

小麦型日粮添加木聚糖酶对肉鸡生产性能和血液生化指标的影响

罗定媛¹, 杨凤霞¹, 张利敏¹, 姚军虎¹, 史宝军², 周镇锋², 王耀杰³

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 广东溢多利生物科技股份有限公司, 广东 珠海 519060;
3 深圳康达尔(高陵)饲料有限公司, 陕西 高陵 710200)

【摘要】【目的】研究不同剂量木聚糖酶对肉鸡生产性能和部分血液指标的影响,为木聚糖酶在家禽小麦型饲料中的应用提供理论依据。【方法】将 240 只 1 日龄爱拔益加肉仔鸡随机分为 4 个处理,每处理 5 个重复,每重复 12 只,研究含 400 g/kg 小麦的基础饲料中添加不同水平木聚糖酶(0,500,1 000,5 000 U/kg),对肉仔鸡生产性能及血液中葡萄糖、尿酸、胰岛素、胰岛素样生长因子 I (IGF-I) 的影响,试验分 1~21 d 和 22~42 d 两期进行。【结果】添加木聚糖酶不影响 1~21,22~42 及 1~42 d 肉仔鸡的体增质量、采食量及血液中葡萄糖、尿酸、胰岛素和 IGF-I 的含量($P>0.05$),但可显著改善 1~21 和 1~42 d 肉仔鸡的饲料转化率($P<0.05$)。【结论】添加低剂量(500 U/kg)木聚糖酶可显著提高肉仔鸡饲料转化率,高剂量(5 000 U/kg)木聚糖酶对肉仔鸡的生产性能和内分泌无改善作用,但也未产生负面生化效应。

【关键词】 木聚糖酶;小麦;肉鸡;生产性能;血液指标

【中图分类号】 S816.7

【文章标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)05-0053-06

Effects of xylanase on performance and blood biochemical parameters of broilers fed on wheat-based diets

LUO Ding-yuan¹, YANG Feng-xia¹, ZHANG Li-min¹, YAO Jun-hu¹,
SHI Bao-jun², ZHOU Zhen-feng², WANG Yao-jie³

(1 College of Animal Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; Guangdong VTR Bio-tech Co Ltd., Zhuhai, Guangdong 519060, China; 3 Shenzhen Kondarl (Gaoling) Feed Co Ltd., Gaoling, Shaanxi 710200, China)

Abstract: 【Objective】The trial was conducted to study the effects of supplementing different levels of xylanase on performance and blood parameters of broilers. 【Method】240 one-day-old broilers were randomly divided into 4 treatments, with 5 replicates of 12 broilers each. The wheat-based diets were supplemented with 0, 500, 1 000, 5 000 U/kg xylanase. The experiment periods were starter phase (1 to 21 d) and grower phase (22 to 42 d). 【Result】Xylanase supplementation had no effects on daily weight gain and feed intake of broilers ($P>0.05$), but significantly improved the feed conversion ratio of broiler in 1 to 21 d and 1 to 42 d ($P<0.05$). The contents of blood glucose, uric acid, insulin and IGF-I were not affected by xylanase supplementation. 【Conclusion】Low level of xylanase addition (500 U/kg) significantly improved the feed conversion ratio of broiler while excess level of xylanase (5 000 U/kg) had no further improvement on performance and blood parameters and no negative biochemical effects on broilers.

