

添加复合酶和制粒对肉鸡次粉-杂粕-植酸酶型日粮主要养分利用率的影响

刘庆华, 聂芙蓉, 李梦云, 李艳红

(郑州牧业工程高等专科学校 畜牧系, 河南 郑州 450011)

【摘要】 **【目的】**研究复合酶对粉状及颗粒状次粉-杂粕-植酸酶型日粮能量及养分利用率的影响,为复合酶在肉鸡饲料中的合理应用提供依据。**【方法】**选择健康、体质量 1.8~2.0 kg 的黄羽公鸡 20 只,随机分成 4 组,每组 5 只,一组为内源组,其余 3 组分别强饲次粉-杂粕-植酸酶型基础日粮的粉料(对照组)、基础日粮+0.25 kg/t 复合酶的粉料和基础日粮+0.25 kg/t 复合酶的颗粒料。收集强饲后 36 h 内的排泄物,测定有机物(OM)、Ca、P、粗蛋白(CP)和氨基酸利用率以及代谢能。**【结果】**(1)日粮中添加复合酶可显著提高黄羽公鸡对 OM、Ca、P、CP、总氨基酸的表现利用率和真利用率、表观代谢能(AME)和真代谢能(TME);(2)与粉料相比,颗粒料使黄羽公鸡对 OM、Ca、P、CP 的表现利用率和真利用率及 AME 和 TME 进一步提高($P<0.05$ 或 0.01),对总氨基酸表现利用率和真利用率有提高趋势,但差异不显著($P>0.05$)。**【结论】**添加复合酶和制粒可显著提高肉鸡对次粉-杂粕-植酸酶型日粮能量及主要养分的利用率。

【关键词】 次粉-杂粕型日粮;复合酶;制粒;养分利用率;黄羽公鸡

【中图分类号】 S816.79 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2009)01-0005-06

Studies on utilization of main nutrients for meat chickens adding compound enzymes and pelleting

LIU Qing-hua, NIE Fu-rong, LI Meng-yun, LI Yan-hong

(Department of Animal Husbandry, Zhengzhou College of Animal Husbandry & Engineering, Zhengzhou, He'nan 450011, China)

Abstract: **【Objective】** This research studied the effects of compound enzymes and pelleting in the wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diet on energy and utilization of nutrients for yellow cocks with a view to get a proof of the rational application of compound enzymes in the feed. **【Method】** 20 cocks of 1.8-2.0 kg were divided into 4 groups. There were 5 cocks in each group, one group was endogenous, the remaining three groups were fed the basic diet Powdery (the control group), the basic diet +0.25 kg/t of the compound enzymes powdery and basic diet +0.25 kg/t of the compound enzymes pellet. The utilization of organic matter, Ca, P, CP, amino acid and metabolizable energy were determined. **【Result】** (1) Compound enzymes used in the diet increased the apprent/true utilization of OM, Ca, P, CP, TAA and AME, TME ($P<0.05$ or 0.01) significantly; (2) Compared with the powder, pellet increased significantly the apparent/true utilization of OM, Ca, P, CP, AME, TME ($P<0.05$ or 0.01) for yellow cocks, and had a trend of increasing the apparent and true utilization of the total amino acid, but no significant difference ($P>0.05$). **【Conclusion】** Compound enzyme and pelleting can increase the utilization of main nutrients in the broiler's wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diet significantly.

* **【收稿日期】** 2008-02-03
【基金项目】 河南省杰出人才创新基金(012100030)
【作者简介】 刘庆华(1965—),男,河南邓州人,副教授,硕士,主要从事动物营养与饲料学研究。
【通信作者】 李梦云(1970—),女,湖北监利人,讲师,博士,主要从事动物营养与饲料学研究。

Key words: wheat middling and reddog-miscellaneous meal diet; compound enzyme; pelleting; utilization of nutritient; yellow cock

