

夏诗琪,王培玲,张丽,等.中草药饲料添加剂的抑菌研究及应用现状[J].江西农业大学学报,2020,42(6):
1231-1236.



中草药饲料添加剂的抑菌研究及应用现状

夏诗琪^{1,2},王培玲¹,张丽¹,杨宇玲¹,王宗德^{1*}

(1.江西农业大学 林学院/国家林草局木本香料(华东)工程技术研究中心/国家林草局/江西省樟树工程技术研究中心,江西 南昌 330045;2.江西省林业科学院 森林药材与食品研究所,江西 南昌 330032)

摘要:20世纪60年代以来药物添加剂的使用推动了养殖业迅速发展的同时也带来了许多难题尤其是抗生素添加剂的滥用引发了药物残留、耐药性增强等一系列问题。随着我国部分药物饲料添加剂(中药类除外)相关管理政策的公布,研究开发绿色安全的药物替代饲料添加剂是养殖业发展的必然趋势。中草药饲料添加剂具有开发成为药物替代品的良好前景。介绍了中草药饲料添加剂中活性物质的抑菌效果,代表性的具有良好抑菌功效的活性物质主要有绿原酸、多糖、酚类和萜类等物质,抑菌成分分布在杜仲、金银花、黄芪厚朴、紫苏等中草药中,对沙门氏菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等有广谱抑菌性;此外,从改变细胞膜壁通透性、抑制和调控细菌遗传物质表达和蛋白合成、抑制细菌呼吸代谢3个方面综合分析了中草药饲料添加剂的抑菌机制,并归纳出研究方法和判断依据;中草药饲料添加剂的应用效果显著,具体阐述了其在防治畜禽腹泻、仔猪断奶后应激综合征、奶牛乳房炎、水产养殖病害方面的作用,并指出中草药提取物作为饲料添加剂的优势;文章最后简要分析了中草药饲料添加剂在实际应用中存在的问题,以为为科研人员和企业相关人员提供理论指导,对中草药饲料添加剂的生产开发有积极的促进作用。

关键词:中草药;饲料添加剂;抑菌研究

中图分类号:S816.7 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2020)06-1231-06

A Study of Bacteriostasis of Chinese Herbal Medicine Feed Additive and Its Application Status

XIA Shi-qi^{1,2}, WANG Pei-ling¹, ZHANG Li¹, YANG Yu-ling¹, WANG Zong-de^{1*}

(1.College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, East China Woody Fragrance and Flavor Engineering Research Center of National Forestry and Grassland Administration, Camphor Engineering Research Center of NFGA/Jiangxi Province, Nanchang 330045, China; 2.Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, China)

Abstract: The use of drug additives in the past half century has promoted the rapid development of breeding industry, but also brought many problems, especially the abuse of antibiotic additives caused a series of problems such as drug residue, drug resistance enhancement and so on. With the announcement of related management policies on some drug feed additives (except for traditional Chinese medicine) in China, it is an inevitable trend to research and develop green and safe drugs to substitute feed additives. Chinese herbal feed additives

收稿日期:2020-04-18 修回日期:2020-06-20

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0600704)和江西省林业局樟树研究专项课题(2020-04-05)

Project supported by the National Key Research and Development Program of China (2017YFD0600704) and Special Project of Lauraceae Plant Research of Jiangxi Forestry Bureau (2020-04-05)

作者简介:夏诗琪, orcid.org/0000-0003-4415-1671, 496508689@qq.com; *通信作者:王宗德, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事林产化工研究, orcid.org/0000-0002-4478-3567, zongdewang@163.com。

