

文章编号: 1006-267X(2003)03-0048-05

小麦日粮中木聚糖酶和植酸酶 对肉仔鸡生长和养分消化率的影响

彭玉麟, 芮于明, 袁建敏

(中国农业大学动物科技学院动物营养与饲料系, 北京 100094)

摘要: 432只艾维因肉仔鸡用于研究小麦基础日粮中添加木聚糖酶(320FXU/kg)或添加750U/kg植酸酶降低日粮中0.08%的非植酸磷后,对生长性能、日粮表观代谢能、粗蛋白和植酸磷表观消化率的影响。试验结果表明:无论是单一添加木聚糖酶或植酸酶,还是同时添加这两种酶,都能提高1-6周龄肉仔鸡的增重和饲料转化率,降低死亡率。添加木聚糖酶可提高肉仔鸡小麦日粮的表观代谢能2.14%,增加氮的存留量2.58%。750U/kg的植酸酶完全可以降低肉仔鸡小麦日粮中0.08%非植酸磷。添加植酸酶的处理组可提高植酸磷的表观消化率43.25%,减少植酸磷排泄量55.0%。植酸酶和木聚糖酶对全期饲料转化率和植酸磷的表观消化率表现有明显的正互作效应($P < 0.05$)。

关键词: 木聚糖酶; 植酸酶; 小麦日粮; 肉仔鸡

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

EFFECTS OF XYLANASE AND PHYTASE ON THE GROWTH AND NUTRIENT DIGESTIBILITY IN BROILERS FED WHEAT-BASED DIETS

PENG Yu-lin, GUO Yu-ming, YUAN Jian-min

(Department of Animal Nutrition and Feed Science, College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

ABSTRACT: An experiment was conducted with 432 Avian chicks to investigate the effects of xylanase supplementation(320 FTU/kg) alone or in combination with 750 U/kg phytase, replaced 0.08% dietary available P, in wheat-based diets on the growth performance of broilers and utilization of nutrients. The results indicated that addition of xylanase alone or in combination with phytase increased body weight gain and feed efficiency in broilers fed wheat-rapeseed meal-soybean meal diet during week 1 to 6 and decreased the overall mortality. In the groups of birds receiving 320 FTU/kg of xylanase, a marked elevation of the dietary AME and retained nitrogen were observed. Addition of phytase effectively increased the digestibility of phytic P by 43.25%, dramatically decreased the excretion of phytic P by 55.0% ($P < 0.01$). It seems feasible to completely replace 0.08% inorganic phosphorus supplementation with 750 U/kg microbial phytase to wheat-based diets for broilers. Addition of phytase, instead of 0.08% available P, simultaneously with xylanase exhibited positive interaction on the overall feed:gain ration and the apparent digestibility of dietary phytic P($P < 0.05$).

Key words: broilers; xylanase; phytase; wheat-based diet

小麦在欧洲和北美一些国家普遍用作家禽的能

量饲料。而我国传统使用的是玉米豆粕型日粮,目前使用全小麦日粮饲喂畜禽的还不多。和玉米豆粕型日粮相比,饲喂小麦日粮会抑制生长性能,排出粘稠的排泄物。这种影响作用与小麦中阿拉伯木聚糖

收稿日期: 2002-05-08

作者简介: 彭玉麟(1970),男(汉),籍贯湖南常德,主攻方向家禽营养与饲料,博士研究生。

(AX) 的含量有关。小麦干物质中 AX 含量一般为 6.2% - 7.0%, 但不同小麦品种的变异很大 (Annison, 1993)。家禽对 AX 的消化率与年龄有关, 2 周龄肉仔鸡仅为 4% 左右, 而成年鸡大约为 19%。植物性饲料中 60% - 80% 的总磷是以植酸磷形式存在。尽管小麦中含有一定的内源植酸酶活性 (Eeckbout 和 DePaepe, 1994), 家禽对小麦中植酸磷的利用率可达 15% - 30%。但还是有大部分的植酸磷被排泄。