非淀粉多糖(NSP)和植酸是植物性饲料的主要抗营养因子。家禽对 NSP 和植酸磷的消化利用率分别仅为 5%~20%和 0~30%^[1]。随着玉米、豆粕等常规饲料原料供应逐渐短缺与价格上涨,人们期望在日粮中使用多量次粉和杂粕,但这二者含有较多的 NSP 和植酸,影响营养物质的利用。目前应用 NSP 酶改善家禽对饲料养分利用率的研究,主要集中在传统的玉米-豆粕型日粮上^[2-6],对次粉-杂粕型日粮作用效果的研究鲜有报道。为此,本研究以黄羽公鸡为试验动物,研究以 NSP 酶为主的复合酶对粉状和颗粒状次粉-杂粕-植酸酶型日粮养分利用率的影响,以期复合酶在肉鸡饲料中的合理应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

健康、体质量 1.8~2.0 kg 的黄羽公鸡 30 只,由河南地方良种鸡场提供。试验前 10 d,安装排泄物

收集器,并观察 1 周,从中挑选出 20 只供试验用。

1.2 复合酶

供试复合酶由溢多利公司提供,酶活性实测值为:木聚糖酶 20 000 U/g,β-葡聚糖酶 25 000 U/g,纤维素酶 6 500 U/g,酸性蛋白酶 3 000 U/g,中性蛋白酶 1 500 U/g,淀粉酶 3 500 U/g,β-甘露糖酶 3 500 U/g,果胶酶 2 400 U/g。

1.3 基础日粮组成及其营养水平

参照中国肉鸡饲养标准(NY/T33-2004)配制基础日粮,其组成与营养水平见表 1。

1.4 试验设计

1.4.1 试验分组 将 20 只鸡随机分为 4 组,每组 5 个重复,单笼饲养,其中一组为内源组,用于测定内源排泄量,其余 3 组分别饲喂基础日粮的粉料(对照组)、基础日粮+0.25 kg/t 复合酶的粉料和基础日粮+0.25 kg/t 复合酶的颗粒料。颗粒料制粒参数:3.0 个大气压,调质时间 15 s,出料口温度 70~80 ℃。

表 1 次粉-杂粕-植酸酶型基础日粮的组成及其营养水平

Table 1 Composition and nutrition levels of the wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase basic diet

组分 Ingredient	质量分数/% Percent	营养水平(实测值) Nutrition level(analyzed)	含量 Content
玉米 Corn	36.9	代谢能/(MJ·kg ⁻¹) ME	12.54
次粉 Wheat middling and reddog	41.2	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) CP	174.2
油 Lipid	3.0	Ca/(g·kg ⁻¹)	7.5
豆粕 Soybean meal	8.0	P/(g·kg ⁻¹)	4.8
芝麻粕 Sesame meal	4.0	赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lys	8.5
棉粕 Cotton seed mea	3.6	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Met	3.4
石粉 Limestone	1.3	蛋氨酸+胱氨酸/(g·kg ⁻¹) Met+Cys	6.6
磷酸氢钙 CaHPO4	0.7	苏氨酸/(g·kg ⁻¹) Thr	6.4
食盐 Salt	0.35	精氨酸/(g·kg ⁻¹) Arg	11.1
50%氯化胆碱 Choline chloride	0.01	亮氨酸/(g·kg ⁻¹) Leu	12.8
98%赖氨酸盐酸盐 Lys. HCl	0.18	异亮氨酸/(g·kg ⁻¹) Ile	6.4
99%蛋氨酸 Met	0.09	苯丙氨酸/(g·kg ⁻¹) Phe	7.4
99%苏氨酸 Thr	0.07	苯丙氨酸+酪氨酸/(g·kg ⁻¹) Phe+Tyr	12.0
预混料 Premix	0.6	组氨酸/(g·kg ⁻¹) His	4.9
合计 Total	100	缬氨酸/(g·kg ⁻¹) Val	8.5

注:预混料向每 kg 日粮提供:Cu 8 mg,Zn 80 mg,Fe 110 mg,Mn 100 mg,Se 0.2 mg,I 0.4 mg,V_A 12 500 IU,V_{D₃} 2 800 IU,V_E 20 mg,V_{K₃} 2.5 mg,V_{B₁} 2 mg,V_{B₂} 8 mg,V_{B₆} 3 mg,V_{B₁₂} 0.01 mg,生物素 0.05 mg,叶酸 1.3 mg,泛酸 12 mg,烟酸 50 mg,植酸酶 700 U。

