

Effect of Earthworm Antimicrobial Peptides on Production Performance and Serum Antioxidant Indices of Chai-Chickens

Maohong Sun¹, Cuijun Yang², Jian Ge¹, Chunwang Yue¹, Xiaoli Zhang², Liping Qiao³, Zhibin Wang⁴

¹College of Animal Science and Technology, Hebei North University, Zhangjiakou Hebei

²Life Science Research Center, Hebei North University, Zhangjiakou Hebei

³Animal Husbandry and Technology Station in Qinhuang City of Hebei Province, Qinhuangdao Hebei

⁴Agriculture and Animal Husbandry Bureau in Xuanhua County of Hebei Province, Xuanhua Hebei

Email: sunmaohong0313@163.com

Received: Nov. 2nd, 2015; accepted: Nov. 25th, 2015; published: Nov. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The purpose of the experiment is to study the effects of earthworm antibacterial peptides on production performance and serum antioxidant indices of Chai-chickens. 36 chickens which were 15 days old and had similar weight were selected, then randomly divided into 4 treatment groups: the control group was treated with normal saline, earthworm test group was treated with different doses of antimicrobial peptides (test group 1: earthworm peptides 2 mL the 2 times dilution, test group 2: earthworm peptides 2 mL diluted 1 times, test group 3: earthworm peptides 2 mL). 36 Chai-chickens randomly divided into four groups with three replicates per group and three Chai-chickens per replicate, the experiment lasted for 3 weeks. The results showed that: compared with the control group, the amount of oral antimicrobial peptides of earthworm significantly improved daily gain and feed weight ratio of the chickens, but there was no significant difference between each experimental group ($P > 0.05$); the feed gain ratio was decreased ($P < 0.05$); the serum antioxidant capacity improved. Therefore, taking the right amount of earthworm antibacterial peptides can improve the production performance and serum antioxidant capacity of Chai-chickens.

Keywords

Earthworm Antibacterial Peptide, Chai-Chickens, Production Performance, Serum Antioxidant Indices

蚯蚓抗菌肽对柴鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响

孙茂红¹, 杨翠军², 葛 剑¹, 岳春旺¹, 张晓丽², 乔丽萍³, 王智宾⁴

¹河北北方学院 动物科技学院, 河北 张家口

²河北北方学院 生命科学研究中心, 河北 张家口

³河北省秦皇岛市海港区畜牧技术站, 河北 秦皇岛

⁴河北省宣化县农牧局, 河北 宣化

Email: sunmaohong0313@163.com

收稿日期: 2015年11月2日; 录用日期: 2015年11月25日; 发布日期: 2015年11月30日

摘 要

试验的目的是研究蚯蚓抗菌肽对柴鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响。选取15日龄体重大小相近的雏鸡36只, 随机分为4个处理组: 对照组口服生理盐水, 试验组口服不同剂量的蚯蚓抗菌肽(试验1组: 2 mL的蚯蚓肽2倍稀释液, 试验2组: 2 mL的蚯蚓肽1倍稀释液, 试验3组: 2 mL的蚯蚓肽原液)。每组3个重复, 每个重复3只鸡, 试验期为3周。试验结果表明: 与对照组相比, 口服适量的蚯蚓抗菌肽可显著提高柴鸡日增重和料重比, 但各试验组之间差异不显著($P > 0.05$); 饲喂蚯蚓抗菌肽柴鸡料重比显著降低($P < 0.05$); 并且提高了柴鸡血清抗氧化能力。因此, 柴鸡服用适量的蚯蚓抗菌肽可提高其生产性能和血清抗氧化能力。