Saylor (1995)、Ravindran 等 (1999) 发现小麦日粮中添加植酸酶和木聚糖酶后, 可提高肉仔鸡的生长性能和养分消化率。根据酶制剂对养分消化率的提高幅度, 计算出添加酶制剂后可以减少的养分含量 (即营养当量), 然后在标准饲料基础上添加酶制剂后适当降低营养水平, 或利用廉价的饲料原料, 降低饲料成本。但是添加酶制剂以后减少相当量的养分时, 在肉仔鸡上的表现往往未能达到预期的效果。木聚糖酶和植酸酶的作用都是与植物细胞壁的分解有关, 可以推测这两种酶的作用应该有一定的相互促进作用。关于植酸酶和木聚糖酶的互作效应报道较少, 结果也不一致 (Zyla 等, 1999)。这两种酶

对哪些营养指标有改善作用, 影响的程度有多大, 这是值得探讨的现实问题。

因此, 本文研究肉仔鸡小麦日粮中单一或同时添加木聚糖酶和植酸酶 (替代部分添加的无机磷) 后对肉仔鸡养分消化率和生长性能的影响, 从而探讨这两种酶制剂的应用效果。

1 材料与方法

1.1 酶制剂及酶活的测定

试验中使用的木聚糖酶酶制剂主要成分为木聚糖酶 (EC3.2.1.8) (活性 $\geq 800\text{FXU/g}$)、 β -葡聚糖酶 (EC3.2.1.8) (活性 $\geq 80\text{FBG/g}$), 日粮中添加量为 400mg/kg 。木聚糖酶的酶活测定采用以燕麦木聚糖为底物的方法 (Yinbo 等, 1996)。1 个木聚糖酶活性单位 (FXU) 定义为在测定条件下每分钟释放 $1\mu\text{mol}$ 的还原糖所需的酶量。

植酸酶 (EC3.1.3.8) 的酶活 $\geq 5000\text{U/g}$, 日粮中添加量为 150mg/kg 。植酸酶活性的测定采用 Alko Biotechnology (1990) 的方法。1U 活性定义为在 pH5.5 和 37°C 下, 从植酸钠中释放 $1\mu\text{mol}$ 的无机磷所需要的酶量。

表 1 试验日粮组成及营养水平^a

Table 1. Ingredients, chemical composition of the experimental diets (as-fed)^a (%)

	1~3 周龄 1~3weeks				4~6 周龄 4~6weeks			
	植酸酶(-)Phytase(-)		植酸酶(+)Phytase(+)		植酸酶(-)Phytase(-)		植酸酶(+)Phytase(+)	
	木聚糖酶(-) Xylanase(-)	木聚糖酶(+) Xylanase(+)	木聚糖酶(-) Xylanase(-)	木聚糖酶(+) Xylanase(+)	木聚糖酶(-) Xylanase(-)	木聚糖酶(+) Xylanase(+)	木聚糖酶(-) Xylanase(-)	木聚糖酶(+) Xylanase(+)
小麦 Wheat	64.71	64.62	65.04	64.94	71.28	71.18	71.60	71.50
豆粕 Soybean meal	23.92	23.95	23.82	23.85	15.62	15.65	15.52	15.55
菜籽粕 Rapeseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00	6.00	6.00	6.00	6.00
植物油 Vegetable oil	3.26	3.28	3.17	3.20	3.41	3.44	3.33	3.35
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.89	1.89	1.40	1.40	1.57	1.57	1.09	1.09
石粉 Limestone	0.96	0.96	1.30	1.30	0.90	0.90	1.23	1.23
赖氨酸 Lysine-HCl	0.325	0.325	0.327	0.327	0.404	0.403	0.406	0.405
蛋氨酸 DL-Met	0.164	0.165	0.164	0.164	0.067	0.067	0.067	0.067
胆碱 Choline-HCl	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08
其它 Other ingredients ^b	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
植酸酶 Phytase			0.015	0.015			0.015	0.015
木聚糖酶 Xylanase		0.04		0.04		0.04		0.04
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

a - 对照组日粮营养水平 (计算值): 0~3 周龄: 代谢能 12.39MJ/kg , 粗蛋白 21%, 钙 1.0%, 非植酸磷 0.45%, 赖氨酸 1.10%, 蛋氨酸为 0.50%。4~6 周龄: 代谢能 12.60MJ/kg , 粗蛋白 19%, 钙 0.9%, 非植酸磷 0.40%, 赖氨酸 1.00%, 蛋氨酸 0.38%; 添加植酸酶的两组均减少日粮非植酸磷 0.08%。

