	前期	71.84	73.47	70.53	72.52	71.93	72.81	2.24	0.731	0.856
	后期	73.45	71.78	72.46	72.58	71.75	74.18	3.53	0.579	0.260
能量	前期	75.22	76.84	74.77	77.24	76.95	76.74	3.42	0.253	0.508
	后期	77.83	77.83	76.80	77.17	76.46	77.77	2.78	0.603	0.226
钙	前期	54.46	53.34	46.09	45.29	48.64	44.24	2.21	0.087	0.179
	后期	35.81	45.12	44.61	44.46	31.21	45.22	1.98	0.979	0.998
磷	前期	49.19	49.13	44.17	46.12	46.78	46.02	2.02	0.347	0.423
	后期	48.88	53.10	52.29	52.59	47.09	53.59	2.46	0.893	0.990

注: 前期即试验第 17~20 日龄, 后期即试验第 38~41 日龄

表 4 不同剂量有机酸对肉鸡胃肠道各部位 pH 值的影响

%

指标		酸化剂添加量/%						SEM	P 值	
		0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4		一次	二次
干物质	前期	67.85	70.89	66.78	69.46	66.85	69.91	2.80	0.910	0.904
	后期	70.98	70.09	70.63	70.83	69.29	72.07	2.52	0.655	0.491
粗蛋白	前期	48.00	57.96	49.42	53.87	57.63	63.12	2.2	0.071	0.222
	后期	50.51	44.68	44.85	49.24	44.13	51.67	3.32	0.665	0.473
有机物	前期	71.84	73.47	70.53	72.52	71.93	72.81	2.24	0.731	0.856
	后期	73.45	71.78	72.46	72.58	71.75	74.18	3.53	0.579	0.260
能量	前期	75.22	76.84	74.77	77.24	76.95	76.74	3.42	0.253	0.508
	后期	77.83	77.83	76.80	77.17	76.46	77.77	2.78	0.603	0.226
钙	前期	54.46	53.34	46.09	45.29	48.64	44.24	2.21	0.087	0.179
	后期	35.81	45.12	44.61	44.46	31.21	45.22	1.98	0.979	0.998
磷	前期	49.19	49.13	44.17	46.12	46.78	46.02	2.02	0.347	0.423
	后期	48.88	53.10	52.29	52.59	47.09	53.59	2.46	0.893	0.990

表 5 有机酸对肉鸡肠道微生物的影响

(log<sub>10</sub>cfu·g<sup>-1</sup> 鲜样)

指标			酸化剂添加量/%						SEM	P 值	
			0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4		一次	二次
空肠	大肠杆菌	21 d	7.467	6.393	6.862	7.537	7.387	6.148	0.37	0.975	0.434
		42 d	7.195	7.055	7.758	7.562	7.553	8.177	0.40	0.289	0.576
	乳酸杆菌	21 d	7.290	6.523	6.880	7.846	7.310	6.953	0.37	0.628	0.608
		42 d	7.342	7.918	7.738	7.782	7.823	8.212	0.40	0.548	0.828
直肠	大肠杆菌	21 d	8.935	8.750	8.098	9.087	8.530	8.870	0.37	0.714	0.906
		42 d	7.658	7.940	8.548	8.585	7.994	8.242	0.27	0.243	0.256
	乳酸杆菌	21 d	8.832	8.202	7.464	8.137	7.758	7.950	0.42	0.571	0.551
		42 d	7.658	8.590	8.718	9.518	8.838	9.363	0.30	0.015	0.016

### 3 讨 论

3.1 不同剂量有机酸对肉鸡生产性能的影响 在肉鸡日粮中添加酸化剂有一定促生长效果。张文举<sup>[1]</sup>报道,在肉鸡饲料中添加 0.4% 柠檬酸,可提高肉鸡增重 2.97%。王冉等<sup>[3]</sup>研究表明,日粮中添加 0.125% 的富马酸,肉鸡体增重提高 0.16%( $P > 0.05$ ),饲料转化率提高 2.46%( $P > 0.05$ );日粮中添加 0.125% 乳酸宝,肉鸡体增重提高 1.24%( $P > 0.05$ ),饲料转化率提高 4.11%( $P > 0.05$ )。本试验结果也发现,添加乐达酸化剂有使肉鸡采食量和日增重提高的趋势。

3.2 不同剂量有机酸对肉鸡养分利用率的影响 有关酸化剂对家禽饲料养分利用率的影响研究很少。本试验发现饲料添加有机酸能不同程度改善肉鸡 1~21 日龄饲料干物质、蛋白质、有机物和能量的利用率,该结果与朱文涛等<sup>[4]</sup>在蛋鸡上的研究结果类似。在猪日粮中添加酸化剂对养分利用率也有一定的影响,但结果不完全一致。李德发等<sup>[5]</sup>在仔猪料中添加 1% 柠檬酸,饲料粗蛋白消化率, N 利用率, 干物质消化率分别提高了 6.1%、2.7% 和 2.28%。Giesting 等<sup>[6]</sup>发现简单饲料以 2% 延胡索酸酸化后,干物质和蛋白质消化率分别提高了 2.7% 和 2.6%,而复杂饲料酸化后则消化率不再提高。

Giesting 等<sup>[7]</sup>也有类似的报道。而侯永清等<sup>[8]</sup>报道,添加酸化剂对蛋白质消化率没有影响。同时,本试验表明在 21~42 日龄添加酸化剂对饲料干物质、蛋白质、有机物和能量利用率无明显改善作用。出现前后期差异的原因可能与蛋白酶等消化酶的活性有关。因为就年幼肉鸡来说,由于乳酸和挥发性脂肪酸在胃内生成量有限的缘故,胃肠道的 pH 仍然相当高,此时消化酶的激活受到影响,而加酸后可促进酶的活化;到后期其作用的效果降低。此外,本试验还发现,添加不同剂量有机酸使肉鸡 1~21 日龄饲料钙磷利用率不同程度降低,但使 21~42 日龄钙磷利用率显著提高 ( $P < 0.05$ )。作用效果间差异的原因尚不清楚,有待于进一步研究。