have a good prospect of developing as drug substitutes. In this paper, the bacteriostatic effect of active substances in Chinese herbal feed additives is systematically introduced. The representative active substances with good bacteriostatic effect are mainly chlorogenic acid, polysaccharide, phenols and terpenes. The bacteriostatic components are distributed in *Eucommia ulmoides* Oliver, *Lonicera japonica*, *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge, *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils, *Perilla frutescens*. Chinese herbal feed additives have broad-spectrum bacteriostasis against *Salmonella*, *Escherichiacoli* and *Staphylococcus aureus*. In addition, this paper comprehensively analyzes the bacteriostatic mechanism of Chinese herbal feed additives from three aspects: changing cell-membrane permeability, inhibiting and regulating bacterial genetic material expression and proteinsynthesis, inhibiting bacterial respiration and metabolism, and concludes the research methods and judgment basis. The application of Chinese herbal feed additives in the prevention and treatment of livestock and poultry diarrhea, stress syndrome of piglets after weaning, dairy cow mastitis, aquaculture diseases and so on has remarkable effects. This paper expounds and points out the advantages of Chinese herbal extracts as feed additives. Finally, the problems existing in the practical application of Chinese herbal feed additives are briefly analyzed. This paper provides a theoretical guidance for researchers and enterprise related personnel, and has a positive effect on the production and development of Chinese herbal feed additives.

Keywords: Chinese herbal medicine; feed additives; research of bacteriostasis

【研究意义】中国农业农村部 2019 年 7 月发出第 194 号公告, 决定在我国停止生产、进口、经营、使用部分药物饲料添加剂。自 2020 年 7 月 1 日起, 饲料生产企业停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料。该公告的颁布说明我国对饲料添加剂的管控越来越严格, 21 世纪这近半个世纪以来药物添加剂的使用推动了养殖业迅速发展的同时也带来了许多难题, 尤其是抗生素添加剂的滥用引发了药物残留、耐药性增强等一系列问题^[1], 中草药饲料添加剂具有天然、绿色的特点, 近年来成为研究热点。

【前人研究进展】中草药饲料添加剂指以中草药为原料制成的饲料添加剂, 主要包括粗粉、微粉和植物提取物三大类。传统的中草药饲料添加剂主要以煎成汤剂或粉剂的形式添加到动物饲料中^[2], 然而, 中草药成分复杂, 有效成分含量较小, 从而造成在饲料中添加量非常大, 成本较高。而植物提取物饲料添加剂指以物理、化学或生物手段从植物中提取出来的活性成分, 其含量比较稳定、可测定^[3]。天然植物提取物可以对病原菌直接作用, 也可以提高机体的免疫功能, 起到抑菌的目的^[4]。中草药饲料添加剂具有良好的抑菌能力, 在畜禽疾病防治方面和发展成为抗生素类饲料添加剂替代品方面极具潜力。【本研究切入点】目前大部分文献主要集中在阐述中草药饲料添加剂对畜禽生长繁殖性能提升等方面, 对其抑菌性能及应用的研究综述较少。【拟解决的关键问题】本文较为系统的归纳了关于中草药饲料添加剂抑菌方面的研究, 为行业相关人员提供理论指导。

1 常用中草药饲料添加剂中活性成分的抑菌效果

我国农业农村部发布第 2045 号公告中规定的可以添加到动物饲料中的植物提取物主要有: 植物甾醇、杜仲叶提取物、紫苏籽提取物等。我国农业农村部规定的可以作为饲料原料使用的天然植物有 115 种, 常用的中草药主要有杜仲、金银花、黄芪、厚朴、紫苏等。研究发现中草药抑菌成分主要有挥发油、有机酸、生物碱、黄酮、醌类、鞣质和多糖等化合物。用中草药有效成分为主体筛选出新型的饲料添加剂, 即植物提取物饲料添加剂来替代抗生素, 具有重要意义。

绿原酸是一种水溶性酚类化合物, 是杜仲叶和金银花的主要活性成分。绿原酸具有调节免疫功能、抵抗病原菌、病毒的危害、调节血压等诸多作用。研究发现, 绿原酸对大肠杆菌、志贺氏菌、沙门氏菌、藤黄八叠球菌等均有较好抑菌效果^[5-6]。胡居吾等^[7]比较了杜仲叶和金银花中绿原酸提取物的抑菌能力, 结果显示杜仲叶绿原酸提取物抑制金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和沙门氏菌的能力较强。此外, 杜仲有提高畜、禽、鱼等健康水平和生产性能的作用, 对改善高日龄鸡健康, 延缓产蛋力下降有一定效果, 并具有改善动物肉、蛋品质的功能。