b - 其它: 食盐 0.35%, 金霉素 0.07%, 抗氧化剂 0.025%, 微量元素 0.20%, 多种维生素 0.025%; 每千克全价料中含有: Cu 8mg, Zn 75mg, Fe 80mg, Mn 100mg, Se 0.15mg, I 0.35mg; VA 12500IU, VD₃ 2500IU, VE 18.75mg, VK₃ 2.65mg, VB₁ 2mg, VB₂ 6mg, 生物素 0.0325mg, 叶酸 1.25mg, 泛酸 12mg, 烟酸 50mg。

1.2 试验动物、试验设计及试验日粮

试验使用了 1 日龄艾维因肉仔鸡 432 只, 公母各半, 完全随机地分配到各个处理组。试验过程中按肉仔鸡的正常免疫程度进行免疫。

试验采用 2×2 因子设计, 木聚糖酶 (0, 320FXU/kg) 和植酸酶 (0, 750U/kg 的植酸酶替代 0.08% 的非植酸磷) 各设两个水平。这 4 个日粮处理分别是: 对照组 (小麦—豆粕—豆粕型日粮)、对照 + 0.04% 木聚糖酶、对照 - 0.08% 的非植酸酶 + 0.015% 植酸酶、对照 - 0.08% 的非植酸磷 + 0.015% 植酸酶 + 0.04% 木聚糖酶。每个处理 6 个重复, 每重复 18 只鸡。参照 NRC(1994) 肉鸡营养需要配制试验日粮, 不同饲养阶段的试验日粮配方和营养水平见表 1。在 1~42 日龄进行饲养试验, 分别在 21 日龄和 42 日龄按每笼记录体重和饲料耗量。每天记录肉仔鸡的死亡和淘汰数。试验鸡在 16~20 日龄采用全收粪法进行代谢试验。

1.3 统计分析

以每笼为试验单元统计数据, 采用 SPSS(10.0)

软件 GLM 分析中的 2×2 因子 (植酸酶 \times 木聚糖酶) ANOVA 方法进行检验。

2 试验结果

2.1 肉仔鸡的生长性能

从表 2 可知, 添加植酸酶和木聚糖酶的处理组可分别提高 1~3 周龄试鸡的平均日增重 (ADG) 2.91% ($P=0.051$) 和 2.66% ($P<0.05$)。植酸酶和木聚糖酶对 4~6 周龄以及全期的 ADG 没有影响。

木聚糖酶和植酸酶对 1~3 周龄的采食量和饲料转化率没有明显影响。从 4~6 周龄来看, 木聚糖酶可减少采食量 3.86%, 饲料转化率提高 5.37% ($P<0.05$); 植酸酶组采食量略有降低, 饲料转化率提高 3.33%。从全期来看, 木聚糖酶可降低采食量 2.88%, 提高饲料转化率 3.94% ($P<0.05$); 植酸酶可降低采食量 1.82%, 饲料转化率提高 2.97%。不管是添加植酸酶还是木聚糖酶, 都可降低肉仔鸡全期的死淘率 (表 2)。

木聚糖酶和植酸酶对肉仔鸡的饲料转化率有显

表 2 木聚糖酶和植酸酶对肉仔鸡生长性能的影响

Table 2. Effects of xylanase and phytase supplementation on the growth performance of broilers