Key words: xylanase; wheat; broiler; growth performance; blood parameter

* [收稿日期] 2008-11-19

[基金项目] 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2007ZDKG-15)

[作者简介] 罗定媛(1983-),女,重庆荣昌人,在读硕士,主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: luodingyuan@hotmail.com

[通信作者] 姚军虎(1962-),男,陕西宝鸡人,教授,博士生导师,主要从事动物营养与饲料科学研究。

E-mail: yaojunhu2004@sohu.com

小麦在欧洲和北美一些国家普遍用作家禽的能量饲料,而我国则主要以玉米作为家禽的能量饲料,在玉米短缺或价钱较高时,小麦也被用作肉鸡的能量饲料。与玉米相比,小麦中粗蛋白、钙、磷含量较高,但同时也含有较高的抗营养因子阿拉伯木聚糖,其主要抗营养机制是增加了家禽肠道食糜黏度,从而阻碍了营养物质的扩散和吸收,抑制动物生长^[1]。小麦型饲料中添加木聚糖酶,可降低食糜黏度,改善其对养分的消化吸收状况,调节血液代谢激素水平,最终提高其生产性能^[2-3]。据袁玫^[4]报道,包含木聚糖酶的高剂量复合酶制剂,对动物的生长发育不利,但这种不利影响是否源于木聚糖酶尚不清楚。另有观点认为,低剂量木聚糖酶可释放细胞壁中的木聚糖,可能会增加肠道食糜黏度^[5]。但饲料中添加超过工业推荐剂量的木聚糖酶,对家禽的作用效果目前未见报道,对其作用机理不清楚。本试验研究了在含 400 g/kg 小麦的饲料中,添加不同剂量木聚糖酶对肉仔鸡生产性能及部分血液生化指标的影响,探讨木聚糖酶的效果及其作用机理,以期木聚糖酶在家禽小麦型饲料中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲养管理

饲养试验在深圳康达尔(高陵)饲料有限公司饲

料研发基地进行。试验采用单因子完全随机设计。将 240 只体质量接近、健康的 1 日龄爱拔益加肉仔鸡,随机分为 4 个处理,每处理 5 个重复,每重复 12 只,各处理均匀分布于同一鸡舍内,试验分为育雏期(1~21 d)和育成期(21~42 d) 2 个阶段。

育雏期 1~3 d 舍温 33 ℃,此后每周降低 2~3 ℃至舍温 25 ℃为止;育成期舍温保持在 22 ℃。光照时间:1~3 日龄 23~24 h/d,4~7 日龄 20 h/d,8~21 日龄 18 h/d,育成期保持在 16 h/d。单层笼养,自然通风,粉料投喂,日喂料 3 次,自由采食和饮水。免疫程序按常规执行。

1.2 酶制剂

试验用酶制剂为粉状木聚糖酶,酶活性为 10 000 U/g(由广东溢多利生物科技股份有限公司提供)。

木聚糖酶活力单位(U)定义为:在 37 ℃、pH 值为 5.5 条件下,每 min 从质量浓度为 5 mg/mL 燕麦木聚糖溶液中,降解释放 1 μmol 还原糖所需要的酶量为 1 个酶活力单位。

1.3 试验饲料

试验分 4 种日粮。对照组为基础饲料(木聚糖酶添加量为 0 U/kg,表 1),处理组分别在基础饲料中添加 500,1 000,和 5 000 U/kg 的木聚糖酶。

表 1 基础饲料组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet

原 料 Ingredient	试验分期 Experiment phase		营养水平 Nutrient level	试验分期 Experiment phase	
	1~21 d	22~42 d		1~21 d	22~42 d
小麦/(g·kg ⁻¹) Wheat	400.0	400.0	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) Crude Protein	224.0	198.0
玉米/(g·kg ⁻¹) Corn	190.0	245.0	钙/(g·kg ⁻¹) Calcium	9.2	8.6
豆粕/(g·kg ⁻¹) Soybean meal	300.0	220.0	总磷/(g·kg ⁻¹) TP	6.1	5.6
棉粕/(g·kg ⁻¹) Cottonseed meal	30.0	50.0	非植酸磷/(g·kg ⁻¹) NPP	4.5	4.0
豆油/(g·kg ⁻¹) Soy oil	40.0	46.0	赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lys	13.5	12.0
石粉/(g·kg ⁻¹) Limestone	11.9	12.8	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Met	5.5	5.0
磷酸氢钙/(g·kg ⁻¹) Dicalcium phosphate	15.0	13.0	蛋氨酸+胱氨酸/(g·kg ⁻¹) Met+Cys	9.0	8.2
食盐/(g·kg ⁻¹) Salt	3.0	3.0	苏氨酸/(g·kg ⁻¹) Thr	8.0	7.3
赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lysine	4.7	4.7	表观代谢能/(MJ·kg ⁻¹) AME	12.4	12.8
蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Methionine	2.2	2.0			
苏氨酸/(g·kg ⁻¹) Threonine	0.2	0.5			
预混料/(g·kg ⁻¹) Premix	2.0	2.0			

