

# 抗菌肽对断奶仔猪生产性能和健康水平的影响

苏 恺<sup>1</sup>, 王 凯<sup>1</sup>, 孙力军<sup>2</sup>, 刘唤明<sup>2</sup>, 刘艳芬<sup>1\*</sup>

(1. 广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东海洋大学 食品科技学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:** 为了探讨抗菌肽对断奶仔猪生产性能和健康水平的影响, 选取 144 头(25±3)日龄、体质量相近[(6.91±1.10) kg]的杜×长×大三元杂交断奶仔猪, 随机分成 3 组, 即基础日粮组(对照组)、基础日粮+0.2%抗菌肽组(试验 1 组)和基础日粮+0.4%抗菌肽组(试验 2 组), 试验周期 28 d, 测定其生产性能和血清相关指标的变化。结果显示, 与对照组相比, 试验前期(1~14 d)试验 2 组仔猪平均日增体质量、平均日采食量和料重比分别提高 11.3%、3.8%和 6.4%, 但组间差异不显著。试验 1 组和试验 2 组死淘率显著降低, 试验 2 组的血清 IgG 和血清总胆固醇显著高于对照组、尿素氮显著低于其他组。另外, 试验 1 组和试验 2 组血清丙二醛含量显著低于对照组, 试验 2 组的抗氧化能力显著高于对照组和试验 1 组。表明抗菌肽能显著改善断奶仔猪的生产性能, 提高血清 IgG 水平、抗氧化性能和健康水平, 降低死淘率。

**关键词:** 抗菌肽; 断奶仔猪; 生产性能; 健康水平

中图分类号: S816.73 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)09-0112-05

## Effects of Antimicrobial Peptide on Growth Performance and Health of Weaning Piglets

SU Kai<sup>1</sup>, WANG Kai<sup>1</sup>, SUN Li-jun<sup>2</sup>, LIU Huan-ming<sup>2</sup>, LIU Yan-fen<sup>1\*</sup>

(1. College of Agriculture, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2. School of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** In order to study the effect of antimicrobial peptide on growth performance and health of weaning piglets, 144 weaning piglets[(25±3) d of age, Landrace×Yorkshire×Duroc, initial body weight:(6.91±1.10) kg] were randomly allotted to 3 treatments. There were 3 replicate pens in each treatment with 16 pigs per pen. The dietary treatments were basal diet (control), basal diet+0.2% antimicrobial peptide(group 1) and basal diet+0.4% antimicrobial peptide (group 2). The experimental diets were fed in for 2 phases(1-14 d, prior phase and 15-28 d, latter phase post-weaning). The growth performance and serum related indices of 3 treatments were measured. The results showed that ADG, ADFI and F/G of the piglets in group 2 were increased by 11.3%, 3.8% and 6.4%, but difference between the group 2 and control was not significant. The death and culling rates of the piglets in group 1 and group 2 were significantly lower than that of control, the serum IgG and TC content of group 2 were significantly higher, and the serum BUN level was significantly lower than that of group 1 and control. In addition, the serum MDA content in group 1 and 2 was significantly lower than that of control, and the serum T-AOC activity in group 2 was significantly higher than that of groups 1 and control. It can be inferred that the serum IgG level, antioxidant capacity and health of the weaning piglets could be significantly improved with antimicrobial peptide supplementation in the diets, and the death and culling rate reduced as well.

**Key words:** antimicrobial peptide; weaning pig; growth performance; health

收稿日期: 2013-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972287)

作者简介: 苏 恺(1988-), 男, 河南郑州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 动物营养与免疫。E-mail: sukai0324@126.com

\* 通讯作者: 刘艳芬(1963-), 女, 河北衡水人, 教授, 硕士, 主要从事动物营养与免疫研究。E-mail: lyf9314@163.com

抗生素的发现和应用为畜牧业的发展做出了巨大贡献,但随着抗生素的滥用,其在畜产品中的残留以及所导致的细菌耐药性问题日益严重<sup>[1]</sup>。因此,寻找抗生素替代品,生产安全可靠的畜禽产品,受到广大畜牧工作者的高度关注。

