

• 专 论 •

中药资源植物提取物饲料添加剂产业发展现状分析及其展望

李会伟, 郭 盛, 王强雄, 钱大玮, 段金廛*

南京中医药大学, 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心/中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心/国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室, 江苏 南京 210023

摘 要: 中药资源是国家战略资源, 是中医药产业发展的根本保障, 也是畜禽疾病防治的重要物质基础。随着我国“饲用禁抗”及“养殖限抗”政策的实施, 源于中药资源的植物提取物饲料添加剂产业以其独特的优势正成为继抗生素、化学合成药物饲料添加剂之后的重要发展方向。对《饲料添加剂品种目录》中的植物源饲料添加剂品种、中药饲用研究的文献、中药饲料添加剂发展存在的问题以及相关政策进行较为系统的分析总结。围绕植物提取物饲料添加剂的产业现状、类型和功能范围、安全评价、制备工艺、配伍组方特点与产品创制等方面进行讨论, 并根据中药资源饲用化利用现状及发展趋势, 探讨了以中药资源产业化过程副产物为原料开发饲料添加剂的可行性, 以期合理地开发利用中药资源的饲用化价值提供参考与借鉴, 促进中药资源产业的多元化和高质量发展。

关键词: 植物提取物; 中药资源; 饲料添加剂; 抗生素替代; 动物养殖

中图分类号: R28 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)12-3745-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.12.001

Current situation analysis and prospect of feed additive industry with plant extract derived from traditional Chinese medicine

LI Hui-wei, GUO Sheng, WANG Qiang-xiong, QIAN Da-wei, DUAN Jin-ao

Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization/Key Laboratory of Chinese Medicinal Resources Recycling Utilization, National Administration of Traditional Chinese Medicine/National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: Traditional Chinese medicine (TCM) resources are national strategic resources, which not only is the fundamental guarantee for the development of TCM industry, but also provide an important material basis for disease prevention and control of livestock and poultry. With the implementation of the policies of “feeding prohibition” and “breeding restriction”, the plant extract feed additive industry derived from TCM is becoming an important direction to realize the replacement of antibiotics and chemical synthetic drug feed additives with its unique advantages. The problems and relevant policies in the development of plant extract feed additives from TCM were systematically analyzed by summarizing the varieties of plant-derived feed additives in *Catalogue of Feed Additives* and the literature on feeding research of TCM. The types and functional scope of plant extract feed additives, the characteristics of compatibility, preparation technology and product creation were summarized and discussed. At the same time, the industry status, the types and functional scope, safety assessment, preparation technology, the characteristics of compatibility and product creation of plant extract feed additives were summarized and discussed. On this basis, according to the current situation and development trend of feeding utilization of TCM resources, we discussed the feasibility of developing the plant extract feed additives with the by-products of the industrialization of traditional Chinese medicine resources. The above are expected to provide reference for the rational and effective development and utilization of TCM resources, and promote the diversification and high-quality development of TCM resources industry.

收稿日期: 2022-12-11

基金项目: 中央本级重大增减支项目 (2060302); 宁夏重点研发计划重点项目 (2020BFH02013); 国家中医药管理局中医药创新团队及人才支持计划项目 (ZYXCXTD-D-202005)

作者简介: 李会伟, 博士研究生, 研究方向为中药资源综合开发与利用。Tel: (025)85811917 E-mail: weijiayoulhw@163.com

*通信作者: 段金廛, 教授, 研究方向为中药资源化学与资源循环利用。Tel: (025)85811291 E-mail: dja@njucm.edu.cn

Key words: plant extracts; traditional Chinese medicine resources; feed additives; antibiotic substitution; animal breeding

在集约化高密度和速成养殖模式下,长期在饲料中添加促生长类抗生素药物导致养殖业对抗生素产生了依赖,饲用抗生素滥用引发的细菌耐药性、药物残留以及生态环境破坏已成为制约养殖行业健康发展的重大问题,饲用抗生素滥用现象正逐步被社会重视并采取有效措施加以遏制^[1]。中华人民共和国农业农村部发布第 194 号公告要求,自 2020 年 1 月 1 日起,退出除中药外的所有促生长类药物饲料添加剂品种^[2]。由此开启了饲用抗生素禁用的新时代,也昭示着源于中药资源的提取物饲料添加剂迎来了新机遇^[3]。中药资源植物饲用功能产品是解决动物源食品安全的必然选择,既预防疾病又能促进生长,是安全可添加的功能性饲用产品,在动物养殖过程可作为催肥剂、诱食剂、催乳剂及催情剂等使用^[1,4]。因此,应加快研发抗生素替代品以满足养殖业的需求以及满足人们对健康绿色畜禽水产产品的需求。

本文通过对《饲料添加剂品种目录》收录的植物源饲料添加剂品种及发展趋势、允许商品饲料中长期使用的中兽药、《饲料和饲料添加剂畜禽靶动物有效性和耐受性评价试验指南》、中草药饲料添加剂存在的问题和相关政策进行分析归纳,总结植物提取物饲料添加剂有效性功能评价研究、安全性评价办法和开发策略等,以期为天然植物提取物饲料添加剂开发提供思路,促进植物源提取物饲料添加剂的开发应用。

1 植物提取物饲料添加剂产业发展现状

随着我国经济动物养殖规模的日益扩张,中药功能饲用产品需求显著增长^[5]。为了促进抗生素替代品的开发,国家出台了相关政策鼓励支持植物源提取物饲料添加剂开发。中华人民共和国农业农村部第 226 号公告规定了《新饲料添加剂申报材料要求》^[6];第 227 号公告建立了新饲料原料和新饲料添加剂审批咨询服务;农业农村部对十三届全国人大三次会议第 5952 号建议的答复是新品种饲料添加剂审批绿色通道和减免有关安全性评价材料,产品质量标准方面尤其对于成分复杂、组分分离难度大的天然植物提取物,适度放宽成分分析检测的要求;以及于 2022 年 8 月 1 日农业农村部发布的《植物提取物饲料添加剂申报指南(征求意见稿)》,对植物源提取物饲料添加剂开发申报要求给出了明确

规定。此外,获得新饲料添加剂证书的产品,将会有 5 年的保护期等。上述陆续出台的多项政策有利于天然植物提取物新饲料添加剂的开发和注册,同时也极大地认可了植物提取物饲料添加剂的合法性和可行性。

1.1 植物提取物饲料添加剂产业规模

据中国饲料工业协会统计数据显示,2015—2021 年,我国饲料添加剂产品总产量呈现持续增长的态势,2021 年总产量达到 1 447.5 万 t,同比增长 6.23%;2015 年以来,我国饲料添加剂行业总产值仅在 2019 年受猪瘟疫情影响有所下滑^[7],2021 年总产值达到 1155 亿元,同比增长 23.81%。自 2020 年 1 月 1 日起,退出除中药外的所有促生长类药物饲料添加剂的政策实施后,2020 年全国饲料添加剂总产量和总产值分别为 1 390.8 万 t 和 932.9 亿元,同比分别增长 16.0%和 11.2%^[8],其中多种包含天然植物来源的饲料添加剂类别的产量增长势头强劲,如包含大蒜素的调味和诱食物质类、包含甜菜碱的维生素及类维生素类和以天然植物来源为主的其他类饲料添加剂的产量均增长幅度超过 20%,但其占添加剂整体比重还维持在较低水平,天然植物提取物饲料添加剂仍具有良好的发展空间^[1,9]。在“饲用禁抗”的政策实施后,传统的饲料添加剂将无法完全满足规模化、集约化的畜牧养殖业,以优质产品为导向的个性化、环保化、健康化养殖解决方案需求将会成为饲料添加剂新的增长点^[8]。

1.2 植物提取物饲料添加剂品种与分类

根据农业农村部第 2045 号公告及补充收录修订汇总,截至 2021 年 9 月《饲料添加剂品种目录》已收录的植物源饲料添加剂近 40 种,包括具有改善动物健康、改善动物源食品品质和改良饲料品质功能的添加剂品种^[10]。根据《饲料添加剂品种目录》添加剂按功能被分为 13 个类别,其中涉及植物源饲料添加剂的类别包括:维生素及类维生素,如甜菜碱(源自甜菜 *Beta vulgaris* L.的根)等;抗氧化剂,如迷迭香提取物(源自迷迭香 *Rosmarinus officinalis* L.的全草)、甘草抗氧化物(源自甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.、胀果甘草 *G. inflata* Bat. 或光果甘草 *G. glabra* L.的根)等;调味和诱食物质,如甜菊糖苷[源自甜叶菊 *Sterea rebaudiana* (Bertoni) Hemsl.的叶]、大蒜素(源自大蒜 *Allium*

sativum L.的鳞茎)等;着色剂,主要适用于宠物和观赏动物,部分适用于经济养殖动物的着色剂,如辣椒红(源自辣椒 *Capsicum annuum* L.的果实)、天然叶黄素(源自万寿菊 *Tagetes erecta* L.的头状花序);黏结剂、抗结块剂、稳定剂和乳化剂,如决明胶(源自钝叶决明 *Cassia obtusifolia* L.或小决明 *C. tora* L.的种子胚乳)、刺槐豆胶[源自刺槐豆 *Ceratonia siliqua* (L.) Taub. (Fam. Leguminosae) 的种子胚乳或胚乳粉]等;杜仲叶提取物(源自杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliv.的叶)、紫苏籽提取物[源自紫苏 *Perilla frutescens* (L.) Britt.的果实]、糖萜素(源自山茶 *Camellia japonica* L.的果实)、天然类固醇萨酒皂角苷[源自丝兰 *Yucca schidigera* Roezl (Mojave) 的茎叶]、植物甾醇等被归属到其他类。此外,近期获得批准的饲料添加剂暂未被划分到功能类别中,如 2008 年获得批准适用于鸡的藤茶黄酮[源自显齿蛇葡萄 *Ampelopsis grossedentata*