项目 Items	日粮处理 Dietary treatments				主效应 Main effects				P <			SEM
	植酸酶 (-) Phytase (-)		植酸酶 (+) Phytase (+)		植酸酶 Phytase		木聚糖酶 Xylanase		植酸酶 Phytase	木聚糖酶 Xylanase	植酸酶 \times 木聚糖酶 Phytase \times Xylanase	
	木聚糖酶 (-) Xylanase (-)	木聚糖酶 (+) Xylanase (+)	木聚糖酶 (-) Xylanase (-)	木聚糖酶 (+) Xylanase (+)	-	+	-	+				
	(-)	(+)	(-)	(+)								
采食量 Feed intake(g/d)												
1~3 weeks	46.2	48.2	47.3	47.1	47.2	47.2	46.8	47.7	NS	NS	NS	0.45
4~6 weeks	139.6	135.9	140.0	132.8	137.8	136.4	139.8	134.4	NS	NS	NS	1.60
全期 Overall	93.8	92.6	93.7	89.4	93.2	91.5	93.7	91.0	NS	NS	NS	0.96
日增重 Average daily gain(g/d)												
1~3 weeks	31.20 ^a	32.70 ^b	32.78 ^b	32.98 ^b	31.95	32.88	31.99	32.84	0.051	0.013	NS	0.25
4~6 weeks	57.97	59.10	58.61	58.51	58.53	58.56	58.29	58.80	NS	NS	NS	0.66
全期 Overall	45.53	46.86	46.64	46.70	46.20	46.66	46.08	46.78	NS	NS	NS	0.37
平均体重 Average body weight(g)												
21 weeks	695.0 ^a	727.0 ^b	728 ^b	732.5 ^b	711.0	730.3	711.5	729.7	0.055	0.068	NS	5.40
42 weeks	1912.9	1968.5	1959.1	1961.1	1940.6	1960.1	1936.0	1964.8	NS	NS	NS	5.60
饲料/增重 Feed/Gain												
1~3 weeks	1.40	1.39	1.37	1.35	1.40	1.36	1.38	1.37	NS	NS	NS	0.01
4~6 weeks	2.46 ^a	2.33 ^{ab}	2.09 ^{ab}	2.14 ^b	2.40	2.32	2.42	2.29	NS	0.016	NS	0.02
全期 Overall	2.06 ^a	1.98 ^{ab}	2.01 ^{ab}	1.92 ^b	2.02	1.96	2.03	1.95	0.085	0.011	0.047	0.02
死淘率 Mortality (%)	5.48	2.56	1.85	2.70								

ab - 同行数据肩标字母不同者表示差异显著 ($P<0.05$), 下表相同。

著的正互作效应,而对其它生长性能指标没有明显的互作影响。单一添加木聚糖酶可提高饲料转化率 3.88%,单一添加植酸酶可提高 2.43%,而同时添加这两种酶可提高 6.80% ($P < 0.05$)。

2.2 代谢试验结果

从表 3 可知,木聚糖酶可提高日粮 AME 2.14% ($P = 0.074$)。添加木聚糖酶对氮代谢也有一定的影响,可提高氮的留存率 2.58%,提高氮表观消化率 1.93%。添加植酸酶对 AME 和氮代谢没有明显的改善作用。植酸酶替代 0.08% 非植酸磷的处理组可降低粪中总磷排泄量 16.60%,排泄物中植酸磷减少 55.0%,植酸磷消化率提高 43.25% ($P < 0.000$)。木聚糖酶对小麦日粮中植酸磷的消化率有提高趋势。

同时添加木聚糖酶和植酸酶对小麦日粮中植酸磷的表观消化率和粪中植酸磷的排泄量有显著的正互作效应 ($P < 0.05$)。木聚糖酶可提高植酸磷消化率 3.78%,植酸酶替代 0.08% 非植酸磷的处理组可提高 38.6%,同时添加这两种酶则可提高 51.66% ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 木聚糖酶

本试验中添加木聚糖酶可提高肉仔鸡的生长性能。这种提高作用是由于木聚糖酶将木聚糖降解为小分子的多聚物,降低了肠道食糜的粘度,消除了非淀粉多糖的抗营养作用 (Almirall 等, 1995),提高了养分消化率,从而增加 AME 的缘故 (表 3)。木聚糖酶提高 AME 的主要原因是提高日粮中淀粉、脂肪、蛋白质的消化率 (Almirall 等, 1995)。有些小麦的淀粉消化率非常低,小麦日粮的淀粉表观消化率远低于玉米日粮 (Maisonnier 等, 2001)。

3.2 植酸酶替代日粮中 0.08% 的非植酸磷

在家禽饲料中添加植酸酶替代部分或全部磷酸氢钙,可提高磷和其它养分的利用率,不同程度地改善动物的生长性能 (Saylor, 1995),提高了养分消化率,从而增加 AME 的缘故 (表 3)。木聚糖酶提高 AME 的主要原因是提高了日粮中淀粉、脂肪、蛋白质的消化率 (Almirall 等, 1995)。尽管小麦中内源植酸酶活性 (512-686FTU/kg, Zyla 等, 1999; 或 1193PU/kg, Eeckhout 和 DePaepe, 1994) 可提高小麦中植酸磷的利用率 (Barrier-Guillot 等, 1996)。但仍有大部分的植酸磷未被消化。随着饲料中外源微生物植酸酶添加量增加,内源植酸酶的作用下降。本试验结果表明,添加 750FTP/kg 的植酸酶,可