注:预混料向 1~21 d 和 22~42 d 肉仔鸡每 kg 饲料分别提供:铁. 100,60 mg; 锌. 100,80 mg; 铜. 8,8 mg; 锰. 120,60 mg; 碘. 0.7,0.6 mg; 硒. 0.3,0.3 mg; 维生素 A. 8 000,6 000 IU; 维生素 D₃. 1 000, 500 IU; 维生素 E. 20,30 IU; 维生素 K. 0.5,0.5 mg; 硫胺素. 2.0,2.0 mg; 核黄素. 8.0,5.0 mg; 烟酸. 35,30 mg; 维生素 B₆. 3.5,3.0 mg; 维生素 B₁₂. 0.01,0.01 mg; 泛酸. 10.0, 10.0 mg; 叶酸. 0.55,0.55 mg; 生物素. 0.18,0.15 mg; 氯化胆碱. 1.1 g; 抗生素. 0.1,0 g; 抗氧化剂. 0.4, 0.5 g。

Note: The premix provided per kilogram of diets of 1—21 d and 22—42 d respectively: iron, 100,60 mg; zinc, 100,80 mg; copper, 8,8 mg; manganese, 120,60 mg; iodine, 0.7,0.6 mg; selenium, 0.3,0.3 mg; vitamin A, 8 000,6 000 IU; vitamin D₃, 1 000, 500 IU; vitamin E, 20,30 IU; menadione, 0.5,0.5 mg; thiamine, 2.0,2.0 mg; flavin, 8.0, 5.0 mg; niacin, 35,30 mg; pyridoxine, 3.5,3.0 mg; vitamin B₁₂, 0.01,0.01 mg; pantothenic acid, 10.0,10.0 mg; folic acid, 0.55,0.55 mg; biotin, 0.18,0.15 mg; choline-Cl, 1.1 g; antibiotics, 0.1,0 g; antioxidant, 0.4,0.5 g.

1.4 测定指标及其方法

1.4.1 生产性能指标 肉鸡分别在日龄为1,21,42 d以重复为单位称体质量,称质量前绝食12 h。每天记录死亡和发病鸡数,死亡鸡只称体质量,扣除采食量。统计试验期采食量,计算饲料转化率。饲料转化率=采食量/体增质量。

1.4.2 血液指标 分别在日龄为21和42 d称体质量,每重复随机选取1只健康鸡心脏采血5 mL,静置20 min,于3 000 r/min离心10 min制备血清。

血清尿酸和葡萄糖浓度采用试剂盒并结合岛津全自动生化分析仪测定,试剂盒由上海复星长征医学科学有限公司提供。胰岛素和胰岛素样生长因子 I (IGF- I)采用放射免疫法测定,试剂盒由天津九鼎医学生物工程技术有限公司提供。

表2 日粮中添加不同剂量木聚糖酶对肉仔鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of different levels of dietary xylanase on the performance of broilers