(Hand. -Mazz.) W. T. Wang 的茎叶]、2014 年获得批准适用于淡水鱼类和肉仔鸡的姜黄素(源自姜黄 *Curcuma longa* L.的根茎)、2019 年获得批准适用于肉仔鸡的绿原酸(源自灰毡毛忍冬 *Lonicera macranthoides* Hand. -Mazz.的花蕾或带初开的花)、2020 年获得批准适用于仔猪的植物炭黑(表 1)。研究发现具有改善饲料品质的抗氧化剂和诱食剂等饲料添加剂,通常也兼具有一定改善动物健康及动物源食品品质的作用^[11-13]。

此外,根据当前政策规定,可在商品饲料和养殖过程中使用的促生长类中兽药尚可作为植物提取物饲料添加剂的补充,然而因其特殊的产品属性在研发、注册、生产、应用过程中必须按照兽药法规进行规管,新药注册需按照兽药开发流程进行药学、药理毒理、临床等研究^[14]。迄今,获得批准在饲料和养殖中使用的“兽药字”促生长类中兽药产品共有 4 个品种,见表 2。虽然目前已有植物提取物可

表 1 《饲料添加剂品种目录》中收录的植物来源饲料添加剂

Table 1 Plant-derived feed additives included in *Catalogue of Feed Additives*

功能	类别	种类
动物健康及动物源食品品质改善	维生素和类维生素	甜菜碱、甜菜碱盐酸盐等
	着色剂	天然叶黄素(源自万寿菊)、辣椒红、 β -胡萝卜素、靛蓝、栀子蓝、栀子黄、苋菜红、番茄红素等
饲料品质改良	其他	苜蓿提取物、杜仲叶提取物、淫羊藿提取物、紫苏籽提取物、天然三萜烯皂角苷(源自可来雅皂角树)、天然类固醇萨酒皂角苷(源自丝兰)等
	新获批的品种	藤茶黄酮、姜黄素、绿原酸(源自山银花,原植物为灰毡毛忍冬)、植物炭黑
	黏结剂、抗结块剂、稳定剂和乳化剂	亚麻籽胶、决明胶、刺槐豆胶、果胶等
	调味和诱食剂	海藻糖、甜菊糖苷、大蒜素、香料、牛至香酚等
	抗氧化剂	甘草抗氧化物、迷迭香提取物、茶多酚等

表 2 允许在商品饲料中添加的中兽药

Table 2 Chinese veterinary drugs allowed to be used in commercial feeds

名称	组成	植物基原	功能作用
博落回散	博落回提取物(主要成分分为血根碱与白屈菜红碱)	博落回 <i>Macleaya cordata</i> (Willd.) R. Brown 的全草	促生长、开胃、抗菌消炎、开胃;用于促进猪、鸡、肉鸭、淡水鱼类、虾、蟹和龟、鳖生长
山花黄芩提取物散	山银花提取物、黄芩提取物(主要成分绿原酸、黄芩苷)	灰毡毛忍冬 <i>Lonicera macranthoides</i> Hand. -Mazz.、红腺忍冬 <i>L. hypoglaucula</i> Miq.、华南忍冬 <i>L. confusa</i> DC.或黄褐毛忍冬 <i>L. fulvotomentosa</i> Hsu et S. C. Cheng 的花蕾或初开的花;黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi 的根	促生长、抑菌消炎;用于促进肉鸡、断奶仔猪生长
女贞子提取物散	女贞子提取物(主要为女贞苷、齐墩果酸)	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i> Ait.的成熟果实	促生长、增强免疫力;用于促进鸡生长
裸花紫珠末	裸花紫珠(紫珠萜酮、木犀草苷)	裸花紫珠 <i>Callicarpa nudiflora</i> Hook. et Arn.的叶	促生长、抗炎、抑菌、止血;用于促进猪的生长

作为商品饲料添加剂以及此类型中兽药可在饲料生产和养殖过程中使用，但其产量还维持较低水平且使用成本较高^[8]，难以满足饲料工业和养殖业的不同需求，应加强并鼓励植物提取物饲料添加剂创新，提供更多可选择的添加剂产品。

1.3 植物提取物饲料添加剂有效性评价

新饲料添加剂注册和开发需在有资质的机构进行靶动物有效性验证，而目前关于植物提取物饲料添加剂功能范围尚未有明确规定。通过分析《植物提取物饲料添加剂申报指南（征求意见稿）》《饲料原料和饲料添加剂畜禽靶动物有效性评价试验技术指

南》、商品化的饲料添加剂功能描述、相关政策法规以及文献研究，归纳总结了植物提取物饲料添加剂可开发的功能范围。（1）改善动物健康，主要包括增强抗病能力、抗氧化能力、抗应激能力和改善肠道和瘤胃健康；（2）提高肉、蛋、奶等产品品质，包括改善胴体组成、营养组成和风味；（3）提高生产性能，如通过提高采食量和饲料转化率来促进生长、增加产蛋和产奶等；（4）提高动物繁殖能力和生存率，提高产崽数量和存活率等；（5）改良饲料品质，包括增加饲料的抗氧化能力和防腐防霉能力、调配饲料口味和增加颜色达到诱食功能等^[10,15]。具体见表 3。

表 3 植物提取物饲料添加剂有效性评价
Table 3 Effectiveness evaluation of plant extract feed additives

有效性	类别/功能	适用对象	主要评价指标
产品品质	肉品质	肉猪牛羊禽、水产等	胴体组成、营养组成、pH 值、水分、色泽、结构、硬度、大理石纹、肌肉系水力、嫩度和粗灰分等
	蛋品质	产蛋禽类	蛋形指数、蛋壳厚度强度、蛋黄颜色系数、哈夫指数、营养价值以及口感等
	奶品质	奶牛、羊等	蛋白质含量、脂肪含量、风味物质以及生乳体细胞数等
生产性能	生长性能	各种养殖动物	采食量、饲料转化率、日均增重、料肉比、出栏时间和体质量等
	产蛋性能	产蛋禽类	产蛋数量、蛋质量、产蛋周期、产蛋高峰期、开产日龄和体况等
	产奶性能	奶牛、羊等	产奶量、产奶高峰周期和体况等
动物健康	抗病	各种养殖动物	血常规、免疫因子、免疫球蛋白等
	抗氧化	各种养殖动物	自由基数量、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和丙二醛的含量等
	抗应激	各种养殖动物	环境急剧变化时动物的适应性和成活率等
	肠道健康	各种养殖动物	痢疾发生率、肠道菌群组成、肠道疾病等
	瘤胃健康	反刍动物	菌群组成、菌体蛋白量、粗纤维消化率、瘤胃挥发性脂肪酸浓度和甲烷产生量等
繁殖性能	繁殖性能	种猪、牛、羊、家禽等	生殖相关激素、受孕率、精子质量、单次产崽数量和成活率等
生存率	生存率	幼龄养殖动物	存活率、死亡率等
饲料品质	抗氧化	饲料	抗氧化能力、饲料发生氧化变质的时间等
	防腐防霉	饲料	微生物数量、毒素的毒力、吸收、排泄和转化等
	调味与诱食	饲料	采食量、饲料转化率、消化液分泌和胃肠蠕动等
	着色	饲料	稳定性、代谢产物、着色效果和在产品中残留量

1.4 植物提取物饲料添加剂安全性评价

在养殖应用中药植物提取物饲料添加剂时除了需要发挥其功能，同时必须保证其安全性。虽然中药植物提取物饲料添加剂来源自然界，但由于添加剂需要能够长期使用，因而其安全性显得十分重要^[16]。同时天然植物中也不乏具有毒性的品种，《中国药典》2020 年版收载有毒中药饮片 83 种^[17]，如川乌、附子、洋金花、雷公藤、洋地黄、甘遂等，因而开发中药来源的饲料添加剂时勿忘其药的本质，不能忽视其安全性评价。《植物提取物饲料添加