抗菌肽是一种具有生物活性的小分子多肽,是生物有机体自然防御体系中的重要组成成分<sup>[2]</sup>。与抗生素相比,抗菌肽不仅具有广谱抗菌活性,还具有耐酸碱、抗病毒、抗肿瘤和热稳定性等特点和功效<sup>[3]</sup>。抗菌肽来源广泛,已发现的抗菌肽达4 000多种<sup>[4]</sup>。目前对抗菌肽虽已有研究,但研究重点主要集中在其作用机制方面,而有关其在畜牧业生产上的应用研究报道不多。鉴于此,通过在日粮中添加不同量的抗菌肽,研究其对断奶仔猪生产性能和血清相关指标的影响,旨在为抗菌肽在养猪生产中的应用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验用抗菌肽由广东海洋大学食品科技学院海洋有害微生物及毒素绿色控制研究室提供,通过纳豆芽孢杆菌 NT-6 发酵产生,主要活性成分为脂肽<sup>[5]</sup>,抑菌活性为  $3.5 \times 10^5$  U/g。

### 1.2 试验动物及分组

采用单因素完全随机试验设计,选用 144 头(25±3)日龄、体质量相近(6.91±1.10 kg)、健康状况良好的杜×长×大三元杂交断奶仔猪,随机分为 3 组,即基础日粮组(对照组)、基础日粮+0.2%抗菌肽组(试验 1 组)和基础日粮+0.4%抗菌肽组(试验 2 组),每组 3 个重复,每个重复 16 头猪,公母比例 1:1,各组猪之间初始体质量差异不显著( $P>0.05$ )。

### 1.3 试验日粮

采用玉米-豆粕型基础日粮,营养水平参照 NRC(1998)生长育肥猪饲养标准配制,配方和营养水平见表 1。

### 1.4 饲养管理与样品采集

试验于 2012 年 7—8 月在广东省湛江市某猪场进行,采用全进全出式管理模式,试验开始前对猪舍及周边的环境进行彻底消毒处理,试验过程中定期对猪舍进行消毒。仔猪转到保育舍后进行 5 d 的预饲期,之后空腹 12 h 称体质量,进入正式试验期。试验猪自由饮水、采食,分前期(1~14 d)和后期(15~28 d),共 28 d。试验期间,按照该猪场免疫程序和日常管理要求进行免疫和管理。

表 1 基础日粮成分和营养水平

原料	含量/%	营养水平	含量
玉米	56.00	猪消化能(MJ/kg)	14.05
豆粕	23.50	粗蛋白/%	20.18
鱼粉	3.00	钙/%	0.83
血浆蛋白粉	3.00	总磷/%	0.68
乳清粉	8.00	赖氨酸/%	1.21
大豆油	2.00	蛋氨酸+胱氨酸/%	0.83
磷酸氢钙	1.00		
石粉	1.00		
食盐	0.25		
赖氨酸	0.21		
蛋氨酸	0.04		
预混料*	2.00		
总计	100		

注: \*预混料为每千克日粮含铁 150 mg、锰 40 mg、维生素 A 10 000 IU、维生素 D<sub>3</sub> 1 500 IU、维生素 K 0.5 mg、维生素 B<sub>1</sub> 5 mg、维生素 B<sub>2</sub> 20 mg、维生素 B<sub>6</sub> 3 mg、维生素 B<sub>12</sub> 0.02 mg、烟酸 20 mg、泛酸 20 mg、叶酸 115 mg、生物素 0.4 mg。

试验结束后(即第 29 天)前腔静脉采血 5 mL(每个重复 3 头猪),室温下倾斜静置 30 min,3 000 r/min 离心 15 min,取上层血清,分装在 1.5 mL 离心管中,−20 °C 保存备用。

### 1.5 检测指标

1.5.1 生产性能 试验期间定期记录耗料量,试验开始和结束前 1 d 空腹 12 h 后称体质量,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增体质量(ADG)和料重比(F/D)。试验期间对死亡或者严重疾病的仔猪进行淘汰,记录淘汰猪体质量和淘汰原因,并计算死亡率。

