

文章编号 :1003- 8701(2012)03- 0036- 06

# 家禽饲料添加剂的应用和安全性评价

罗爱琼<sup>1</sup>,赵志辉<sup>2</sup>,杨俊花<sup>2</sup>,谢晶<sup>1\*</sup>

(1.上海海洋大学食品学院,上海 201306;2.上海农业科学院农产品质量标准与检测技术研究所,上海 201400)

**摘要:**近年来国内外发生的一些因饲料而引起的中毒事件,如德国发生的“二噁英”饲料污染事件、“多宝鱼”事件以及今年3月15日爆出的“瘦肉精”事件等,使人们对饲料和饲料添加剂的安全性问题更加重视。本文综述了家禽常用饲料添加剂的种类和饲料添加剂对靶动物、实验动物和环境的安全性评价。

**关键词:**饲料添加剂;家禽;安全性评价

中图分类号:S816.7

文献标识码:A

## Application of Poultry Feed Additives and Evaluation of Their Safety

LUO Ai-qiong<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-hui<sup>2</sup>, YANG Jun-hua<sup>1</sup>, XIE Jing<sup>1\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

2. Institute for Agri-food Standards and Testing Technology, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201400, China)

**Abstract:** Those food-borne diseases caused by feed took place both at home and abroad recently. For instance, “Dioxin” events in Germany, “Torbot fish” and “Clenbuterol hydrochloride” events in China, which made people pay more attention to the security of feed and feed additives. Kinds of common poultry feed additives, evaluation of safety of feed additives on target animals, experimental animals and the environment were reviewed in this paper.

**Keywords:** Feed additive; Poultry; Safety evaluation

饲料添加剂(feed additive)是指为了某种目的(如:完善饲料的营养价值,促进动物生长,提高动物的生产性能和饲料利用率,改善饲料的物理特性,增加饲料的耐性,改进畜禽产品品质等),向基础饲料中加入的各种微量物质<sup>[1]</sup>。饲料添加剂是配合饲料的核心,其质与量直接影响家禽的生产性能与品质<sup>[2]</sup>。饲料添加剂一般分为营养性饲料添加剂和非营养性饲料添加剂两大类。饲料添加剂的种类繁多且日新月异,总体而言向着安全、环保、高效、多功能的方向发展。

## 1 家禽饲料添加剂的应用

### 1.1 营养性饲料添加剂(nutritive feed additive)

收稿日期:2011-12-25

基金项目:“十二五”国家支撑计划项目(2011BAD24B02);上海市教育委员会重点学科建设项目(J50704)

作者简介:罗爱琼(1988-),女,硕士,研究方向:食品安全。

通讯作者:谢晶,女,教授,博士,Email:jxie@shou.edu.cn

营养性饲料添加剂是指补充饲料原料中缺乏或不足的养分,可以提高饲料利用效率的一类添加剂。按《饲料和饲料添加剂管理条例》规定,营养性饲料添加剂包括氨基酸、维生素、矿物质、酶制剂和非蛋白氮等<sup>[3]</sup>。

#### 1.1.1 氨基酸添加剂

家禽日粮添加氨基酸不仅满足营养需要,改善肉的品质,对于促进其钙的吸收,抵抗应激反应,提高抗病力等都具有重要意义。禽类必需氨基酸有:赖氨酸、色氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、组氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸和精氨酸。而对于雏鸡甘氨酸、胱氨酸和酪氨酸也是必需氨基酸<sup>[4]</sup>。其中蛋氨酸和赖氨酸是家禽最常见的氨基酸添加剂,偶尔也有苏氨酸和色氨酸。右旋(D)和左旋(L)蛋氨酸都能被动物利用,且具有同等生物学活性;而赖氨酸只有L型的才能被动物吸收。Siqueira等<sup>[5]</sup>利用模型预测因子的方法得出了27日龄以上肉鸡的较低可消化赖氨酸的需要量水

平。Minh 等<sup>[6]</sup>研究了在肉鸡饲料中是否添加赖氨酸和蛋氨酸对其采食量和胴体品质的影响。不同的饲料原料中氨基酸的含量不同,且生物学效价及其利用率差异也很大。因此,在添加时必须根据饲料中可利用氨基酸的含量确定氨基酸添加的种类和数量。

