

不同能量和有效磷水平下植酸酶对肉鸡能量和养分利用率的影响

余 冰, 李宗付, 陈代文*, 张克英

(四川农业大学动物营养研究所, 四川省动物营养与饲料工程重点实验室, 四川雅安 625014)

摘 要: 试验选用 640 只 1 日龄 AA 肉公鸡, 采用 $2 \times 2 \times 2$ 因子设计, 通过在不同能量水平 (11.90 或 11.70 MJ/kg) 和有效磷水平 (0.35% 或 0.25%) 的肉鸡饲料中添加植酸酶 0、500 FTU/kg, 考察了植酸酶对肉鸡养分利用率的影响。试验共 8 个处理, 每个处理 8 个重复, 每个重复 10 只鸡, 试验期 42 d。结果表明: 饲料添加植酸酶提高了干物质、粗蛋白、钙、磷的利用率, 分别提高 0.97% ($P < 0.10$)、1.49% ($P < 0.20$)、8.55% ($P < 0.01$)、8.61% ($P < 0.01$); 也提高了必需氨基酸、非必需氨基酸、总氨基酸 ($P < 0.20$), 苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸 ($P < 0.10$) 和异亮氨酸 ($P < 0.05$) 的表现回肠利用率, 但对能量利用率没有显著影响 ($P > 0.05$)。植酸酶和能量对干物质、总能、磷的利用率存在极显著的交互作用 ($P < 0.01$), 表现为对照加酶组干物质、总能利用率极显著高于低能组, 低能加酶组磷的利用率极显著高于低能组。这表明饲料添加植酸酶可以提高肉鸡的养分利用率, 低营养水平饲料添加植酸酶作用效果更好。

关键词: 植酸酶; 能量; 有效磷; 养分利用率; 肉鸡

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

文章编号: 0258-7033(2009)01-0019-05

植酸与植物饲料原料中 60%~75% 的磷之间形成螯合物, 而且还能与钙 (Ca)、镁 (Mg)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、锌 (Zn)、淀粉、蛋白质等形成螯合物, 甚至还与胃肠道的蛋白酶、淀粉酶等消化酶结合成复合物, 降低其活性, 降低饲料养分利用率。通过开发利用植酸酶以减少无机磷的添加量, 提高饲料中植酸磷的利用率和减少环境污染, 成为当前动物营养学中的研究热点之一。植酸酶在畜禽饲料中的应用效果受很多因素影响, 大量试验表明, 日粮营养成分及营养水平影响植酸酶的作用效果; 然而当前植酸酶潜在营养价值的研究主要限于降低日粮钙磷水平, 而在此基础上能否进一步降低日粮能量水平, 从而进一步开发植酸酶潜在的营养价值, 降低饲料成本的研究很少。因此, 本试验拟通过在不同能量和有效磷水平的玉米-豆粕型饲料中添加植酸酶, 考察饲料添加植酸酶后对肉鸡能量和养分利用率的影响, 来进一步认识营养与植酸酶之间互作规律和验证植酸酶的使用效果, 为其在生产中合理应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计 按 $2 \times 2 \times 2$ 因子设计, 通过在不同能量 (11.90 或 11.70 MJ/kg) 和有效磷 (AP) (0.35% 或 0.25%) 水平的肉鸡饲料中添加植酸酶 0 或 500 FTU/kg, 考察植酸酶对肉鸡能量和养分利用率的影响, 试验设计见表 1。

表 1 试验设计

处理	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	有效磷/%	植酸酶/(FTU·kg ⁻¹)
处理 1(对照组)	11.90	0.35	0
处理 2(低磷组)	11.90	0.25	0
处理 3(低能组)	11.70	0.35	0
处理 4(低磷低能组)	11.70	0.25	0
处理 5(对照+酶组)	11.90	0.35	500
处理 6(低磷+酶组)	11.90	0.25	500
处理 7(低能+酶组)	11.70	0.35	500
处理 8(低磷低能+酶组)	11.70	0.25	500