关键词

蚯蚓抗菌肽, 柴鸡, 生产性能, 血清抗氧化指标

1. 前言

近年来, 微生物的耐药性问题一直困扰着人们, 长期广泛不加选择地使用抗生素药物和抗生素饲料而导致一系列耐药物微生物的出现, 给畜禽和人类的健康带来潜在的威胁。因此, 研制新一代的抗菌药物便成为当今社会的一项重大课题。蚯蚓含有丰富的营养物质, 特别是蛋白质含量平均为 56.5%, 最高可以达到 71%。除此之外, 蛋白质品质好, 氨基酸平衡, 富含维生素 A、E、B 族维生素及多种微量元素、激素、糖类物质[1]。此外, 蚯蚓体内还含有抗菌肽蚓激酶、纤溶酶抗肿瘤蛋白等生物活性物质。如果将蚯蚓体内的生物活性物质提取出来开发利用, 相信将会创造更大的经济价值。抗菌肽(antimicrobial peptides)是在诱导条件下, 由动物免疫系统产生的、用于对抗外源性病原体的致病作用的防御性肽类活性物质, 也是动物免疫防御体系的重要组分[2]。这类防御性肽类活性物质广泛存在于昆虫、植物、动物及人体内, 研究表明抗菌肽具有非特异抗细菌、真菌、病毒的功能及抗肿瘤细胞的作用。

由于抗菌肽属于生物体用于抵制外界病原体的一类小分子多肽。研究已知, 抗菌肽是昆虫先天性非特异防御体系的重要组分, 当机体受到损伤或病原微生物入侵时, 昆虫体内能迅速合成这类抗菌小肽进行杀伤, 其合成速度非常快, 与以恒定速度合成的肽键相比, 抗菌肽的产生比 IgM 快 100 多倍[3]。因此,

抗菌肽成为生物机体理想的第一防线。

抗菌肽(Antimicrobial peptides, AMP)的研究兴起于 20 世纪 80 年代初, 1980 年由 Boman 等从美国天蚕蛹中分离得到天蚕素(Cecropins), 这是第一个被发现的抗菌肽, 于次年在《Nature》上公布了其氨基酸序列(Steiner, H.等, 1981) [4], 并证明此肽在昆虫天然免疫中起重要的作用。这一发现引起了人们对于昆虫天然免疫研究的浓厚兴趣, 并且导致了多种不同种属来源抗菌肽的发现, 如果蝇中的 andropin (Samakovlis, C.等, 1991)、drosocin (Bulet, P.等, 1993)和蜜蜂中的 apidaecin (Casteels, P.等, 1989)、abaecin (Casteels, P., Ampe, C.等, 1990)以及狼蛛的 acanthoscurrin (Daniel, M.L.等, 2003)等。并逐步将这一研究扩大至昆虫以外的生物, 譬如两栖动物由于其生活的环境及自身皮肤特点, 长期处于自然选择的影响下, 其皮肤能够分泌大量的抗菌肽类物质, 含量之高是其他动物无法比拟的。其中包括研究最广泛的 magainin、源于南美蛙的 dermaseptin、来自树蛙的 bombinin 以及日本蛙的 melittin 相关肽(Michaelc, Agnes, S.等, 2003)等[5]。海洋动物中也发现了大量肽类物质。在海兔中亦发现了 dolabellin 的抗菌肽。同样, 在哺乳动物中也发现了大量的这类活性肽, 除有抗菌活性外, 还具备多种其他方面的调控功能。

经大量研究目前我们已知, 在自然界抗菌肽为生物机体的防御效应因子。抗菌肽发挥防御作用的基础在于能结合微生物细胞膜结构, 此特点是传统抗生素所不具备的。在饲料中添加抗菌肽细菌不易产生耐药性, 属无毒, 无残留的环保型饲料添加剂[6] [7]。

本试验通过在柴鸡日粮中添加不同比例的蚯蚓抗菌肽, 观察其对柴鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响。综合以上论述, 抗菌肽具有提高动物机体免疫力等多种功效, 是一类较为理想的抗生素替代物。但抗菌肽在柴鸡生产中的应用效果报道较少, 特别是对柴鸡消化机能和代谢指标影响方面的试验研究报道更少。为此, 本研究在前人研究的基础上, 借鉴相关的理论和研究方法, 对在相同饲养条件下的柴鸡使用抗菌肽, 目的是通过抗菌肽在柴鸡饲养中实际应用, 研究蚯蚓抗菌肽对柴鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响, 进一步探讨其作用机理及其作为柴鸡饲料添加剂推广使用的可行性。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验材料

蚯蚓抗菌肽的提液(机械刺激法): 取新鲜的蚯蚓, 在水中浸泡 24 h, 使其吐出肠道中的泥土等异物, 再用无菌水洗多遍, 用滤纸吸干体表水分, 加入二倍体积的 0.02 mol/L、pH 值为 6.0 的磷酸盐缓冲溶液用组织捣碎机捣碎, 45℃恒温箱中浸提 3~4 h, 水解液过滤后 3000 r/min 离心 15 min, 取其上清液入沸水浴, 边加热边搅动 10 分钟, 3000 r/min 离心 15 min, 取上清液(黄绿色上清液), 再经高速离心机 20,000 r/min 离心 10 min, 分离上清液为蚯蚓抗菌肽原液。