Note:The premix provider to per kg diet: Cu 8 mg,Zn 80 mg,Fe 110 mg,Mn 100 mg,Se 0.2 mg,I 0.4 mg,V_A 12 500 IU,V_{D₃} 2 800 IU,V_E 20 mg,V_{K₃} 2.5 mg,V_{B₁} 2 mg,V_{B₂} 8 mg,V_{B₆} 3 mg,V_{B₁₂} 0.01 mg,Biotin 0.05 mg,Folacin 1.3 mg,Pantothenic acid 12 mg,Niacin 50 mg,Phytase 700 U。

1.4.2 代谢试验 采用强饲法。预试期 2 周,饲喂肉鸡全价配合料,预试期结束时饲喂 1 次待测试验日粮后禁食 48 h,禁食期内自由饮水。正试期除内源组禁食外,其他 3 组分别强饲对应的试验日粮 40

g/只。收集强饲后 36 h 内的排泄物,每 12 h 收集 1 次。按 100 g 排泄物滴加体积分数 10%硫酸 5 mL 的比例处理排泄物,置 0~4 ℃条件下保存。将处理好的排泄物样品于 60~70 ℃烘干,粉碎后过 0.36

mm 筛供分析用。

1.5 检测指标与方法

日粮和排泄物中有机物、Ca、P、CP 分别按 GB/T6438-92、GB/T6436-2002 EDTA 法、GB/T6437-2002 钼黄法、GB/T6432-94 凯氏定氮法测定;17 种氨基酸含量用 MAFICL-8800 氨基酸自动分析仪测定;能量用 XRY-1A 数显氧弹式热量计测定。计算有机物、Ca、P、CP、氨基酸表观利用率与真利用率,以及表观代谢能(AME)和真代谢能(TME)。

养分表观利用率/%=((采食养分量-粪尿排泄养分量)/采食养分量)×100%;

养分真利用率/%=((采食养分量-粪尿排泄养分量+内源粪尿排泄养分量)/采食养分量)×100%。

1.6 数据处理

试验数据用 SPSS11.5 软件进行统计分析,结

表 2 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮钙、磷利用率的影响

Table 2 Effects of compound enzymes and pelleting on utilization of Ca and P for wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diets used in yellow cocks %

项目 Item	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group
钙表观利用率 Apparent utilization of Ca	58.26±1.09 Aa	63.06±1.52 b	67.19±1.25 Bc
钙真利用率 True utilization of Ca	70.96±0.73 Aa	76.42±1.31 b	79.89±0.55 Bc
磷表观利用率 Apparent utilization of P	61.94±1.36 A	69.09±2.12 Ba	72.76±0.81 Bb
磷真利用率 True utilization of P	69.83±0.95 A	76.98±1.54 Ba	79.84±1.01 Bb

注:同行数据后标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$);标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Values with different superscripts of capitalized letters are extremely different($P<0.01$), values with different superscripts of small letters significantly different($P<0.05$). The same below.

2.2 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮代谢能和有机物利用率的影响

由表 3 可知,向粉状和颗粒状次粉-杂粕-植酸酶型日粮中添加复合酶后,黄羽公鸡对有机物的表观利用率较对照分别提高了 3.07% ($P<0.05$) 和

果以“平均数±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮钙、磷利用率的影响

由表 2 可以看出,向次粉-杂粕-植酸酶型日粮的粉状和颗粒状日粮中添加复合酶后,黄羽公鸡对 Ca 的表观利用率、真利用率分别较对照提高了 8.24%,7.69% 和 15.33%,12.58%,差异达显著 ($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$);对 P 的表观利用率、真利用率分别较对照提高了 11.54%,10.24%和 17.47%,14.33%,差异均达极显著水平 ($P<0.01$);与粉料相比,颗粒料使黄羽公鸡对 Ca、P 的表观利用率、真利用率进一步提高,差异达显著水平($P<0.05$)。