1.2 试验日粮 试验选用玉米-豆粕型饲料, 营养标准参考我国肉鸡饲养标准 (2004) 和 NRC (1994), 通过调整豆油比例配制饲料不同能量水平, 调整碳酸钙和磷酸氢钙的比例配制饲料的不同钙、磷水平, 不足部分由米糠补足 100%; 为保证钙、磷一定比例, 有效磷降低 0.1 个百分点的同时钙也降低 0.1 个百分点。在对照组、低磷组、低能组、低磷低能组前后

收稿日期: 2007-06-06; 修回日期: 2007-06-18

基金项目: 四川省饲料生物技术专项 (07SG111-008)

作者简介: 余冰, (1973-), 女, 博士

* 通讯作者

表 2 肉鸡日粮组成及营养成分

项目	1~3 周龄				4~6 周龄			
	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
原料/%								
玉米	56.69	58.70	57.89	57.89	63.70	65.70	62.40	62.40
豆粕	38.10	37.10	38.00	38.00	32.00	31.00	33.90	33.90
鱼粉	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
豆油	1.10	0.50	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
米糠	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	00.00	0.00	0.40
氯化胆碱	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
食盐	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
碳酸钙	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60
磷酸氢钙	0.81	0.41	0.81	0.41	0.60	0.20	0.60	0.20
蛋氨酸	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	0.10	0.10	0.10
预混料	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养成分								
代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	11.90	11.90	11.70	11.70	11.90	11.90	11.70	11.70
代谢能 ¹ /(MJ·kg ⁻¹)	11.88	11.99	11.50	11.69	—	—	—	—
粗蛋白/%	21.00	21.00	21.00	21.00	19.00	19.00	19.00	19.00
粗蛋白 ² %	20.07	20.68	20.66	20.24	19.29	19.98	19.09	18.83
钙/%	1.00	0.90	1.00	0.90	0.9	0.80	0.9	0.80
钙 ³ %	1.06	1.01	1.01	1.04	1.10	1.02	1.03	0.98
磷 ⁴ %	0.72	0.73	0.77	0.78	0.65	0.64	0.65	0.63
有效磷/%	0.35	0.25	0.35	0.25	0.30	0.20	0.30	0.20
赖氨酸/%	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00
蛋氨酸/%	0.52	0.52	0.52	0.52	0.40	0.40	0.40	0.40
蛋氨酸+胱氨酸/%	0.86	0.86	0.86	0.86	0.72	0.72	0.72	0.72

注: * 为实测值, 其余为计算值。预混料添加剂提供肉鸡所需的全部微量元素和维生素, 向每千克饲料提供微量元素: 铁 80 mg、铜 8 mg、锰 80 mg、锌 80 mg、碘 0.35 mg、硒 0.15 mg; 向每千克饲料提供多维 500 mg, 每千克多维组成: 维生素 A 50 000 000 IU、维生素 D₃ 10 000 000 IU、维生素 E 25 000 IU、维生素 K₃ 5 000 mg、维生素 B₁ 2 000 mg、维生素 B₂ 16 000 mg、维生素 B₆ 6 000 mg、维生素 B₁₂ 30 mg、烟酸 35 000 mg、泛酸钙 25 000 mg、叶酸 500 mg、抗氧化剂 500 mg

期试验日粮基础上分别添加 500 FTU/kg 植酸酶(由四川禾本生物工程有限公司提供, 酶活为 5 000 U/g)即为加酶组前后期的试验日粮。所有饲料为手工配制, 采用粉料, 于饲养前 1 次配齐, 密封包装, 置于干燥阴凉地方保存。试验基础日粮组成及营养水平见表 2。

1.3 试验动物及饲养管理 640 只 1 日龄 AA 肉公鸡按体重相近原则随机分成 8 个处理, 每处理 8 个重复, 每重复 10 只鸡, 试验期 42 d, 按照常规方法进行饲养及免疫。

1.4 代谢试验 试验第 14 天称完重后, 让所有试鸡采食含指示剂的饲料(加入 0.4% 的 Cr₂O₃), 预试 3 d, 正式收粪 4 d。每日收集粪盘上排泄物 4 次, 按

