

Advance and Prospect of Growth-Promoting Feed Additives after Prohibiting Addition of Antibiotics

Chao Dong¹, Yanmao Shi¹, Jinbo Yuan², Yang Mi²

¹Hebei Institute of Biology, Shijiazhuang Hebei

²College of Chemistry and Chemical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin

Email: dongchao8605@sina.com

Received: May 28th, 2015; accepted: Jun. 20th, 2015; published: Jun. 23rd, 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 paper reviewed the history of antibiotics added to feedstuff, contrasted the advantages and disadvantages of antibiotics with other feed additions, and forecasted the future development of the scientific research and aquaculture after prohibiting addition of antibiotics.

Keywords

Antibiotics, Feed Additions, Drug-Resistance, Growth-Promoting

代替抗生素的促生长饲料添加剂应用现状及发展方向

董超¹, 史延茂¹, 原晋波², 米阳²

¹河北省科学院生物研究所, 河北 石家庄

²河北工业大学化工学院生物工程系, 天津

Email: dongchao8605@sina.com

收稿日期: 2015年5月28日; 录用日期: 2015年6月20日; 发布日期: 2015年6月23日

摘要

这篇文章回顾了抗生素用于饲料添加剂的历史，比较了抗生素较其它饲料添加剂优缺点，并且展望了禁用抗生素后的科研和养殖业的发展方向。

关键词

抗生素，饲料添加剂，耐药性，促生长作用

1. 引言

抗生素(Antibiotics)是一类对细菌、病毒、寄生虫等具有抑制和杀灭作用的药物，并在畜牧饲料行业中得到广泛应用，在动物疫病防治、提高饲料转化效率、促进畜禽生长方面发挥重要作用。饲料中添加亚治疗剂量的抗生素作为动物生长促进剂已有 50 多年的历史[1]。中国养殖业是抗生素使用量最大的领域，超过国内抗生素消费总量的一半。2006 年国内抗生素总产量为 21 万吨，国内消费量约 18 万吨，其中，用于畜牧及饲料行业的抗生素就高达 9.7 万吨，约占 54%。抗生素的使用是一把双刃剑，国内普遍存在抗生素过量使用甚至滥用等问题，这导致食品安全问题日益严峻，且细菌耐药性的逐渐提高也为养殖业的持续健康发展埋下隐患，尤其是国内人均使用抗生素是欧美国家的 10 倍以上，抗生素残留引起的人类疾病菌株的耐药性问题越来越引起人们的关注[2]。

2. 为何禁用抗生素

长期使用抗生素可以导致致病菌的耐药性增强，尤其是多种耐药性，并通过食物链将耐药性转移给危害人类的病菌。1957 年日本最早报道了病原菌耐药性问题，当年一些病原菌有一种抗生素以上的耐药性，到了 1964 年，40% 的流行病株有四重或更多的耐药性。1972 年墨西哥的抗氯霉素伤寒菌造成了 1400 多人死亡。1992 年美国有一万多名患者死于抗生素耐药性细菌感染，1999 年美国科学家在肉鸡饲料中发现了目前所有的抗生素具有耐药性的超级细菌。

长期使用抗生素可以引起动物内源性感染和二重感染。抗生素会引起微生物菌群失调，有益菌群减少，体内原有的耐药性病原菌占了优势，引起疾病爆发即内源性感染。同样有益菌群的减少使许多微生物附着位点空位，外界的耐药性病原菌侵入，造成二重感染。

长期使用抗生素可以使动物免疫力降低，一些终生坚强免疫的疾病时有爆发。还会导致抗原质量降低，降低疫苗的使用效果。

如上这些负面影响都会通过禽畜产品最终影响到人类，现在，随着生活水平的提高，人们对肉蛋类的品质有了更高的要求，不但要排除兴奋剂、类激素，而且还要排除抗生素残留及金属超标[2]。所以许多国家在饲料中开始有步骤地禁用或限用抗生素。