2.2. 试验动物及管理

选取 15 日龄体重大小相近的雏鸡 36 只, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 3 只鸡, 试验期间饲喂蛋鸡育雏料, 自由采食和饮水, 控制环境温度与湿度, 经常通风换气, 保持室内空气新鲜, 及时清粪, 清扫地面, 以保持室内环境良。

2.3. 试验设计

对照组, 每只鸡口服 2 mL/d 的生理盐水; 试验 1 组为蚯蚓抗菌肽 2 倍稀释组, 每只鸡口服 2 mL/d 的蚯蚓肽 2 倍稀释液, 试验 2 组为蚯蚓抗菌肽 1 倍稀释组, 每只鸡口服 2 mL/d 的蚯蚓肽 1 倍稀释液; 试验 3 组为蚯蚓抗菌肽原液组, 每只鸡口服 2 mL/d 的蚯蚓肽原液。

试验为期 3 周, 第 1 天开始给药, 连续服用 3 天, 分别在给药后第 1、2 和 3 周周末重复随机选取 1

只鸡空腹心脏采血。

2.4. 基础日粮组成及营养水平

表 1 和表 2 蛋鸡育雏料的配方和营养水平, 其中能量、粗蛋白、钙、总磷均为实测值。

2.5. 测定指标

2.5.1. 生产性能

试验鸡在试验开始、第 7 日、第 14 日和第 21 日清晨分别进行空腹称重, 每天记录耗料量、鸡的发病情况和死亡数, 统计体增重、料重比和死亡率等。

料重比 = 饲养期内所消耗标准饲料量(kg)/同期增重(kg)

2.5.2. 血清抗氧化指标

① 血清样品采集与制备

试验结束时, 空腹称重后抽取健康状况良好的柴鸡, 前腔静脉采血, 集入 10 ml 离心管倾斜静置 30 min, 让血液自然凝固, 待血清析出后以 3000 r/pm 离心 15 min, 收集离心管上层血清, 将其移至另外的离心管中分装, 将血清于-20℃保存备测生化指标。

② 血清抗氧化指标测定

试验血清抗氧化指标的测定使用东芝 40 型全自动生化分析仪结合相应的试剂盒, 测定方法按试剂盒说明, 分别测定各处理组血清中的鸡超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化氢酶和鸡总抗氧化能力。

2.6. 数据处理

试验数据用 Excel 做前期处理, 采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析, LSD 法进行多重比较, 结果以平均值 ± 标准差表示。P < 0.05 表示差异达显著水平, P < 0.01 表示差异达极显著水平。

3. 结果与分析

3.1. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡生产性能的影响

由表 3 的统计结果可知, 试验处理对柴鸡的日增重、耗料量、料重比均有影响。试验组平均日增重显著高于对照组(P < 0.05), 49 日龄尤其显著, 试验组之间差异不显著(P > 0.05); 试验组只日耗料量显著低于对照组(P < 0.05), 试验组之间差异不显著(P > 0.05)。本试验阶段, 试验 3 组料重比显著低于对照组(P < 0.05), 试验 1 组, 试验 2 组, 试验 3 组料重比分别降低了 4.95%、4.33%、8.67%。试验 3 组平均日增重高于其他各处理组, 料重比显著低于其他组, 因此, 本试验条件下, 柴鸡口服 2 mL 的蚯蚓肽原液增重最好。

3.2. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知, 在鸡超氧化物歧化酶(SOD)水平方面, 37 日龄试验组与对照组相比活性增强, 但是试验 1 组、试验 2 组差异不显著(P > 0.05), 试验 3 组差异显著(P < 0.05); 44 日龄试验组相比对照组差异显著(P < 0.05); 51 日龄试验组与对照组比差异极显著, 说明柴鸡服用 2 倍抗菌肽稀释液使得 SOD 活性显著增强。总体上看, 试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组与对照组比差异极显著(P < 0.01), 分别提高了 14.27%、14.41%、20.14%。