表 3 木聚糖酶和植酸酶对代谢能、氮和磷消化率的影响 (风干基础)

Table 3. Effects of xylanase and phytase addition on AME, the apparent digestibilities of nitrogen and phosphorus (as-fed)* (%)

项目 Items	日粮处理 Dietary treatments				主效应 Main effects				P <			SEM
	植酸酶(-) Phytase(-)		植酸酶(+) Phytase(+)		植酸酶 Phytase		木聚糖酶 Xylanase		植酸酶	木聚糖酶	植酸酶× 木聚糖酶	
	木聚糖酶 (-)	木聚糖酶 (+)	木聚糖酶 (-)	木聚糖酶 (+)	-	+	-	+	Phytase	Xylanase	Phytase × Xylanase	
	Xylanase (-)	Xylanase (+)	Xylanase (-)	Xylanase (+)								
代谢能 AME (MJ/kg)	13.04	13.39	13.09	13.29	13.21	13.18	13.06	13.34	NS	0.074	NS	0.09
存留氮 Retained N(g/d)	1.57 ^{ab}	1.62 ^b	1.50 ^a	1.55 ^{ab}	1.58	1.52	1.55	1.59	NS	NS	NS	0.03
氮表观消化率 Apparent digestibility of N	65.99	66.81	63.90	64.95	66.40	64.42	64.95	65.88	NS	NS	NS	0.74
总磷表观消化率 Apparent digestibility of total P	52.24	56.58	56.48	55.27	54.41	55.88	54.36	55.93	NS	NS	NS	0.79
粪中总磷 Total P in feces(g/d)	0.243 ^a	0.226 ^a	0.188 ^b	0.182 ^b	0.235	0.196	0.216	0.212	0.001	NS	0.096	0.006
植酸磷消化率 Digestibility of phytic P	26.13 ^a	29.91 ^a	64.73 ^b	77.79 ^c	28.02	71.27	45.43	53.85	0.000	0.001	0.027	4.8
粪中植酸磷 Phytic P in feces	0.140 ^a	0.136 ^a	0.064 ^b	0.042 ^b	0.138	0.063	0.102	0.089	0.000	0.001	0.010	0.002

提高低磷日粮中植酸磷的利用率 43%，降低粪中总磷排泄量 16.60%，完全可以替代肉仔鸡小麦日粮中 0.08% 的非植酸磷。

本研究中发现添加植酸酶和木聚糖酶后都可提高肉仔鸡的成活率，其原因尚不清楚。可能的原因有：非淀粉多糖促进肠道内微生物增殖 (Annisson, 1993)。添加木聚糖酶或植酸酶后，降解了细胞壁中部分木聚糖和植酸，进入小肠后段的阿拉伯木聚糖减少，改变了后肠微生物区系，消除了木聚糖和植酸的部分抗营养作用，从而减少畜禽肠道疾病，提高幼畜成活率。目前，尚不清楚木聚糖酶分解阿拉伯木聚糖的中间产物 (如寡聚糖) 对肉仔鸡的免疫力和抵抗力是不是有影响以及有何影响。

3.3 木聚糖酶和植酸酶的相互作用

本研究发现同时添加木聚糖酶和植酸酶，并减少 0.08% 的非植酸磷时，对小麦日粮的饲料转化率、植酸磷的表观消化率和粪中植酸磷的排泄量有显著的正互作效应。关于木聚糖酶和植酸酶互作效应的报道较少。最早 Newkirk (1996) 在产蛋鸡上有类似的报道，产蛋鸡单独添加植酸酶时，产蛋量下降；若同时添加木聚糖酶后，产蛋量大幅度提高。后来，一些研究者报道了肉仔鸡日粮中植酸酶、蛋白酶和碳水化合物酶等外源酶制剂联合使用比单一使用的效果更明显 (Simbaya 等, 1996)。Jongbloed 等 (1996) 也发现微生物植酸酶和木聚糖酶对日粮磷的利用或生产性能有相互促进作用。Ravindran 等 (1999) 进一步证实了木聚糖酶和植酸酶对低能值小麦日粮的 AME 有明显的正互作效应。优化水平的植酸酶小麦日粮中添加木聚糖酶可显著提高生长性能，肉仔鸡小麦日粮中植酸酶的效果能够随木聚糖酶的添加而加强 (Zyla, 1999)。