#### 1.1.2 维生素添加剂

维生素不仅能促进家禽的生长发育,提高饲料利用率和种禽的繁殖性能,而且能增强抗应激能力,改善家禽产品品质,对维持机体的物质代谢也起重要作用<sup>[7]</sup>。通常,家禽对维生素的需要量较小,在家庭饲养条件下,由于供给大量青饲料一般不会缺乏维生素,但在集约化生产条件下的家禽对维生素缺乏特别敏感。因此,在生产中,维生素添加剂常采用复合配方。但在应激或疾病情况下,多添加维生素 C,维生素 E 用作抗氧化剂。Franchini 等<sup>[8]</sup>研究指出,维生素 E 对蛋鸡的作用主要表现在缓解应激和延长鸡蛋的货架期。Mohiti-Asli 等<sup>[9]</sup>研究指出,在蛋鸡饲料中添加维生素 E 和 C 可显著提高蛋鸡产蛋性能和蛋黄中胆固醇含量。然而,家禽维生素的添加,还需考虑饲料组成、饲养方式、环境条件、家禽体质和健康条件、饲料产品贮存时间以及饲料中维生素的利用率等。

#### 1.1.3 矿物质元素添加剂

家禽体内约含有 1%~5%的矿物质,主要存在于家禽的骨骼、组织和器官中。现已知的家禽所需要的矿物质元素有 16 种,根据其在动物体内的含量,一般分为常量元素和微量元素两大类。其主要作用是调节渗透压、保持酸碱平衡、参与各种代谢;也是骨骼、蛋壳、血红蛋白、甲状腺激素和一些酶的重要组成成分<sup>[10]</sup>。其中,钙和磷是家禽体内含量最多的矿物质元素,约占矿物质总量的 70%。饲料中矿物质元素过量或不足,都会影响家禽的生长和产蛋,甚至出现代谢性疾病,因此,要适量供给。另外,禽类日粮中常需要补充的微量元素主要有铜、锌、锰、碘、硒和铬。国内外均有研究指出,微量元素对家禽的生长发育和产品品质都具有重要作用<sup>[11-16]</sup>。但是,在选择各种矿物质元素添加剂时,必须考虑其生物利用性、稳定性、物理性质和某些矿物质元素之间的拮抗作用,使用的矿物质元素添加剂应是家禽易吸收的化合物。一般认为,“有机”或“蛋白源”的矿物质元素比无机矿物质元素的生物学效价高<sup>[4]</sup>。

#### 1.1.4 酶制剂

在《饲料和饲料添加剂管理条例》中将酶制剂规定为营养性饲料添加剂,也有人将其规划分为非营养性饲料添加剂,因为酶是一类特殊的蛋白质,能提高营养物质的利用率但其本身并不为机体提供营养物质。家禽常用的酶制剂有:木聚糖酶、 $\beta$ -葡聚糖酶、 $\alpha$ -淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶、植酸酶和混合酶等<sup>[17]</sup>。近年来对植酸酶在家禽饲料中的应用研究较多,植酸酶能解除植酸对金属离子和蛋白质的螯合作用,提高机体对蛋白质及多种矿物元素的利用率<sup>[17]</sup>,其次饲料中植酸酶还可通过提高饲料中胡萝卜素的利用来提高鸡的抗氧化性<sup>[18]</sup>,减少家禽排泄物中有机物、氮、磷等营养物质的排出量,从而减少对土壤和水体的污染,具有重要的环保意义<sup>[19]</sup>。在家禽饲料中添加酶制剂,可以补充家禽内源酶的不足,消除抗营养因子,提高饲料利用效率和动物生产性能。饲用酶制剂分为单一和复合酶制剂两种,复合酶制剂是由一种或几种单一酶制剂为主体,加上其他单一酶制剂混合而成,或者由一种或几种微生物发酵获得。复合酶制剂能同时降解日粮中多种需要降解的底物,最大限度地提高饲料的营养价值。