木聚糖酶活性/ (U·kg ⁻¹) Xylanase activity	1~21 d			22~42 d			1~42 d		
	体增质量/g Weight gain	采食量/g Feed intake	饲料转化率 Feed : Gain	体增质量/g Weight gain	采食量/g Feed intake	饲料转化率 Feed : Gain	体增质量/g Weight gain	采食量/g Feed intake	饲料转化率 Feed : Gain
0	543	930	1.712 a	1 382	3 043	2.210	1 925	3 937	2.068 a
500	557	866	1.556 b	1 495	2 958	1.979	2 052	3 824	1.862 b
1 000	557	876	1.573 b	1 540	3 211	2.039	2 098	3 998	1.913 ab
5 000	549	866	1.577 b	1 462	2 821	1.933	2 011	3 687	1.835 b
SEM	7	14	0.046	34	67	0.100	36	69	0.075
P	0.556	0.164	0.013	0.155	0.162	0.065	0.137	0.156	0.030

注:同一列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。SEM为平均数标准误。下表同。

Note: Means in the same collum with different letters differ significantly ($P<0.05$). SEM means standard error of means. The following table is the same.

2.2 木聚糖酶对肉仔鸡部分血液指标的影响

由表3可知,日粮中添加木聚糖酶不影响1~

1.5 数据处理

试验数据采用SPSS13.0软件的ANOVA程序进行统计分析,采用LSD法进行差异显著性分析比较。

2 结果与分析

2.1 木聚糖酶对肉仔鸡生产性能的影响

由表2可知,与对照组相比,日粮中添加木聚糖酶不影响1~21,22~42及1~42 d肉仔鸡的体增质量及采食量,但可显著改善1~21和1~42 d肉仔鸡的饲料转化率($P<0.05$),对22~42 d肉仔鸡饲料转化率也有一定的改善作用($P=0.065$)。日粮中添加(500,1 000,5 000 U/kg)木聚糖酶的各组肉仔鸡间,体增质量、采食量及饲料转化效率无显著差异。

21,22~42 d肉仔鸡血液中葡萄糖、尿酸、胰岛素和IGF- I的含量($P>0.05$)。

表3 日粮中添加不同剂量木聚糖酶对肉仔鸡部分血液指标的影响

Table 3 Effects of different levels of dietary xylanase on blood parameters of broilers

木聚糖酶活性/ (U·kg ⁻¹) Xylanase activity	1~21 d				22~42 d			
	葡萄糖/ (mmol·L ⁻¹) Glucose	尿酸/ (mmol·L ⁻¹) Uric acid	胰岛素/ (μIU·mL ⁻¹) Insulin	IGF- I/ (μIU·mL ⁻¹)	葡萄糖/ (mmol·L ⁻¹) Glucose	尿酸/ (mmol·L ⁻¹) Uric acid	胰岛素/ (μIU·mL ⁻¹) Insulin	IGF- I/ (μIU·mL ⁻¹)
0	15.61	0.396	24.792	43.739	14.74	0.139	16.491	41.600
500	15.59	0.424	22.636	41.358	15.03	0.180	17.875	41.893
1 000	16.61	0.476	20.146	39.734	14.06	0.207	16.417	41.234
5 000	15.13	0.338	22.786	41.541	14.99	0.181	17.248	38.506
SEM	1.56	0.090	3.156	2.689	1.083	0.069	2.553	2.159
P	0.812	0.506	0.551	0.539	0.792	0.800	0.931	0.401

3 讨论

3.1 木聚糖酶对肉鸡饲料转化效率的影响

多数研究表明,小麦型饲料中添加木聚糖酶,可改善饲料的营养价值及肉仔鸡的生产性能。本试验日粮中分别添加500,1 000和5 000 U/kg木聚糖

酶,可使1~21 d肉仔鸡的饲料转化率分别提高9.11%,8.11%和7.88%,使1~42 d肉仔鸡的饲料转化率全期分别提高9.96%,7.50%,11.27%,这与前人的研究结果一致^[6-8]。