6.41% ($P<0.01$);AME 和 TME 分别较对照提高了 2.23%,3.06%和 5.58%,7.25%,差异均达显著水平($P<0.05$);与粉料相比,颗粒料使黄羽公鸡对有机物表观利用率及 AME 和 TME 进一步提高,差异均达到显著水平($P<0.05$)。

表 3 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮代谢能和有机物利用率的影响

Table 3 Effects of compound enzymes and pelleting on utilization of OM and metabolizable energy for wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diets used in yellow cocks

项目 Item	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group
有机物表观利用率/% Apparent utilization of OM	74.69±0.79 Aa	76.98±1.35 b	79.48±0.94 Bc
表观代谢能/(MJ·kg ⁻¹)AME	12.54±0.22 a	12.82±0.11 b	13.24±0.16 c
真代谢能/(MJ·kg ⁻¹)TME	13.38±0.29 a	13.79±0.23 b	14.35±0.25 c

2.3 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮 CP 和氨基酸利用的影响

由表 4 可看出,向次粉-杂粕-植酸酶型日粮的粉状和颗粒料中添加复合酶后,黄羽公鸡对 CP 的表观利用率、真利用率分别较对照提高了 10.47%,

7.23%和 19.29%,13.29%,差异达显著 ($P<0.05$)或极显著 ($P<0.01$)水平;对总氨基酸表观利用率、真利用率分别较对照提高了 3.89%,3.61%和 5.69%,4.74%,差异均达极显著水平($P<0.01$)。

表 4 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮中粗蛋白质、总氨基酸利用率的影响

Table 4 Effects of compound enzymes and pelleting on utilization of CP and TAA for wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diets used in yellow cocks %

项目 Item	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group
粗蛋白质表观利用率 Apparent utilization of CP	52.92±1.44 Aa	58.46±2.05 b	63.13±0.67 Bc
粗蛋白质真利用率 True utilization of CP	76.88±1.15 Aa	82.44±2.81 b	87.10±1.62 Bc
总氨基酸表观利用率 Apparent utilization of TAA	79.68±0.19 A	82.78±1.06 Ba	84.21±0.57 Ca
总氨基酸真利用率 True utilization of TAA	85.7±0.17 A	88.80±1.18 Ba	89.77±0.28 Ca

从黄羽公鸡对日粮中 17 种氨基酸利用率的变化(表 5、表 6)可以看出,Asp、Glu、Ser、Arg、Gly、Thr、Pro、Val、Cys、Phe 和 Tyr 11 种氨基酸的表观利用率、真利用率均较对照组提高,差异达到显著($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$);Ala 和 Met 2 种氨基酸的表观利用率、真利用率均与对照组差异不显著($P>0.05$);在添加复合酶的粉料中,Leu、Ile、His 和 Lys 的表观利用率、真利用率较对照有改

善的趋势,但差异不显著($P>0.05$),而在颗粒料中较对照显著提高($P<0.05$)。

由表 5、表 6 可知,添加复合酶的颗粒料与粉料比较,粗蛋白质利用率进一步提高,差异达显著水平($P<0.05$),总氨基酸及除 Gly、Thr、Tyr 外的 14 种氨基酸利用率有增加趋势,但差异均未达到显著水平($P>0.05$)。

表 5 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮中 17 种氨基酸表观利用率的影响

Table 5 Effects of compound enzymes and pelleting on apparent utilization of 17 Amino Acids for wheat middling and reddog -miscellaneous meal-phytase diets used in yellow cocks %