3. 禁用抗生素的发展历程及趋势

二十世纪八十年代，世界卫生组织向科学家们发出限用抗生素的倡议后，1981 年成立了抗生素慎用联盟，越来越多的国家采取立法手段禁止滥用抗生素。尽管 SCAN (1996) 报道表明，没有足够证据证明饲料中使用阿伏霉素会导致微生物对人用抗生素万古霉素耐药性的增加，但 1997 年 4 月欧盟仍禁止使用阿伏霉素。当年，在柏林召开的世界卫生组织会议倡导在动物饲料中谨慎使用抗生素，以降低人类病原菌

的耐药性。同年三月，国际粮农组织在巴黎召开会议，倡导控制饲料中抗生素的使用量以降低对公众健康的威胁，会议提议成立欧洲细菌耐药性检测体系，以发现对抗生素具有耐药性的病原菌。1998年底，欧盟委员会颁布了杆菌肽锌、螺旋霉素、维吉尼亚霉素和泰乐菌素4种抗生素在畜禽饲料中作为生长促进剂使用的禁令，禁令自1999年7月1日起生效，2002年欧盟通过了一项在2006年全面禁止抗生素作为饲料添加剂的提案[3]。现在，除了土霉素外，日本已经不再使用人畜共用的抗生素。在消费者方面，美国最大的肉禽采购公司之一——麦当劳公司对供货商要求很严格，禁止在医学上重要的抗生素作为生长促进剂出现在肉禽中[4]。

目前世界上作为饲料添加剂还在使用的抗生素有不下二十多种，我国批准使用的有十种，包括：杆菌肽锌、硫酸粘杆菌素、北里霉素、恩拉霉素、维吉尼亚霉素、泰乐霉素、土霉素钙、莫能霉素、盐霉素、拉沙里菌素钠。欧盟实施禁令以来，对我国畜禽产品出口造成巨大负面影响。我国加入世贸组织后，药物残留和药物使用程序等绿色壁垒已经成为我国畜禽产品出口的最大障碍，如氯霉素的残留标准由10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 调整到目前的0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，硝基呋喃的检测标准由5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 降到1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [5]。如何解决这一现实问题，将成为我国养殖业、饲料行业当前首要解决的课题之一，但是慎用抗生素原则和限制抗生素促生长剂在畜禽饲料中的使用，必定是未来养殖业发展的趋势。

4. 无抗生素情况下养殖业受到的影响

饲料中禁止使用抗生素作生长促进剂，养殖业主面临许多新的问题。目前任何添加剂尚无法像抗生素那样能有效地提高动物生产性能、改善饲料转化率。饲料中不使用抗生素一般会导致饲料消耗增加、动物生产性能下降、死亡率淘汰率增加和疾病治疗费用增加。欧洲在开始禁用抗生素时，禽畜的养殖效率大大降低，荷兰在禁用后饲料效率降低了5%~10%，丹麦的国家猪生产委员会报告称，禁用抗生素后猪的生长速率由20 g/d下降到10 g/d，断奶后易发生肠炎和腹泻等疾病，每头猪的经济损失合1.03欧元[6]。

2002年由于氯霉素残留曾经导致欧盟禁止进口中国所有的动物源性产品，2004年禽产品依然被禁。欧盟解除从我国进口畜禽产品禁令的先决条件是我国养殖业要符合欧盟畜禽产品的生产程序和规定。除了产品的卫生检疫(包括沙门氏菌、大肠杆菌等微生物指标)、药物残留等一般指标合格外，还要执行欧盟关于抗生素在饲料中使用的规定。药物残留和动物疾病是中国禽产品出口的主要障碍，但是最难克服的困难是法律制度上和监管体系上的缺陷[7]，我国幅员辽阔，各地养殖基础参差不齐，人员素质不高，监督力度不够，禽畜养殖量多而分散，禁用抗生素比其他国家具有更大的挑战性。

5. 其它有促生长作用的饲料添加剂

寻找抗生素替代物 and 新的途径，消除或减轻禁用抗生素带来的一系列影响，是全球畜牧业急需解决的问题。目前，主要的替代品包括益生菌群类(也称益生菌)、低聚寡糖、酶制剂、酸化剂、中草药饲料添加剂、高锌、高铜和抗菌肽。