#### 1.2 非营养性添加剂

非营养性添加剂可以保证或改善饲料品质,提高家禽饲料的利用率,增强机体抵抗力,防止疾病发生,杀死和控制寄生虫,还可防止饲料霉变,保护维生素的效价,提高饲料的适口性等<sup>[1]</sup>。

##### 1.2.1 药物添加剂

药物添加剂是指为预防、治疗动物疾病而掺入载体或者稀释剂的兽药的预混物。可分为预防动物疾病、促进动物生长能在饲料中长期添加的饲料添加剂和用于防治动物疾病并规定使用疗程的饲料药物添加剂<sup>[20]</sup>。在此仅对抑菌促生长剂、驱虫保健剂和中草药添加剂三类药物添加剂进行分析。

##### 1.2.1.1 抑菌促生长剂

抑菌促生长剂的主要作用是:抑制与宿主争夺营养成分的微生物,提高消化道的吸收能力和饲料利用率,改善家禽体内代谢过程的速度,或抑制病原微生物的繁殖增进家禽健康,从而提高生产性能。此类药物添加剂不宜投喂太久,最好几种药物交替使用。

(1) 抗生素饲料添加剂。抗生素作为饲料添加剂应用已有半个多世纪的历史。近年来,由于饲料中抗生素残留问题,使用逐渐受到限制<sup>[21]</sup>。在《允许作饲料药物添加剂的兽药品种及使用规定》中

规定能在家禽饲料中使用的抗生素有：莫能菌素钠、盐霉素钠、拉沙洛西钠、甲基盐霉素钠、马杜拉霉素铵、海南霉素钠、越霉素 A、潮霉素 B、杆菌肽锌、硫酸粘杆菌素、恩拉霉素、维吉尼霉素、泰乐菌素、北里霉素、黄霉素、土霉素和金霉素等。

(2)人工合成的抑菌药物。人工合成的抑菌药物具有与抗生素相似的功能，主要是磺胺类和喹诺酮类药物。由于这些药物添加剂也存在抗药性和耐药性的问题，所以在生产中逐渐受到限制。

#### 1.2.1.2 驱虫剂

驱虫剂主要是用于防止家禽寄生虫病，常见的有球虫病和蠕虫病。驱虫剂种类很多，但一般都有较大的毒性，只能在发病期间用作短暂的治疗，不能长期添加。目前，世界各国批准作为饲料添加剂的驱虫剂只有越霉素 A 和潮霉素 B。

#### 1.2.1.3 中草药饲料添加剂

中草药饲料添加剂是指为了预防疾病，改善家禽健康状况，促进生长、繁育而在饲料中添加的一类天然中草药、中草药提取物或其它加工后的剩余物<sup>[21]</sup>。中草药所含的成分复杂，通常有糖类、氨基酸、蛋白质、油脂、酶、色素、维生素、有机酸、生物碱、黄酮、苷类、无机盐等，作为饲料添加剂兼有营养和药用双重作用，无残留、不易产生耐药性<sup>[22]</sup>。中草药饲料添加剂是一种有望代替抗生素的绿色饲料添加剂。但中草药在动物机体中的作用机理尚不清楚，且中草药有一定毒副作用，另外中草药饲料添加剂的制备工艺落后，主要以粉制剂的形式直接添加到饲料中，其适口性较差<sup>[23]</sup>。

#### 1.2.2 微生态制剂

微生态制剂也叫益生菌、竞生素、促生素或生菌剂，是指对动物肠道起有益作用的一类活菌剂。常见的有：乳酸杆菌制剂、枯草杆菌制剂、双歧杆菌制剂、链球菌、酵母菌等。Samanya 等<sup>[24]</sup>通过实验证明，在饲料中添加枯草芽孢杆菌的孢子，能够通过竞争作用有效地控制防治禽流感和家禽食源性疾病。枯草芽孢杆菌还能通过增加肉鸡巨噬细胞的功能来提高肉鸡的免疫能力<sup>[25]</sup>。对于初生家禽来说，自身免疫力较弱，主动免疫系统刚开始逐渐建立，微生态制剂可刺激动物主动免疫系统的较早建立，增加防病抗病能力。微生态制剂还能减少氨及其他腐败物质的生成，阻碍肠内细菌产生氨中和大肠杆菌内毒素等毒性物质。另外，微生态制剂能够在数量或种类上补充肠道内减少或缺乏的有益微生物，调整或维持肠道内的微生态平衡<sup>[26]</sup>，提高家禽的抗应激能力。