剂申报指南（征求意见稿）》明确规定了安全性评价内容，包括靶动物耐受性评价、毒理学安全评价以及代谢和残留评价。该申报指南根据添加剂的植物来源不同分为 2 类：一类是源自《饲料原料目录》的饲用植物，另一类是饲用植物以外的其他植物，并根据提取物纯化程度不同将其分为 3 个级别。不同原料来源和不同纯化程度的植物提取物饲料添加剂所需提交的安全性评价内容有所差别，对其他植物开发的和纯化程度高的植物提取物饲料添加剂的安全性评价要求更为严格。此外，植物提取物饲料

添加剂的使用剂量问题也不容忽视,靶动物耐受性评价在饲料添加剂产品确定使用最大限量时具有指导性的意义,可以减少因过量使用带来的不良影响。

1.5 植物提取物饲料添加剂开发存在的问题

1.5.1 存在与人用药争夺资源的潜在趋势^[9] 我国人口基数大,对肉、蛋、奶等畜禽养殖业产品需求量大,促使养殖业规模不断增大,同时随着消费者对绿色养殖产品需求的逐年增加,加之国家“饲用禁抗”政策的正式实施,以来源天然、效用确切、无抗药性特点的中药资源已成为绿色功能性饲用产品的重要原料。因饲料添加剂等饲用类产品多需长期使用,以及中药类饲用产品占有率正在逐步增加,养殖业对中药资源的需求量将呈现爆发式增长。据统计,我国 2018 年生猪存栏量达 4.3 亿头,2019 年 4 月蛋鸡存栏量达 10.62 亿只,饲料添加剂总量达 1095 万 t^[7,18]。据测算在未来 5~10 年,养殖业对中药资源的需求量将超过目前人的用量^[9]。此外,目前被纳入《饲料添加剂品种目录》的植物源饲料添加剂和应用研究多集中于杜仲叶、淫羊藿、甘草、黄芪、紫苏籽、蒲公英等品种^[10],呈现资源需求高度集中的特点。因此,随着植物源饲料添加剂产业规模的持续增长,未来必将出现资源趋紧、动物与人争药的现象。

1.5.2 对原料成本要求较高 植物提取物饲料添加剂产业原料来源于农业,产品消费于养殖业,属于典型的两头涉农产业,因此产业整体利润率较低^[19]。随着植物提取物饲料添加剂预期产业规模的持续增长,资源需求量将逐年增加。与此同时,在后疫情时代中医药越来越被世界认可,对中药资源的需求量也会持续增加^[20],需求端导致预期原料成本将呈现上升态势,进一步降低产业综合效益,不利于植物提取物饲料添加剂产业健康可持续发展^[21]。因此,筛选资源储量且价格低的中药品种以及药材生产过程产生的资源储量大的中药副产物作为饲料添加剂开发的原料,将成为未来实现产业可持续发展的重要方向。

2 植物提取物饲料添加剂开发策略与展望

在中医学理论指导下的中兽药使用由来已久,我国人民对中药的探索经历了几千年的悠久历史,《神农本草经》载有“桐叶饲猪,肥大三倍,且易养”;《本草纲目》记载:“乌药,猪、犬百病,并可磨服”^[19]。药用植物资源种类丰富,仅农业农村部发布的《饲料原料目录》收录“可饲用天然植物”就有 117 种,

同时植物化学成分复杂,富含多种次生代谢产物和初生代谢产物,兼具药物治疗和营养的双重作用。现代研究表明,中药提取物应用到畜禽水产养殖业不仅能防病治病、促进生长、增强抗性、提高禽畜产品质量等,而且多靶点调节不容易产生耐药性。因此,随着我国“饲用禁抗”及“养殖限抗”政策的实施,植物提取物饲料添加剂将会成为继抗生素、化学合成药物饲料添加剂之后新生的主力军^[1,5]。

2.1 以中药资源为原料提取的物质组分饲料添加剂产品开发

植物糖类、酚酸类、黄酮类、皂苷类、生物碱类等天然产物组分是中药资源重要的生物活性物质,已在国内外经济动物生产过程和相关领域得到普遍关注和开发利用,形成了独具特色的高附加值饲用功能性产品群^[4]。该类产品具有来源天然、广泛和不易产生抗药性等特点,是新饲料添加剂研究和开发的热点。

《饲料添加剂品种目录》已收载的植物组分提取物可分为两大类。一类是单一物质组分,如姜黄素组分、大蒜素组分、天然叶黄素组分、藤茶黄酮组分、茶多酚组分等。姜黄素是以姜黄的根茎为原料制备得到的双苄基庚烷类化学组分,主要成分为姜黄素、去甲氧基姜黄素和双去甲氧基姜黄素,且 3 者质量分数之和不低于 95%,主要应用于淡水鱼类、肉仔鸡养殖动物生产中,可促进营养物质的吸收,提高生产性能,增强抗氧化能力和抗病能力^[22]。大蒜素源自大蒜的鳞茎,被誉为“天然广谱抗生素”,主要成分为大蒜辣素和大蒜新素等一大类有机硫化物^[23],其不但能有效保证饲料质量、改善饲料风味和提高动物采食量,还具有增强动物抗病能力和促进生长发育的功能^[24-25]。以万寿菊头状花序为原料提取的天然叶黄素组分,其主要组成为叶黄素酯、玉米黄质、环氧化物等。国家标准 GB/T 21517-2008《饲料添加剂 叶黄素》规定天然叶黄素可用于饲料工业,主要用来增加动物源食品颜色^[26],2013 年农业农村部第 2045 号公告将天然叶黄素应用范围扩大至水产动物,用于改善水产动物体色,同时作为维生素前体可提高抗氧化能力、改善动物健康状况和促进生长^[27-28]。

另一类被收载的植物组分则是由多元物质组分形成的复合组分,如杜仲叶提取物、苜蓿提取物、紫苏籽提取物、糖萜素、淫羊藿提取物等。以杜仲的叶为原料制备的杜仲叶提取物,主要由酚酸类、

多糖类和黄酮类多元物质构成；以苜蓿 *Medicago sativa* L. 的地上部位为原料制备的苜蓿提取物，主要由多糖类、黄酮类和皂苷类多种组分构成；以紫苏的果实为原料经超临界 CO₂ 流体萃取获得的紫苏籽提取物，由以 α -亚油酸、亚麻酸为主的不饱和脂肪酸类和黄酮类等多种组分构成；以山茶籽粕为原料制备的糖萜素，由皂苷类、多糖类和有机酸类等多种组分组成。上述多组分提取物应用于多种畜禽水产动物和宠物，在促进生长、提高饲料转化率、增强抗病能力、增强抗氧化能力、减少死淘率等方面发挥良好的作用^[29-31]。

文献研究发现，目前开展的植物组分提取物饲用功能研究较为丰富。单一组分提取物包括植

物多糖类组分：桑叶多糖、黄芪多糖和绞股蓝多糖等；黄酮类组分：桑叶黄酮、艾叶黄酮和山楂黄酮等；皂苷类组分：绞股蓝皂苷、三七皂苷和黄芪皂苷等。多组分提取物包括橘皮提取物、蒲公英提取物、黄芪提取物、马齿苋提取物等。具体见表 4。此外，植物皂苷可抑制瘤胃内原虫与产甲烷细菌的生长，间接减少甲烷的产量，促进氮转变为菌体蛋白，达到提高非蛋白质氮源利用率的作用^[57]。植物组分提取物是新饲料添加剂开发的重要方向，对饲料添加剂健康发展意义重大，重点可关注《饲料原料目录》收录的 117 种安全性较高的饲用植物品种，以其他植物为原料开发产品时应重视其安全性评价。

