

小肽复合制剂对断奶仔猪生产性能 及血液相关指标的影响

张常明, 高 萍, 李 莉, 朱晓彤, 束 刚, 李丽华, 周 斌, 江青艳

(华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘要:为探究小肽复合制剂对断奶仔猪生产性能、腹泻率及血液相关指标的影响, 选用120头31日龄断奶仔猪随机分为4组, 每组3个重复, 每个重复10头猪(公母各半)。A组为对照组, 饲喂基础日粮, B、C和D组为试验组, 在基础日粮中用5%的玉米替代等量的豆粕后分别添加500、1 000、2 000 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ 的小肽复合制剂, 同时调整日粮赖氨酸水平。试验期为28 d。试验结果: 与A组相比, C和D组的平均日增质量、平均日采食量、耗料增质量比、白蛋白质量浓度和单位增质量成本无显著差异($P > 0.05$), 但有效降低了仔猪的腹泻率, 且在59日龄时C组和D组血清尿素氮水平显著低于对照组; B组在45、59日龄时生产性能、白蛋白浓度均低于对照组, 且在45日龄时差异显著。结果表明添加500 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂不能完全弥补用5%玉米替代豆粕所造成的日粮蛋白质降低; 添加1 000、2 000 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂在一定程度上能改善仔猪对蛋白质利用率, 弥补用5%玉米替代等量豆粕而降低的日粮蛋白质水平, 并能降低腹泻率。

关键词:小肽复合制剂; 断奶仔猪; 生产性能

中图分类号:S828

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2007)03-0080-05

Effect of Compound Oligopeptide on Performance and Serum Related Parameters of Weaning Piglets

ZHANG Chang-ming, GAO Ping, LI Li, ZHU Xiao-tong, SU Gang, LI Li-hua, ZHOU Bin, JIANG Qing-yan
(College of Animal Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: To investigate the effect of compound oligopeptide on growth performance and serum related parameters of weaning pigs, 120 piglets of 31-day old were randomly allotted to 4 groups, each group with 3 replicates of 10 piglets per replicate. Group A was the control group, receiving basal diet. Group B, C, and D received the basal diet with 5% soybean being replaced by 5% corn, and supplemented with 500, 1 000 and 2 000 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ compound oligopeptide, respectively. At the same time the level of lysine was adjusted. The experiment lasted for 28 d. Compared with the control group, groups C and D had no significant difference in average daily gain, average daily feed intake, feed/gain ratio, concentration of albumin and cost of gain per piglet, but the rate of diarrhea decreased significantly. The concentration of serum urea nitrogen in group C and D were all significantly lower than that in group A at 59-day old. At 45- and 59-day old, group B had lower growth performance and concentration of albumin, and it reached significant level at 45-day old, indicating that adding 500 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ compound oligopeptide could not retrieve the lost of protein because of 5% corn replacing 5% soybean. These results showed that supplementing with 1 000 and 2 000 $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ compound oligopeptide in piglets' diets can improve the availability of

收稿日期:2007-01-18

作者简介:张常明(1971—),男,畜牧师,硕士;通讯作者:江青艳(1966—),男,教授,博士, E-mail: qyjiang@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2006B20101001)

protein to some degree, retrieving the loss of protein in diet via replacing 5% soybean with 5% corn.

Key words: compound oligopeptide; weaning piglets; growth performance

早期断奶仔猪由于受生理、环境及营养因素的影响,常表现出厌食或拒食、消化机能紊乱、腹泻、水肿、生长迟缓和饲料利用率低等所谓的“仔猪早期断奶综合症”,影响了养猪业的经济效益^[1-2]. 因此,如何减少仔猪的断奶应激一直是畜牧生产中的关键问题. 通过研究心理、环境和营养 3 种应激对断奶仔猪生理和生化的影响,结果发现断奶应激中以营养应激的影响最大,而心理和环境应激的影响较小^[3]. 在营养应激方面的研究主要集中在对饲料中蛋白质的研究,其中小肽营养研究最多. 小肽复合制剂(compound oligopeptide)是由猪小肠黏膜肽、深海鱼肽和微生物肽等混合而成的生物活性肽产品,对动物具有营养平衡调节功能. 本试验用 5% 的玉米替代 5% 的豆粕,并将小肽复合制剂作为饲料添加剂直接添加于断奶仔猪的日粮中,从而降低日粮蛋白质浓度,降低饲养和药物治疗成本,减轻高蛋白质日粮对仔猪的营养应激. 通过 28 d 的饲养试验,观察小

肽复合制剂对断奶仔猪生产性能及血液相关生理生化指标的影响,为养猪生产中应用小肽复合制剂促进仔猪断奶这一特殊阶段的健康生长提供理论依据.