1.5.2 腹泻率 试验期间,每天定时观察仔猪腹泻情况,1 头猪腹泻 1 d 记录为 1 次腹泻(以粪样呈糊状或水样并明显粘于仔猪肛门处为准),并按以下公式计算腹泻率:

$$\text{腹泻率} = [\text{腹泻次数} / (\text{猪头数} \times \text{试验天数})] \times 100\%$$

1.5.3 血液生化指标及测定方法 测定的血液生化指标包括血清尿素氮(BUN)、血清总蛋白(TP)、血清白蛋白(ALB)、血糖(GLU)、胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、血清 IgG、超氧化物歧化酶(SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)、还原性谷胱甘肽(GSH)。测定方法分别为脲酶法、血双缩脲法、溴甲酚绿比色法、葡萄糖氧化酶法、酶偶联比色法、酶偶联比色法、ELISA 法、羟胺法、ABTS 法、硫代巴比妥酸法、二硫代硝基苯甲酸比色法。测定所用检测试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

## 1.6 统计分析

采用 SPSS 17.0 统计软件对各项数据进行单因素方差分析。差异显著时采用 LSD 法对各组间平均数进行多重比较,计算结果以“平均值±标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗菌肽对断奶仔猪生产性能的影响

由表 2 可以看出,试验前期,与对照组相比,试验 1 组的 ADFI 和 ADG 均略低,试验 2 组的 ADFI

和 ADG 分别提高 3.8% 和 11.3%,但组间差异不显著( $P>0.05$ );试验 2 组的 F/G 分别比对照组和试验 1 组低 6.4% 和 6.5% ( $P>0.05$ )。试验后期,试验 2 组的 ADFI 和 ADG 均高于试验 1 组和对照组,但未达到显著水平( $P>0.05$ ),各组间 F/G 无显著差异( $P>0.05$ )。就整个试验期而言,试验 2 组的 ADFI 和 ADG 均高于对照组和试验 1 组,但未达到显著水平,各组间 F/G 无显著差异。由此可见,高剂量的抗菌肽对仔猪断奶前期生产性能有一定程度的改善。

表 2 抗菌肽对断奶仔猪试验前期、后期和试验全期生产性能的影响

	项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组
试验前期	ADFI/(g/d)	367±90	339±77	381±35
	ADG/(g/d)	212±45	195±25	236±10
	F/G	1.724±0.062	1.727±0.203	1.614±0.125
试验后期	ADFI/(g/d)	599±107	598±104	632±33
	ADG/(g/d)	295±13	298±57	310±16
	F/G	2.019±0.270	2.014±0.187	2.040±0.009
试验全期	ADFI/(g/d)	478±94	468±92	504±35
	ADG/(g/d)	252±28	246±41	272±13
	F/G	1.887±0.155	1.898±0.169	1.851±0.056

注:同行数据字母相同或无字母表示差异不显著( $P>0.05$ ),不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

### 2.2 抗菌肽对断奶仔猪健康水平的影响

由表 3 可以看出,各组间腹泻率差异不显著( $P>0.05$ ),但试验 1 组和试验 2 组死淘率较对照组分别降低了 93.2% 和 70.5% ( $P<0.05$ )。血清 IgG 水平试验 2 组分别高于对照组和试验 1 组 57.4% 和 50.5%。由此可见,抗菌肽的添加可以显著改善断奶仔猪健康水平,降低死淘率,改善机体的免疫功能。

表 3 抗菌肽对断奶仔猪健康水平的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组
腹泻率/%	3.85±1.26	4.10±1.20	3.04±1.60
死淘率/%	14.12±9.73a	2.08±3.60b	4.17±3.61b
血清 IgG/(μg/mL)	266.00±68.58b	278.22±10.18b	418.78±39.06a

### 2.3 抗菌肽对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 4 可以看出,试验 2 组的 BUN 显著低于试验 1 组和对照组( $P<0.05$ );对照组的 TC 显著低于试验 2 组( $P<0.05$ ),但试验 1 组与 2 组之间差异不显著( $P>0.05$ )。各组之间 GLU、TP、ALB 和 TG 差异均不显著( $P>0.05$ )。这说明,抗菌肽可以促进断奶仔猪蛋白质和胆固醇的合成,改善机体对营养物质的消化吸收。