5.1. 益生菌群、益生菌(Probiotics)

是指摄入动物体内参与肠道微生物平衡的具有直接通过增强动物对肠内有害微生物群落的抑制作用，或者通过增强非特异性免疫功能来预防疾病，而间接起到促进动物生产作用和提高饲料转化率的活性微生物培养物。世界上进行益生菌研究较早、研究成果较多的国家是日本。1989年美国FDA和美国饲料控制官员协会公布了被认为是安全可以直接饲喂微生物菌种名单，共42种[8]。2003年12月我国农业部公告公布了可以直接饲喂动物的微生物名单有15种，即干酪乳杆菌、植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、乳酸乳

杆菌、粪肠球菌、尿肠球菌、乳酸肠球菌、枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、双歧杆菌、乳酸片球菌、戊糖片球菌、沼泽红假单胞菌、啤酒酵母、产朊假丝酵母[2]，与1999年农业部公布的12种名单[8]稍有调整和增加，纳豆芽孢杆菌被归入枯草芽孢杆菌制剂，不再单设一类。目前饲料用量较大的好氧菌有枯草和地衣芽孢杆菌，厌氧菌以乳酸菌和双歧为代表。产品有单一菌种的剂型，也有多种微生物组成的复合剂型。益生菌的作用机理是形成优势有益菌群，与有害菌争夺附着位点、营养及氧，竞争性地抑制有害菌群扩大，并且代谢产物含有机酸和溶菌酶等，使消化道 pH 值降低，不利于有害菌群生长，从而起到防病抗病的效果。但是从发酵产物和活菌的发酵液整体来看，发酵代谢产物如酶类和其它微组分也是重要的成分。陈兵等用纳豆芽孢杆菌饲喂大白鼠后，发现粪便中双歧杆菌、乳酸菌均有增加，可以维持肠道的微生态平衡[9]，日粮中添加纳豆芽孢杆菌仔猪日增重提高 12.31%~12.51%，料重比下降了 6.31%~8.56% [10]。孙铁虎等用益生康(多种活菌制剂)饲喂断奶仔猪，发现日增重提高 9.3%，腹泻发生率降低 29.4% [11]。

5.2. 低聚寡糖(Prebiotics)

也称益生元，是指 2 - 10 个单糖通过糖苷键连接形成直链或支链的一类低分子糖，介于单糖和多糖之间。寡糖在自然界内广泛存在，能用于饲料的不多，主要包括：甘露寡糖、果寡糖、异麦芽寡糖、乳寡糖、木寡糖等，研究较多的是甘露寡糖、果寡糖和木寡糖。动物肠胃中没有水解这些低聚糖的酶系统，但是这些寡糖可以选择性地促进有益菌(主要是双歧杆菌)的增殖，从而抑制肠道内有害菌的生长，减少动物病害发生的机会[12]。低聚寡糖与病原菌在肠道上的受体非常相似，可以竞争性地与病原菌结合，使之不能生长到肠壁，失去致病能力。间部谦哉报道，低聚糖成分能够抑制鸡肠道内的沙门氏菌和大肠杆菌[13]。林青等在 AA 鸡日粮中添加低聚糖后，平均出鸡重提高了 0.195 kg，平均盈利提高 1.10 元/羽[14]。