1 材料与方法

- 1.1 试验材料
- 小肽复合制剂由华达生化科技有限公司提供.
- 1.2 试验动物、分组及试验日粮组成
- 选取 120 头健康、体质量相近的 31 日龄大长二元杂断奶仔猪(由华南农业大学原种猪场提供),随机分为 4 组,每组 3 个重复,每个重复 10 头,去势公猪和母猪各 5 头. A 组为对照组,饲喂基础日粮;B、C、D 组为试验组,用 5 % 的玉米代替基础日粮中等量的豆粕,并添加质量分数为 0.11 % 赖氨酸后分别在日粮中添加 500、1 000、2 000 g · t⁻¹ 的小肽复合制剂,试验期为 28 d(日粮组成及营养水平见表 1).

表 1 试验日粮配方及营养水平
Tab. 1 Formula of feed and calculateed nutrient level

组分及营养水平 ingredients and nurtient level	组别 group				组分及营养水平 ingredients and nurtient level	组别 group			
	A	B	C	D		A	B	C	D
w(玉米 corn)/%	58	63	63	63	消化能 DE/(MJ · kg ⁻¹)	15.2	15.4	15.4	15.4
w(豆粕 soybean meal)/%	18	13	13	13	w(粗蛋白 CP)/% ²⁾	19.0	18.2	18.2	18.2
w(膨化大豆 extruded soybean)/%	6	6	6	6	w(粗纤维 CF)/%	6.0	6.0	6.0	6.0
w(鱼粉 fish meal)/%	5	5	5	5	w(粗灰分 Ash)/%	8.0	8.0	8.0	8.0
w(乳清粉 whey powder)/%	6	6	6	6	w(Ca)/%	0.8	0.8	0.8	0.8
w(代乳粉 milk-replace powder)/%	1	1	1	1	w(有效磷 AP)/%	0.4	0.4	0.4	0.4
w(脂肪粉 fat powder)/%	2	2	2	2	w(NaCl)/%	0.35	0.35	0.35	0.35
w(石粉 limestone)/%	0.8	0.8	0.8	0.8	w(蛋氨酸 Met)/%	0.30	0.30	0.30	0.30
w(CaHPO ₄)/%	1.1	1.1	1.1	1.1	w(赖氨酸 Lys)/%	1.15	1.19	1.19	1.19
w(NaCl)/%	0.35	0.35	0.35	0.35					
w(赖氨酸 lysine)/%	0.25	0.36	0.36	0.36					
w(预混料 premix)/% ¹⁾	1.5	1.5	1.5	1.5					
w(小肽复合制剂 compound oligopeptide)/%	0	0.05	0.1	0.2					
合计 total	100	100	100	100					
饲料成本 cost/(元 · t ⁻¹)	3450	3425	3432	3448					

1) 预混料为每千克日粮提供:维生素 A 20 000 IU,维生素 D 2 000 IU,维生素 E 60 IU,维生素 K 2 mg,维生素 B₁ 2 mg,核黄素 10 mg,泛酸 20 mg,烟酸 40 mg,维生素 B₆ 5 mg,维生素 B₁₂ 40 μg,叶酸 1.5 mg,维生素 C 200 mg;氯化胆碱 600 mg;锰 75 mg;锌 120 mg,铁 140 mg,铜 8 mg,碘 0.4 mg,硒 0.3 mg; 2) 粗蛋白为实测值,其余为计算值

1.3 试验动物的饲养与管理

试验在华南农业大学原种猪场进行,按猪场日常生产管理规程进行,给试验猪提供适宜的生长环境条件,饲养于有窗封闭猪舍、铁栅保育栏中;按照常规免疫程序进行免疫接种;仔猪自由采食和饮水.