一般认为,饲料中的木聚糖含量与家禽胃肠道食糜黏度呈正相关。木聚糖的黏性是由其侧链上的

阿拉伯糖引起的,该长链聚合物具有高度的亲水力。一方面,木聚糖进入消化道后部分溶解,吸水膨胀,增加了食糜黏度,影响胃肠道运动对食糜的混合效率,从而降低了消化酶与底物的作用机会;另一方面,木聚糖与小肠上皮粘膜细胞上的糖蛋白结合,加厚了小肠相对不动水层,降低了营养物质的扩散和吸收速度。同时,木聚糖是小麦细胞壁的主要成分,不被家禽自身分泌的消化酶分解,大分子消化酶也不能通过细胞壁进入细胞内,因而木聚糖的存在对细胞内容物,如蛋白质、维生素和矿物质形成了包被结构,从而影响营养物质的消化吸收^[2]。

木聚糖酶可降解木聚糖为低聚木糖,降低肠道食糜黏度,消除木聚糖的抗营养作用,从而提高养分的消化利用。也有观点认为,木聚糖酶的有益作用主要是破解细胞壁,释放营养物质^[9]。还有研究表明,木聚糖酶降低食糜黏度的作用在幼龄动物中效果更明显^[10]。本试验中,添加不同剂量木聚糖酶,未能显著改善 22~42 d 肉仔鸡的饲料转化率,这可能与肉鸡的年龄有关。

本试验饲料中添加木聚糖酶,不影响各期肉仔鸡的采食量,这与 Hadorn 等^[8]、彭玉麟等^[1]及王修启等^[6]的研究结果一致;但 Wang 等^[7]研究表明,小麦日粮中添加木聚糖酶,可增加 7~21 d 肉仔鸡的采食量。以上研究结果的差异,可能与饲料营养水平有关。肉仔鸡具有控制能量采食量的能力,采食低能量的饲料,会增加其采食量,反之,则降低采食量^[11]。肉仔鸡也可通过调节采食量控制粗蛋白的摄入量,防止过多采食蛋白质^[12]。经测定,本试验 1~21、22~42 d 肉仔鸡饲料表观代谢能分别为 12.4 和 12.8 MJ/kg,粗蛋白含量分别为 224.0 和 198.0 g/kg,而 Wang 等^[7]研究中所用基础日粮的表观代谢能和粗蛋白含量均比本试验低,前、后期表观代谢能分别为 10.8 和 12.0 MJ/kg,粗蛋白含量分别为 205 和 185 g/kg。因此,降低本试验饲料表观代谢能或粗蛋白水平,添加木聚糖酶可能就会增加肉仔鸡的采食量。

本试验饲料中,添加木聚糖酶不影响各期肉仔鸡的体增质量,表明添加木聚糖酶虽然改善了肉仔鸡对养分的利用状况,但采食量未能得到显著提高,因此木聚糖酶的作用效果未表现在体增质量上。

3.2 木聚糖酶对肉仔鸡部分血液指标的影响

血液中的葡萄糖含量,反映由肠道吸收入血液的葡萄糖量,与日粮碳水化合物的消化率直接相关。多数研究表明,酶制剂可提高淀粉的消化率,淀粉分

解后以葡萄糖的形式吸收进入血液,从而提高了血液中的葡萄糖浓度^[13]。小麦日粮中添加木聚糖酶,能提高肉鹅血液中的葡萄糖浓度,添加量为 2 g/kg 时,显著提高了血液中的葡萄糖浓度,1 和 3 g/kg 加酶组对血液中的葡萄糖浓度提高的效果不明显^[14]。本试验中,添加木聚糖酶对肉仔鸡血液中的葡萄糖浓度无显著影响。雏鸡小麦日粮中添加含木聚糖酶的复合酶制剂,对血液中的葡萄糖浓度无显著影响,但十二指肠和回肠食糜中的葡萄糖浓度显著升高,表明酶制剂虽可促进淀粉的分解,但葡萄糖的吸收并未明显增加^[15]。肠道葡萄糖吸收机制较为复杂,一般推断吸收量与机体代谢需要相适应,血液中的葡萄糖浓度受吸收和代谢两方面调节,添加木聚糖酶虽然对淀粉降解有所改善,但本试验基础日粮的能量水平已可满足肉仔鸡生长的需要,因此多余的葡萄糖并未被吸收,可见血液中的葡萄糖浓度是消化吸收与代谢双向调节的结果。