植物中的某些多糖成分也具有抑菌功效。黄芪多糖由阿拉伯糖、鼠李糖、半乳糖、木糖、葡萄糖和甘露糖等6种单糖组成。黄芪多糖能够提高口蹄疫病毒的抗体滴度^[8]。黄芪多糖添加到肉鸡饲料中,可有效提高其生长性能、血清和肝脏的抗氧化能力,还可以改善肠道菌群结构^[9-10]。山茱萸多糖是近年来研究的热点,研究表明,山茱萸多糖的抑菌性主要表现在调节肠道菌群平衡,抑制细菌生长等方面^[11]。此外,茯苓多糖^[12]、石斛多糖^[13]、蒲公英多糖^[14]等均具有良好的抑菌活性。

酚类物质具有抗病毒、抑菌、抗炎和抗腹泻等多种生物学功能。厚朴是我国特有的一种传统中药,现代药理实验证明厚朴具有广谱抑菌性,其中发挥主要作用的是厚朴酚。有研究表明厚朴酚可使猪链球菌生长幅度降低,并改变细菌细胞膜通透性^[15]。厚朴酚对乳房炎致病菌(主要为金黄色葡萄球菌)也有一定的抑制作用^[16]。

萜类物质是植物挥发油中的重要组成部分,广泛存在于肉桂、紫苏、萆澄茄等植物中。研究表明,紫苏籽含有丰富的萜类等挥发性物质,具有降血脂、抑菌、抗炎、抗氧化等生理调节功能。Qiu等^[17]研究表明,紫苏籽油对金黄色葡萄球菌等多种细菌具有抑制作用,此外,紫苏籽油提取液对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌^[17-18]有较强的抑制作用。有研究表明,植物挥发油能调节饲料的风味,通过刺激消化酶的分泌,增强动物食欲并促进消化吸收,提高动物生产性能。此外,值得关注的是,饲料在储存中容易引起霉变,动物采食发霉的饲料会导致慢性中毒,而植物挥发油可以抑制饲料霉变,在饲料中混合富含挥发油成分的中草药对保证饲料的品质有良好作用。

2 中草药饲料添加剂的抑菌机制

中草药种类和成分的多样性决定了其在抑菌作用上也具有多样的机制。综合文献,抑菌机制主要分为以下几个方面。

(1)改变细胞膜、壁通透性。大部分中草药活性成分均具有疏水基团,能与细菌细胞上不同的作用靶点结合,破坏细胞壁结构,引起细胞变形,可通过细胞形态变化判断。细胞壁被破坏后,细胞壁与细胞膜间的碱性磷酸酶会泄露,因此检测该酶含量的变化也是判断方法之一^[19]。此外,活性成分还可以使细胞膜受损,选择透过性变弱,细胞质中的酸碱平衡被破坏,导致其中的离子以及其他的细胞内容物的丢失,渗透性变大,最终导致细菌死亡^[20]。可以对菌液进行染色,通过流式细胞仪测定其荧光强度,或者用荧光显微镜直接观察;还可以通过检测菌液蛋白质含量变化、电导率变化等手段间接判断。刘明珠等^[21]通过测定溶藻弧菌胞内可溶性蛋白含量变化发现黄连发挥抑菌作用的机制,该抑菌机制可能是通过损伤细菌的细胞膜导致细菌内容物的释放并引起菌体裂解死亡。

(2)抑制和调控细菌遗传物质表达和蛋白合成。蛋白质中的合成依赖于遗传物质的正常表达,细胞的生理活性依赖于蛋白质的正常功能。因此,当遗传物质的表达受到影响时会导致细胞功能异常。可以通过蛋白组学的方法检测细胞内各个时期蛋白质和核酸的含量,比较菌体中蛋白的差异表达,进而通过对差异表达蛋白的功能进行定性和归类分析,以及对它们所涉及的代谢通路进行分析,全面揭示关键代谢途径和作用靶点。唐金花^[22]研究发现,苦参水提物对鸡大肠杆菌抑菌机理是抑制调控细菌生长、分裂相关蛋白的合成,阻滞其分裂和生长,并且与细胞内的蛋白质结合,引起细胞质固缩解体而使菌体死亡。