3.3 不同剂量有机酸对肉鸡消化道微生态环境的影响 研究表明,在日粮中添加酸化剂有利于降低饲料以及消化道前段的 pH 值,从而增加消化道中乳酸菌和酵母菌的数量、减少大肠杆菌和沙门氏菌的数量。Gedek 等<sup>[9]</sup>、Kirchgessner 等<sup>[10]</sup>、侯永清等<sup>[8]</sup>均报道饲料酸化后,肠道内有害微生物减少,而乳酸菌增加。本试验发现随饲料酸化剂的添加,肉鸡 42 日龄肌胃内容物 pH 和腺胃内容物 pH 呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 线性增加,21 日龄盲肠内容物 pH 呈极显著的 ( $P < 0.01$ ) 二次曲线变化,具体原因尚不清楚。但有降低 (下转第 40 页)

- lent flows in a scaled model slot-ventilated, livestock confinement facility[J]. Trans ASAE, 1992, 35( 2) : 671- 686.
- [4] Worley M S, Manbeck H B. Modeling particle transported air flow in ceiling inlet ventilation systems[J]. Trans ASAE, 1995, 38( 1) : 231- 239.
- [5] Harral B B, Boon C R. Comparison of predicted and measured air flow patterns in a mechanically ventilated livestock building without animals[J]. J Agric Engng Res, 1997, 66: 221- 228.
- [6] Hoff S J, Li L, Tsao L. Simulated and measured effect of rectangular obstructions on carbon dioxide gas dispersion in a scaled swine building [J]. Trans ASAE, 1995, 38( 5) : 1519- 1532.
- [7] Reynold A M. A model for predicting airborne dust concentrations with- in a ventilated airspace[J]. J Agric Engng Res, 1997, 66: 103- 109.
- [8] Hoff S J, Bundy D S. Comparison of contaminant dispersion model- ing approaches for swine housing[J]. Trans ASAE, 1996, 39( 3) , 1151- 1157.
- [9] Bjerg B, Morsing S, Svdt K, et al. Three- dimensional air flow in a livestock test room with two- dimensional boundary conditions[J]. J Agric Engng Res, 1999, 74: 267- 274.
- [10] Zhang G, Morsing S, Bjerg B, et al. Test room for validation of airflow patterns estimated by computational fluid dynamics[J]. J Agric Engng Res, 2000, 76( 2) : 141- 148.
- [11] Bjerg B, Svdt K, Hang G, et al. Modeling of air inlets in CFD pre- diction of airflow in ventilated animal houses[J]. ELSEVIER, 2002, 34: 223- 235.

## The Present Research Progress and Advance in Computational Fluid Dynamics in Livestock Rooms

HAN Hua<sup>1</sup>, LIU Ji- jun<sup>1\*</sup>, MA Zong- hu<sup>2</sup>

(1.College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2.College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Control of climate parameters such as temperature, air velocity and air contaminants are important to maintain animal health, well- being and productivity in modern livestock rooms. Computational fluid dynamics (CFD) has great potential to predict these parameters, thus there are many research about using CFD in livestock rooms. This paper reviewed the applications of CFD in livestock rooms and makes further expectation for its future development.

Key words: livestock rooms; simulation; a review; computational fluid dynamics

(上接第 26 页)

肉鸡 42 日龄十二指肠、空肠和盲肠 pH 值的趋势,而此时空肠和直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的数量均有不同增加;同时,同等剂量的同种酸化剂对 21 日龄和 42 日龄肉鸡肠道内大肠杆菌和对乳酸杆菌的增殖作用存在差异,对 42 日龄的作用幅度高于对 21 日龄肉鸡的作用幅度。结果与其他研究者的报道前期作用效果优于后期存在差异,原因尚不清楚,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 宁康健,吕锦芳,彭光明.柠檬酸对肉鸡生产性能及免疫功能影响的研究[J].饲料工业,1995,16(1):39-40.
- [2] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993.
- [3] 王冉,周岩民,邵春荣.不同酸化剂对肉鸡生产性能影响的研究影响[J].江苏农业科学,2002,(3):65-66.
- [4] 朱文涛,雒秋江,杨开伦.分别添喂 4 种酸化剂对蛋鸡产蛋性能和表观日粮利用率影响的比较[J].新疆农业大学学报,2002,25(4):1-4.
- [5] 李德发,胥学新,李刚,等.仔猪料中添加柠檬酸对营养物质消化率的影响[J].中国饲料,1993,(4):7-9.
- [6] Giesting D W, Easter R A. Acidification status in swine diets[J]. Feed management, 1986, 8(10): 53- 58.
- [7] Giesting D W, Easter R A. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs[J]. J Anim Sci, 1991, 69: 2497- 2503.
- [8] 侯永清, 昝于明. 早期断奶仔猪日粮中添加不同种类酸化剂的效果[J]. 中国畜牧杂志, 1996, 32(6): 8- 11.
- [9] Gedek B, Roth F X, Kirchgessner M, et al. Influence of fumaric acid, hydrochloric acid, sodium formate, tylosin and toyocerin on the microflora in different segment of the gastrointestinal tract. 14. Investigations about the nutritive efficacy of organic acid in the rearing of piglets[J]. Pig News and Information, 1993, 14(2): 178.
- [10] Kirchgessner M, Roth F X. Fumaric acid as a feed additive in pig nutrition[J]. Pig News and Information, 1982, 3(3): 259- 264.