表 4 抗菌肽对断奶仔猪血清生化指标的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组
GLU/(mmol/L)	2.67±1.06	3.19±1.09	2.90±0.28
BUN/(mmol/L)	3.89±0.73a	4.07±0.60a	3.03±0.50b
TP/(mg/mL)	67.59±6.69	66.17±3.47	67.12±10.38
ALB/(mg/mL)	39.05±3.85	38.24±3.72	41.14±6.08
TC/(mmol/L)	3.91±0.45b	4.85±0.94ab	5.67±0.45a
TG/(mmol/L)	5.91±1.08	5.69±0.83	6.31±1.23

由表 5 可以看出,各组之间的 SOD 含量差异均不显著( $P>0.05$ ),对照组的 MDA 含量显著高于试验 1 组和试验 2 组( $P<0.05$ ),试验 1 组的 GSH 显著低于试验 2 组( $P<0.05$ ),试验 2 组的 T-AOC 显著高于对照组和试验 1 组( $P<0.05$ )。由此可见,日粮中添加 0.4% 的抗菌肽可以显著提高血清 GSH 和 T-AOC,降低 MDA 含量,改善仔猪的抗氧化功能。

表 5 抗菌肽对断奶仔猪抗氧化功能和免疫功能的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组
SOD/(U/mL)	36.02±4.50	38.42±5.25	42.99±10.46
MDA/(nmol/mL)	28.17±1.26a	23.57±2.91b	23.98±2.38b
GSH/(mg/L)	34.38±3.24ab	28.86±2.69b	39.36±3.96a
T-AOC/(U/mL)	3.80±0.29b	4.39±0.96b	6.08±0.30a

### 3 结论与讨论

#### 3.1 抗菌肽对断奶仔猪生长性能的影响

在仔猪断奶前期,由于消化道发育和消化机能不完善,再加上断奶应激都会对仔猪生长和健康状况产生不良影响。日粮中添加适量抗菌肽,有利于抑制肠道有害菌生长繁殖,改善肠道微生态,降低仔猪腹泻率,进而提高仔猪生产性能。因此,用抗菌肽替代抗生素作为仔猪生长促进剂具有一定的可行性<sup>[6-7]</sup>。本试验结果表明,试验前期日粮添加 0.4% 抗菌肽,断奶仔猪的 ADFI 和 ADG 分别高于对照组 3.8% 和 11.3%,料重比降低 6.4%,表明适量添加抗菌肽,在一定程度上能缓解断奶应激,改善断奶仔猪的生产性能。随着仔猪消化机能的日益完善,抗菌肽的促生长作用减弱,各组间 ADFI 和 ADG 差异不显著。

抗菌肽种类繁多,分子结构、抑菌机制也不尽相同,在动物生产上的应用效果也有很大差异。Wu 等<sup>[8]</sup>的研究表明,在基础日粮中添加 400 mg/kg 的天蚕素抗菌肽饲喂断奶仔猪,可以提高断奶仔猪饲料转化率,但效果不如抗生素;Yoon 等<sup>[9]</sup>的研究表明,与添加抗生素组相比,在日粮中添加 0~90 mg/kg 的抗菌肽组可以降低断奶仔猪的生产性能;刘显军等<sup>[10]</sup>和覃小荣等<sup>[11]</sup>的研究结果表明,在日粮中添加 3~5 g/kg 抗菌肽的断奶仔猪,生产性能均显著高于对照组或抗生素组,而添加 1 g/kg 抗菌肽的试验组仔猪,生产性能与对照组相比无显著差异。因此,有关抗菌肽对断奶仔猪生产性能影响的机制和效果还需进一步探讨。

#### 3.2 抗菌肽对断奶仔猪健康水平的影响

抗菌肽能显著降低断奶仔猪肠道和粪便细菌总数<sup>[10,12]</sup>,某些抗菌肽还能选择性抑制肠道有害菌的生长繁殖<sup>[13]</sup>,降低腹泻率,改善仔猪健康状况。从本试验结果来看,在基础日粮中添加不同剂量的抗菌肽对断奶仔猪腹泻率无显著影响,但可以显著降低死淘率,并且添加 0.4% 的抗菌肽可以显著提高血清 IgG 含量。Wu 等<sup>[8]</sup>研究表明,在基础日粮中添加 400 mg/kg 的抗菌肽可以显著降低断奶仔猪腹泻率,显著提高血清 IgG 含量;都海明等<sup>[14]</sup>研究表明,在基础日粮中添加 2 000~4 000 U/kg 的抗菌脂肽可以显著降低断奶仔猪腹泻率,且与抗生素的效果相当。抗菌肽提高动物机体的健康水平,可能是通过优化肠道微生态和增强免疫功能来实现的,当病原菌入侵时抗菌肽可直接发挥抗内毒素和趋化因子的作用<sup>[15-16]</sup>,诱导或激活信号分子和免疫细胞来提高机体的免疫功能。