(3)抑制细菌呼吸代谢,即抑制机体中糖类和脂类物质的氧化分解过程。细胞的新陈代谢给生物体带来能量,呼吸代谢被抑制,供给细胞生命活动所需的能量和合成代谢所需要的碳架及还原力就无法产生,生物体的新陈代谢会紊乱,生长和繁殖受阻,这是造成死亡的原因之一。可以通过测定耗氧量变化和某些代谢酶的活性变化来判断。例如,测定生物糖代谢关键酶之一的苹果酸脱氢酶活性,杨睿等^[23]通过测定菌内苹果酸脱氢酶的活性变化,证明苦丁茶等中草药对金黄色葡萄球菌的抑菌机制是通过抑制细菌的呼吸代谢过程等方式实现的。

3 中草药饲料添加剂的抑菌应用

中草药饲料添加剂的抑菌应用方式主要有直接和间接两种,可以直接在体内抑菌杀菌,也可以通过

增强免疫球蛋白活性,提高畜禽免疫功能,从而间接提高机体特异性抗菌能力。中草药饲料添加剂的相关抑菌研究大部分集中在防治畜禽腹泻、仔猪断奶后应激综合征、奶牛乳房炎、水产养殖病害等方面。

现代高密度、规模化养殖过程中,畜禽容易感染病原微生物引起腹泻。研究表明,中草药饲料添加剂可以直接体内抑制畜禽肠道有害菌,改善肠道微生物平衡,也可以通过调动畜禽的抗炎机制有效治疗腹泻^[24]。吕锦芳等^[25]的研究发现中草药成分黄芩苷治疗腹泻的抗炎机制是通过抑制炎症渗出和降低致炎细胞因子的释放来调控。

仔猪早期断奶是养殖企业降低生产成本和提高经济效益的重要措施,然而仔猪断奶应激综合征是养猪企业面临的重大挑战。仔猪断奶以后,由于环境、心理等的改变,容易引起肠道菌群的失衡,食欲下降,免疫力降低而诱发各种疾病。王婧等^[26]的研究表明,中草药添加剂具有代替抗生素的能力,实验组血清中的IgA、IgG、IgM水平和抗生素组接近,表明合适计量的中草药添加剂可以有效增强断奶仔猪的免疫力。

奶牛乳房炎是奶牛常见疾病,主要由于致病微生物感染、饲养管理不当、疫病诱发等引起,不仅会危害奶牛健康,导致泌乳量和乳制品品质下降,降低利润。中草药饲料添加剂在防治奶牛乳房炎等方面具有优势,避免了乳汁中抗生素的残留,保障食用牛奶人群的健康^[27-28]。吕平等^[29]筛选到中草药和溶菌酶的复配方对从临床型奶牛乳房炎病例中分离出的致病菌具有良好的抑制效果。此外,中草药成分甘草总黄酮和黄芪多糖对治疗奶牛乳房炎及乳房溃疡有明显的疗效。

弧菌是水产养殖病害的主要致病菌,给水产养殖业造成重大的经济损失。近年来,研究人员逐步明确了能在体外抑杀水产养殖弧菌的中草药种类,并发现单味中草药通过配伍后可以产生协同、增效的作用。然而体外抑菌的研究较少,有研究发现筛选的复方中草药制剂添加至海水鱼饲料中,连续饲喂健康红笛绸,发现该复方中草药制剂能有效抑制红笛绸肠道里的弧菌属和大肠杆菌,使红笛绸肠道菌群的总数增加,该中草药复方制剂起了良好的预防效果^[30]。值得研究人员关注的是在实际应用中,中草药含粗纤维较多,不利于鱼类食用消化,相比于传统的中草药饲料添加剂,中草药提取物保留了其有效药理成分并得到浓缩,可提高有效成分的比例,降低添加剂量,较适宜水产养殖行业。

4 小结与展望

与其他饲料添加剂相比,天然中草药饲料添加剂既可以防治疾病又能够提高生产性能,兼具药物和营养的双重作用。而且,我国中草药资源丰富,能满足市场需求,适合推广应用。从本文的综述来看中草药饲料添加剂具有良好的抑菌效果,并在实际应用中取得了积极的效果。然而中草药饲料添加剂的利用方面还存在若干不足,未来要从以下几个方面考虑。