5.3. 酶制剂

是一类具有生物催化性的蛋白质。虽然国内饲料用酶只有是 10 多年，关于各种酶制剂的应用效果报道很多。目前国内可以用于饲料的酶制剂有 12 种：淀粉酶、纤维素酶、 β -葡聚糖酶、葡萄糖氧化酶、脂肪酶、麦芽糖酶、甘露聚糖酶、果胶酶、植酸酶、蛋白酶、支链淀粉酶、木聚糖酶。酶制剂可以提高饲料的消化率，减少养分残留于消化道的量、缩短残留时间，间接减少病原菌生长的机会，从而起到防病抗病的效果。大多数酶类是以难消化的营养底物(抗营养因子)为目标，使饲料更大发挥其营养效果，这些酶统称消化降解酶，又可以分为两类：消化酶和降解酶。消化酶包括淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶，动物体内可以产生；降解酶包括纤维素酶、 β -葡聚糖酶、麦芽糖酶、甘露聚糖酶、果胶酶、植酸酶、支链淀粉酶、木聚糖酶，动物组织细胞不能合成。应用最多的是各种多聚糖酶的复合酶，单一降解酶只有植酸酶。其中的葡萄糖氧化酶(GoD)是一种需氧脱氢酶，能专一地氧化 D-葡萄糖为葡萄糖酸和过氧化氢，过氧化氢积累到一定程度时，可以直接抑制大肠杆菌、沙门氏菌、葡萄球菌等的繁殖。反应时会消耗肠道内氧气，利于双歧杆菌、乳酸杆菌等有益厌氧菌的生长[15]。

5.4. 酸化剂

酸化剂也称有机酸添加剂，可以使饲料 pH 值降低的一类对动物无害的物质。国内允许使用的有柠檬酸、延胡索酸(富马酸)、乳酸、山梨酸、苹果酸、苯甲酸、酒石酸、磷酸和甲乙丙丁酸。多种病原菌的适宜生长环境都是中性偏碱，而乳酸杆菌等适宜在酸性环境下生长，因此酸化剂可以抑制有害微生物，促进有益菌群繁殖。同时可以抗饲料霉变，提高饲料适口性。酸化剂的低 pH 值有时可以促进酶制剂作用的发挥，例如植酸酶有两个最适 pH: pH2.5 和 pH4.5~5.7，所以酸化剂可以间接提高磷的消化率[16]。在肉鸡中添加 0.15%的延胡索酸，比对照组增重提高 1.58%~5.35%，添加 0.4%的柠檬酸增重提高 2.97%

[17]。2005年,我国新批准了二甲酸钾用于猪饲料,这种新型酸化剂腐蚀性低、无刺激气味、稳定性好,是一种有广阔前景的饲料添加剂[18]。

5.5. 中草药饲料添加剂

中草药饲料添加剂是我国特有的文化瑰宝,世界上第一部天然药物专著是我国的《神农本草经》,记载天然药物365种。我国现有中草药材13,000多种。中草药属纯天然物质,有促进动物生长,增强其体质、促进新陈代谢、提高生产性能、抗应激和防治疾病等作用,迄今发现有200多种中草药含有多方面的免疫活性物质,能增强动物机体的免疫功能;有400多种中草药有杀菌、抑菌作用;有130多种中草药能抗菌;50多种中草药对病毒有灭活抑制作用。板蓝根、穿心莲、金银花、连翘、黄连、野菊花等都具有良好的抗病毒作用;茉莉花、玫瑰花、苜蓿、肉豆蔻、胡椒、干辣椒、丁香和生姜等可以提高禽类的产蛋率,改善肉类的风味;甘草含甘草甜素、皂甙,可治疗猪、鸡等的中毒。用绿惠宝纯中草药添加剂饲喂肉鸡,发现肉品水分降低3%,蛋白质提高6% [19]。自拟中草药添加剂在生长猪日粮中添加1.5%,增重提高了22.5%,饲料转化率提高了7.4%,多盈利23.8元/头[20]。中草药作为饲料添加剂毒副作用小,不在肉、蛋、奶等食用畜禽产品中产生有害残留,利用我国丰富的中草药资源,加速对天然中草药饲料添加剂的研究与开发,可促进我国畜牧业向无公害方面发展。

5.6. 抗菌肽(Antibiotics Peptides)