#### 3.3 抗菌肽对断奶仔猪血清生化指标的影响

本试验结果表明,日粮添加抗菌肽对断奶仔猪血

清 GLU、TP 和 ALB 无显著影响,但添加 0.4% 的抗菌肽能显著降低 BUN 含量,这与张董燕等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。另外,添加 0.4% 的抗菌肽还可以显著提高血清 TC 含量,提高 TG 水平,说明抗菌肽能提高仔猪蛋白质的利用率,增加胆固醇和甘油三酯合成,但其确切的作用机制尚不清楚。都海明等<sup>[14]</sup>研究表明,在断奶仔猪日粮中添加 4 000 U/kg 抗菌脂肽可以显著降低血清 TC 含量( $P<0.05$ ),但是对 TG 无显著影响。分析认为,抗菌脂肽能提高机体对类脂的转化和利用能力,阻止 TC 在血液中的沉积并加速其分解代谢。因此,抗菌肽在断奶仔猪脂肪代谢中的作用及其机制仍有待进一步研究。

#### 3.4 抗菌肽对断奶仔猪血清抗氧化功能的影响

机体代谢过程中产生的过氧化物和自由基,会损害机体组织细胞,加速细胞衰老或凋亡。动物体内抗氧化酶如 SOD、GSH-Px 以及还原型 GSH 协同作用对于清除过氧化物和自由基、保持细胞膜的完整性、维持正常免疫功能有着极其重要的作用。目前,有关抗菌肽对断奶仔猪抗氧化功能的研究报道较少。吕尊周等<sup>[18]</sup>用抗菌肽粗提物饲喂蛋鸡,当添加量达到 600 mg/kg 时,可以显著提高血清 SOD 含量( $P<0.05$ );都海明等<sup>[19]</sup>研究表明,日粮中添加 4 000 U/kg 和 8 000 U/kg 的抗菌脂肽可使肉鸡血清 T-AOC 和 SOD 水平显著升高( $P<0.05$ ),但对血清 MDA 含量无显著影响( $P>0.05$ )。本试验结果显示,日粮添加抗菌肽能显著降低断奶仔猪血清 MDA 含量,提高 T-AOC 活性和血清 SOD 活性,说明抗菌肽能提高断奶仔猪抗氧化能力,保护免疫细胞膜,促进 IgG 的分泌,从而改善仔猪抗感染水平。

抗菌肽对断奶仔猪生产性能无显著影响,但是可以显著降低死淘率,提高血清 TC 含量,降低 MDA 含量,提高血清总抗氧化能力和血清 IgG 含量,增强机体抗氧化功能和机体免疫力。

#### 参考文献:

- [1] 孙艳侠. 高效液相色谱在乳品抗生素残留检测中的应用[J]. 山西农业科学, 2010, 38(3): 10-13.
- [2] Reddy K, Yedery R D, Aranha C. Antimicrobial peptides: premises and promises [J]. Int J Antimicrob Agents, 2004, 24(6): 536-547.
- [3] 单安山, 马得莹, 冯兴军, 等. 抗菌肽的功能、研发与应用[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2249-2259.
- [4] Li J, Xu X, Xu C, et al. Anti-infection peptidomics of amphibian skin[J]. Mol Cell Biochem, 2007, 6(5): 882-894.