一是中草药饲料添加剂的科学配伍。利用中草药防治疾病,通常不是单一中草药作用的结果,在实际应用中,中草药往往是通过复配的形式添加到饲料里,是多种有效成分的共同作用结果。此外,中草药的配伍较复杂,使用不当容易引发副作用,因此,要明晰复方中草药饲料的作用机制,科学的制定有针对性的配方。

二是中草药饲料微量化的研发。目前的中草药饲料添加剂通常是粗制品,以原料药粉碎、搅拌后直接添加在饲料中,科学研究表明高剂量的中草药才能达到良好的防治效果,直接添加中草药用量大,一般在1%~5%。因此采用分离提纯、精制等手段获得中草药中的有效成分,加强中草药加工提取工艺的研发,以微量化提取物的形式添加符合饲料现代化的理念^[30]。同时要完善中草药饲料添加剂的质量标准,以适应饲料的工厂化生产。

三是中草药饲料添加剂标准化体系的建立。中草药饲料添加剂的标准化是实现产业化生产的前提和保障^[31]。从原料的品种选择到中草药的产地初加工,再到配方和生产操作的标准化,最后到产品质量控制等一系列环节都需要形成现代化专业的标准体系。监管部门应根据中草药饲料添加剂的特色,制定标准,保证产品质量可控性、稳定性。

四是高新科学技术在中草药研究中的应用。要想搞清楚中草药的化学成分和药理必须运用现代科学技术进行研究与分析。目前,对有效成分作用于靶器官的途径和生物学功能的研究还停留在推测阶段,缺乏有力的科学依据。今后的研究要围绕中草药提取物的生物学功能机制展开,阐明其作用机理,为中草药饲料添加剂的合理利用奠定理论基础。

参考文献:

- [1] 陈红英,王月颖,傅思武. 抗生素在养殖业中的应用现状[J]. 现代畜牧科技, 2019(5):1-3.
Ceng H Y, Wang Y Y, Fu S W. Application status of antibiotics in aquaculture[J]. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2019(5):1-3.
- [2] 何翔. 中草药饲料添加剂对AA鸡生长性能、肌肉品质及血清生化指标的影响[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
He X. Effects of Chinese herb feed additive on performance, serum biochemical parameters and meat quality in AA broilers [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2012.
- [3] 李滔. 植物提取物对断奶仔猪的生产性能及肠道功能的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
Li T. Effects of phytogetic feed additive on growth performance and Intestinal function of weanling piglets [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012.
- [4] 张定华,谭占坤,陈杉艳,等. 植物提取物对畜禽健康的影响研究进展[J]. 草食家畜, 2019(4):10-15.
Zhang D H, Tan Z K, Cheng S Y, et al. Research on the effect of plant extracts against livestock and poultry health [J]. Grass-feeding Livestock, 2019(4), 10-15.
- [5] 季志平,苏印泉. 杜仲叶提取物的抑菌活性研究(英文)[J]. 林产化学与工业, 2008, 28(1):63-66.
Ji Z P, Su Y Q. Study on Antimicrobial activities of extracts from *Eucommia ulmoides* Oliv. Leaves[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2008, 28(1):63-66.
- [6] 徐跃成. 金银花中绿原酸的提取分离及其抑菌作用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
Xv Y C. Study on extraction and isolation of the chlorogenic acid in honeysuckle flowers and its bacteticidal activity [D]. Chongqing: Chongqing University, 2008.
- [7] 胡居吾,韩晓丹,付建平,等. 三种绿原酸提取物的抑菌和抗氧化效果比较[J]. 天然产物研究与开发, 2017, 29(11):1928-1933.
Hu J W, Han X D, Fu J P, et al. Antimicrobial and antioxidant effects of 3 chlorogenic acid extracts[J]. Natural Product Research and Development, 2017, 29(11):1928-1933.
- [8] Zhang N, Li J, Hu Y, et al. Effects of astragaluspoly saccharide on the immune response to foot-and-mouth disease vaccine in mice[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 82(3):680-686.
- [9] Wang H F, Yang W R, Yang H W, et al. Effects of *Astragalus membranaceus* on growth performance, carcass characteristics, and antioxidant status of broiler chickens[J]. Acta Agriculturae Scandinavica, 2010, 60(3):151-158
- [10] 赵文文. 黄芪多糖和丁酸梭菌对雏鸭生长、免疫及肠道微生物影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
Zhao W W. Effects of Astragalus polysaccharide and *Clostridium butyricum* on Growth, immunity and intestinal microorganism in Ducklings [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2019.
- [11] 张晓文,柳美娟,王珍珍,等. 山茱萸多糖的提取分离及药理活性研究进展[J]. 西北药学杂志, 2020, 35(3):470-475.
Zhang X W, Liu M J, Wang Z Z, et al. Research progress on extraction, isolation and pharmacological activity of fructus corni polysaccharide[J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2020, 35(3):470-475.
- [12] 李世杰,李勇,曾海英. 茯苓多糖的酶解工艺及抑菌性研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(5):177-180.
Li S J, Li Y, Zeng H Y. Hydrolysis technology and bacteriostatic activity of polysaccharide from *Poria cocos* [J]. China Brewing, 2018, 37(5):177-180.
- [13] 卜文超,于亚男,成家茂. 石斛多糖药理活性研究概述[J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(2):61-64.
Pu W C, Yu Y N, Cheng J M. Verview of pharmacological activities of *Dendrobium polysaccharides* [J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2019, 28(2):61-64.
- [14] 侯荣荣,杜峰涛,邹星月,朱倩倩,李磊. 蒲公英的活性物质及其应用研究进展[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(22):27-28.
Hou R R, Du F T, Zhou X Y, et al. Advances in the application of *Taraxacum* active substances[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2019, 25(22):27-28.
- [15] 魏婧瑶,尤佳,卢会奇,等. 厚朴酚对猪链球菌的抑制作用及对其感染巨噬细胞的影响[J]. 中国饲料, 2018(9):29-32.
Wei Q Y, You J, Lu H Q, et al. Effects of mgnolol on inhibiting *Streptococcus suis* and influences on macrophages infected [J]. China Feed, 2018(9):29-32.
- [16] 刘桂兰,周永林,李文华,等. 厚朴总酚对金黄色葡萄球菌的抑菌作用及抗溶血作用[J]. 畜牧兽医学报, 2018, 49(2):432-438.
Liu G L, Zhou Y L, Li W H, et al. The antimicrobial and anti-hemolysis effects of total magnolol on *Staphylococcus aureus* [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2018, 49(2):432-438.