抗菌肽(Antibiotics Peptides)是宿主防御系统产生的一类对抗外界病原菌感染的肽类活性物质,是其免疫系统的主要组成部分,由13~45个氨基酸组成,相对分子量104以下。抗菌肽的作用机理有人认为是病原菌的细胞膜上穿孔形成离子通道,造成细胞膜结构破坏,引起胞内离子大量流失,细胞不能保持正常的渗透压而死亡[21];也有报道认为抗菌肽可以抑制细菌的呼吸作用,而导致其死亡[22]。广谱和不产生耐药性是其特点,对真核细胞没有作用。能耐在饲料加工过程中的高温,产品中没有菌体,可以防止工程菌株扩散。最先是从天蚕蛹中发现抗菌肽,用于饲料添加剂的报道很多,如用蚕抗菌肽AD-酵母液体制剂以3L/吨添加到肉鸭饲料中,对小鸭促生长效果明显[23]。2005年5月,中国农业大学孙振钧教授的蚯蚓生物抗菌肽研究通过了教育部的科技成果鉴定,达到国际领先水平,该抗菌肽抑菌谱广,并且可以诱导产生多种抗菌物质,经过蛋鸡和育肥猪饲喂实验,取得了良好的效果[24]。将昆虫抗菌肽基因转入禽畜特定细胞使其表达,产生抗病原菌感染的转基因动物新品种,是畜牧生产的新途径,发展前景和应用价值不可估量[22]。

5.7. 高锌、高铜等矿物元素

高锌、高铜等矿物元素属于饲料添加剂中的微量元素,1928年最早报道高铜200~250 mg/kg可以提高猪的生长速度,铜的硫酸盐、碳酸盐、氯化物均有效,由于氧化铜和硫化铜难溶于水而没有效果。锌的添加量要高于铜,大多在2000~3000 mg/kg,仔猪日粮中添加后可以减少腹泻,并有促生长作用。氧化锌现在还广泛用于仔猪断奶期腹泻的治疗[25]。由于有机螯合物更利于动物吸收,并且可以免受一些理化因素的影响,减少金属离子间的拮抗作用,以氨基酸铜、氨基酸锌、酵母铜等形式应用效果更明显,如250 mg/kg 蛋氨酸锌饲喂仔猪相当于3000 mg/kg 氧化锌[26]。

6. 与抗生素相比存在的缺点与问题

6.1. 益生菌存在的缺点

益生菌的使用最好是治未病,在病原菌占绝对优势(疾病已经爆发或流行)时,益生菌不能达到抗生素

类药物的使用效果。多数微生物是以活菌体直接饲喂，生产、运输、储存中易失活。菌群对宿主有选择性，对低水平日粮动物和初生动物明显，对高水平日粮动物效果一般[27]。到目前为止，没有几个微生物产品通过了欧盟有关安全性、质量和功效的审查[28]，但在其它国家包括中国，效果研究和产品还是很多的。有些其它饲料添加剂与之不能同时使用，例如抗生素类或某些离子对大多数益生菌有抑制活性作用。

6.2. 低聚寡糖存在的缺点

低聚寡糖是一类间接提高免疫力的物质，本身没有杀菌作用，只是为有益菌提供养分或者为病原菌提供标靶，只能辅助抗病、防病；同时寡糖类物质易吸潮，不利于储存或均匀添加；成本也比较高。

6.3. 酶制剂存在的缺点

与低聚寡糖相似，酶制剂也不直接参与攻击病原菌，大多数作用是减少病原菌的生长基质；在优质日粮情况下，不论是提高禽畜生产率，还是抗病效果，都不明显。葡萄糖氧化酶催化的产物可以抑制病原菌，作用机理不同于其它酶类，并且比益生菌稳定，近些年发展较快，是市场反响较好的酶制剂之一。

6.4. 酸化剂存在缺点

迄今为止，有机酸在饲料行业中的应用还处于起步阶段，使用量和方法还有待规范。有机酸在饲料中添加要考虑与饲料的配伍，高蛋白质和盐类矿物质会对酸化剂有缓冲作用；饲料 pH 降低对猪、鸡等杂食动物较适应，对有些特种养殖的肉食动物会引起采食量减少。