#### 1.2.3 饲料保存剂

饲料在贮藏期间，在一定温度、湿度条件下，空气中的氧易引起饲料组成成分，尤其是油脂的氧化酸败导致饲料变质。饲料原料由于含有丰富的营养物质，在加工过程中会侵入各种微生物，特别是腐败菌和霉菌迅速繁殖，不但从中吸取营养物质，破坏有机代谢，产生多种分解能力强的物质，严重地影响饲料的适口性和营养价值，有的还能分泌出对动物和人体有害的物质。为了保证饲料质量，防止饲料品质下降或提高饲料调制的效果，一般在饲料中添加各种饲料品质保存剂，如抗氧化剂、防霉防腐剂等。

(1)抗氧化剂。抗氧化剂指能够阻止或延迟饲料氧化，提高饲料稳定性和延长贮存期的物质。抗氧化剂种类繁多，按其存在方式可分为天然抗氧化剂和人工合成抗氧化剂两大类，按其作用性质又可分为还原剂、阻滞剂、协同剂和螯合物四类<sup>[27]</sup>。家禽饲料常用的抗氧化剂有一氧基喹啉、二丁基羟基甲苯(BHT)、丁基甲醚(BHA)、没食子酸丙酯、维生素 A 和维生素 E 也是很好的抗氧化剂，但成本较高。两种以上抗氧化剂联合使用往往有协同增效作用，抗氧化效果优于单一品种的使用<sup>[17]</sup>。抗氧化剂只能阻止或延迟饲料的氧化，并不能改变已经发生了氧化的饲料，因此抗氧化剂要在饲料未发生氧化时添加。

(2)防霉防腐剂。饲料原料在运输、贮存以及饲料加工、运输、贮存中的任何一个环节都可能造成霉菌的污染。对于水分含量高的饲料或贮存于高温、高湿条件下饲料中污染的霉菌就会大量繁殖，造成饲料发霉变质。饲料防霉防腐剂是一种抑制微生物的生长和代谢，防止饲料发霉变质的有机化合物<sup>[3]</sup>。家禽饲料常用的防霉剂有丙酸钠、丙酸钙、脱氢醋酸钠、山梨酸等<sup>[17]</sup>。复合防霉剂是由一种或多种防霉剂与载体结合而成，不仅保留了单一防霉剂原有的抑菌功效还免除或降低了单一防霉剂的腐蚀性与刺激性。

#### 1.2.4 饲料品质改进剂

(1)饲料风味添加剂。饲料风味添加剂是指根据不同动物在不同生长阶段的采食习性和生理特性，为了改善饲料的适口性和诱食性而添加到饲料中，以提高动物采食量和饲料利用率的一种饲料添加剂。饲料风味剂主要是由香精、调味剂和辅助剂三部分组成<sup>[28]</sup>。常见的饲料风味剂有：甜味剂、酸味剂、谷氨酸钠、十香素、茴香、山楂、麦芽等。

(2) 饲料粘结剂。饲料粘结剂又称为颗粒饲料制粒剂,主要用于颗粒饲料。颗粒饲料具有饲料报酬高、减少粉尘、有利于保存和运输等优点<sup>[2]</sup>。对于家禽颗粒饲料的生产,由于原料中所含有的淀粉、蛋白质、脂肪等物质经过一定的处理(温度、压力)能产生一定的黏度,满足颗粒成型与耐久型的要求,一般不需要另加粘结剂。

(3) 饲料抗结块剂。抗结块剂的功能是使饲料和添加剂保持良好的疏散性,防止结块,阻止物料在制粒机上集结,并可改善预混饲料的均匀度。家禽饲料常用的防结块剂有硅藻土、高岭土、二氧化硅和沸石等<sup>[2]</sup>。