血液尿酸是机体蛋白代谢的终产物之一,可作为衡量机体蛋白质分解代谢的指标,而蛋白质代谢与机体生理状况、日粮蛋白质含量和氨基酸平衡状况密切相关。日粮限制性氨基酸水平满足需要量时,尿酸排出量最低,因而可用尿酸排出量来评价日粮的蛋白质品质^[16]。有研究表明,麦类日粮中添加非淀粉多糖酶制剂,可显著降低肉鸡血液中的尿酸浓度^[15,17]。本试验中,血液中的尿酸浓度未受木聚糖酶添加量的影响,这可能是因为本试验日粮蛋白质品质和氨基酸平衡较好,木聚糖酶对蛋白质、氨基酸利用率的改善作用不大所致。

胰岛素的主要生理作用是对代谢的调节,强烈促进脂肪和蛋白质的合成与沉积,从而达到促生长效应。胰岛素样生长因子(IGFs)主要在肝脏合成,在雏鸡中,已证明有 IGF-I 和 IGF-II 的存在。IGF-I 主要由肝脏合成,是促生长因子。韩正康等^[18]首次发现,大麦日粮中添加粗酶制剂,可影响家禽血液代谢激素甲状腺素、胰岛素和生长激素水平;高峰^[15]在小麦基础日粮中添加酶制剂,发现雏鸡 IGF-I 和胰岛素水平显著提高。究其原因,可能是由于酶制剂提高了家禽消化吸收能力,改善了机体营养状况,间接影响了血液激素水平。但王金全^[19]研究发现,小麦基础日粮中添加木聚糖酶,28 日龄肉鸡除胰岛素水平显著降低外,三碘甲腺原氨酸(T₃)、甲状腺素(T₄)、促甲状腺素(TSH)、生长激素(GH)等激素水平在日粮处理间未见显著差异。本试验中,木聚糖酶对肉鸡胰岛素和 IGF-I 水平没有显著

影响。可见,酶制剂对机体神经内分泌的调节较为复杂,激素分泌可能受日粮营养水平影响而导致研究结果不一致。

3.4 木聚糖酶的剂量效应分析

袁玖^[4]试验表明,酶制剂添加量过高会抑制动物体内消化酶的分泌,造成机体对外源酶的依赖,导致营养物质利用率下降,但该试验中使用的是复合酶制剂,包含消化酶(蛋白酶、淀粉酶)和非消化酶(木聚糖酶、葡聚糖酶等),其超量添加的不利影响尚不能确定来自木聚糖酶。本试验中,高剂量(5 000 U/kg)木聚糖酶对肉仔鸡生产性能和代谢激素水平未产生负面影响。Larsen 等^[20]指出,即使酶能完全水解戊聚糖,释放出来的戊糖对家禽非但无用,还可能有害,可能会增加家禽吸收及随后为排泄这些单糖所带来的代谢负担,高剂量的木聚糖酶可释放出较多的木糖,可能对动物生产不利。本试验中,5 000 U/kg(为工业推荐量的5~10倍)木聚糖酶添加量未引起肉仔鸡生产性能、养分利用率的下降。一般认为,饲料中木糖和阿拉伯糖含量在100 g/kg以下时,能很好地被家禽利用,100 g/kg以上时会使动物发生严重腹泻^[21]。本试验饲料中含400 g/kg小麦,添加木聚糖酶后木糖产量低于100 g/kg,因此不会对肉仔鸡生产性能产生不利影响。