1.4 生产性能的测定

分别于试验开始时(31 日龄)、45、59 日龄早上 9:00 空腹称质量,统计采食量,每天记录仔猪腹泻和死亡等情况. 计算其平均体质量、平均日增质量、平均日采食量、耗料增质量比和腹泻率,腹泻率的计算方法为:某栏所有猪发生腹泻的天数之和除以整栏猪饲养的天数之和.

1.5 血清相关指标测定

在 45、59 日龄时,各组随机抽取 12 头于前腔静脉采血 10 mL,制备血清,−20 ℃ 保存. 用全自动生化分析仪测定血清中葡萄糖、胆固醇、甘油三酯、尿素氮、总蛋白及白蛋白含量,并计算出球蛋白的含量. 采用放射免疫分析法测定血清中三碘甲腺原氨酸(T₃)、甲状腺素(T₄)和类胰岛素样生长因子−I(IGF-I)水平,试

剂盒购自天津九鼎医学生物工程有限公司.

1.6 试验结果统计与分析

试验结果以平均值±标准误表示,用 SPSS11.0 统计软件对试验数据进行方差分析,用邓肯氏新复极差法进行多重比较.

2 结果与分析

2.1 小肽复合制剂对早期断奶仔猪生产性能的影响

由表 2 可以看出,在试验的 2 个阶段(31~45 d, 46~59 d),试验 C 组和 D 组的平均日增质量、平均耗料量和耗料增质量比与对照组相比,差异均不显著($P>0.05$),且没有腹泻发生;而试验 B 组的平均日增质量显著低于对照组($P<0.05$),耗料增质量比显著高于对照组($P<0.05$),且有腹泻发生;表明降低日粮蛋白质浓度,同时添加适量的小肽复合制剂对防治断奶仔猪腹泻有明显效果;单从饲料成本计算,C 组和 D 组与 A 组相近,A 组加上治疗的药物成本,则高于 C 组和 D 组.

表 2 小肽复合制剂对早期断奶仔猪生产性能的影响¹⁾
Tab.2 The effect of compound oligopeptide on performance of weaned piglets

组别 group	31 d 均质量 31 d-mass/kg	45 d 均质量 45 d-mass/kg	31~45 d			
			平均日增质量 ADG/ (g·头 ⁻¹ ·d ⁻¹)	平均耗料量 feed mass/(kg·头 ⁻¹)	耗料增质量比 feed/gain	腹泻率 diarrhoea/%
A	7.45±0.23a	12.50±0.64a	361±19a	8.15±0.36a	1.61±0.11a	7.8±1.2a
B	7.56±0.21a	11.75±1.15b	299±20b	7.08±0.72b	1.69±0.23b	7.5±1.1a
C	7.44±0.19a	12.83±0.86ab	385±12ab	8.84±0.35ab	1.64±0.07ab	0b
D	7.47±0.23a	13.27±0.79a	411±11ab	9.40±0.27a	1.62±0.06a	0b

组别 group	31~45 d		46~59 d			
	单位增质量耗料 成本 cost/(元·kg ⁻¹)	59 d 均质量 59 d-mass/kg	平均日增质量 ADG /(g·头 ⁻¹ ·d ⁻¹)	平均耗料量 feed mass/(kg·头 ⁻¹)	耗料增质量比 feed/gain	腹泻率 diarrhoea/%
A	5.56±0.12a	18.88±1.01a	456±23a	11.94±1.35a	1.87±0.07a	4.7±1.4a
B	5.78±0.22b	17.31±1.39b	397±26b	11.22±2.12a	2.02±0.23b	5.2±1.2a
C	5.62±0.21ab	18.89±1.12ab	433±13ab	11.88±2.04 a	1.96±0.05ab	0b
D	5.58±0.18a	19.72±0.89a	461±19a	12.20±1.27a	1.89±0.06a	0b

组别 group	46~59 d		31~59 d			
	单位增质量耗料 成本 cost/(元·kg ⁻¹)	平均日增质量 ADG /(g·头 ⁻¹ ·d ⁻¹)	平均耗料量 feed mass/(kg·头 ⁻¹)	耗料增质量比 feed/gain	腹泻率 diarrhoea/%	单位增质量耗料 成本 cost/(元·kg ⁻¹)
A	6.45±0.13a	409±27a	20.09±1.15a	1.74±0.13a	6.25±1.1a	6.00±0.17a
B	6.92±0.21b	348±35b	18.30±1.78a	1.86±0.23b	6.35±1.5a	6.37±0.26b
C	6.73±0.14ab	409±19a	20.71±1.01a	1.80±0.17ab	0b	6.16±0.21ab
D	6.52±0.19a	438±28a	21.60±1.43a	1.76±0.21a	0b	6.06±0.24 a