指标 Index	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group	指标 Index	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group
天冬氨酸 Asp	74.98±3.36 Aa	79.99±4.33 b	81.65±3.75 Bb	蛋氨酸 Met	84.32±2.44 a	83.33±3.57 a	85.27±3.89 a
谷氨酸 Glu	83.77±2.30 Aa	87.98±2.29 b	90.03±1.76 Bb	胱氨酸 Cys	65.28±6.13 A	85.21±3.40 Ba	87.0±2.22 Ba
丝氨酸 Ser	70.14±3.87 A	78.25±3.81 Bb	81.96±2.33 Bb	亮氨酸 Leu	80.64±2.07 a	83.26±3.40 ab	85.46±3.21 b
精氨酸 Arg	83.28±2.06 A	88.3±1.60 Bb	88.31±1.78 Bb	异亮氨酸 Ile	77.45±3.10 a	80.04±4.23 ab	81.99±4.38 b
甘氨酸 Gly	34.16±13.83 A	60.8±4.83 Ba	57.15±5.48 Ba	苯丙氨酸 Phe	80.24±2.5 Aa	84.43±2.53 b	85.67±2.86 Bb
苏氨酸 Thr	69.68±4.78 A	79.99±4.75 Ba	79.68±3.53 Ba	组氨酸 His	84.68±1.30 a	87.17±2.69 ab	87.89±2.27 b
脯氨酸 Pro	77.96±2.49 A	83.68±2.31 Bb	86.04±1.43 Bb	赖氨酸 Lys	76.48±3.11 a	78.89±3.76 ab	83.05±4.1 b
丙氨酸 Ala	75.08±2.86 a	76.27±5.29 a	78.54±6.0 a	酪氨酸 Tyr	77.96±3.15 a	82.60±3.13 b	81.83±3.13 b
缬氨酸 Val	75.56±2.63 a	80.16±4.12 b	81.13±3.87 b				

表 6 复合酶对次粉-杂粕-植酸酶型日粮 17 种氨基酸真利用率的影响

Table 6 Effects of compound enzymes and pelleting on true utilization of 17 Amino Acids for wheat middling and reddog-miscellaneous meal-phytase diets in yellow cocks %

指标 Index	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group	指标 Index	对照组 Control	粉料组 Mash group	颗粒组 Pellet group
天冬氨酸 Asp	81.63±1.06 Aa	85.19±2.33 b	87.4±1.56 Bb	蛋氨酸 Met	90.62±2.40 a	89.33±1.57 a	91.57±3.09 a
谷氨酸 Glu	87.45±2.10 Aa	91.07±1.27 b	93.10±0.76 Bb	胱氨酸 Cys	76.28±3.13 A	93.46±1.40 Bb	96.43±1.22 Bb
丝氨酸 Ser	78.14±2.27 A	85.00±1.18 Bb	88.82±2.03 Bb	亮氨酸 Leu	85.87±1.17 a	87.83±3.02 ab	90.03±2.21 b
精氨酸 Arg	88.24±2.02 A	92.14±1.64 Bb	92.57±1.08 Bb	异亮氨酸 Ile	84.11±2.19 a	85.58±1.23 ab	87.80±3.48 b
甘氨酸 Gly	49.25±3.83 A	73.86±2.38 Bb	70.88±2.36 Bb	苯丙氨酸 Phe	85.86±2.45 Aa	88.82±1.53 b	90.41±2.68 Bb
苏氨酸 Thr	77.30±2.75 A	86.71±3.05 Bb	86.82±1.35 Bb	组氨酸 His	89.20±1.29 a	91.10±2.45 ab	91.70±2.07 b
脯氨酸 Pro	83.33±1.49 A	88.45±1.32 Bb	91.37±0.93 Bb	赖氨酸 Lys	82.90±3.15 a	84.72±2.17 ab	88.68±3.10 b
丙氨酸 Ala	82.06±2.17 a	82.40±2.59 a	84.81±3.20 a	酪氨酸 Tyr	86.32±2.85 a	89.48±3.03 b	89.46±1.13 b
缬氨酸 Val	83.08±3.26 a	86.61±2.12 b	87.72±2.76 b				

3 讨 论

3.1 添加复合酶和制粒对饲料中植酸酶作用效果的影响
本试验发现,在次粉-杂粕-植酸酶型日粮中加

入以 NSP 酶为主的复合酶,可以进一步提高黄羽公鸡对磷的利用率,这与徐建雄等^[2]、彭玉麟等^[3]、易中华等^[5]、Zyla 等^[7]的研究结果基本一致。本试验粉料中添加复合酶后,黄羽公鸡对磷利用率的提高幅度比文献[2-3,5]报道的结果高,而且制粒使黄羽