表 4 植物组分提取物饲用功能研究实例

Table 4 Examples of feeding function research of plant component extracts

组分名称	基原植物	利用部位	组分类型	饲用功能评价
桑叶多糖	桑 <i>Morus alba</i> L.	叶	多糖类	促进禽类免疫器官发育、提高免疫防御力 ^[32] ；增强断奶仔猪的免疫机能，提高整体生长性能，降低腹泻率，改善肠道健康 ^[33] ；增强仔鸡呼吸道黏膜免疫屏障 ^[34]
黄芪多糖	蒙 古 黄 芪 <i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bge. var. <i>mongholicus</i> (Bge.) Hsiao	根	多糖类	提高畜禽动物生长性能，增强免疫功能，提高抗氧化能力，增强抗应激能力，改善肠道健康等 ^[35] ；提高水产动物生长性能、抗氧化以及免疫功能 ^[36]
绞股蓝多糖	绞 股 蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i> (Thunb.) Mak.	全草	多糖类	增加断奶仔猪肠道有益菌群丰度，改善肠道菌群结构 ^[37]
桑叶黄酮	桑	叶	黄酮类	提高水牛产奶性能和增强抗热应激能力 ^[38] ；改善老年种鸡的蛋壳质量 ^[39] ；增强凡纳滨对虾抗低氧胁迫能力，促进肠道发育，增加肠道菌群多样性 ^[40]
艾叶黄酮	艾 <i>Artemisia argyi</i> Levl. et Vant.	叶	黄酮类	提高肉鸡的生长性能和改善肉品质 ^[41]
绞股蓝皂苷	绞股蓝	全草	皂苷类	提高蛋鸡产蛋性能，降低鸡蛋中胆固醇含量而提高鸡蛋的品质，降低肉鸡的死亡率，改善肉品质 ^[42]
三七皂苷	三七 <i>Panax notoginseng</i> (Burk.) F. H. Chen	根及根茎	皂苷类	降低罗非鱼饲料系数，提高生长性能、蛋白质效率与干物质表观消化率 ^[43]
益母草碱	益 母 草 <i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	地上部分	生物碱类	提高肉仔鸡生长性能、增强免疫功能和抗氧化能力以及肠道黏膜屏障保护作用 ^[44]
橘皮提取物	橘 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	果皮	黄酮类、多糖类等	保护肉鸡消化道黏膜，提高饲料转化率而提高生产性能，提高肉鸡高免疫器官指数，增强肉鸡的抗氧化能力 ^[45-46]
蒲公英提取物	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand. -Mazz.	全草	黄酮类、酚酸类和萜类等	增强猪的抗病性、改善肠道菌群和提高日增重；调节奶牛瘤胃微生物，增强抗氧化能力，提高牛奶品质 ^[47] ；促进鱼类生长，增强罗非鱼肠道屏障功能和改善鱼肉品质 ^[48]
黄芪提取物	蒙古黄芪	根	皂苷类、多糖类等	提高断奶牦牛犊生长性能、抗氧化能力和免疫力 ^[49] ；增强蛋鸡抗病能力、提高初产性能、改善蛋品质 ^[50] ；提高肉仔鸡体质量、日增重和降低料重比 ^[51] ；提高比目鱼的生长率，降低死亡率等 ^[52]
马齿苋提取物	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	地上部分	生物碱类、黄酮类和多糖类等	增强肉仔鸡的抗氧化能力，提高日增重和减少腹部脂肪的沉积 ^[53] ；提高蛋鸡产蛋率，降低料蛋比 ^[54] ；增加奶牛干物质采食量，提高乳品质和泌乳量，增强机体免疫力 ^[55]
鸡矢藤提取物	鸡 矢 藤 <i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	全草及根	环烯醚萜苷类和多糖类等	增强雏鹅的免疫机能，改善雏鹅生长性能 ^[56]

2.2 以中药资源为原料提取的单一物质饲料添加剂产品开发

随着中药资源化学功效物质基础研究的不断深入,涌现出诸如绿原酸、甜菜碱、芦丁、白藜芦醇和黄芩苷等以药用植物为原料提取纯化的单体成分开发的高附加值饲用化产品,在畜禽、水产养殖领域应用产生了良好的社会和经济效益^[5]。

《饲料添加剂品种目录》已收录的单一成分饲料添加剂有绿原酸和甜菜碱,2019 年颁发的新饲料添加剂证书“新饲证字[2019]02 号”。绿原酸是以灰毡毛忍冬的花蕾为原料经一定的工艺制得,纯度可达 95%,是常用的清热解毒类饲料添加剂产品,用于促进肉仔鸡生长、提高饲料转化效率、增强抗氧化能力、改善肠道菌群结构^[58]。甜菜碱广泛存在于植物中,如甜菜的根、宁夏枸杞 *Lycium barbarum* L. 的叶、牛膝 *Achyranthes bidentata* Bl. 的根等,在养殖动物上具有多种生物学功能,可以调控脂肪与氨基酸代谢、促进蛋白质合成而改善胴体组成,提高反刍动物瘤胃及肠道菌群的抗逆性等^[59-60]。

目前被收录的植物纯化提取物类型的饲料添加剂种类尚不够丰富,随着国家政策导向和人们对其健康保健价值的不断认识,以中药资源为原料制备的可饲用健康产品将会得到高度重视和有效开发,为我国经济动物产业健康可持续及产业绿色发展提供重要支撑。例如,芦丁是广泛存在于豆科、芸香科和石楠科植物组织中的黄酮类成分,研究表明芦丁在结构上与内源性雌激素具有相似的特性,在畜禽养殖生产中表现突出,能够有效提高肉鸡的生长性能^[61],改善蛋鸡的蛋品质^[62],抑制肌内脂肪合成和蛋白质氧化而改善猪肉的风味、嫩度及营养成分等品质指标^[63];能够改善反刍动物瘤胃内环境,提高代谢消化能力,进而提高生产性能^[64];还可以调节奶牛机体内氨基酸的代谢和提高奶牛乳脂乳蛋白及乳糖相关基因 mRNA 表达水平^[65],促进蛋白质合成,提高乳品质和产奶性能^[66]。芦丁在经济动物养殖上表现出良好的饲用功能,提示具有一定的开发前景。

大量研究发现,白藜芦醇作为一种天然的植物多酚,广泛存在于花生 *Arachis hypogaea* L.、大豆 *Glycine max* (L.) Merr.、葡萄 *Vitis vinifera* L. 和虎杖 *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. 等植物中,其在动物养殖中表现出抗氧化、增强免疫能力、改善肠道健康和动物品质等功能^[67]。黄芩苷作为一种天

然的黄酮类成分具有多种药理活性,在水产养殖方面表现突出,具有促进糖脂代谢、提高饵料利用率、提高抗病能力、提高成活率和促进生长发育等功能^[68]。植物源单一成分提取物饲料添加剂的安全性评价可参考《植物提取物饲料添加剂申报指南(征求意见稿)》中纯化提取物的要求开展。

2.3 以中药资源为原料复配成方的提取物饲料添加剂产品开发

也可将 2 种或 2 种以上的中药复配后经过一定的提取工艺制备成饲料添加剂。截至 2021 年 8 月 17 日农业农村部第 459 号公告中修订的《饲料添加剂品种目录》中还未收录复配的中药饲料添加剂品种,而自农业农村部第 194 号公告政策实施后,可在商品饲料和养殖中使用の中兽药仅有 4 个品种,其中山花黄芩提取物散为复方制剂,由山银花提取物和黄芩提取物制备而成^[69],对复配的中药提取物饲料添加剂开发具有一定指导意义。此外,根据《天然植物饲料原料通用要求》,可选用《饲料原料目录》收录的 117 种其他可饲用天然植物进行复配制备“复配型天然植物粗提物饲料原料”^[70],因其具有研发周期短、饲用功能良好和准入门槛低等优势,而受到饲料企业的青睐和市场的认可,此类型是复配中药提取物饲用产品重要的开发方向。

基于经济动物养殖领域对功效确切的复方中药饲用功能性产品需求市场潜力巨大的激励,围绕不同种类、不同层面需求侧的多样化需要,中医药领域专家基于中医配伍思想与农牧渔业行业专家学者合作创制开发出一批有效安全的饲用产品。例如,黄芪、党参、白术、刺五加、当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels、丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 等复配组方,用于提高围产后期奶牛生产性能,同时降低生牛乳体细胞数而提高乳品质^[71];在和田黑鸡饲料中添加黄芪、党参、甘草、刺五加、茯苓等,可以有效促进黑鸡生长、增强免疫性能和抗体水平^[72];在种鸡产蛋后期日粮中添加当归、黄芪、益母草,可有效缓解种鸡产蛋后期产蛋量下降的问题、改善种蛋合格率降低和蛋壳强度降低等问题^[73];复方中药提取物饲料添加剂在水产养殖中多发挥诱食、提高饲料利用率、增强抗应激能力、增强抗病能力、促进生长、改善水产品质量和改善肠道健康等功能^[74]。

本草记载表明,中药配伍应用于经济动物健康护育由来已久,并依据药性偏向使之达到相须、相使、相恶、相畏、相反、相杀等七情和合的增效减

毒目的,而更好地应用于动物养殖^[75]。

2.4 以中药材生产过程非药用部位为原料的提取物饲料添加剂产品开发

目前我国药用植物的生产面积逾亿亩,在生产加工药材过程中产生数倍于药材的“非药用部位”,大多未能得到有效利用造成中药资源的极大浪费。然而,基于本草记载及现代研究证实,许多药用植物的不同组织部位具有多方面的人畜健康保健价值。若能对此类非药用部位进行深入研究挖掘其多途径可利用资源性成分,开发成新饲料添加剂,必将是节约资源、利国利民、推动产业绿色发展的重要举措^[76]。

在“饲用禁抗”政策颁布之后,养殖领域对植物源饲料添加剂的需求量在不断增加,中药非药用部位的开发利用可以有效缓解动物与人争药的现象,并且可以大幅降低生产成本,充分实现中药资源的价值。经过多年对中药非药用部位的研究,发