1) 同列数据后字母不同者为差异显著($P<0.05$),同列数据后字母相同者为差异不显著($P>0.05$),Duncan's 法

2.2 小肽复合制剂对早期断奶仔猪血液生化指标的影响

由表 3 可知,血液中葡萄糖浓度在 45 日龄时 C、D 组显著高于 A 组($P < 0.05$),同时 C 组也显著高于 B 组($P < 0.05$),其余各组之间差异不显著($P > 0.05$);在 59 日龄时,各组之间差异均不显著($P > 0.05$)。血液中的胆固醇浓度在 45 和 59 日龄时,各组之间的差异均不显著($P > 0.05$)。血液中的甘油三酯浓度在 45 日龄时,A、B 组与 C、D 组之间差异显著($P < 0.05$);而到 59 日龄时,各组之间差异不显著

($P > 0.05$)。在 45 日龄时,尿素氮浓度各添加水平组均低于对照组,但差异不显著;在 59 日龄时,C 和 D 组均显著低于对照组($P < 0.05$)。血液中的总蛋白质量浓度在 45 和 59 日龄时,各组之间的差异均不显著($P > 0.05$)。在 45 日龄时,B 组的白蛋白质量浓度显著低于对照组($P < 0.05$),59 日龄时,各组之间差异不显著($P > 0.05$)。球蛋白质量浓度在 45 日龄时各试验组与对照组差异均不显著($P > 0.05$);59 日龄时,各试验组的球蛋白质量浓度均高于对照组,但差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 小肽复合制剂对早期断奶仔猪血液生化指标的影响¹⁾
Tab. 3 The effect of compound oligopeptide on the serum biochemical indices of weaned piglet

组别 group	c(葡萄糖 BG)/(mmol · L ⁻¹)		c(胆固醇 CH)/(mmol · L ⁻¹)		c(甘油三酯 TG)/(mmol · L ⁻¹)	
	45 d	59 d	45 d	59 d	45 d	59 d
A	3.67 ± 0.23a	2.90 ± 0.21	2.32 ± 0.11	2.15 ± 0.10	0.54 ± 0.05a	0.44 ± 0.02
B	3.74 ± 0.15ab	2.96 ± 0.26	2.14 ± 0.13	2.15 ± 0.10	0.51 ± 0.05a	0.43 ± 0.02
C	4.31 ± 0.15c	3.17 ± 0.32	2.32 ± 0.07	2.12 ± 0.06	0.38 ± 0.03b	0.44 ± 0.03
D	4.26 ± 0.20bc	3.00 ± 0.23	2.23 ± 0.07	2.08 ± 0.08	0.39 ± 0.03b	0.43 ± 0.03

组别 group	c(尿素氮 UN)/(mmol · L ⁻¹)		ρ(总蛋白 TP)/(g · L ⁻¹)		ρ(白蛋白 AP)/(g · L ⁻¹)		ρ(球蛋白 GP)/(g · L ⁻¹)	
	45 d	59 d	45 d	59 d	45 d	59 d	45 d	59 d
A	2.63 ± 0.29	3.68 ± 0.24a	51.87 ± 1.81	58.43 ± 0.58	23.82 ± 0.97a	28.13 ± 0.27	28.05 ± 1.12	29.64 ± 0.37
B	2.40 ± 0.40	3.95 ± 0.33a	49.38 ± 1.19	58.77 ± 1.76	20.86 ± 0.70b	27.71 ± 1.08	28.52 ± 0.86	31.06 ± 1.17
C	1.97 ± 0.19	2.76 ± 0.16b	50.46 ± 0.77	57.70 ± 1.06	22.14 ± 0.56ab	25.83 ± 1.40	28.29 ± 0.61	30.39 ± 0.79
D	2.28 ± 0.28	2.92 ± 0.13b	50.90 ± 1.03	56.91 ± 1.37	22.42 ± 1.03ab	25.14 ± 1.15	27.93 ± 0.43	31.77 ± 0.84