表 5 数据显示, 在鸡谷胱甘肽 - 过氧化物酶(GSH-PX)水平方面, 37 日龄与 44 日龄的柴鸡变化不明显(P > 0.05), 但 51 日龄的柴鸡 GSH-PX 有了显著提高(P < 0.05)。试验组较对照组均有所提高, 但差异不显著(P > 0.05)。

Table 1. Basic diet formulation

表 1. 基础日粮配方

原料	组成(%)
玉米	64.7
麦麸	5
菜籽粕	2
琥珀 2401	4
血球蛋白	1
大豆粕	22
预混料	1
NaCl	0.3

Table 2. Basic diet nutrition level

表 2. 基础日粮营养水平

营养水平	
代谢能(MJ/kg)	11.7
粗蛋白(%)	18
钙(%)	0.8
总磷(%)	0.6
赖氨酸(%)	0.9
蛋氨酸(%)	0.3

Table 3. The effects of the earthworm antibacterial peptides on growth performance of Chai-chicken

表 3. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡生长性能的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
35 日龄				
平均日增重(g/d)	12.91 ± 1.09 ^a	12.79 ± 3.62 ^a	13.62 ± 1.25 ^b	14.27 ± 2.27 ^b
只日耗料量(g/d)	39.56 ± 1.70 ^a	37.63 ± 2.23 ^{ab}	35.80 ± 2.0 ^b	36.63 ± 4.10 ^{ab}
料重比	3.04 ± 0.12 ^a	2.80 ± 0.12 ^{ab}	2.82 ± 0.20 ^{ab}	2.75 ± 0.45 ^b
42 日龄				
平均日增重(g/d)	13.16 ± 1.45 ^a	13.76 ± 0.85 ^a	14.73 ± 0.90 ^b	14.84 ± 0.96 ^b
只日耗料量(g/d)	48.48 ± 1.4 ^a	45.30 ± 3.5 ^b	40.78 ± 3.00 ^c	45.05 ± 2.5 ^b
料重比	3.28 ± 0.19 ^a	3.26 ± 0.38	3.23 ± 0.30	3.14 ± 0.45
49 日龄				
平均日增重(g/d)	13.90 ± 1.12 ^a	15.46 ± 2.37 ^b	15.97 ± 1.19 ^b	15.95 ± 0.96 ^b
只日耗料量(g/d)	53.35 ± 1.2 ^a	48.80 ± 2.4 ^b	47.54 ± 2.06 ^b	46.68 ± 3.1 ^b
料重比	3.38 ± 0.30 ^a	3.15 ± 0.24 ^{ab}	3.22 ± 0.23 ^a	3.07 ± 0.11 ^b
35~49 日龄				
平均日增重(g/d)	13.32 ± 1.24 ^a	14.07 ± 1.41 ^{ab}	14.73 ± 0.93 ^b	14.88 ± 1.13 ^b
只日耗料量(g/d)	47.37 ± 4.30 ^a	43.91 ± 3.62 ^b	41.04 ± 2.49 ^b	42.71 ± 5.03 ^b
料重比	3.23 ± 0.15 ^a	3.07 ± 0.27 ^{ab}	3.09 ± 0.31 ^{ab}	2.95 ± 0.25 ^b

注：同行数据肩标，相同字母表示差异不显著(P > 0.05)；有相邻字母表示差异显著(P < 0.05)；相隔字母差异极显著(P < 0.01)。

Table 4. The effects of the earthworm antibacterial peptides on super oxide dismutase of Chai-chicken
表 4. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清超氧化物歧化酶(SOD)的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
37 日龄	160.33 ± 7.33 ^a	166.44 ± 6.12 ^a	174.46 ± 6.25 ^a	178.98 ± 15.51 ^b
44 日龄	161.20 ± 3.95 ^a	169.38 ± 2.44 ^b	169.64 ± 2.72 ^b	172.40 ± 5.36 ^c
51 日龄	125.13 ± 18.16 ^a	166.49 ± 11.93 ^c	173.56 ± 11.34 ^c	178.18 ± 11.10 ^c
31~51 日龄	148.89 ± 20.42 ^a	170.14 ± 9.01 ^c	170.35 ± 4.90 ^c	178.87 ± 10.23 ^c

