

植物提取物在健康养殖中替代抗生素作用研究进展

彭密军^{1,2}, 王翔², 彭胜²

¹中国广州分析测试中心, 广州 510070; ²吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室, 张家界 427000

摘要: 植物提取物中含有丰富的生物碱、皂苷、多糖、多酚、挥发油等多种活性成分, 作为饲料添加剂具有增强动物机体免疫、调节代谢等多重生理功能, 且无药物残留和耐药性等特点, 是理想的饲用抗生素替代品。本文从促进肠道健康、调节机体免疫、抗氧化、激素调控、动物瘤胃发酵和抗应激等方面阐述植物提取物在健康养殖中的替代抗生素作用。

关键词: 植物提取物; 替代抗生素; 健康养殖

中图分类号: S8-1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.10.027

Review on the Alternatives of Antibiotics in Healthy Breeding of Plant Extracts

PENG Mi-jun^{1,2}, WANG Xiang², PENG Sheng²

¹China National Analytical Center (Guangzhou), Guangzhou 510070, China; ²Key Laboratory of Human Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China

Abstract: As a kind of animal feed additive, natural plant extracts with various bioactive ingredients, including alkaloid, saponin, polysaccharide, polyphenols, volatile oils, etc, are ideal substitutes of antibiotics. They have the function of improving animal immunity and regulating the physiological metabolism. At the same time, natural plant extracts have no drug residues and drug resistance. This paper focuses on the promoting intestinal health, regulating immunity, antioxidation, hormone stimulation, anti-stress and rumen fermentation to explore the regulation mechanism of the natural plant extracts in healthy breeding.

Key words: plant extracts; alternative antibiotics; healthy breeding

随着现代集约化、规模化饲料工业和畜牧养殖业的迅猛发展, 动物易感染多种疫病, 畜禽的死亡率大幅度提高^[1]。因此抗生素类药物作为添加剂被广泛用于饲料中。但长期以来抗生素的滥用, 也带来耐药性严重、抗生素残留超标等诸多问题, 严重威胁着动物和人体的健康。近年来, 随着生活水平的提高, 绿色环保与回归自然的意识不断增强, 人们更倾向于无污染无残留的绿色畜禽产品, 寻找新型绿色无污染的替代抗生素饲料添加剂势在必行。

植物提取物是以植物为原料, 经过一系列提取、分离、纯化过程, 得到的天然植物产品^[2], 含有丰富的生物碱、皂苷、多糖、多酚、挥发油等多种活性成分, 具有提高机体防御抵抗能力和缓和应激的作用, 使动物在相对恶劣的环境中能够较好的调节各方面

的生理功能, 大大提高适应能力^[3]。此外, 植物提取物具有无残留、无污染、无公害、易吸收等优点^[4], 能够完全或阶段性替代抗生素运用于畜禽养殖。本文主要从促进肠道健康、调节机体免疫、抗氧化、激素调控和动物瘤胃发酵调控等几个方面来探讨植物提取物在健康养殖中的替抗作用。

1 植物提取物促进肠道健康

动物机体从食管下段括约肌至肛门, 整个消化道是一个连续的上皮细胞层, 分隔机体的内环境和外部环境。肠腔内有大量的外界因素干扰, 肠道黏膜上皮对阻止这些外界因素进入机体至关重要。肠道不仅是消化吸收营养物质的主要场所, 还是机体最大的排毒器官和免疫器官^[5]。动物在生长过程中受饲料和环境等各种外界因素的应激, 易出现食欲不振、消化功能紊乱, 导致肠道屏障受损, 肠绒毛出现萎缩, 进而易出现腹泻和生长缓慢等现象。植物提取物成分复杂, 对肠道健康调控机制多样, 如增强肠道上皮防御功能和维持肠道菌落平衡, 在动