现非药用部位中富含多种活性成分,是良好的饲用添加剂开发原料,如以根及根茎入药的药用植物,其废弃的地上部分生物总量往往是地下部分的 3~5 倍;以花、花序、果实和种子入药的药用植物产生的非药用部位生物产量巨大,资源浪费问题也十分突出^[9]。目前,已有文献报道了非药用部位在畜禽养殖动物上的饲用功能研究,见表 5。然而关于非药用部位的安全性评价文献报道还较少,开发以非药用部位为原料的植物提取物饲料添加剂时,建议参考《植物提取物饲料添加剂申报指南(征求意见稿)》中“其他植物”的靶动物安全性评价以及对人体健康和环境可能造成影响的评价要求。因而,如菊茎叶富含多种活性成分,且清热解毒、清肝明目功效确切,饲用功能已经得到初步验证,全国近百万亩的种植面积生产出约万吨非药用部位,若能得到合理有效地饲用化开发利用,将产生可观的社会和经济效益。

表 5 中药非药用部位饲用功能研究实例

Table 5 Example of feeding function study of abandoned parts of traditional Chinese medicine

类别	植物名	非药用部位	资源性成分类型	饲用功能评价
以根及根茎入药	蒙古黄芪	茎叶	皂苷类、黄酮类和多糖类等	增强犊牛的免疫系统机能,减少腹泻,降低犊牛的发病率和死亡率 ^[77] ;提高鹌鹑生长性能,增强免疫能力,改善抗氧化状态,并可调节肠道菌群 ^[78]
	黄芩	茎叶	黄酮类和多糖类等	促进牛机体蛋白质合成代谢,提高机体免疫、抗氧化和生长性能 ^[79] ;增强肉鸡消化功能和机体免疫功能 ^[80]
	甘草	茎叶	皂苷类和黄酮类等	抑制奶牛瘤胃有害微生物,改善瘤胃参数,提高饲料的利用效率 ^[81] ;提高绵羊的免疫功能指标 ^[82] ;改善羊肉中肌苷酸、胆固醇、风味氨基酸、不饱和脂肪酸和人体必需脂肪酸的质量分数 ^[83]
	姜 <i>Zingiber officinale</i> Rosc.	茎叶	黄酮类和挥发油类等	促进肉仔鸡免疫器官的生长发育,并提高抗氧化能力 ^[84] ;提高黑兔肉的营养价值 ^[85]
以花入药	菊 <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat.	茎叶	黄酮类、酚酸类、多糖类等	调节脂多糖诱导的兔肠道功能失调紊乱 ^[86] ;清除自由基及抗氧化功能 ^[87]
	杭白菊 <i>C. morifolium</i> ‘Hangju’	茎叶	黄酮类、酚酸类、多糖类等	提高羔羊机体抗氧化能力,促进生长,调节瘤胃氨态氮和微生物蛋白的含量以及瘤胃氢化菌的生长 ^[88] ;提高獭兔幼兔日增重、成活率和饲化转化率 ^[89]
	万寿菊	茎叶	黄酮类、挥发油类等	提高肉鸡的生产性能及其机体的免疫性能 ^[90]
以果实入药	宁夏枸杞	茎叶	黄酮类、酚酸类、精胺和亚精胺类等	调节畜禽氨基酸及脂肪代谢,促进蛋白质的积累,提高生产性能和产品品质以及增强免疫能力等 ^[91-92]
	山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	叶	黄酮类和酚酸类等	提高产蛋后期种鸡的蛋壳品质 ^[93] ;改善老龄蛋鸡的卵巢功能和肝脏脂质代谢 ^[94]
	五味子 <i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	根、茎叶	三萜类和木脂素类等	提高育肥猪采食量,增强免疫力和促进生长 ^[95] ;提高肉仔鸡的成活率、增重效果和饲料利用率 ^[96]

基于中药资源化学的研究思路与中药资源循环利用的策略路径,挖掘中药非药用部位在禽畜水产养殖领域的资源价值,既可促进食源性动物健康、减少抗生素的使用,又能实现中药副产物的有效利用,有效延伸中药资源经济产业链,必将产生良好的社会-经济-生态效益^[76]。

2.5 以中药深加工产业化过程副产物为原料的提取物饲料添加剂产品开发

针对中药制药等以消耗药材为原料的深加工产业每年产生副产物超亿吨这一现实问题,建立精细化分级分类资源化利用技术体系,将副产物转化为资源性多元产品,既能延伸资源产业链,充分释放其资源价值,又能减少环境污染^[97]。中药药渣主要有两种形式:一种是单味药材经过提取后的药渣,主要来源于中药配方颗粒、标准提取物、工业原料制备、单味中药制药等单一原料投入生产时产生的单味药渣;另一种是复配药材经提取后的药渣,主要来源于复方中成药制药、中医临床调剂以及保健功能性产品等多种原料投入生产时产生的混合药渣。药渣受加工目的、提取方法和工艺条件等因素的影响,尚有部分中药成分残留其中,如水提取工艺条件下黄酮类、皂苷类、木脂素类、萜类等,再生利用制备成饲料添加剂将发挥其健康价值。

以副产物为原料制备的商品饲料添加剂,如《饲料添加剂品种目录》收录的甘草抗氧化物是从制备甘草浸膏或甘草酸之后的甘草药渣中提取的一组脂溶性混合物,主要成分为黄酮类物质的混合物,具有改善饲料品质和增强动物抗氧化能力等功能^[98-99];糖萜素是从榨油后的山茶籽饼中提取纯化制得的多元物质组分,主要由皂苷类、糖类和有机酸类组成,具有增强动物抗病能力和改善畜禽肉质等功能^[100]。然而,目前还缺乏针对药渣开发提取物饲料添加剂的官方指导意见,建议根据药渣来源以及提取物的纯化程度,参考《植物提取物饲料添加剂申报指南(征求意见稿)》中纯化提取物和组分提取物的有效性和安全性评价要求开展相关的研究。

大量研究报道单味丹参、银杏叶、万寿菊、红花 *Carthamus tinctorius* L.、八角茴香 *Illicium verum* Hook. f.、当归、三七、五味子等药渣中富含潜在的资源性成分,见表 6。尚发现多种中药相关产品加工过程产生的副产物中富含胡萝卜素类成分,如栝楼 *Trichosanthes kirilowii* Maxim. 果瓢、沙棘 *Hippophae rhamnoides* L. 果渣、宁夏枸杞果渣等,若

将其作为获取天然黄色素的原料,既可提高资源的利用效率和减轻环境压力,又可降低生产成本和提高经济效益^[111]。目前,研究者较多关注药渣中残留的资源性成分组成和药理活性评价,在添加剂饲用功能方面研究还相对薄弱。此外,中药依其药性进行配伍组方是中医药的特色优势所在^[112]。因中药制药应用广泛、产业集群庞大,每年产出的混合药渣高达亿吨,如中药注射剂类的大品种:丹红注射剂、生脉注射液、脉络宁注射液、复方苦参注射液等;口服中成药大品种:通脉颗粒、连花清瘟胶囊、蒲地蓝口服液、六味地黄丸等。由于提取工艺固定,混合药渣中残留的资源性成分相对稳定,可以针对性获取这部分资源性成分或者经过发酵转化释放更多的资源性成分,再进行成分分析和饲用功能研究^[113]。以中药药渣为代表的中药副产物整体呈现资源储量大、可再生利用性高、生产成本低等资源特性,若能充分进行资源化利用将可释放潜在千亿元价值。

3 植物提取物饲料添加剂开发与产业化展望

3.1 政策导向,出台有利于促进中药资源饲用化的有效措施

本文根据《饲料添加剂品种目录》收录的植物提取物饲料添加剂来源和功能特性、《饲料原料和饲料添加剂畜禽靶动物有效性评价试验技术指南》以及有关添加剂的公告政策,梳理总结了以植物提取物为原料开发饲料添加剂的类型以及植物提取物饲料添加剂功能评价的范围。纵观目录收录的植物源饲料添加剂,被划分为多种类型,如着色剂、调味和诱食物质、抗氧化剂及其他类等,其中植物多组分提取物饲料添加剂多被划分在其他类中,随着植物提取物研究的深入和相关产品的落地,越来越多的植物提取物将会被收录至《饲料添加剂品种目录》。因此,有必要制定相关规定完善植物提取物的分类^[114],既符合当前的实际需求,也有助于引导和加快产业的发展。与此同时,随着“饲用禁抗”政策颁布并实施,明确规定促生长类的中药可在商品饲料和养殖中使用,然而目前此类中兽药产品数量仅有 4 个,有关部门可以出台《促生长类中兽药评价和开发指南》,以促进中兽药产品在养殖领域应用和高质量发展。