### 1.2.5 着色剂

着色剂主要用于改善家禽产品品质。由于习惯和心理作用,多数人对蛋黄和肉鸡肌肉的颜色有偏好。着色剂能使蛋黄和肉鸡外皮色泽比天然产品更为鲜艳。着色剂分为天然着色剂和化学合成着色剂两类。家禽常用天然着色剂有:玉米、红辣椒、橘皮粉、松针粉、苜蓿粉等。天然着色剂中叶黄素的含量较少,植物提取或人工合成的叶黄素类产品更多的应用于实际生产中,如:叶黄素、胡萝卜素醇、柠檬黄等。饲料中色素的添加量应根据配方中的原料结构以及需要达到的颜色等因素而决定<sup>[29]</sup>。

## 2 家禽饲料添加剂安全性评价

饲料安全是指饲料中所包含的物质品种和数量控制在安全允许的范围内,对畜禽不造成危害,且不会造成环境污染进而不会对人体的健康造成影响<sup>[30]</sup>。然而近年来,国内外发生的因饲料不安全引起的中毒事件(二噁英事件、 $\beta$ -兴奋剂中毒事件、瘦肉精事件),增加了消费者对食用畜禽产品的担忧。随着生活水平的提高,人们更加注重食品的营养和安全。饲料安全是食品安全的源头环节,动物性食品的安全,主要取决于饲料安全。饲料安全问题具有隐蔽性、累积性、复杂性和长期性的特点。饲料中的不安全因素很多,主要有:不按规定使用兽药滥用抗生素、配方不合理滥用饲料添加剂、在饲料中使用违禁药物和外来污染物等<sup>[31]</sup>。

配合饲料中使用的营养性饲料添加剂和一般饲料添加剂应是2006年农业部公布的《允许使用的饲料添加剂品种目录》所规定的品种,或是取得试生产产品批准号的新饲料添加剂品种,添加剂的质量应符合相应添加剂的国家或行业标准。要做好饲料和家禽产品安全工作,就要求具有相对

完善的饲料和家禽产品的标准体系<sup>[32]</sup>。GB13078-2001《饲料卫生标准》规定了饲料、饲料添加剂产品中有害物质及微生物的允许量及其实验方法。饲料添加剂的安全性评价主要包括以下几方面的实验。

### 2.1 试验动物的试验

对试验动物小鼠的毒理试验包括4个阶段。实验方法按照GB15193-2003《食品安全性毒理学评价》要求进行。第一阶段(急性毒性试验):包括经口急性毒性试验和LD<sub>50</sub>联合急性毒性试验。第二阶段(遗传毒性试验):包括传统的致畸试验和30d的短期喂养试验。第三阶段(亚慢性毒性试验):包括90d喂养试验、繁殖试验和代谢试验。第四阶段:慢性毒性试验(包括致癌试验)。凡属我国创新的物质一般要求进行四个阶段的试验。特别是对其中化学结构提示有慢性毒性、遗传毒性或致癌性可能者或产量大、使用范围广、摄入机会多者,必须进行全部四个阶段的毒性试验。凡属与已知物质(指经过安全性评价并允许使用者)的化学结构基本相同的衍生物或类似物,则根据一、二、三阶段毒性试验结果判断是否需进行第四阶段的毒性试验。

饲料添加剂的安全性评价需要对添加剂在试验动物体内的代谢、分布和残留物的生物利用率进行研究。对试验动物的代谢和分布的研究包括试验动物对添加剂的吸收率、添加剂在试验动物的体液和组织中的分布、排泄路径的研究,试验动物的代谢平衡和鉴别粪和尿中主要代谢产物。所用试验动物应是两种性别,且与毒理学研究所用试验动物是同种系以减少种源差异对试验结果的影响。对残留物的生物利用率进行研究的目的是为了评价添加剂对消费者的危害性<sup>[33]</sup>。对动物试验的最后需对添加剂每日允许摄入量(ADI)和最高限量残留(MRLs)做出建议。