- [17] Qiu J, Zhang X, Luo M, et al. Subinhibitory concentrations of perilla oil affect the expression of secreted virulence factor genes in *Staphylococcus aureus* [J]. *Plus One*, 2011, 6(1): 16160.
- [18] 王素君, 张良晓, 李培武, 等. 紫苏籽油抗菌活性研究[J]. *中国食物与营养*, 2017, 23(11): 38-41.
Wang S J, Zhang L X, Li P W, et al. Antibacterial effects of perilla seed oil against *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* [J]. *Food and Nutrition in China*, 2017, 23(11): 38-41.
- [19] 孙京新, 王文娟. 茶多酚对假单胞菌抑菌机理研究[J]. *肉类研究*, 2010, 1: 36-39.
Sun J X, Wang W J. Antimicrobial action mechanism of tea polyphenols on pseudomonad [J]. *Meat Industry*, 2010, 1: 36-39.
- [20] 李喜艳, 王加启, 卜登攀, 等. 多不饱和脂肪酸对细胞膜功能影响的研究进展[J]. *生物技术通报*, 2009(12): 22-25.
Li X Y, Wang J Q, Pu D P, et al. Advanced research of effect of polyunsaturated fatty acids on cell membrane function [J]. *Biotechnology Bulletin*, 2009(12): 22-25.
- [21] 刘明珠, 肖贺贺, 余庆, 等. 黄连水提物对卵形鲳鲹源溶藻弧菌的抑菌作用[J]. *广西科学院学报*, 2019, 35(2): 119-123.
Liu M Z, Xiao H H, Yu Q, et al. Antimicrobial effect of water extracts of *Coptis chinensis* Franch against vibrio alginolyticus from *Trachinotus ovatus* [J]. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2019, 35(2): 119-123.
- [22] 唐金花. 苦参等中草药的抑菌作用、机理研究及对鸡大肠杆菌病的防治效果分析[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2006.
Tang J H. Study on bacteriostatic action and mechanism of *Sophoraflavseensait* and the effect of *Sophoraflavseensait* ait on colibacillosis in chicken [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2006.
- [23] 杨睿, 王倩, 王海涛, 等. 苦丁茶等10味中草药抑菌作用研究[J]. *安徽农学通报(下半月刊)*, 2009, 15(6): 34-36.
Yang R, Wang Q, Wang H T, et al. Study on bacteriostasis of 10 kinds of Chinese herbal medicines such as broad leaf holly leaf [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2009, 15(6): 34-36.
- [24] 杨沛方, 覃海, 陈祥, 等. 中草药功能性饲料添加剂对仔猪腹泻的治愈效果[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(11): 75-78.
Yang P F, Qin H, Chen X, et al. Curative effect of Chinese herbal medicine functional feed additives on diarrhea of piglets [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2018, 46(11): 75-78.
- [25] 吕锦芳, 闻爱友, 宁康健, 等. 黄芩苷治疗仔猪腹泻的作用机制[J]. *中国兽医学报*, 2016, 36(8): 1401-1405.
Lv J F, Wen A Y, Ning K J, et al. Effects and mechanism of Baicalin for treating diarrheic piglets [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2016, 36(8): 1401-1405.
- [26] 王婧, 陈晓兰, 王姐姐, 陈海峰, 郁杰. 中草药添加剂对断奶仔猪生长性能和免疫功能影响的研究[J]. *中国饲料*, 2018(20): 32-35.
Wang J, Chen X L, Wang D D, et al. Effects of Chinese herbal additives on growth performance and immunefunction of weaned piglets [J]. *China Feed*, 2018(20): 32-35.
- [27] 彭媛媛. 复方中草药添加剂对围产期奶牛生产性能的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
Peng Y Y. Study on the effect of Chinese herbal medicine prescriptions on the productive performance of perinatal dairy cows [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2016.
- [28] 赖重波, 李崇, 黄荣春, 等. 奶牛乳房炎防治技术的研究进展[J]. *现代牧业*, 2018, 2(3): 26-30.
Lai C B, Li C, Huang R C, et al. Progress in the research of cow mastitis control technology [J]. *Modern Animal Husbandry*, 2018, 2(3): 26-30.
- [29] 吕平, 韦丽君, 黄强, 等. 中草药提取物与酶复合物对牛乳房炎病原菌的抑菌效果[J]. *西北农业学报*, 2012, 21(3): 32-37.
Lv P, Wei L J, Huang Q, et al. Antimicrobial efficacy of chinese herbal medicine extract and enzyme compounds against mastitis pathogens in dairy cows [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2012, 21(3): 32-37.
- [30] 梁方方, 莫毅, 黄亮华, 等. 中草药作为饲料添加剂防治弧菌的研究进展[J]. *饲料研究*, 2019, 42(4): 107-110.
Liang F F, Mo Y, Huang L H, et al. Research progress of using Chinese herbs as feed additive to control *Vibrio sp* [J]. *Feed Research*, 2019, 42(4): 107-110.
- [31] 陈长春, 戴丽红, 王琳琳, 等. 中草药添加剂在畜禽生产应用中的研究进展[J]. *中国饲料*, 2018(22): 14-17.
Chen C C, Dai L H, Wang L L, et al. Research progress of Chinese herbal medicine additives in livestock and poultry production [J]. *China Feed*, 2018(22): 14-17.
- [32] 丁自勉, 石凤敏. 中国中草药饲料添加剂的现状与展望[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2013, 15(3): 446-454.
Ding Z M, Shi F M. Current status and prospect of Chinese herbal feed additives in China [J]. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Materia-World Science and Technology*, 2013, 15(3): 446-454.