重复混合均匀, 按 5% 的比例加入 5% 的硫酸, 并滴加甲苯防腐, 混匀并置于 -20℃ 冰箱保存。分析前, 先将粪样解冻, 充分混匀后, 在 (60 ± 5)℃ 烘箱烘干, 粉碎过 40 目筛, 于 -20℃ 冰箱保存备分析使用。

1.5 屠宰试验 21 日龄早上称重后, 每个重复选取 2 只接近平均体重的肉鸡颈部错位屠宰; 用注射器注射蒸馏水收取卵黄结后 1 cm 至回盲瓣前 5 cm 处回肠食糜, 置于干净的称量瓶中, 食糜样品置于 -20℃ 冰箱保存, 分析时冷冻干燥制样, 测定其中的氨基酸和 Cr₂O₃。

1.6 测定指标与方法 测定饲料及粪样中干物质(DM)、粗蛋白(CP)、总能(GE)、钙(Ca)、磷(P)的含量。DM 用 (105 ± 2)℃ 的恒温箱恒重测定、CP 用半微量

凯氏定氮法、总能 (GE) 采用氧弹测热法、Ca 采用 KMnO_4 的方法滴定法、P 采用钼黄法, 测定方法详见杨胜的方法^[1]; 回肠食糜氨基酸采用 L-8800 全自动氨基酸分析仪测定; 样品中 Cr_2O_3 含量采用分光光度法测定。

养分表观利用率 = $100 - [(\text{日粮中 } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量} \times \text{粪中营养物质含量}) / (\text{粪中 } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量} \times \text{日粮中营养物质含量})] \times 100\%$ 。

饲料代谢能 = 饲料总能 \times 饲料利用率。

1.7 数据分析 采用 SPSS12.0 统计软件对数据进行 GLM 方差分析, 试验结果以平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

从表 3、4 可知, 与对照组相比, 低磷组异亮氨酸 (Ile)、酪氨酸 (Tyr) ($P < 0.01$), 丙氨酸 (Ala)、甘氨酸 (Gly)、缬氨酸 (Val) ($P < 0.05$) 表观回肠利用率下降; 低能组除蛋氨酸 (Met) 外, 所有氨基酸 (AA)、必需氨基酸 (EAA)、非必需氨基酸 (NEAA)、总氨基酸 (TAA) 表观回肠利用率均显著下降 ($P < 0.05$); 低磷低能组, 各指标无显著变化 ($P > 0.05$)。加酶后与加酶前相比, 低磷组 Ca、P、DM 的利用率分别提高了 12.16% ($P < 0.01$)、12.50% ($P < 0.01$)、2.87% ($P < 0.05$), Tyr、Val、Ile 表观回肠利用率分别提高了

10.24% ($P < 0.01$)、9.38%、9.46%; 低磷低能组 DM、Ca、P 的利用率分别提高了 3.49% ($P < 0.01$)、6.82% ($P < 0.05$)、20.66% ($P < 0.01$); 对照组、低能组各指标无显著变化 ($P > 0.05$)。从饲料添加植酸酶后各指标改善的平均效果来看, 降低营养水平的各处理组饲料养分利用率提高幅度大于对照组。

表 3、5 因素分析结果表明, 饲料降低 AP 后极显著提高了 ($P < 0.01$) DM、GE、CP、Ca、P 的利用率; 降低饲料能量水平降低了 DM ($P < 0.05$), CP ($P < 0.01$) 的利用率和除 Met 外, 所有 AA、EAA、NEAA、TAA 表观回肠利用率 ($P < 0.05$); 饲料添加植酸酶提高了 Ca ($P < 0.01$)、P ($P < 0.01$) 利用率及 Ile ($P < 0.05$)、Thr、Gly、Ala、Val ($P < 0.10$) 表观回肠利用率; 饲料有效磷和植酸酶水平对 Tyr 表观回肠利用率有显著的交互作用 ($P < 0.05$), 表现为低磷加酶组较低磷组显著提高了 Tyr 表观回肠利用率; 植酸酶和饲料的能量水平对 DM、GE、P 的利用率存在极显著的交互作用 ($P < 0.01$), 表现为对照加酶组 DM、GE 利用率高于低能组, 低能加酶组 P 的利用率高于低能组。