低剂量的木聚糖酶可释放细胞壁中的木聚糖,可能会增加肠道食糜黏度^[5]。目前尚无低剂量木聚糖酶对动物生产影响效果及机理的报道。本试验结果表明,添加低于工业推荐标准的木聚糖酶(500 U/kg)对肉鸡生产无负面影响。可能是由于饲料中木聚糖含量较低,500 U/kg木聚糖酶足以消除含400 g/kg小麦饲料中木聚糖的抗营养作用。今后还需研究更低木聚糖酶添加水平在饲料中的应用效果。

4 结论

在含400 g/kg小麦的肉仔鸡饲料中添加木聚糖酶,可显著提高饲料转化率,但不影响血液中葡萄糖、尿酸、胰岛素和IGF-I的含量。饲料中添加低于工业推荐剂量的木聚糖酶(500 U/kg),可显著改善肉仔鸡的饲料转化效率,超量添加木聚糖酶(5 000 U/kg)对动物生产性能及内分泌无进一步改善作用,但也未表现出负面效应。

[参考文献]

[1] 彭玉麟, 冯于明, 袁建敏. 小麦日粮中木聚糖酶和植酸酶对肉仔鸡生长和养分消化的影响 [J]. 动物营养学报, 2003, 15(3):

48-52.

Peng Y L, Guo Y M, Yuan J M. Effects of xylanase and phytase on the growth and nutrient digestibility in broilers fed wheat-based diets [J]. Acta Zoonutrimenta Sinica, 2003, 15(3): 48-52. (in Chinese)

- [2] 苏军, 陈代文. 非淀粉多糖酶制剂在动物营养中的研究进展 [J]. 家畜生态学报, 2006, 27(1): 79-83.
- Su J, Chen D W. The development of non-starch polysaccharides enzyme preparation in animal nutrition [J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2006 27(1): 79-83. (in Chinese)
- [3] 艾晓杰, 韩正康. 禽类生长的神经内分泌调控 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2001, 19(2): 154-159.
- Ai X J, Han Z K. Growth regulation of neuroendocrinology on aavian [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science Edition, 2001, 19(2): 154-159. (in Chinese)
- [4] 袁玖. 溢多酶对蛋鸡、肉鸡的生产效果及其作用机理研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- Yuan J. Effects of supplementation of enzyme complex on performance and digestive tract development of laying hens and broilers [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2006. (in Chinese)
- [5] Silversides F G, Scott T A, Korver D R, et al. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens [J]. Poultry Science, 2006, 85: 297-305.
- [6] 王修启, 邢宝松, 张兆敏. 小麦基础日粮中添加木聚糖酶对肉鸡生产性能的影响 [J]. 河南农业科学, 2004(1): 44-47.
- Wang X Q, Xing B S, Zhang Z M. Effect of adding xylanase in wheat basal diets on performance of broiler chicks [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2004(1): 44-47. (in Chinese)
- [7] Wang Z R, Qiao S Y, Lu W Q, et al. Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets [J]. Poultry Science, 2005, 84: 875-881.
- [8] Hadorn R, Wiedmer H. Effect of an enzyme complex in a wheat-based diet on performance of male and female broilers [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2001, 10: 340-346.
- [9] Bedford M R, Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry [J]. Nutrition Research Review, 1998, 11: 91-114.
- [10] Jeroch H, Danicke S. Baley in poultry feeding: A review [J]. Journal of World's Poultry Science, 1995, 51: 271-291.
- [11] Newcomb M, Summers J D. Effect of protein diet on feed intake and body weight gain of broiler and leghorn chicks [J]. Poultry Science, 1984, 63: 1237-1242.
- [12] Emmans G C. The nutrient intake of given a choice of diets in relation to their protein requirement [J]. British Poultry Science, 1977, 18: 227-236.
- [13] Friesen O D, Guenter W, Marquardt R R, et al. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility of wheat, barley, oat and rye for the young broiler chick [J]. Poultry Science, 1992, 73: 1710-