木聚糖酶和植酸酶产生互作效应的机理尚不清楚。Tervilä - Wilo 等 (1996) 在体外模拟消化试验中发现小麦的大部分蛋白质释放到溶液，显微检查发现蛋白质仅存于未破裂的细胞内。添加细胞壁降解酶增加蛋白质和非淀粉碳水化合物的释放。随酶的增加，小麦细胞的水解增加。植酸酶，特别是高水平植酸酶，从植酸复合物中释放蛋白质，提高其利用率 (Biehl 等, 1997)。这些蛋白与可溶性小麦阿拉伯木聚糖凝胶基质结合而增加食糜粘度。当凝胶基质被内切型木聚糖酶破坏，蛋白质可能被肠道蛋白酶逐渐降解，从而降低粘度。故可推测木聚糖酶和植酸酶产生互作效应的机理是木聚糖酶和植酸酶降解植物

细胞壁，增强消化酶和细胞内容物的接触，有利于植酸酶作用于植酸，同时也有利于木聚糖酶作用于阿拉伯木聚糖，从而消除了抗营养作用，提高了养分的利用率和饲料转化率 (Ravindran 等, 1999)。

4 小结

在本试验中 750U/kg 的植酸酶完全可以替代肉仔鸡小麦日粮中 0.08% 的非植酸磷；木聚糖酶可显著提高肉仔鸡小麦日粮的表观代谢能和氮的存留量，提高饲料转化率；木聚糖酶和植酸酶对肉仔鸡的饲料转化率和植酸磷的表观消化率有明显的正互作影响。至于木聚糖酶替代日粮中一定比例 AME 的效果还有待于进一步研究。

参考文献

- Alko Biotechnology. 1990. Assay of phytase activity, method B-021[M]. Rajamaki, Finland.
- Almirall M, et al. 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digesta enzymes activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks[J]. *J Nutr*, 125:947-955.
- Annisson Geoffrey. 1993. The role of wheat non-starch polysaccharide in broiler nutrition[J]. *Aust. J Agric. Res.*, 44:405-422.
- Barrier - Guillot B, et al. 1996. Wheat phosphorus availability: 2 - *In vivo* study in broilers and pigs; relationship with endogenous phytasic activity and phytic phosphorus content in wheat[J]. *J Sci. Food Agric*, 70:69-74.
- Biehl R R, Baker D H. 1997. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal but not in diets based on peanut meal[J]. *Poult. Sci.*, 76:355-360.
- Eeckout W, M De Paepe. 1994. Total phosphorus, phytate - phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs[J]. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 47:19-29.
- Jongbloed A W, et al. 1996. The effects of organic acids in diets for growing pigs on the efficacy of microbial phytase[A]. In: M B Coelho and E T Kornegay (Ed.) *Phytase in animal nutrition and waste management*[C]. BASF Corp., Mount Olive, NJ. P515-524.
- Maisonnier S, J Gomez, B Carre. 2001. Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum[J]. *British Poultry Sci.*, 42:102-110.

(下转第 58 页)

制样。

1.4 样品测定

用美国惠普公司 HP1100LC 液相色谱仪按 OPA, FMOC—全自动氨基酸分析法分析各样品 AA 含量, 样品用盐酸水解法水解, 色氨酸分析单独用碱水解法处理。

AA 表观回肠消化率 (AAAD) = [食入 AA(g) - 排泄物中 AA(g)] / 食入 AA(g)

AA 真回肠消化率 (TAAD) = [食入 AA(g) - 排泄物中 AA(g) - 内源 AA(g)] / 食入 AA(g)