公鸡对磷的利用率进一步提高。其原因可能是:植酸脱磷酸化不仅依赖于植酸酶的活性,还依赖于植酸酶与植酸的接触程度。植酸常常与 β -1,4-葡聚糖、木聚糖、果胶交织或掩蔽在一起构成支架,将植酸限制在狭小的范围内,使植酸酶的作用不能充分发挥^[8]。添加复合酶使肠道食糜粘度降低、植物细胞壁部分破裂,这可能为植酸酶与植酸的接触提供了通道,加速了植酸和植酸复合物脱磷酸化^[7]。本试验日粮中 NSP 含量高,对植酸酶的抑制作用强,因而加入复合酶后,钙、磷利用率提高幅度更大。本试验发现,制粒使黄羽公鸡对钙、磷的利用率进一步提高,其原因是制粒的物理作用与复合酶化学作用协同,使植物细胞结构得到更充分的破坏,导致钙、磷的利用率进一步提高。结果提示,生产中植酸酶与复合酶联合使用并制粒,可以进一步降低饲料中无机磷的添加量。

3.2 添加复合酶和制粒对次粉-杂粕-植酸酶型日粮代谢能的影响

本试验结果显示,次粉-杂粕-植酸酶型日粮中添加复合酶显著提高了肉鸡日粮 AME 和 TME ($P<0.05$),这与其他学者在玉米-豆粕型日粮中添加复合酶得出的结果一致^[3,9-10];肉鸡对添加复合酶颗粒料的 TME 较粉料进一步增加($P<0.05$),这与倪志勇^[10]的结论一致。本试验的制粒条件与倪志勇^[10]的基本一致,说明 3~3.5 个大气压、调质 15 s、出料口温度 70~80 °C 的制粒条件能保证外源酶的活性,可消除部分 NSP 的抗营养作用。另外,制粒可使蛋白质变性,淀粉糊化^[11-12],有利于消化酶的消化。本试验结果提示,生产中使用高量次粉代替玉米,通过添加复合酶并在适宜的条件下制粒,不仅能有效地提高 ME,而且可降低高量次粉对肉鸡采食量的影响。

3.3 添加复合酶和制粒对次粉-杂粕-植酸酶型日粮粗蛋白质和氨基酸利用率的影响

关于复合酶对肉鸡植酸酶日粮蛋白质利用率的影响结果不尽一致。彭玉麟等^[3]研究发现,在植酸酶日粮的基础上添加复合酶,肉鸡对饲料中蛋白质的利用率无显著改善,而易中华等^[5]、宋士杰^[13]的研究结果表明,肉鸡对饲料中蛋白质的利用率得到显著提高,这与本试验结果相吻合。出现上述相反结果的原因,可能与试验日粮抗营养因子种类、复合酶的酶谱有关。彭玉麟等^[3]所用酶缺乏降解试验日粮主要抗营养因子——木聚糖的酶,同时不含蛋白酶,而本试验与易中华等^[5]使用的酶主要由 NSP 酶

与蛋白酶组成,NSP 酶的种类与作用底物相对应,有效地解除了 NSP 对胃蛋白酶、胰蛋白酶的抑制作用^[14-15],并破坏了植物细胞壁的结构,使被包围的蛋白质得以释放,从而显著提高了蛋白质的利用率($P<0.05$)。

本试验结果显示,添加复合酶的粉料制粒后,肉鸡对饲料中蛋白质的利用率进一步提高($P<0.05$),与倪志勇^[10]的研究结果相同。其原因可能是,加热引起蛋白质肽链结构伸展疏松,增加了与酶的接触机会,从而更易为酶水解^[12]。