因此,建议相关部门加强需求侧及供给侧的调研,研究出台相关政策法规,完善植物提取物的分类标准和出台《促生长类中兽药评价和开发指南》,

表 6 单味药渣中残留的可利用资源性物质
Table 6 Available resource substances remaining in residue of single traditional Chinese medicine

药渣	基原植物	部位	已提取利用的物质	残留可利用的物质	文献
丹参药渣	丹参	根和根茎	水提醇沉获取丹酚酸类等水溶性化合物	丹参酮类成分	101
银杏叶药渣	银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	叶	水提醇沉获取银杏酸和银杏二萜内酯类化合物	聚戊烯醇类和黄酮类成分	102
万寿菊药渣	万寿菊	头状花序	有机溶剂萃取获取叶黄素	以槲皮素为母体的黄酮类成分、多糖类成分	103
红花药渣	红花	花	水提醇沉获取红花苷、红花黄色素和有机酸等	亚精胺类成分	104
八角茴香药渣	八角茴香	果实	水蒸气蒸馏法提取获得莽草酸和挥发油	以槲皮素和山柰酚为母体的黄酮类成分	105
当归药渣	当归	根	70%乙醇提取获取藁本内酯和阿魏酸等	多糖类成分	106
三七药渣	三七	根及根茎	70%乙醇提取三七总皂苷	多糖类成分、水溶性非蛋白氨基酸三七素(β-草氨酸-L-α,β-二氨基丙酸)	107-108
五味子药渣	五味子	果实	回流方式获得其脂溶性成分	多糖类成分	109
葛根药渣	野葛 <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	根	提取淀粉	异黄酮类成分	110

有利于引导和指导企业与科研单位合作开发注册新产品，必将有利于我国经济动物养殖的健康发展，提高动物性产品和消费者的健康水平；有利于拓展和提升中药资源产业化路径，提高中药全产业链的生产效率和效益；有利于国家减排降碳、绿色发展战略的实现。

3.2 政策扶持，进一步提升中药资源饲用价值的应用基础研究与产品创制

近年来，围绕中药以及中药副产物开展的饲用产品功能研究报道较多，并已证实了中药饲料添加剂在促生长、改善品质和增强抗病能力等方面的诸多功能^[3]，但转化形成合规产品的数量还很少，2008 年至今新获批的植物源饲料添加剂有 4 个品种，分别为藤茶黄酮、姜黄素、绿原酸和植物炭黑；自“饲用禁抗”政策颁布后，允许长期在饲料中使用的促生长类中兽药只有 4 个品种。面对当前研究和产业现状还需要加强植物提取物制备工艺研究、加强植物提取物饲料添加剂产品的质量标准研究、完善植物提取物在靶动物上的有效性验证研究、加强植物提取物发挥功能的作用机制研究以及在政策指导下汇聚产业链相关力量构建“政-产-学-研-用”合作机制^[9]，以促进植物提取物饲料添加剂产品转化落地真正为养殖业服务，扩大中药资源的利用价值，实现中药工业农业和畜牧水产养殖业双赢。

3.3 强化监管，营造既有利于创新发展局面的形成又能科学规范行业行为

随着产业的不断发展和规模的扩大，难免出现动物与人争药以及资源紧张导致的中药提取物原料成本高等问题，中药副产物开发利用将是解决上述问题的重要办法。因此建议在目前出台的《饲料原料目录》收录的 117 种可饲用天然植物的基础上，进一步扩展具有清热解毒和免疫扶正等功能的药材品种进入目录，同时开展国家卫生健康委员会公布的既是食品又是药品的中药材品种“非药用部位”以及单味药材深加工过程副产物饲用价值的研究和转化应用。

中药资源饲用化研究与产品开发是一件复杂的科学活动，需要多学科领域联合协作，开展饲用产品的基础研究，明晰其活性物质基础、优化提取物制备工艺、评价靶动物有效性、靶动物耐受性、毒理学安全评价、代谢和残留及作用机制等。尚需重视植物原料质量控制与植物提取物饲料添加剂的质量标准制定，从源头把控产品质量，保障添加剂应用的有效和安全。基于植物提取物饲料添加剂发挥作用的物质基础复杂多样，可以采用指纹图谱结合多种特征性成分含量控制建立质量标准，能够科学、全面地反映其内在质量^[115]。大力扶持集药材生产和植物提取物饲料添加剂生产加工一体化的产业集群，促进产业链延伸拓展，有利于实现全产业链的

质量监管和提质增效,有利于循环利用和资源节约,推动行业走循环经济绿色发展之路。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 印遇龙, 杨哲. 天然植物替代饲用促生长抗生素的研究与展望 [J]. 饲料工业, 2020, 41(24): 1-7.
- [2] 农业农村部畜牧兽医局. 农业农村部畜牧兽医局发布了《中华人民共和国农业农村部公告 第 194 号》的通告 [EB/OL]. [2019-07-10]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/201907/t20190710_6320678.htm.
- [3] 曾建国. 饲用替抗产品应用与开发进展 [J]. 饲料工业, 2022, 43(9): 1-6.
- [4] Manuelian C L, Pitino R, Simoni M, *et al.* Plant feed additives as natural alternatives to the use of synthetic antioxidant vitamins on livestock mammals' performances, health, and oxidative status: A review of the literature in the last 20 years [J]. *Antioxidants (Basel)*, 2021, 10(9): 1461.
- [5] 赵飞, 史彬林, 孙登生, 等. 植物源性饲料添加剂在我国畜禽生产中的应用 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(2): 181-183.
- [6] 农业农村部畜牧兽医局. 农业农村部畜牧兽医局发布了《中华人民共和国农业农村部公告 第 226 号》的通告 [EB/OL]. [2019-11-04]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/201911/t20191107_6331531.htm.
- [7] 刘杰. 2018 年饲料添加剂产业概况 [J]. 中国饲料, 2019(12): 1-3.
- [8] 陆泳霖, 刘芊麟, 陈亚楠. 2020 年饲料添加剂概况 [J]. 中国畜牧业, 2021(5): 31-33.
- [9] 郭盛, 段金廛, 赵明, 等. 基于药材生产与深加工过程非药用部位及副产物开发替代抗生素饲用产品的可行性分析与研究实践 [J]. 中草药, 2020, 51(11): 2857-2862.
- [10] 杨正早, 孙海潮, 杨明华, 等. 植物源中草药饲料添加剂作用效果研究进展 [J]. 饲料工业, 2022, 43(2): 29-34.
- [11] Luna A, Lema-Alba R C, Dambolena J S, *et al.* Thymol as natural antioxidant additive for poultry feed: Oxidative stability improvement [J]. *Poult Sci*, 2017, 96(9): 3214-3220.
- [12] 丁宏标, 陶正国, 崔海滨, 等. 植物提取物饲料添加剂的活性成分和功能 [J]. 饲料工业, 2019, 40(13): 1-5.
- [13] Nakano T, Wiegertjes G. Properties of carotenoids in fish fitness: A review [J]. *Mar Drugs*, 2020, 18(11): E568.
- [14] 张洁莹, 胡颖昕, 刘晓曦. 中兽药行业发展现状和未来方向的探讨 [J]. 今日畜牧兽医, 2022, 38(3): 71-74.
- [15] 郝晨曲, 马云, 冯帆, 等. 中草药饲料添加剂主要生物学功能及应用 [J]. 草业科学, 2020, 37(8): 1638-1645.
- [16] 张登辉, 赵立军, 史海涛, 等. 植物提取物添加剂在动物生产中的应用及安全风险分析 [J]. 中国饲料, 2019(21): 9-13.
- [17] 刘淑钰, 凌霄, 陈玉欢, 等. 有毒中药饮片使用情况分析 [J]. 时珍国医国药, 2022, 33(1): 117-120.
- [18] 叶元土. 动物食品全产业链中的饲料企业: 生存危机与发展机遇 [J]. 饲料工业, 2019, 40(8): 1-8.
- [19] 赵明, 段金廛, 张森, 等. 基于中药资源产业化过程副产物开发禽畜用药及饲料添加剂的策略与路径 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3628-3632.
- [20] 吴清华, 邱雪, 曾铁鑫, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情下中药资源的重点品种分析及合理配置 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(19): 84-91.
- [21] 张莎. 后抗生素时代饲料行业发展现状及未来展望 [J]. 中国饲料, 2022(6): 117-120.
- [22] Peiretti P G, Masoero G, Meineri G. Effects of replacing palm oil with maize oil and *Curcuma longa* supplementation on the performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid profile of the perirenal fat and muscle of growing rabbits [J]. *Animal*, 2011, 5(5): 795-801.
- [23] 闫淼淼, 许真, 徐蟬, 等. 大蒜功能成分研究进展 [J]. 食品科学, 2010, 31(5): 312-318.
- [24] 张伟, 付朝晖, 刘公言, 等. 大蒜及其副产物的主要功效以及在动物生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2019, 42(1): 126-128.
- [25] Lan R X, Park J W, Lee D W, *et al.* Effects of *Astragalus membranaceus*, *Codonopsis pilosula* and allicin mixture on growth performance, nutrient digestibility, faecal microbial shedding, immune response and meat quality in finishing pigs [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 2017, 101(6): 1122-1129.
- [26] Titcomb T J, Kaeppler M S, Cook M E, *et al.* Carrot leaves improve color and xanthophyll content of egg yolk in laying hens but are not as effective as commercially available marigold fortificant [J]. *Poult Sci*, 2019, 98(10): 5208-5213.
- [27] 王鲁波, 薛敏, 王嘉, 等. 天然叶黄素对黄颡鱼生长性能和皮肤着色的影响 [J]. 水产学报, 2012, 36(7): 1102-1110.
- [28] Ettetfaghdoost M, Haghighi H. Impact of different dietary lutein levels on growth performance, biochemical and immuno-physiological parameters of oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2021, 115: 86-94.
- [29] Liu G M, Zheng J, Wu X J, *et al.* Effects of sacchariterpenin on antioxidant status and urinary