2 结果与讨论

表 5、表 6、表 7 和表 8 分别列出了 11 种待测定饲料原料的 AAAD 和 TAAD 值。其结果与 Knabe (1998)、Green(1987、1989)、Low 和 Zebrowska (1989) 及张群英(1996) 已测定的部分相同种类饲料结果基本一致。但比吴世林等(1998) 测定的 5 种饲料相应低, 本次试验是在广州地区 2—6 月间进行的, 气温比较适宜, 结果可靠, 而吴世林的测定时间为广州夏季高温, 结果偏高。

在所测的 11 种饲料原料中, 乳清粉赖氨酸相对含量最高, 且猪几种主要必需 AA(赖氨酸、苏氨酸、色氨酸) 消化率最高, 是猪最优质的蛋白质来源。特别是对于仔猪, 它同时也是良好的能量来源。在蛋白质饲料中, 鱼粉是最优质的蛋白质来源, 其 TAAD 最高; 血浆蛋白粉 TAAD 低于鱼粉和豆粕, 因此, 不是猪理想的蛋白质来源。在乳猪饲料中使用适量的血浆蛋白粉, 其目的主要在于利用其中的免疫球蛋白, 但其用量不宜太高。玉米蛋白粉赖氨酸和色氨酸含量极低, 且消化率极低, 较菜籽粕、棉籽粕还低, 所以最不宜用作猪饲料蛋白来源。花生粕蛋氨酸含量

极低, 故不宜用作家禽饲料。

由于本次实验测定饲料种类较多, 持续时间长, 所以试猪从生长期延续到育肥期, 这对后几种饲料(棉籽粕、玉米蛋白粉和花生粕) 的测定结果可能有一定的影响。

在本资研究中, 作者对国内三家主要从事 AA 分析的研究所或院校的结果进行了比较, 其中蛋氨酸、胱氨酸和色氨酸的分析结果变异甚大, 因此, 规范、统一我国 AA 分析方法, 提高分析的准确性迫在眉睫。

参考文献

- 马永喜, 常碧景, 张宏福. 1997. 评定猪饲料氨基酸生物效价的方法[J]. 动物营养学报, 9(2): 1-14.
- 张群英, 王康宁. 1996. 用回一直肠吻合术测定猪饲料氨基酸消化率的研究[J]. 四川农业大学学报, 14(增刊): 11-18.
- 吴世林, 蒋宗勇, 林映才, 等. 1999. 用回一直肠吻合术测定我国常用五种猪饲料氨基酸消化率研究[J]. 养猪, 1: 13-15.
- Green S, et al. 1987. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine[J]. *J Sci. Food Agri.*, 41: 29-43.
- Green S, T Kiener. 1989. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soybean, sunflower and rapeseed meals measured with pigs and poultry[J]. *Amim. Prod.*, 48: 157-179.
- Knabe D A, et al. 1988. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs[J]. *J Anim Sci.*, 67: 441-458.
- Low A G, T Zebrowska. 1989. Factors influencing amino acid digestibility at the end of the small intestine[A]. In protein tablist in farm Animals[C]. H D Bock, B O Eggum, A G low, O Simon and T Zebrowska. ed. Berlin, P99-103.
- ydase supplementation on the nutritive value of canola meal for poultry: *In vitro* and *in vivo* studies[J]. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 61: 219-234.
- Tervilä-Wilo A, et al. 1996. *In vitro* digestion of wheat microstructure with xylanase and cellulase from *Trichoderma reesei*[J]. *J Cereal Sci.*, 24: 215-225.
- Yinbo Q, et al. 1996. Production, characterization, and application of cellulase-free xylanase from *Aspergillus niger*[J]. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 57/58: 375-381.
- Zyla Krzysatof, et al. 1999. Simultaneous application of phytase and xylanase to broiler feeds based on wheat: feeding experiment with growth broilers[J]. *J Sci. Food Agric.*, 79: 1841-1848.
- (上接第 52 页)
- Newkirk R W, Classen H L. 1993. The effects of dietary xylanase, phytase and phosphorus on the performance of laying hens[J]. *Poultry Sci.*, 72(Suppl 1): 17.
- Ravindran V, et al. 1999. 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.*, 50: 1159-1163.
- Saylor W W, et al. 1995. Improved performance of broiler chicks fed diets containing phytase[J]. *Poultry Sci. Abstr. Papers.*, 74(spl): 104.
- Simbaya J, et al. 1996. The effects of protease and carbo-