### 2.2 靶动物试验

对靶动物的试验包括靶动物对添加剂的耐受试验、饲料添加剂在靶动物体内的代谢和残留的研究、添加剂的微生物学安全性的研究和有效性的生物学评价的研究。对靶动物的耐受试验是为了确定饲料添加剂的安全阈值,对添加剂在饲料中的最大添加剂量和可能对靶动物造成不良作用的最小剂量做出建议。试验期最短是一个月但最好是贯穿家禽的整个生产过程。如果靶动物是种禽该试验能确定添加剂是否对种禽的繁殖性能和后代有不良的影响。对添加剂在靶动物体内代谢

和残留研究的目的是：明确该添加剂在靶动物体内的代谢途径，可作为毒理学评价的基础；鉴别饲料添加剂的各种残留物并确定这些残留物是否对人体安全造成影响；鉴别靶动物的各种排泄物，作为饲料添加剂在靶动物应用后是否对环境造成影响。对于具有抗菌活性的添加剂如防霉剂和药物添加剂的最小抑菌浓度(MIC)，应对靶动物必要的致病菌、非致病菌、内源性和外源性细菌进行测定<sup>[33]</sup>。家禽饲料添加剂的有效性生物学评价一般选取同一日龄出壳、健康的公母混合或公母鉴别的肉用雏鸡作为试验动物。试验期为1日龄开始至上市结束，生物学评价指标包括日增重、耗料比和成活率等。

### 2.3 环境风险的评价

环境风险评价是指饲料添加剂或其在家禽饲料中应用后的排泄物是否会对环境产生影响。Dijk等<sup>[34]</sup>研究了抗生素添加剂对土壤和水环境中典型微生物的影响，发现有7种微生物表现敏感。一般饲料添加剂在家禽生产的全过程中都在应用，其残留物可能会对水体或土壤造成污染。对环境的评价应分步进行：第一阶段的评价的目的是确定一种添加剂或其代谢产物对环境的影响和是否需要进行第二阶段的试验。如一种添加剂的化学和生物学作用及其使用都表明其影响可忽略不计或其最坏情形下所预计的环境浓度低于人们所关心的值则不需要进行第二阶段的试验。第二阶段的试验分为两步进行，第一步是确定一种饲料添加剂或其代谢产物在土壤中的持续时间，确定短期的对陆地环境的不利影响。对陆地环境影响试验包括对蚯蚓的毒性试验、对陆生植物的毒性试验和对土壤微生物的毒性试验。如果该物质在土壤中的浓度超过10 g/kg或其土壤中持续时间很长(DT90>1年)则要要进行第二步的评估，即更详细的毒理学研究。

## 3 展望

集约化养殖的发展使饲料添加剂在家禽饲料加工中的作用越来越大。绿色、安全的饲料添加剂备受青睐。饲料添加剂的安全性评价国内没有统一的规范，饲料添加剂安全性评价一般都是借鉴食品添加剂的安全评价过程。目前，饲料添加剂对环境和人体的安全性评价在国内的报道很少，还有待进一步完善和改进。

参考文献：

[1] 周明. 饲料学[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2007.