注：同行数据肩标，相同字母表示差异不显著(P > 0.05)；有相邻字母表示差异显著(P < 0.05)；相隔字母差异极显著(P < 0.01)。

Table 5. The effects of the earthworm antibacterial peptides on glutathione peroxidase of Chai-chicken
表 5. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清谷胱甘肽-过氧化物酶(GSH-PX)的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
37 日龄	600.47 ± 46.80 ^a	639.93 ± 18.07 ^a	655.43 ± 19.64 ^a	638.12 ± 24.62 ^a
44 日龄	632.74 ± 24.33 ^a	638.68 ± 32.43 ^a	616.70 ± 28.20 ^a	632.15 ± 33.12 ^a
51 日龄	606.46 ± 13.25 ^a	611.84 ± 14.20 ^{ab}	656.83 ± 21.69 ^b	631.01 ± 16.27 ^a

注：同行数据肩标，相同字母表示差异不显著(P > 0.05)；有相邻字母表示差异显著(P < 0.05)；相隔字母差异极显著(P < 0.01)。

从表 6 可知,在鸡过氧化氢酶(CAT)水平方面,试验组较对照组均有所提高,但是差异不显著(P > 0.05)。

表 7 数据可知,对于鸡的总抗氧化能力,37 日龄与 44 日龄并没有显著差异(P > 0.05);51 日龄试验 1 组、试验 3 组与对照组相比差异极显著(P < 0.01),分别提高了 11.11%、14.92%。试验 2 组较对照组差异不显著。试验 2 组与试验 3 组差异显著(P < 0.05)。

4. 讨论

4.1. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡生产性能的影响

抗菌肽作为动物体内先天免疫系统的重要组成部分,在机体抵抗外界病原体等方面发挥重要作用。研究表明:抗菌肽可改善动物肠道结构,降低腹泻率,提高成活率,提高生产性能[8]。蚯蚓抗菌肽具有抗菌谱广、抗菌活力强、理化性质比较稳定的特点。试验结果表明:柴鸡服用蚯蚓抗菌肽能显著提高日增重(P < 0.05),降低平均日耗料量和料重比。服用适量的蚯蚓抗菌肽,柴鸡平均日增重高于对照组,料重比明显降低。

4.2. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清抗氧化指标的影响

在长期的进化过程中,生物体形成了一套完整的防御体系——抗氧化系统,使得机体内活性氧自由基的产生和消除保持着一种动态平衡,其中酶类抗氧化剂,主要包括 SOD、GSH-Px 及 CAT 等。SOD 能清除超氧阴离子自由基,保护细胞免受损伤;GSH-Px 特异的催化 GSH 对 H₂O₂ 的还原反应,可以起到保护细胞膜结构和功能完整的作用;CAT 在一定条件下能直接分解 H₂O₂,使其浓度下降,保护机体细胞稳定的内环境及细胞的正常生活;T-AOC 的强弱与机体健康程度存在着密切联系,因而以 SOD 等酶类抗氧化物质的活性及总抗氧化能力为检测指标,可以衡量多糖抗氧化作用的大小(冉靓等,2006)[9]。

张绍章(1994)等研究证明每百克蚯蚓提取物中各化学成分的含量(克):多肽蛋白质类物质为 40.48、核黄素为 0.012、维生素 C 为 0.021、DNA 为 0.094、RNA 为 0.820,并有 17 种氨基酸和 11 种无机元素[10]。王宗伟等从蚯蚓中提取分离出具有药理活性成分,包括纤溶酶,纤溶酶激活剂,钙调素和钙调素结

Table 6. The effects of the earthworm antibacterial peptides on Catalase of chicken
表 6. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清过氧化氢酶(CAT)的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
37 日龄	51.59 ± 1.17 ^a	51.81 ± 1.35 ^a	56.30 ± 3.86 ^a	54.47 ± 4.36 ^a
44 日龄	51.81 ± 2.78 ^a	55.83 ± 2.06 ^a	52.09 ± 1.24 ^a	55.08 ± 4.05 ^a
51 日龄	49.84 ± 2.15 ^a	50.32 ± 1.82 ^a	51.56 ± 1.19 ^a	51.81 ± 0.82 ^a

注：同行数据肩标，相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)；有相邻字母表示差异显著($P < 0.05$)；相隔字母差异极显著($P < 0.01$)。