1) 同列数据后字母不同者为差异显著($P < 0.05$),同列数据后字母相同或未标字母者为差异不显著($P > 0.05$),Duncan's 法

2.3 小肽复合制剂对早期断奶仔猪血清中 T_3 、 T_4 和 IGF-I 水平的影响

由表 4 可知,45 日龄时,试验 C 组和 D 组血清的 T_3 水平明显高于对照组,且差异显著($P < 0.05$)。59 日龄时,各试验组血清的 T_3 水平均高于对照组,其中试验 C 组显著高于对照组($P < 0.05$)。45 日龄时,试验 D 组 T_4 水平显著高于对照组($P < 0.05$);59 日龄时,各组间差异不显著。血清中 IGF-I 水平各组间差异不显著。

表 4 小肽复合制剂对早期断奶仔猪血清中几种激素质量浓度的影响¹⁾
Tab. 4 The effect of compound oligopeptide on hormone mass concentration of weaned piglets

组别 group	ρ(T_3)/(ng · mL ⁻¹)		ρ(T_4)/(ng · mL ⁻¹)		ρ(IGF - I)/(ng · mL ⁻¹)	
	45 d	59 d	45 d	59 d	45 d	59 d
A	0.70 ± 0.08a	0.47 ± 0.07a	5.37 ± 0.15a	5.78 ± 0.19	110.26 ± 4.47	120.47 ± 6.95
B	0.66 ± 0.12a	0.55 ± 0.07ab	5.20 ± 0.31a	5.92 ± 0.21	107.55 ± 6.38	133.03 ± 9.69
C	1.02 ± 0.07b	0.68 ± 0.03b	5.79 ± 0.28a	5.71 ± 0.20	101.89 ± 3.28	136.07 ± 7.59
D	1.04 ± 0.09b	0.64 ± 0.06ab	7.06 ± 0.34b	5.32 ± 0.24	108.32 ± 7.45	139.68 ± 10.79

1) 同列数据后有相同字母或未标字母表示差异不显著($P > 0.05$),字母不同者为差异显著($P < 0.05$),Duncan's 法

3 讨论

腹泻是早期断奶仔猪生长受阻和死亡率高的主要原因,引起仔猪腹泻的原因是多种多样的,包括仔猪肠道发育不完善、消化能力弱^[4],以及饲料中的抗原物质引发肠道黏膜过敏反应,导致肠道损伤等^[5]。由于仔猪消化系统发育不完善,对饲料蛋白质消化能力较弱,在植物饲料中,特别是豆粕等饼粕类饲料中含多种抗营养因子,如胰蛋白酶抑制因子、植物凝集素和 α -半乳糖苷等,而对饲粮蛋白质来源极为敏感^[6],豆粕引起的过敏反应和腹泻程度最强,与日粮豆粕中的抗原性蛋白大豆球蛋白和 β - 球蛋白有关^[7]。生物活性肽是具有多种生物学功能的多肽和不到 10 个氨基酸组成的小肽,它是由氨基酸组成

的,但它比氨基酸有更好的消化吸收性能,且营养和生理效果更为优越,不仅如此,其中许多小肽还具有原蛋白质或其组成氨基酸所没有的新功能^[8-9]. 与游离氨基酸吸收相比,小肽转运系统具有速度快、耗能低、不易饱和等特点,而游离氨基酸吸收慢、载体易饱和、吸收时耗能高. 来源于小肽的氨基酸吸收速率较游离氨基酸更快更稳定,表明肽转运系统的容量大于氨基酸转运系统,不易饱和^[10],医学研究中小肽还对 Ca^{2+} 的吸收有促进作用^[11]. 本试验在仔猪日粮中用5%的玉米替代5%的豆粕,再添加适量的小肽复合制剂均能有效地减少早期断奶仔猪的腹泻次数,降低其腹泻率,说明在日粮中通过添加小肽复合制剂,不仅可以减少豆粕的使用量,降低生产成本,同时也可减少豆粕中抗原物质的含量从而降低仔猪的应激,对早期断奶仔猪的胃肠道有着良好的保护作用,其中以添加 $1\,000$ 、 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 的小肽复合制剂效果较佳.