3 讨论

很多试验表明, 饲料添加植酸酶可以提高养分利用率^[2]。本试验结果表明, 对照组、低磷组、低能

表 3 不同能量、有效磷及植酸酶水平对肉鸡能量和养分利用率的影响

处理	干物质/%	总能/%	粗蛋白/%	钙/%	磷/%
1	69.33 \pm 1.87 ^{Bb}	74.89 \pm 1.46 ^{ABabc}	62.36 \pm 2.00 ^{bc}	51.40 \pm 5.41 ^{Bcd}	47.94 \pm 3.30 ^{Bcd}
2	70.30 \pm 1.62 ^{ABb}	75.78 \pm 1.78 ^{ABab}	64.68 \pm 2.97 ^{ab}	53.64 \pm 4.45 ^{BCbc}	51.44 \pm 3.25 ^{bc}
3	68.46 \pm 1.63 ^{BCbc}	74.07 \pm 1.24 ^{ABbc}	62.12 \pm 2.74 ^{BCbc}	47.87 \pm 3.50 ^{Cd}	44.86 \pm 3.48 ^{Cd}
4	69.64 \pm 1.09 ^{Bb}	74.64 \pm 0.76 ^{ABabc}	62.72 \pm 1.76 ^{bc}	51.09 \pm 4.07 ^{Bcd}	51.50 \pm 2.17 ^{bc}
5	69.00 \pm 2.45 ^{BCb}	73.71 \pm 2.60 ^{ABbc}	64.09 \pm 4.25 ^{ab}	51.44 \pm 5.93 ^{Bcd}	47.80 \pm 5.05 ^{Bcd}
6	72.35 \pm 1.09 ^{Aa}	77.40 \pm 1.09 ^{Bc}	66.72 \pm 2.64 ^a	60.16 \pm 3.82 ^{Aa}	57.87 \pm 2.05 ^{Ab}
7	67.01 \pm 1.49 ^{Cc}	72.40 \pm 1.22 ^{Cd}	60.27 \pm 2.90 ^c	51.94 \pm 3.83 ^{Bcd}	44.79 \pm 2.94 ^{Cd}
8	72.07 \pm 1.22 ^{Aa}	76.81 \pm 1.27 ^{Aab}	64.56 \pm 1.47 ^{ab}	57.91 \pm 5.62 ^{ABab}	62.14 \pm 2.88 ^{Aa}
P 值					
AP	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
ME	0.022	0.086	0.004	0.099	0.593
Pe	0.099	0.667	0.172	0.000	0.000
AP \times ME	0.238	0.851	0.979	0.703	0.002
Pe \times ME	0.000	0.005	0.147	0.053	0.000
AP \times Pe	0.650	0.976	0.170	0.357	0.195
AP \times ME \times Pe	0.361	0.634	0.219	0.427	0.209