收稿日期: 2017-03-06 接受日期: 2017-04-17

基金项目: 国家自然科学基金资助(31660181); 广东省科学院项目(2017GDASCX-0702); 湖南省教育厅重点项目(16A175); 张家界市科技局项目(2016-987); 湖南省科技厅项目(2016GK4058)

* 通信作者 E-mail: pengmj163@163.com

物机体健康,降低畜禽死亡率等方面作用显著。

1.1 增强肠道上皮防御功能

肠道上皮细胞是肠道防御的主要屏障,具有抑制病原体、病毒和微生物的自由通过,达到保护肠道健康的作用^[6,7]。植物提取物特别是薄荷科和蔷薇科植物提取物,虽不能直接抑杀病原微生物,但能增强肠道上皮的防御功能,抵抗病原微生物引起的腹泻。Khajareem J等^[8]发现,植物提取物中的香芹酚和百里香酚能影响肠黏膜的通透性,并加速肠绒毛表面上皮细胞的更新,减少病原菌黏附肠上皮细胞的机会。Roselli M等^[9]研究表明,大蒜素可以增强肠上皮细胞对K88大肠杆菌的抵抗能力,降低大肠杆菌对肠上皮细胞的损伤;有些植物提取物可以通过增强肠道免疫或降低肠道炎症发生来维护肠道健康。Romiercrouzet B等^[10]研究表明罗汉果提取物可通过抑制转录因子*NF- κ B*的活性,降低一氧化氮NO、白细胞介素*IL-8*和前列腺素E2-PGE2的合成,从而有效防治肠道炎对肠上皮细胞造成的损伤,既提高动物免疫能力又能防止过度敏感导致自身炎症而造成的上皮损伤;Papatsiros V等^[11]发现*Virbamix*植物提取物有效抑制劳森氏菌引起的猪增生肠炎,并且可以提高日增重,减少腹泻。Verhelst R等^[12]使用多酚类植物提取物添加在断奶仔猪日粮中,发现使仔猪粪便中大肠杆菌数量显著下降,说明其在大肠杆菌的抑制,增强肠道防御功能方面起到了很好的效果。黄卫文等^[13]发现低浓度油茶皂素可以破坏某些微生物细胞膜或影响其生物酶活性,从而抑制黑曲霉、桔青霉、大肠杆菌、117产朊假丝酵母的生长,达到抑菌保护肠道的功能。Wu C等^[14]研究表明七味白术散能提高乳鼠肠道黏膜上皮白细胞介素*IL-2*、*IL-4*、*IL-10*和干扰素- γ 的*mRNA*表达量,抑制轮状病毒引起的乳鼠腹泻,减轻小肠黏膜损伤。Dillon S等^[15]采用乳糖和海带岩藻多糖的混合物为饲料添加剂,发现其能显著提高断奶仔猪的日增重,减少肠道中大肠杆菌的数量,从而达到抗菌抑菌,保护肠道的效果。此外,植物提取物对受损肠道的修复也有一定作用,能显著提高肠道表皮生长因子*EGF*和转移生长因子*TGF*等黏膜修复相关因子的基因表达^[16]。