血糖是机体所有细胞的能源,其浓度直接影响机体的糖代谢,并且间接影响机体脂肪等其他营养物质的代谢. 血清胆固醇和甘油三酯水平则反映体内脂类代谢情况,脂类在体内运输发生障碍时,甘油三酯含量会明显升高. 一般情况下,血液中胆固醇的含量相当稳定,而甘油三酯的含量却随着饲料的种类和数量等条件发生大幅度的变化. 从试验结果看,59日龄时试验组各种指标与对照组相比差异都不显著. 说明添加小肽复合制剂对仔猪糖、脂代谢没有显著影响.

45日龄时各试验组血清尿素氮水平均低于对照组,到59日龄时,添加 $1\,000$ 、 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组血清尿素氮水平显著低于对照组,说明小肽复合制剂在一定程度上能改善仔猪对蛋白质的利用率. 血清白蛋白浓度与机体蛋白质合成密切相关. 添加 $500\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组的白蛋白浓度在45、59日龄时均低于对照组,且在45日龄时差异显著,这与该组的日增质量显著低于对照组的结果相一致,这一结果也说明添加 $500\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂不能完全弥补因用5%玉米替代豆粕所造成的蛋白质不足. 而添加 $1\,000$ 、 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组的白蛋白浓度在45和59日龄时均与对照组差异不显著. 说明添加 $1\,000$ 、 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂已能弥补因用5%玉米替代豆粕所造成的蛋白质不足.

球蛋白是动物机体中重要的免疫蛋白,其浓度在很大程度上反映机体的免疫机能. 本试验中,除45日龄时添加 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂试验组略

低于基础日粮组外,各试验组的球蛋白浓度均高于基础日粮组. 说明添加小肽复合制剂能提高断奶仔猪血清球蛋白的浓度,从而提高机体的免疫力.

本试验还观察到,添加 $1\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组血清的 T_3 水平在45和59日龄时均显著高于对照组,添加 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组血清的 T_3 水平在45日龄时显著高于对照组. 而 T_4 水平在添加 $2\,000\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 小肽复合制剂组45日龄时显著高于对照组. 表明小肽复合制剂可能通过促进甲状腺活动,提高机体血清 T_3 、 T_4 水平,增强机体代谢效率,增强机体免疫力,从而一定程度上促进断奶仔猪的生长发育,减轻或消除断奶对仔猪生长应激的影响.

参考文献:

- [1] 张勇. 早期断奶仔猪的营养需要[J]. 河南畜牧兽医, 2006, 27(1): 13-14.
- [2] 牟永斌, 董国忠. 提高早期断奶仔猪免疫功能及健康水平的营养措施[J]. 饲料工业, 2007, 28(3): 101-105.
- [3] FUNDERBUKE D W, SEERLEY R W. The effects of post weanling stressors on pig weight change, blood, liver and digestive tract characteristics[J]. J Anim Sci, 1990, 68: 155-162.
- [4] HAMPSON D J. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning[J]. Research in Veterinary Science, 1986, 40: 32-40.
- [5] 陈代文, 杨凤, 陈可容. 补料及开食料中不同种类蛋白质对仔猪过敏反应及腹泻程度的影响[J]. 畜牧兽医学报, 1995, 26(3): 200-206.
- [6] 汪傲. 饲用酶制剂的作用机理[M]//冯定远. 生物技术 在饲料工业中的应用. 广州: 广东科技出版社, 2001: 21-25.
- [7] 雷风, 程广凤. 生物活性饲料对早期断奶仔猪腹泻的影响[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2005, 23(3): 67-68.
- [8] 杜林, 李亚娜. 生物活性肽的功能与制备研究进展[J]. 中国食物与营养, 2005, 8: 18-21.
- [9] 陈路, 张日俊. 生物活性肽(寡肽)饲料添加剂的研究与应用[J]. 动物营养学报, 2004, 16(2): 12-14.
- [10] STEINHARDT H J. Comparison of enteral resorption rates of free amino acids and oligopeptides[J]. Leber Magen Darm, 1984, 14(2): 15-56.
- [11] 张经坤, 张泽民, 于傲. 人体钙吸收理论探讨[J]. 科学通报, 2000, 45(10): 1114-1120.

【责任编辑 柴 焰】