注: 同行数据肩标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

表 4 不同能量、有效磷及植酸酶水平对肉鸡氨基酸表现回肠利用率的影响 %

氨基酸	处理组							
	1	2	3	4	5	6	7	8
天门冬氨酸	85.13±2.50 ^{ab}	79.79±4.68 ^{bc}	76.45±3.71 ^c	79.66±2.26 ^{bc}	86.03±0.97 ^a	83.49±3.43 ^{ab}	68.94±2.44 ^{bc}	79.64±6.31 ^{bc}
苏氨酸	79.82±4.07 ^{ab}	74.89±5.18 ^{bc}	72.48±3.70 ^c	74.68±3.00 ^{bc}	80.87±1.05 ^a	79.24±2.53 ^{ab}	74.37±2.51 ^{bc}	76.32±4.86 ^{abc}
丝氨酸	83.38±3.24 ^a	81.06±3.18 ^{ab}	75.91±2.75 ^b	78.26±3.19 ^{ab}	82.84±0.99 ^a	82.38±3.75 ^a	79.06±3.07 ^{ab}	79.71±5.77 ^{ab}
谷氨酸	89.73±1.83 ^a	84.58±4.58 ^{ab}	81.79±3.89 ^b	85.17±1.92 ^{ab}	90.46±0.87 ^a	88.16±3.25 ^a	84.71±2.07 ^{ab}	84.96±6.18 ^{ab}
甘氨酸	82.67±3.45 ^{ab}	76.23±6.15 ^{cd}	74.38±3.94 ^d	77.54±2.42 ^{bcd}	83.75±1.36 ^a	81.50±2.40 ^{abc}	76.93±1.81 ^{bcd}	78.05±5.46 ^{abcd}
丙氨酸	87.60±2.53 ^{ab}	81.60±5.68 ^{cd}	79.68±3.79 ^d	82.64±2.26 ^{bcd}	88.64±1.11 ^a	86.67±2.56 ^{abc}	82.09±1.52 ^{bcd}	83.58±5.34 ^{abcd}
缬氨酸	84.46±3.34 ^{ABab}	75.93±7.58 ^{Bl}	76.29±3.20 ^{Bl}	78.50±2.10 ^{ABbcd}	86.27±1.08 ^{Aa}	83.05±2.66 ^{ABabc}	76.95±0.97 ^{Bcd}	79.56±5.75 ^{ABbcd}
蛋氨酸	88.80±3.54	87.71±2.40	85.24±2.28	87.26±2.73	86.48±1.22	87.87±3.55	86.84±5.01	89.38±1.89
异亮氨酸	85.56±2.79 ^{ABab}	76.60±5.94 ^{Cl}	76.77±3.70 ^{Cl}	79.48±2.60 ^{ABbcd}	87.13±1.15 ^{Aa}	83.85±2.97 ^{ABabc}	78.36±1.19 ^{BCcd}	80.79±6.46 ^{ABbcd}
亮氨酸	86.42±2.76 ^a	80.64±5.05 ^{ab}	78.00±3.45 ^b	84.27±8.39 ^{ab}	87.41±1.11 ^a	85.13±3.04 ^{ab}	80.58±1.78 ^{ab}	82.14±5.95 ^{ab}
酪氨酸	81.60±4.82 ^{Aa}	74.32±4.90 ^{Bb}	76.04±2.29 ^{ABb}	77.41±1.59 ^{ABab}	81.65±2.02 ^{Aa}	81.93±2.37 ^{Aa}	75.05±2.86 ^{ABb}	78.65±3.93 ^{ABab}
苯丙氨酸	85.14±3.00 ^{ab}	80.10±4.73 ^{bc}	77.49±2.61 ^c	80.36±2.04 ^{abc}	85.88±1.20 ^a	83.94±3.27 ^{ab}	79.62±1.62 ^{bc}	80.61±5.81 ^{abc}
赖氨酸	88.79±2.04 ^{ab}	84.07±4.21 ^{bc}	82.74±2.71 ^c	84.41±2.18 ^{abc}	89.37±0.98 ^a	87.56±2.89 ^{abc}	84.62±1.92 ^{abc}	85.36±4.99 ^{abc}
组氨酸	87.81±2.76 ^{ab}	83.08±4.74 ^{abc}	79.86±2.90 ^c	83.91±1.81 ^{abc}	88.20±1.11 ^a	86.95±2.28 ^{ab}	83.77±1.33 ^{abc}	82.82±4.96 ^{bc}
精氨酸	90.48±2.08 ^a	85.51±4.36 ^{ab}	83.37±3.04 ^b	87.04±1.76 ^{ab}	90.37±0.99 ^a	89.45±3.04 ^a	86.22±2.04 ^{ab}	86.07±5.90 ^{ab}
脯氨酸	84.91±3.23 ^{ABab}	79.07±5.93 ^{ABbc}	75.40±4.31 ^{ABc}	79.33±2.55 ^{ABbc}	86.27±0.89 ^{Aa}	83.54±2.91 ^{ABab}	78.86±2.27 ^{Bbc}	78.96±5.97 ^{ABbc}
必需氨基酸	85.60±3.01 ^a	79.92±4.89 ^{bc}	78.42±2.83 ^c	81.35±2.72 ^{abc}	86.13±1.05 ^a	84.59±2.52 ^{ab}	80.30±2.00 ^{bc}	81.80±5.05 ^{bc}
非必需氨基酸	86.15±2.62 ^{ab}	81.22±4.75 ^{abc}	77.85±3.65 ^c	81.01±2.41 ^{bc}	86.85±0.95 ^a	84.85±3.11 ^{ab}	80.73±2.24 ^{bc}	81.37±5.88 ^{abc}
总氨基酸	85.77±2.89 ^{ab}	80.33±4.84 ^{bc}	78.24±3.07 ^c	81.24±2.62 ^{abc}	86.35±1.01 ^a	84.67±2.70 ^{ab}	80.44±2.06 ^{bc}	81.66±5.31 ^{abc}