- [2] 戴文滔,代发文,罗庆斌. 家禽常用饲料添加剂[J]. 养禽与禽病防治,2007(7):15-17.
- [3] 陈宝江. 畜禽营养与饲料[M]. 北京:金盾出版社,2009:163.
- [4] 佟建明. 饲料添加剂手册[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007.
- [5] J. C. Siqueira, N. K. Sakomura, R. M. Gous, et al. Model to estimate lysine requirements of broilers [J]. Modeling nutrient digestion and utilization in farm animals, 2010,4:306-314.
- [6] D. V. Minh, B. Ogle. Effect of scavenging and supplementation of lysine and methionine on the feed intake, performance and carcass quality of improved Dual-Purpose growing chickens [J]. Tropical Animal Health and Production, 2005(37):573-587.
- [7] 黄志毅,左建军,董泽敏. 维生素添加剂在养禽业的应用[J]. 农村新技术,2008(8):48-49.
- [8] A. Franchini, F. Sirri, N. Tallarico, et al. Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutritional doses of vitamins E and C [J]. Poultry Science, 2002(81):1744-1750.
- [9] M. Mohiti-Asli, M. Zaghari. Does dietary vitamin E or C decrease egg yolk cholesterol [J]. Biological Trace Element Research, 2010,138(1-3):60-68.
- [10] 刘文奎. 家禽矿物质缺乏病[J]. 河南畜牧兽医,1999,20(10):40-41.
- [11] 郭云霞,郝庆红,黄仁录. 夏季日粮中添加酵母硒对柴种鸡蛋品质的影响[J]. 今日畜牧兽医,2010(7):52-54.
- [12] 古少鹏,郑明学,李宝钧,等. 铜和维生素A其相互作用效应对肉鸡免疫功能的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(1):135-140.
- [13] 杨恒伟,杨维仁,杨在宾,等. 日粮中添加有机铬对肉仔鸡血液生化指标和腹脂率的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2003(3):65-70.
- [14] S. Y. Park, S. G. Birkhold, L. F. Kubena, et al. Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity, and reproduction [J]. Biological Trace Element Research, 2004,101(2):147-163.
- [15] J. Feng, W. Q. Ma, H. H. Niu, et al. Effects of zinc glycine chelate on growth, hematological, and immunological characteristics in broilers [J]. Biological Trace Element Research, 2010, 132(2):203-211.
- [16] C. Donata, Guido I, Mariella F, et al. Selenium and poultry products: Nutritional and safety implications [J]. Impact of Pollution on Animal Products, 2008(11):133-141.
- [17] 姚继承,彭秀丽. 家禽无公害饲料配制技术[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [18] 马向东,陆承平,凌红丽,等. 植酸酶对肉仔鸡生产性能、免疫功能及肠道微生物的影响[J]. 畜牧与兽医,2007,39(12):33-35.
- [19] V. Pirgozliev, F. Karadas, A. Pappas, et al. The effect on performance, energy metabolism and hepatic carotenoid content when phytase supplemented diets were fed to broiler chickens [J]. Research in Veterinary Science, 2010, 89(2):

- 203-205 .
- [20] 任春玲,孙振均,宋经元. 药物饲料添加剂对环境影响的研究进展[J]. 饲料工业,2005,26(20):5-10 .
- [21] 王 成. 中草药在养殖上的应用与研究进展 [J]. 兽医导刊,2011(3):11-12 .
- [22] 朱 宁,王春清,张华臣,等. 中草药添加剂对肉仔鸡生长性能的影响[J]. 饲料工业,2011,32(3):13-15 .
- [23] 任 艳. 中草药饲料添加剂在肉鸡生产中的应用研究 [J]. 安徽农业科学,2009,37(22):10505-10506,10510 .
- [24] M. L. Ragione, M. J. Woodward. Competitive exclusion by *Bacillus subtilis* spores of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis and *Clostridium perfringens* in young chickens [J]. *Veterinary Microbiology*,2003,94(3):245-256.
- [25] K-W Lee, G.X. Li, H. S. Lillehoj, et al. *Bacillus subtilis*-based direct-fed microbials augment macrophage function in broiler chickens[J]. *Research in Veterinary Science*,2011(9):1-5 .
- [26] 张志刚. 微生态制剂对蛋种鸡生产性能及抗体水平的影响 [J]. 畜禽养殖,2011(2):40-41 .
- [27] 职爱民,曹庆云,左建军. 饲料防霉剂和抗氧化剂[J]. 养禽与禽病防治,2007(7):39-41 .
- [28] 沈 婷. 饲料风味剂的研究与进展 [J]. 江苏农业科学,2007(5):156-160 .
- [29] 邹仕庚,詹 勋,董泽敏. 禽用饲料着色剂[J]. 养禽与禽病防治,2007(7):37-39 .
- [30] 王利琴. 饲料添加剂与饲料安全[J]. 饲料工程师,2004(1):18-20 .
- [31] 孙书静. 饲料添加剂与饲料安全[J]. 养殖与饲料,2009(4):67-68 .
- [32] 蔡辉益. 饲料安全及其检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005 .
- [33] 李美同. 饲料添加剂和兽药安全评价国际进展[J]. 饲料广角,2009(8):48-61 .
- [34] P. V. Dijck, and H. Voorde. Sensitivity of environmental microorganism to antimicrobial agents[J]. *Appl Environ Microbio*,1976(31):332-336 .