- metabolic profile of rats [J]. *Anim Nutr*, 2019, 5(2): 191-195.
- [30] Wang J K, Liu M, Wu Y L, *et al*. Medicinal herbs as a potential strategy to decrease methane production by rumen microbiota: A systematic evaluation with a focus on *Perilla frutescens* seed extract [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2016, 100(22): 9757-9771.
- [31] Ding H X, Cao A Z, Li H Y, *et al*. Effects of *Eucommia ulmoides* leaf extracts on growth performance, antioxidant capacity and intestinal function in weaned piglets [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 2020, 104(4): 1169-1177.
- [32] 李莹莹, 朱宇旌. 桑叶多糖的生物学功能及其在畜禽生产中的应用研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(7): 74-79.
- [33] Zhao X J, Yang R L, Bi Y H, *et al*. Effects of dietary supplementation with mulberry (*Morus alba* L.) leaf polysaccharides on immune parameters of weanling pigs [J]. *Animals (Basel)*, 2019, 10(1): E35.
- [34] Chen X L, Yang H F, Jia J P, *et al*. Mulberry leaf polysaccharide supplementation contributes to enhancing the respiratory mucosal barrier immune response in Newcastle disease virus-vaccinated chicks [J]. *Poult Sci*, 2021, 100(4): 101043.
- [35] 赵桂玲, 李慧, 张瑞强, 等. 黄芪多糖在畜禽养殖中的应用研究进展 [J]. 饲料工业, 2022, 43(15): 7-11.
- [36] 李春静, 张杰, 祝雅晨, 等. 黄芪多糖在水产动物疾病防控中的应用 [J]. 水产科学, 2019, 38(6): 881-886.
- [37] 谢谦, 张海涵, 宋泽和, 等. 绞股蓝的生物学功能及其在猪、鸡生产中的应用潜力 [J]. 动物营养学报, 2020, 32(9): 4053-4058.
- [38] Li M W, Hassan F U, Tang Z H, *et al*. Mulberry leaf flavonoids improve milk production, antioxidant, and metabolic status of water buffaloes [J]. *Front Vet Sci*, 2020, 7: 599.
- [39] Huang Z W, Dai H J, Jiang J L, *et al*. Dietary mulberry-leaf flavonoids improve the eggshell quality of aged breeder hens [J]. *Theriogenology*, 2022, 179: 177-186.
- [40] 王咏梅. 桑叶黄酮对凡纳滨对虾生长、抗氧化和肠道健康的影响 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.
- [41] 江阳, 杨硕, 金晓, 等. 艾蒿黄酮对肉仔鸡生长性能和肉品质的影响 [J]. 饲料研究, 2021, 44(6): 54-57.
- [42] Li T, Zhang S Y, Zhang J Q, *et al*. Analysis of serum biochemical indexes, egg quality, and liver transcriptome in laying hens fed diets supplemented with *Gynostemma pentaphyllum* powder [J]. *Genes (Basel)*, 2021, 12(12): 1942.
- [43] 杨志刚, 忻晨, 郑剑伟, 等. 三七总皂苷在罗非鱼饲料中的应用试验 [J]. 饲料研究, 2008(10): 51-52.
- [44] 杨莉. 益母草碱对肉仔鸡的免疫和抗氧化作用及其机制研究 [D]. 石河子: 石河子大学, 2019.
- [45] 李玲, 陈常秀. 陈皮提取物对肉鸡生长性能、血脂指标和抗氧化功能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2009(17): 104-106.
- [46] 王小清, 林旋, 王寿昆. 兽用陈皮口服液对肉仔鸡生长抑制治疗效果的评价 [J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(1): 249-255.
- [47] 李然红, 任占辰, 冯思雨, 等. 蒲公英提取物的生物学功能及其在畜、禽、鱼类生产中的应用 [J]. 动物营养学报, 2022, 34(7): 4108-4116.
- [48] 李美菊. 饲料中添加蒲公英提取物对罗非鱼生长性能、形体指标及血液生化指标的影响 [J]. 中国饲料, 2020(11): 84-86.
- [49] Wei H Y, Ding L M, Wang X J, *et al*. *Astragalus* root extract improved average daily gain, immunity, antioxidant status and ruminal microbiota of early weaned yak calves [J]. *J Sci Food Agric*, 2021, 101(1): 82-90.
- [50] 安胜英, 刘观忠, 景大明, 等. 三种植物提取物对蛋鸡初产性能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(4): 162-164.
- [51] 王志祥, 吕美, 苏雅琴, 等. 黄芪活性成分提取物对肉仔鸡生长、代谢及消化酶活性的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(3): 279-283.
- [52] 徐明霞, 于玲. 黄芪提取物对比目鱼生长性能和饲料利用的影响 [J]. 中国饲料, 2020(24): 71-74.
- [53] Wang C, Liu Q, Ye F C, *et al*. Dietary purslane (*Portulaca oleracea* L.) promotes the growth performance of broilers by modulation of gut microbiota [J]. *AMB Express*, 2021, 11(1): 31.
- [54] Aydin R, Dogan I. Fatty acid profile and cholesterol content of egg yolk from chickens fed diets supplemented with purslane (*Portulaca oleracea* L.) [J]. *J Sci Food Agric*, 2010, 90(10): 1759-1763.
- [55] 张红岩, 雷霆, 高凤仙. 马齿苋的生物学功能及其在畜禽生产中的应用 [J]. 动物营养学报, 2022, 34(2): 765-771.
- [56] 顾丽红, 徐铁山, 李南华, 等. 鸡屎藤提取物对 0~4 周龄定安鹅免疫功能的影响 [J]. 饲料研究, 2020, 43(3): 22-25.
- [57] 李佳, 王成章, 严学兵, 等. 植物皂苷生物活性研究进展 [J]. 草业科学, 2012, 29(3): 488-494.
- [58] 白盼盼, 张晨, 徐美利, 等. 绿原酸类化合物的生物活性及其在畜牧生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2022, 45(6): 127-130.
- [59] Chen R, Song Y D, Yang M, *et al*. Effect of dietary betaine on muscle protein deposition, nucleic acid and amino acid contents, and proteomes of broilers [J]. *Animals (Basel)*,