关于复合酶改善肉鸡对饲料中氨基酸利用率的研究报道较少。袁中彪^[16]在粉料中添加以 NSP 为主的复合酶,提高了肉鸡对饲料中总氨基酸及部分氨基酸的利用效率。本试验结果表明,在粉料或颗粒料中使用复合酶,均可显著或极显著提高肉鸡对饲料中总氨基酸及绝大部分单个氨基酸的表观利用率和真利用率,但单个氨基酸利用率提高幅度因种类不同而异。肉鸡对饲料中氨基酸利用率的提高,可能是加入的外源酶直接水解了肽链或增强了内源酶的活性所致,或者与制粒使蛋白质发生了变性有关,也可能是三者协同作用的结果。

[参考文献]

- [1] Malathi V, Devegowda G. *In vitro* evaluation of nonstarch polysaccharidase digestibility of feed ingredients by enzymes [J]. Poultry Sci, 2001, 80: 302-305.
- [2] 徐建雄, 崔立, 陈鲁勇, 等. 植酸酶和非淀粉多糖酶对肉鸡氮磷利用率的影响 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2002, 20(4): 291-295.
Xu J X, Cui L, Chen L Y, et al. Effect of phytase and NSP enzyme supplemented to corn-soybean diet on availability of nitrogen and phosphor for chickens [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Agriculture Science Edition, 2002, 20(4): 291-295. (in Chinese)
- [3] 彭玉麟, 易于明. 非淀粉多糖酶和植酸酶对肉鸡生长性能和养分利用性的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2002, 38(6): 3-5.
Peng Y L, Guo Y M. Effects of nonstarch polysaccharidase and phytase on the performance of broilers and utilization of nutrients [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2002, 38(6): 3-5. (in Chinese)
- [4] Olukosi O A, Cowieson A J, Adeola O. Age-Related influence of a cocktail of xylanase, Amylase, and protease or phytase Individually or in combination in Broilers [J]. Poultry Sci, 2007, 86: 77-86.
- [5] 易中华, 王晓霞, 计成, 等. 植酸酶和复合酶对肉鸡生产性能及氮、磷利用的影响 [J]. 家畜生态学报, 2005, 26(1): 43-48.
Yi Z H, Wang X X, Ji C, et al. Effects of phytase and compound enzymes on performance and utilization of nitrogen and phos-

phorus for meat chickens [J]. Journal of domestic animal ecology, 2005, 26(1): 43-48. (in Chinese)

[6] Juanpere J, Perez-Vendrell A M, Angulo E, et al. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers [J]. Poultry Sci, 2005, 84: 571-580.

[7] Zyla K, Koreleski J, Swiatkiewicz S, et al. Effect of phosphorolytic and cell wall-degrading enzymes on the performance of growing broilers fed wheat-based diets containing different calcium levels [J]. Poult Sci, 2000, 79: 66-76.

[8] 郭松林, 席峰. 植酸酶营养学研究近况 [J]. 国外畜牧学: 猪与禽, 2001(1): 24-27.

Guo S L, Xi F. The study of phytase in nutrition recently [J]. Animal study abroad: Pig and Poultry, 2001(1): 24-27. (in Chinese)

[9] Leslie M A, Moran E T, Bedford M R. The effect of phytase and gucanase on the ideal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers [J]. Poult Sci, 2007, 86: 2350-2357.

[10] 倪志勇. 粉料和颗粒料添加复合酶对肉鸡生产性能的影响 [D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2000.

Ni Z Y. Effects of compound enzymes in the mash and pellet on performance for meat chickens [D]. Yaan, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2000. (in Chinese)

[11] 杨红军, 时建忠, 顾宪红. 制粒和膨化对饲料营养成分的影响 [J]. 中国饲料, 2006(17): 32-35.

Yang H J, Shi J Z, Gu X H. Effects of pelleting and extruding on nutrition [J]. China Feed, 2006(17): 32-35. (in Chinese)

[12] 谢正军, 王炳德, 李彦炜, 等. 饲料制粒新技术 [J]. 饲料工业, 2002, 23(3): 7-11.

Xie Z J, Wang B D, Li Y W, et al. The new pelleting technology of feedstuff [J]. 2002, 23(3): 7-11. (in Chinese)

[13] 宋士杰. 植酸酶和复合酶对肉鸡生产性能及氮、磷利用的影响 [D]. 吉林延吉: 延边大学, 2006.