表 5 不同能量、有效磷及植酸酶水平对肉鸡氨基酸表现回肠利用率的影响的显著性

氨基酸	处理			P			
	AP	ME	Pe	AP×ME	AP×Pe	ME×Pe	AP×ME×Pe
天门冬氨酸	0.447	0.001	0.181	0.031	0.959	0.683	0.311
苏氨酸	0.639	0.003	0.092	0.046	0.553	0.716	0.491
丝氨酸	0.964	0.002	0.283	0.250	0.972	0.444	0.475
谷氨酸	0.445	0.003	0.167	0.034	0.953	0.749	0.236
甘氨酸	0.413	0.003	0.088	0.022	0.691	0.540	0.250
丙氨酸	0.480	0.003	0.067	0.019	0.607	0.581	0.274
缬氨酸	0.228	0.003	0.069	0.007	0.319	0.212	0.390
蛋氨酸	0.269	0.626	0.719	0.331	0.491	0.183	0.652
异亮氨酸	0.202	0.003	0.040	0.004	0.328	0.284	0.282
亮氨酸	0.971	0.032	0.364	0.021	0.850	0.440	0.212
酪氨酸	0.671	0.015	0.105	0.018	0.048	0.129	0.269
苯丙氨酸	0.519	0.002	0.158	0.032	0.803	0.648	0.307
赖氨酸	0.341	0.006	0.117	0.046	0.646	0.773	0.375
组氨酸	0.508	0.001	0.114	0.046	0.729	0.741	0.061
精氨酸	0.612	0.009	0.227	0.053	0.961	0.675	0.100
脯氨酸	0.418	0.001	0.117	0.031	0.897	0.623	0.218
必需氨基酸	0.551	0.005	0.116	0.019	0.564	0.539	0.239
非必需氨基酸	0.535	0.001	0.141	0.041	0.937	0.830	0.283
总氨基酸	0.544	0.003	0.123	0.024	0.677	0.628	0.251

组、低磷低能组添加植酸酶后 GE 利用率平均分别提高了 -1.58%、2.52%、0.36%、2.91%;CP 消化率分别提高了 2.77%、3.05%、0、2.93%;Ca 利用率分别提高了 0.08%、12.74%、11.00%、6.82%;P 利用率分别提高了 0.29%、16.58%、10.97%、20.66%;TAA 表观回肠利用率分别提高了 0.68%、2.95%、1.64%、0.52%;从多数指标总的来看,与对照组相比,低营养水平下肉鸡饲料添加植酸酶改善的幅度较大,这表明低营养水平下肉鸡饲料添加植酸酶作用效果更好。从加酶总的效果来看,加酶较未加酶 Ca、P 的利用率分别提高了 8.55%、8.61% ($P < 0.01$),GE、CP、TAA 利用率分别提高了 0.31%、1.49%、2.32% ($P > 0.05$)。这与前人研究结果基本一致,只是提高的幅度有些差异。