- 2022, 12(6): 736.
- [60] 郑慧丽, 郭盛, 朱悦, 等. 枸杞属植物中甜菜碱类物质功能价值研究进展与产业化展望 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(1): 28-40.
- [61] Liu Y S, Zhang Y Y, Li J L, *et al.* Growth performance, carcass traits and digestive function of broiler chickens fed diets with graded levels of corn resistant starch [J]. *Br Poult Sci*, 2020, 61(2): 146-155.
- [62] 朱安南, 张克英, 王建萍, 等. 饲料中添加不同水平芦丁对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋清凝胶特性的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(3): 1451-1460.
- [63] 贾娜, 林世文, 刘丹, 等. 芦丁诱导猪肉肌原纤维蛋白结构变化对蛋白凝胶特性的改善作用 [J]. 食品科学, 2021, 42(8): 67-73.
- [64] Cui K, Guo X D, Tu Y, *et al.* Effect of dietary supplementation of rutin on lactation performance, ruminal fermentation and metabolism in dairy cows [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 2015, 99(6): 1065-1073.
- [65] Stoldt A K, Derno M, Das G, *et al.* Effects of rutin and buckwheat seeds on energy metabolism and methane production in dairy cows [J]. *J Dairy Sci*, 2016, 99(3): 2161-2168.
- [66] 郭旭东, 刁其玉, 屠焰, 等. 芦丁对奶牛泌乳性能和血清指标的影响 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(24): 5137-5146.
- [67] Cheng K, Yu C Y, Li Z H, *et al.* Resveratrol improves meat quality, muscular antioxidant capacity, lipid metabolism and fiber type composition of intrauterine growth retarded pigs [J]. *Meat Sci*, 2020, 170: 108237.
- [68] Jia R, du J L, Cao L P, *et al.* Effects of dietary baicalin supplementation on growth performance, antioxidative status and protection against oxidative stress-induced liver injury in GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 2021, 240: 108914.
- [69] 王向明, 刘则学. 山花黄芩提取物散在畜禽生产中的应用 [J]. 养猪, 2022(4): 17-21.
- [70] 天然植物饲料原料通用要求 [S]. GB/T 19424—2018.
- [71] 金硕, 张益宁, 崔武超, 等. 复方中草药添加剂对奶牛隐性乳房炎发病率和泌乳性能的影响 [J]. 动物医学进展, 2022, 43(5): 62-65.
- [72] 彭凤强, 丁梦琴, 胡雅丽, 等. 复方中草药对和田黑鸡生长性能、免疫性能及抗体水平的影响 [J]. 饲料研究, 2022, 45(5): 36-40.
- [73] 李维, 张芸, 龚俞, 等. 复方中草药添加剂对种鸡产蛋后期蛋品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(7): 165-170.
- [74] Ahmadifar E, Pourmohammadi Fallah H, Yousefi M, *et al.* The gene regulatory roles of herbal extracts on the growth, immune system, and reproduction of fish [J]. *Animals (Basel)*, 2021, 11(8): 2167.
- [75] 夏与晴, 刘文珍, 傅松哲, 等. 25 种中草药及其联合用药配伍对 5 种水产养殖常见致病菌的抑菌作用 [J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(1): 7-14.
- [76] 段金彪, 郭盛, 唐志书, 等. 中药资源循环利用模式构建及产业化示范 [J]. 江苏中医药, 2019, 51(3): 1-5.
- [77] 李伟, 赵金波, 孟维珊, 等. 黄芩茎叶对犊牛生长影响的研究 [J]. 现代畜牧科技, 2022(3): 14-15.
- [78] Guo L L, Hua J, Luan Z H, *et al.* Effects of the stems and leaves of *Astragalus membranaceus* on growth performance, immunological parameters, antioxidant status, and intestinal bacteria of quail [J]. *Nihon Chikusan Gakkaiho*, 2019, 90(6): 747-756.
- [79] 高旭红, 张俊丽, 岳彩娟, 等. 黄芩茎叶对西门塔尔杂交牛生长性能及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34(6): 3724-3731.
- [80] 胡会玲, 武怡荷, 陈书明, 等. 鸡源产 β -葡萄糖苷酶混合菌群发酵黄芩茎叶的制备及其对肉鸡消化和免疫功能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(12): 107-113.
- [81] 郭同军, 罗永明, 侯良忠, 等. 饲喂甘草茎叶对奶牛瘤胃发酵参数及瘤胃微生物的影响 [J]. 饲料研究, 2021, 44(18): 21-24.
- [82] 潘军, 陈靖晶, 朱玉新. 甘草茎叶对绵羊生长性能和血液生理生化指标的影响 [J]. 饲料研究, 2020, 43(4): 4-7.
- [83] 侯芳, 郭同军, 张俊瑜, 等. 饲喂甘草茎叶水平对阿勒泰羊羊肉风味的影响 [J]. 西北农业学报, 2019, 28(3): 335-345.
- [84] 焦洪超. 青贮姜苗与其提取物对肉鸡生长的影响作用及其机理研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [85] 刘公言, 王勇, 赵桂省, 等. 饲粮不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(3): 1633-1642.
- [86] 魏丹丹, 段金彪, 宿树兰, 等. 菊茎叶提取物改善肠功能失调的代谢组学研究 [J]. 中草药, 2019, 50(13): 3084-3093.
- [87] Li Y, Liu X J, Su S L, *et al.* Evaluation of anti-inflammatory and antioxidant effects of *Chrysanthemum* stem and leaf extract on zebrafish inflammatory bowel disease model [J]. *Molecules*, 2022, 27(7): 2114.
- [88] 茅慧玲. 植物源性物质对生长湖羊瘤胃发酵和肉品质的影响及其作用机理的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [89] 汤银根, 杨继锋, 陈兴龙. 杭白菊秸秆配合饲料饲喂獭兔的效果试验 [J]. 浙江畜牧兽医, 2009, 34(1): 23-24.
- [90] 曾益, 孙艺秋, 何梦雪, 等. 万寿菊茎叶提取物对肉鸡

- 生产性能及其免疫系统的影响 [J]. 四川农业大学学报, 2022, 40(5): 690-695.
- [91] Niu Y H, Chen J H, Fan Y L, *et al.* Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on the oxidation of myofibrillar proteins in minced mutton during chilled storage [J]. *J Food Sci*, 2021, 86(5): 1766-1777.
- [92] 宿树兰, 郭盛, 朱悦, 等. 枸杞叶现代研究进展与资源化利用展望 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(1): 10-19.
- [93] 戴宏健, 吕增鹏, 黄振吾, 等. 山楂叶黄酮对产蛋后期种鸡蛋壳品质的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52(4): 1010-1019.
- [94] Dai H J, Lv Z P, Huang Z W, *et al.* Dietary hawthorn-leaves flavonoids improves ovarian function and liver lipid metabolism in aged breeder hens [J]. *Poult Sci*, 2021, 100(12): 101499.
- [95] 郭庆宝, 张宏娟, 王铁东, 等. 应用五味子根皮茎叶制作饲料添加剂喂饲育肥猪效果观察 [J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(7): 143.
- [96] 郭庆宝, 王丽军, 孙立新, 等. 五味子茎叶在肉仔鸡生产上的应用试验 [J]. 中国畜牧兽医文摘, 2014, 30(3): 180.
- [97] 张伯礼, 陈传宏. 中药现代化二十年(1996—2015) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2016.
- [98] Elabd H, Wang H P, Shaheen A, *et al.* Feeding *Glycyrrhiza glabra* (liquorice) and *Astragalus membranaceus* (AM) alters innate immune and physiological responses in yellow perch (*Perca flavescens*) [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2016, 54: 374-384.
- [99] 王文博, 陈鹏, 刘品, 等. 甘草在水产养殖中的应用 [J]. 水生生物学报, 2020, 44(1): 231-236.
- [100] 王冰, 占今舜, 方热军. 糖萜素的功能及其在猪生产中的应用 [J]. 中国饲料, 2013(1): 24-26.
- [101] 戴新新, 沈飞, 宿树兰, 等. 丹参药渣中丹参酮类化学成分提取富集研究及其利用途径分析 [J]. 中国现代中药, 2016, 18(12): 1578-1582.
- [102] 闫精杨, 江曙, 刘培, 等. 银杏叶药渣中聚戊烯醇和总黄酮的综合提取工艺研究 [J]. 南京中医药大学学报, 2017, 33(1): 104-108.
- [103] Wu D, Wu J J, Cheng X Y, *et al.* Safety assessment of marigold flavonoids from marigold inflorescence residue [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 297: 115520.
- [104] Li S F, Li T, Jin Y F, *et al.* Antidepressant-like effects of coumaroylspermidine extract from safflower injection residues [J]. *Front Pharmacol*, 2020, 11: 713.
- [105] 司建志. 八角茴香药渣黄酮的提取、纯化及抗氧化活性研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [106] 韩娜. 当归药渣有效成分的提取纯化及综合利用研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
- [107] 李双, 杨晓涵, 李怀宇, 等. 工业三七药渣中三七素的提取纯化及其止血药理活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(4): 663-668.
- [108] 李江霞, 丁艳芬, 陈金东, 等. 三七渣中多糖超声提取工艺研究 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(2): 131-134.
- [109] 郭志欣, 朱俊义, 顾地周, 等. 五味子药渣多糖的提取及其免疫活性 [J]. 东北林业大学学报, 2016, 44(12): 80-82.
- [110] 施英英. 葛根渣异黄酮酶法提取的应用基础研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [111] 杨雨江, 张辉, 崔焕忠, 等. 叶黄素生物学功能及其在饲料中应用的研究进展 [J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(5): 121-124.
- [112] 唐于平, 尚尔鑫, 陈艳琰, 等. 药对配伍效应与功效物质现代研究方法策略 [J]. 药科学报, 2019, 54(9): 1564-1573.
- [113] 张相鑫, 陈进超, 孙佳静. 中药药渣作为畜禽饲料或饲料添加剂的研究进展 [J]. 饲料工业, 2017, 38(22): 57-60.
- [114] 曾建国. 植物提取物及其饲料添加剂注册开发建议 [J]. 饲料工业, 2020, 41(10): 1-8.
- [115] 熊安然, 熊本海, 蒋林树. 基于指纹图谱技术的饲料营养活性物质结构-谱-量-效关系的研究进展 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(8): 4263-4270.

[责任编辑 潘明佳]