6.5. 中草药饲料添加剂存在缺点

中草药饲料添加剂存在问题是创新性不高，品种重复使用或组合较多，有些原料对幼畜存在不适应性，在加工精制方面需要技术提升[29]。不是所有的中草药都符合“绿色”标准，有些中草药的配伍和作用机理还处于摸索阶段，使用不当，也会引起残留和毒副作用；由于复方中草药的功效成分非常复杂，某些成分可能对其它饲料添加剂发生负作用，如对益生菌拮抗、造成酶制剂失活等；一般中草药饲料添加剂相对抗生素类用量大、起效慢；虽然人们非常看好中草药饲料添加剂，但是农业部还未制定中草药的饲料产品质量标准，中草药配方也没有固定标准，产品粗糙，质量检测无据可依。在使用前要先经过安全试验，以确定其使用效果，避免造成不良后果。

6.6. 抗菌肽存在缺点

由于抗菌肽分子量小，分离提纯困难，天然资源有限。化学合成与基因工程法为主要获得手段，但是在微生物中直接表达抗菌肽基因，可能对宿主产生毒害而不能合成足够量的表达产物。除了杆菌肽以外，大多处于大量实验室研究阶段，转化成生产力的较少，但是随着分子生物学的发展，抗菌肽在饲料行业的前景还是非常看好的。

6.7. 高锌、高铜等矿物元素存在缺点

高锌、高铜尤其是铜离子，对益生菌、酶制剂都有负作用，高锌会抑制植酸酶的作用效果[30]，铜、锌、锰等离子对木聚糖酶起抑制作用，并且铜离子抑制作用最强。并且高锌、高铜会随动物粪便污染环境，所以 2004 年 1 月欧盟将生长猪的饲料铜离子含量由 175 mg/kg 将到了 25 mg/kg [31]，总体趋势高锌、高铜在饲料中要慎用、少用。

7. 未来发展方向

关于动物饲料中禁用抗生素也有反对的报道，有人认为动物用抗生素不会导致人的抗药性[32]。但是

随着人们的食品与饮水中抗生素残留的不断检出, 尤其 2014 年 10 月底报道多条河流都检出了抗生素, 禁用抗生素做为饲料添加剂已成大趋势和方向。但是饲料添加剂中尚未有替代品可以与抗生素的效果相提并论, 在禁用抗生素条件下, 对规模化的畜牧养殖来说, 是一个严峻挑战。科技工作者应该关注抗生素的发展趋势, 利用克隆技术、基因工程开发新型的杂合抗生素, 激活抗生素产生菌的沉默基因生产新的抗生素, 通过改善原有抗生素的结构开发新的半合成抗生素; 对养殖业经营者, 应该逐渐探索“综合饲喂、防病为主、治病为辅”的养殖方法, 综合利用绿色无残留的抗生素替代品。使养殖行业顺利进入“后抗生素时代”。

参考文献 (References)