- 1721.
- [14] 王佳丽. 小麦日粮中添加木聚糖酶对肉鹅生长性能、消化性能及血液生化指标的影响 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2004.
Wang J L. Influence of xylanase added to wheat based diet on the growth performance, digestive performance and biochemical parameters in geese [D]. Shenyang, Shenyang Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- [15] 高峰. 非淀粉多糖酶制剂对鸡、猪生长的影响及其作用机制研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2001.
Gao F. Effects of non-starch polysaccharides enzyme preparations supplemented to diets on the performances in chicken & pig and the mechanisms involved [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2001. (in Chinese)
- [16] Vtt P, Cioccia A M. Hepatic purine enzymes and uric acid excretion as indicators of protein quality in chicks fed graded L-lysine diets [J]. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 1993, 62(4): 369-374.
- [17] 许粹荣, 钱利纯, 孙健义. 饲料中添加复合酶制剂对肉鸡生长的影响 [J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 1999, 25(6): 615-618.
Xu Z R, Qian L C, Sun J Y. Effects of xylanase, β -glucanase and cellulase on growth and biochemical parameters of broiler chicks fed with high wheat bran diet [J]. *Journal of Zhejiang University: Agric & Life Sci Edition*, 1999, 25(6): 615-618. (in Chinese)
- [18] 韩正康, 刘燕强, 喻涛. 大麦基础日粮添加粗酶制剂提高雏鸡生长、消化以及血液甲状腺素、胰岛素和生长激素水平 [J]. *中国学术期刊文摘*, 1995, 1(4): 47-48.
Han Z K, Liu Y Q, Yu T. Growth, digestibility and the levels of blood thyroxine, insulin and growth hormone can be increased by crude enzyme preparations added to barley basal diets for broilers [J]. *Chinese Science Abstracts*, 1995, 1(4): 47-48. (in Chinese)
- [19] 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 anti-nutritive mechanism of wheat NSP and application of xylanase supplemented in wheat-based diet for broilers [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2004. (in Chinese)
- [20] Larsen E M, Moughan P J, Wilson M N. Dietary fiber viscosity and endogenous protein excretion at terminal ileum of growing rats. Nutrient requirements and interactions [J]. *Journal of Nutrition*, 1993, 123: 1894-1904.
- [21] 彭玉麟. 木聚糖酶在肉仔鸡小麦日粮中的应用及其作用机理研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
Peng Y L. Study on application and mechanism of xylanase supplemented in wheat-based diet for broilers [D]. Beijing: China Agricultural University, 2003. (in Chinese)

(上接第 52 页)

- [12] 刘润芝. 脱氧核糖核酸对谷胱甘肽过氧化物酶活性影响的初步研究 [J]. *激光生物学报*, 2002, 11(4): 254-256.
Liu R Z. The Effect of deoxyribonucleic acid on the activity of glutathione reductase (GSH-Px) [J]. *Acta Laser Biology Sinica*, 2002, 11(4): 254-256. (in Chinese)
- [13] 刘润芝. 脱氧核糖核酸对过氧化氢酶活性的影响研究 [J]. *生命科学研究*, 2002, 6(3): 220-223.
Liu R Z. Effect of DNA supplementation on the catalase activity in the blood [J]. *Life Science Research*, 2002, 6(3): 220-223. (in Chinese)
- [14] 刘润芝. 脱氧核糖核酸对机体内超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性影响初步研究 [J]. *激光生物学报*, 2002, 11(2): 119-121.
Liu R Z. The Effect of deoxyribonucleic acid on the activity of superoxide dismutase and peroxidase [J]. *Acta Laser Biology Sinica*, 2002, 11(2): 119-121. (in Chinese)
- [15] 刘润芝. 脱氧核糖核酸对过氧化脂质和脂褐素生成的影响 [J]. *生命科学研究*, 2002, 6(4): 326-328.
Liu R Z. Effects of deoxyribonucleic acid on the formation of lipid peroxides and lipofuscin [J]. *Life Science Research*, 2002, 6(4): 326-328. (in Chinese)