(下转第 127 页)

## 10 对种质的评估

### 10.1 遗传特点

南阳牛耐粗饲、肉质优良、皮板致密、体质强健、遗传稳定、适应性强。

### 10.2 种质资源优缺点

南阳牛的优点:体格高大、肌肉发达、结构紧凑、皮薄毛细、四肢端正、蹄质结实、行动迅速、肉质细嫩、肌纤维细、味道鲜美,耐粗饲,适应性强,遗传性稳定。缺点:在同等条件下,饲料报酬、体质量增加速度、产肉、产乳量等比国外肉用品种差。

### 10.3 研究开发及主要利用方向

今后,南阳牛的研究开发及主要利用方向是在保持南阳牛种质资源优势的基础上,提高饲料报酬、

体质量增加速度以及产肉、产乳量<sup>[4]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Sun W B, Chen H, Lei C Z, *et al.* Genetic variation in eight Chinese cattle breeds based on the analysis of microsatellite markers[J]. *Genetics Selection Evolution*, 2008, 40(6): 681-692.
- [2] 梁子安, 鲁云凤, 王庆林. 南阳牛遗传多样性的 RAPD 分析[J]. *河南农业科学*, 2007(9): 99-100.
- [3] Zhang B, Chen H, Hua L S, *et al.* Novel SNPs of the mtDNA ND5 gene and their associations with several growth traits in Nanyang cattle breeds[J]. *Biochemical Genetics*, 2008, 46(5-6): 362-368.
- [4] 张玉才, 陈冠, 路青各. 南阳牛品种资源保护与利用现状[J]. *中国牛业科学*, 2010, 36(1): 57-59.
- (上接第 115 页)
- [5] 王东, 王雅玲, 孙力军, 等. 纳豆芽孢杆菌 NT-6 抗菌肽在凡纳滨对虾保鲜上的应用[J]. *水产学报*, 2012, 36(7): 1133-1139.
- [6] 潘行正, 黄正明, 李永新. 抗菌肽制剂对母猪死产率和仔猪成活率的影响[J]. *现代农业科技*, 2010(12): 285-286.
- [7] 陆琪. 抗菌肽及其在畜牧业中的应用[J]. *现代农业科技*, 2008(8): 167-168.
- [8] Wu S, Zhang F, Huang Z, *et al.* Effects of the antimicrobial peptide cecropin AD on performance and intestinal health in weaned piglets challenged with *E. coli* [J]. *Peptides*, 2012, 35(2): 225-230.
- [9] Yoon J H, Ingale S L, Kim J S, *et al.* Effects of dietary supplementation of antimicrobial peptide-A3 on growth performance, nutrient digestibility, intestinal and fecal microflora and intestinal morphology in weanling pigs [J]. *Anim Feed Sci Tech*, 2012, 177(1): 98-107.
- [10] 刘显军, 丁雪, 陈静, 等. 抗菌肽和抗生素对断奶仔猪生长性能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(7): 252-256.
- [11] 覃小荣, 刘丁健, 曾其恒, 等. 抗菌肽对保育猪生产性能与健康水平的影响[J]. *饲料研究*, 2011(4): 6-8.
- [12] Jin Z, Yang Y X, Choi J Y, *et al.* Effects of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Golden valley) protein having antimicrobial activity on the growth performance, and intestinal microflora and morphology in weanling pigs [J]. *Anim Feed Sci Tech*, 2008, 140(1): 139-154.
- [13] Lim M, Kim Y, Lim H, *et al.* Growth-inhibiting effects of various valley potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and breeding clones toward human intestinal bacteria[J]. *Agric Chem Biotechnol*, 2004, 47(2): 97-101.
- [14] 都海明, 戚广州, 王建军, 等. 抗菌脂肽对断奶仔猪生长性能、肠道微生物及血液指标的影响研究[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(5): 76-82.
- [15] Scott M G, Davidson D J, Gold M R, *et al.* The human antimicrobial peptide LL-37 is a multifunctional modulator of innate immune responses [J]. *J Immunol*, 2002, 169(7): 3883-3891.
- [16] Durr M, Peschal A. Chemokines meet defensins: The merging concepts of chemoattractants and antimicrobial peptides in host defense[J]. *Infect Immun*, 2002, 70(12): 6515-6517.
- [17] 张董燕, 季海峰, 刘辉, 等. 天蚕素抗菌肽对断奶仔猪生产性能及血清指标的影响[J]. *饲料研究*. 2011(10): 22-24.
- [18] 吕尊周, 袁肖笑, 朱志刚, 等. 抗菌肽粗提物对蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血清生化指标和肠道菌群的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(15): 48-51.
- [19] 都海明, 陆兆新, 王恬. 抗菌脂肽对肉鸡抗氧化能力及血清生化指标的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2010, 42(6): 8-13.