- [1] 吴昌新 (2006) 欧盟正走向无抗生素生长促进剂的未来. *国外畜牧学——猪与禽*, **26**, 26-27.
- [2] 何健, 施庆和, 等 (2012) 国外饲料安全的研究进展. *检验检疫学报*, **22**, 67-73.
- [3] 蔡辉益 (2005) 2005 年中国饲料科技盘点与发展趋势. *中国家禽*, **27**, 1-6.
- [4] Nollet, L. (2005) EU close to a future without antibiotic growth promoters. *World Poultry*, **21**, 14-15.
- [5] 王云鹏, 马越 (2008) 养殖业抗生素的使用及其潜在危害. *中国抗生素杂志*, **33**, 519-523.
- [6] Taylor-Pickard, J.A. (2006) 禁用抗生素促生长剂对禽畜的影响. *中国畜牧兽医*, **33**, 71-72.
- [7] 单卫红 (2005) 中国禽产品出口. *中国禽业导刊*, **7**, 12-13.
- [8] 陈红平, 严寒, 等 (2002) 微生态制剂及其在动物生产上的作用研究进展. *广东饲料*, **11**, 34-36.
- [9] 陈兵, 朱凤香, 等 (2003) 纳豆芽孢杆菌分离纯化及对大白鼠肠道微生态系统的影响. *浙江农业学报*, **15**, 223-227.
- [10] 陈兵, 缪志伟, 等 (2003) 仔猪日粮中添加纳豆芽孢杆菌的效果试验. *浙江畜牧兽医*, **4**, 5-6.
- [11] 孙铁虎, 尹靖东, 张日俊, 朴香淑, 宋志明 (2005) 益生康代替抗生素对断奶仔猪生产性能及腹泻的影响. *中国畜牧杂志*, **11**, 11-13.
- [12] 郑建仙 (2004) 功能性食品生物技术. 中国轻工业出版社, 北京, 144.
- [13] 间部谦哉, 吴连福 (1998) 低聚糖可抑制鸡的沙门氏菌. *国外畜牧科技*, **3**, 49-51.
- [14] 林青, 李忠军, 于三科 (2005) 低聚糖对肉鸡生产性能的影响. *家禽生态学报*, **6**, 48-50.
- [15] 王卫国, 李会玉, 岳卫平 (1995) 生物保鲜剂对鼠伤寒沙门氏菌等 5 株病原菌的抑菌效果. *微生物学研究与应*, **1**, 3-5.
- [16] 仇新泉 (2005) 有机酸可否代替抗生素性生长促进剂. *国外畜牧学——猪与禽*, **3**, 12-14.
- [17] 王恬 (2006) 安全动物生产系统中饲料添加剂的应用与研究. *中国禽业导刊*, **7**, 26-27.
- [18] 黄小春, 吴灵英 (2006) 二甲酸钾的功能和应用效果. *粮食与饲料工业*, **4**, 36-37.
- [19] 叶小其, 顾林英, 王惠康, 孔中兆, 周金伟, 吴兰芝, 郑宝 (2002) 中草药饲料添加剂绿惠宝应用效果试验. *浙江畜牧兽医*, **3**, 1-3.
- [20] 李宗辉, 张春桂 (2002) 自拟中草药饲料添加剂饲喂生长猪的效果. *青海畜牧兽医杂志*, **2**, 9-10.
- [21] Yamazaki, M. (1993) Antitumor and antimicrobial glycoproteins from sea hares. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, **105**, 141-146.
- [22] 宫霞, 乐国伟 (2003) 昆虫抗菌肽及其在动物中的应用. *中国饲料*, **6**, 14-16.
- [23] 陈晓生, 张辉华, 田允波, 温刘发, 贺建华, 罗竞标, 黄国庆 (2005) 抗菌肽作饲料添加剂对肉鸭生长性能的影响. *黑龙江畜牧兽医*, **3**, 64-65.
- [24] 孙振钧 (2005) 两项蚯蚓研究新成果: 蚯蚓抗菌肽的研究和蚯蚓生物反应器的研制. *中国农业大学学报*, **5**, 20.
- [25] 郗伟斌, 吕明凡, 赵若冬 (2003) 抗生素禁用后的替代物及饲养策略. *养猪*, **3**, 9-10.
- [26] 许梓荣, 王敏奇 (1999) 氧化锌和蛋白锌对仔猪生长和消化的影响. *浙江农业大学学报*, **1**, 103-106.
- [27] 孙晓先, 朱振鹏, 王倩倩, 夏丽丽, 周刚, 杨彪 (2014) 饲用益生菌在动物营养中的应用. *饲料博览*, **1**, 29-32.
- [28] 罗兰, 赵克斌 (2005) 抗生素生长促进剂替代品的研究与开发. *饲料工业*, **20**, 52-55.

- [29] 丁自勉, 石凤敏 (2013) 中国中草药饲料添加剂的现状与展望. *世界科学技术——中医药现代化*, **3**, 446-454.
- [30] 乔伟, 周安国 (2006) 植酸酶与锌的互作效应研究进展. *中国饲料*, **7**, 18-20.
- [31] 赵玉蓉, 金宏, 陈清华, 王红权, 沈维军, 朱立涛 (2004) 金属离子对饲料酶活性的影响. *饲料研究*, **8**, 1-3.
- [32] 陈燕军 (2007) 再思考欧盟禁用动物抗生素添加剂. *中国畜牧业*, **10**, 20-23.