Table 7. Effect of the earthworm antibacterial peptide on total antioxidant capacity of chicken serum
表 7. 蚯蚓抗菌肽对柴鸡血清总抗氧化能力(TAOC)的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
37 日龄	6.18 ± 0.57 ^a	6.76 ± 0.37 ^a	6.50 ± 0.26 ^a	6.66 ± 0.34 ^a
44 日龄	6.46 ± 0.21 ^a	6.62 ± 0.32 ^a	6.85 ± 0.63 ^a	6.93 ± 0.26 ^a
51 日龄	5.45 ± 0.26 ^a	6.72 ± 0.41 ^c	5.99 ± 0.49 ^{ab}	7.20 ± 0.32 ^c

注：同行数据肩标，相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)；有相邻字母表示差异显著($P < 0.05$)；相隔字母差异极显著($P < 0.01$)。

合蛋白，免疫球蛋白样粘连物和抗肿瘤等成分。对于蚯蚓提取物在抗氧化方面的研究却不是很多，主要集中在对 SOD 的研究上。林少琴(2012)等发现给移植瘤小鼠腹腔注射蚯蚓提取物后，小鼠血中的过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶，超氧化物歧化酶活性均有不同程度的提高，与对照组相比均有统计学意义，推测清除自由基抗脂质氧化作用可能是起因提取物抑制肿瘤生长的机制之一[11]。张绍章(1991)等使用蚯蚓提取物能够减少移植瘤小鼠肝中荧光产物的含量，较对照组差异显著($P < 0.05$)；还能增加正常小鼠血中谷胱甘肽还原酶(GR)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GsH-Px)及超氧化物歧化酶(SOD)活性。从本试验结果显示添加蚯蚓对柴鸡血液中超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶和总抗氧化能力活性均有不同程度的提高。而试验末期显著提高($P < 0.05$)，抗氧化能力也显著提高。因此，服用适量的蚯蚓抗菌肽可以在一定程度上提高柴鸡的血清抗氧化能力。

5. 结论

本试验结果表明，服用适量的蚯蚓抗菌肽对促进柴鸡的生产和提高血清抗氧化能力具有较为明显的改善作用；每只柴鸡饲喂 2 ml 蚯蚓抗菌肽原液的效果是最佳的。

基金项目

河北省教育厅基金项目(ZD20131095)。河北北方学院学术创新团队(CXTD1305)，动物营养与饲料科学河北省重点发展学科。

参考文献 (References)

- [1] 马倩, 赵衍铜, 柏明娜, 等. 抗菌肽对芦花鸡生产性能和血清生化指标的影响[J]. 饲料研究, 2012(3): 27-29.
- [2] 李波, 郭强, 杨利, 等. 饲料中添加天蚕素抗菌肽对肉鸡生长性能的影响[J]. 中国家禽, 2010(20): 55-56.
- [3] 布冠好, 李宏基, 杨国宇, 等. 抗菌肽的作用特点及应用前景[J]. 动物医学进展, 2005(3): 26-28.
- [4] Steiner, H., Hultmark, D., Engstrom, A., Bennich, H. and Boman, H.G. (1981) Sequence and Specificity of Two Antibacterial Proteins Involved in Insect Immunity. *Nature*, **292**, 246-248. <http://dx.doi.org/10.1038/292246a0>
- [5] 吕尊周, 袁肖笑, 蔡兆伟, 等. 抗菌肽对蛋鸡血清免疫指标及脾脏白细胞介素 2 mRNA 表达量的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(12): 2183-2189.

- [6] 李传普, 陈安国, 丁升艳, 等. 抗菌肽在肉鸡生产中的应用研究[J]. 饲料研究, 2008(3): 31-33.
- [7] 李丽. 抗菌肽 Abaecin 制备及其对肉鸡生长及免疫影响的研究[D]: [博士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [8] 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(6): 8-13.
- [9] 冉靛, 杨小生, 王伯初, 等. 抗氧化多糖的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2006(4): 494-496.
- [10] 张绍章, 田琼, 李予蓉, 等. 蚯蚓提取物对小鼠脾脏抗体形成细胞的影响[J]. 第四军医大学学报, 1993(5): 350-352.
- [11] 林少琴, 邹开煌. 蚯蚓 QY-I 对荷瘤小鼠免疫功能及抗氧化酶的影响[J]. 海峡药业, 2012, 12(1): 10-12.