Song S J. Effects of phytase and compound enzymes on performance and utilization of nitrogen and phosphorus for meat chickens [D]. Yanji, Jilin: Yanbian University, 2006. (in Chinese)

[14] 王金全. 小麦非淀粉多糖的抗营养机理及木聚糖酶在肉仔鸡小麦日粮中的应用研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2004.

Wang J Q. Study on antinutritive mechanism of wheat NSP and application of xylanase supplementuted in wheat-based diet for broilers [D]. Beijing, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2004. (in Chinese)

[15] Ravindran V, Hew L I, Ravindran G, et al. Influence of xylanase supplementation on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility in a diet containing wheat and oats, and on the performance of three strains of broiler chickens [J]. Aust J Agric, 1999, 50: 1159-1165.

[16] 袁中彪. 纤维素复合酶、植酸酶和小麦酶对肉鸡生产性能和养分利用率的影响 [D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2001.

Yuan Z B. Effects of cellulase-preparation enzyme and phytase and wheat enzyme on performance of broilers and utilization of nutrients [D]. Yaan, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2001. (in Chinese)

(上接第 4 页)

[6] Ostu K, Khanna V K, Archibald A, et al. Cosegregation of porcine malignant hyperthermia and a probable causal mutation in the skeletal muscle ryanodine receptor gene in backcross families [J]. Genomics, 1991, 11: 744-750.

[7] 孙力. 陕北白绒山羊新品种 [J]. 中国畜牧业通讯, 2005(1): 75.

Sun L. Shaanbei white cashmere goat a new breed [J]. China Animal Husbandry Bulletin, 2005(1): 75. (in Chinese)

[8] 尤文秀. 陕北白绒山羊 [J]. 中国畜牧杂志, 2004, 40(5): 62.

You W X. Shaanbei white cashmere goat [J]. Chinese J Anim Sci, 2004, 40(5): 62. (in Chinese)

[9] 萨姆布鲁克 J, 拉塞尔 D W. 分子克隆实验指南 [M]. 3 版. 黄培堂, 译. 北京: 科学出版社, 2002: 483-485.

Sambrook J, Russell D W. Molecular Cloning: A Laboratory Manual [M]. 3rd Edition. Translated by Huang P T. Beijing: Science Press, 2002: 483-485. (in Chinese)

[10] Silva S R, Gomes M J, Dias-da-Silva A, et al. Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography [J]. J Anim Sci, 2005, 83: 350-357.

[11] 张沅. 家畜育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 99.

Zhang Y. Livestock breeding [M]. Beijing: Chinese Agricultural Publishing House, 2001: 99. (in Chinese)

[12] Knoll A, Stratil A, Nebola M, et al. Chrachaterization of a polymorphism in exon 1 of the Hormone-sensitive lipase (LIPe) gene [J]. Animal Genetics, 1998, 29: 460-477.

[13] 吴珍芳, 熊远著, Ha rb itz I, 等. 猪 *HSL* 基因 PCR-RFLP 多态性研究 [J]. 遗传学报, 2000, 27(8): 686-690.

Wu Z F, Xiong Y Z, Ha rb itz I, et al. Polymorphism of porcine hormone-sensitive lipase gene and sequencing the partial DNA fragments [J]. Acta Genetica Sinica, 2000, 27(8): 686-690. (in Chinese)

[14] 雷明刚, 吴珍芳, 邓昌彦. 不同品种猪 *HSL* 基因 5'-UTR 和外显子 1 片段的克隆测序及多态性分析 [J]. 遗传学报, 2005, 32(4): 354-359.

Lei M G, Wu Z F, Deng C Y, et al. Sequence and polymorphism analysis of porcine hormone-sensitive lipase gene 5'-UTR and exon [J]. J Genetics and Genomics, 2005, 32(4): 354-359. (in Chinese)

[15] Kazala E C, Jennifer L P, Fred J L, et al. Hormone-sensitive lipase activity in relation to fat content of muscle in Wagyu hybrid cattle [J]. Livestock Production Sci, 2003, 79: 87-96.