添加植酸酶可以提高饲料的消化率和代谢率,原因可能是植酸盐能够与胃肠道中蛋白分解酶(如胃蛋白酶、胰蛋白酶)结合形成复合物,还可络合淀粉酶、脂肪酶,从而降低消化酶的活性,添加植酸酶可提高消化酶的活性,改善有机物及能量消化率。同时,磷和蛋白质利用率的改善相应会提高能量代谢率,因为磷是能量代谢的参与者,是 ATP、磷酸肌酸的组成成分,而蛋白质利用率的提高将减少氨基酸分解代谢和尿素形成与排泄的能量消耗量^[4]。本试验没有发现植酸酶对能量利用率的显著改善,原因尚不清楚。

植酸酶的显著特性就是能够降解植物性饲料中的植酸盐,解除植酸盐对营养素和一些消化酶的螯合作用,从而促进动物机体对营养物质的吸收,提高养分利用率。本试验表明,饲料添加植酸酶提高了 Ile ($P < 0.05$) 和 Thr、Gly、Ala、Val ($P < 0.10$) 及 EAA、NEAA、TAA ($P > 0.05$) 表观回肠利用率,这已得到很多试验证实^[2,4,5],只是提高的氨基酸种类和提高的幅度有些差异。但是一些研究表明,添加植酸酶对氨基酸表观回肠利用率没有影响^[6]。还有另外一些研究则表明,添加植酸酶只对一些氨基酸的表观回肠利用率有影响。产生这些差异的原因可能与动物因素、日粮氨基酸种类^[5]、蛋白质氨基酸的水平^[7]、植酸与蛋白的结合程度^[4]、日粮植酸酶活性和植酸盐含量^[7]及酶的添加量有关。

本试验低能组添加植酸酶,除 Ca 的利用率提高了 8.50% 外,其余指标均有不同程度下降,原因可能是本试验对照组日粮代谢能设计为 11.90 MJ/kg,与

NRC(1994)推荐量 13.39 MJ/kg 相差太多,在此基础设计的低能组代谢能为 11.70 MJ/kg,而低能组的蛋白含量并未随之减少,导致日粮能量浓度下降及能量和蛋白质比例不当,这会影响营养物质利用率^[8],从而影响了植酸酶的作用效果。从因素分析来看,降低能量水平降低了 CP ($P < 0.01$)、DM ($P < 0.05$)、GE 和 Ca ($P < 0.10$) 的利用率,也说明了这一点。本试验饲料降低 AP 后极显著提高了 ($P < 0.01$) DM、GE、CP、Ca、P 的利用率,这与理论不相符。而造成低磷低能饲料 P 的利用率极显著高于高磷低能饲料的原因也主要与此有关,目前尚不清楚本试验低 AP 提高养分利用率的原因。

4 结 论

饲料添加植酸酶可以提高肉鸡的养分利用率,但对能量利用率没有显著影响 ($P > 0.05$);低营养水平饲料添加植酸酶作用效果更好。

参考文献:

- [1] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测[M]. 北京:北京农业大学出版社, 1993.
- [2] Rutherford S M, Chung T K, Morel P C H, *et al.* Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytase phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers[J]. *Poult Sci*, 2004, 83(1): 61-68.
- [3] Brody T. Nutrition Biochemistry[M]. Academic Press, Inc, 1994.
- [4] Ravindran V, Cabahug S, Ravindran G, *et al.* Influence of microbial phytase on apparent ideal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers[J]. *Poult Sci*, 1999, 78 (5): 699-706.
- [5] Yi Z, Kornegay E T, Ravindran V. Effectiveness of Natuphos R phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in soybean meal based semi-purified diets for young pigs[J]. *J Anim Sci*, 1996, 74(7): 1601-1611.
- [6] Newkirk R W, Classen H L. The effects of dietary xylanase, phytase and phosphorus on the performance of laying hens[J]. *Poult Sci*, 1996, 75(Suppl): 17.
- [7] Mohammed A, Gibney M Taylor J T G. The effect of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on digestibility of phytate P by the chick[J]. *Bri J Nut*, 1991, 66(2): 251-259.
- [8] Qian H E, Kornegay T. Effects of supplemental phytase and histological, mechanical and chemical traits of tibia and performance of turkeys fed on soybean meal based on semi-purified diets high in phytate phosphorus[J]. *Bri J Nutri*, 1996, 76: 263-272.
- [9] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.