1.2 调节肠道微生态结构

肠黏膜屏障一部分是由肠道菌群组成,外环境可以通过改变宿主的生理功能,保持自身的稳定性。肠道菌群生态平衡时,可以保持宿主的正常生理功

能;菌群失调则引起机体腹泻、免疫力低下等症状,甚至会引发炎症反应。大量研究发现植物提取物尤其是多酚类的物质可以增加肠道乳酸菌等益生菌数量,从而达到调节肠道菌群结构的效果。Roca M等^[17]利用香芹酚、肉桂醛等组成的植物提取物为饲料添加剂喂养断奶仔猪,发现可明显降低仔猪近端空肠、回肠、近端结肠中肠道菌群的多样性。田萍等^[18]证明,肠道内某些细菌通过各种生理活动可以产生 β -葡萄糖苷酶、硝酸还原酶、亚硝酸还原酶和偶氮还原酶等,这些酶作用于动物肠道内源物可以产生生殖性毒物致癌因子。果寡糖FOS可以有效抑制这些有害菌生长从而降低肠道中这些酶的活性,同时促进肠道内双歧杆菌和乳酸菌等有益菌的大量增殖。此外,果寡糖FOS还会抑制大肠杆菌和沙门氏菌等病原菌的增殖,改善肠道微生态区系,提高机体的消化和免疫功能,促进动物的生长^[19]。Alam M等^[20]发现牛至提取物能有效调控仔猪粪便中有益菌群的平衡,显著降低肠道中硫化氢H₂S、氨氮NH₃-N,亚硝酸盐氮NO₂-N,挥发性脂肪酸VFA等有害气体的挥发量。Payne D等^[21]研究表明,单宁能抑制细菌、真菌等微生物的氧化磷酸化进而影响其代谢以及抑制微生物外源酶的活性来影响其生长,以此来达到调节肠道菌群平衡的目的。Blaiotta G等^[22]研究发现单宁可调节肠道微生态结构,抑制肠道中病原微生物的活性。如以栗树单宁为饲料添加剂,可以明显降低家禽腹泻率,改善胃肠道功能,提高肠道中有益菌数量。Hao Y等^[23]在仔猪饲料中添加连翘提取物,发现其可减轻大豆 β -球蛋白引起的过敏性腹泻,降低肠道中大肠杆菌数量,提高肠道中乳酸菌和双歧杆菌数量。Mukhopadhyaya A和Murphy P等^[24,25]用海带昆布多糖提取物作为饲料添加剂饲喂断奶仔猪,发现其能明显增加仔猪肠道中有益菌的数量。Zakaria Z等^[26]发现止痛草提取物对曲霉菌和青霉菌等真菌有很强的抑制作用,其抑菌圈直径达48 mm以上。Babarikina A等^[27]研究发现椴椴的提取物能降低肠道pH,从而降低幽门螺旋杆菌数量。Jensen A等^[28]研究了富含果聚糖的菊苣根对仔猪微生物区系的影响,发现饲喂菊苣根对仔猪回肠中的主要菌群无显著影响,但能显著增加仔猪肠中双歧杆菌的数量,并显著降低粪便中弯曲杆菌的数量。

2 调节机体免疫功能

植物提取物中含有丰富的生物碱、皂苷、多糖、

多酚、挥发油等活性成分,具有提高动物免疫功能。王鲁等^[29]发现,硫酸酸化后的人参总皂苷衍生物可促进刀豆球蛋白 Con A 淋巴细胞增殖,并能显著增强免疫活性细胞功能。Fasina F 等^[30]以甘草提取物作为饲料添加剂喂养接受轮状病毒 K85 感染的断奶仔猪,发现其小肠组织和脾脏中抑制炎症相关的细胞因子白细胞介素 *IL-8*、*IL-10* 和干扰素 *IFN- γ* 等分泌明显高于正常水平。Schepetkin I 等^[31]总结了大量植物中多糖的生理活性,发现它们都具有增强巨噬细胞功能的作用,表现为增加巨噬细胞对肿瘤细胞和微生物的毒性,提高吞噬能力,增加活性氧 ROS 和 NO 的产生,刺激细胞因子和炎症趋化因子如 *IL-1 β* 、*IL-6*、*IL-8*、*IL-12*、*IFN- γ* 和 *IFN- β* 的分泌等。金丽琴等^[32]也指出,牛膝多糖能使老龄鼠血液中白细胞数增高,激活肺泡巨噬细胞 AM Φ 和腹腔巨噬细胞 PM Φ ,增强机体非特异性免疫功能。杨江涛等^[33]研究证明,植物提取物苜蓿素多糖对小鼠巨噬细胞诱导后产生的 β -防御素 2*m* *BD2*、3*m* *BD3* 表达有促进作用,证明苜蓿素多糖具有增强特异性免疫的功能。马莉等^[34]实验证实,灵芝多糖 GLP 促进 *IL-2* 产生,影响 T 细胞亚群的数量和功能,增强正常小鼠的细胞免疫反应。Trevisi P 等^[35]的研究表明,饲料中添加百里香酚可提高仔猪血清中免疫球蛋白 A IgA 和免疫球蛋白 M IgM 数量,表现出抗炎特性。Ahmed S 等^[36]用白藜芦醇作为断奶仔猪的饲料添加剂,发现仔猪血清中免疫球蛋白 IgG 明显增加,*TNF- α* 明显降低,表明白藜芦醇可以提高仔猪的免疫能力,降低仔猪在断奶时期的死亡率。王志宏等^[37]研究发现,杜仲黄酮及槲皮素在一定的浓度范围内可以对 Con A 或脂多糖 LPS 刺激下的淋巴细胞增殖起到协同作用,同时促进 Con A 刺激下的淋巴细胞分泌 *IL-2* 和 *IFN- γ* 。Liu Y 等^[38]研究了挥发油、丙烯基茴香醚、香芹酚等 7 种植物提取物对炎症的治疗效果,发现其对 *TNF- α* 的表达都有明显的抑制作用。Wang J 等^[39]用发酵大蒜作为饲料添加剂饲养仔猪,血清中白细胞和 T 淋巴细胞数量显著增多,分化抗原阳性细胞 4 (CD4⁺) 和分化抗原阳性细胞 8 (CD8⁺) 的浓度有所上升。Boskabady M 等^[40]利用野蔷薇提取物在体外和体内做了相关性试验,结果一致表明野蔷薇提取物可增加 *IFN- γ* 免疫调节作用的选择性,降低 *IL-4* 的分泌,增加 *IL-4* 和 *IFN- γ* 的比率 (*Th* 1/*Th* 2)。

3 抗氧化功能

动物机体因为与外界的持续接触,包括呼吸(氧化反应)、外界污染、放射线照射等因素不断的在机体内产生自由基,癌症、衰老或其它疾病大都与过量自由基的产生有关联,机体自身抗氧化可以有效克服其所带来的危害。机体抗氧化主要包括两个方面:一是直接清除自由基和过氧化物;二是通过抑制机体氧化还原酶类的活性发挥作用^[41]。植物活性成分对自由基与过氧化产物的体外清除作用与植物化合物的还原性结构有关,如杜仲提取物及环烯醚萜类化合物、木脂素类化合物、苯丙素类化合物、黄酮类化合物、多糖等活性成分对机体都具有抗氧化作用^[42]。

3.1 清除自由基和过氧化物

自由基非常活泼,能引起细胞生物膜上的脂质过氧化,导致细胞损伤。植物提取物如皂苷类、多糖、苯丙素类、黄酮等可以有效降低机体自由基的产生,减轻其所带来的危害。Pastorelli G 等^[43]在研究柠檬草中毛蕊花苷对仔猪的影响时,发现饲料中添加柠檬草提取物可使仔猪中氧代谢产物含量显著降低。许平等^[44]研究结果表明,多糖分子上具有还原性的半缩醛羟基,可与其活性氧自由基发生氧化还原作用,对超氧阴离子 $O_2^{\cdot-}$ 、羟基自由基 $\cdot OH$ 和 DPPH \cdot 自由基均具有较强的还原能力,并且其清除作用和还原能力与其浓度呈正相关性。胡宗福等^[45]研究了杜仲中不同浓度的绿原酸溶液对 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 和过氧化氢 H_2O_2 的清除和抗脂质过氧化能力,结果表明,绿原酸对三种活性氧均具有清除作用,可作为有效清除启动脂质过氧化的引发剂,起到抑制脂质过氧化的作用。Liu Q 等^[46]研究也发现,大麦的 3 种溶剂提取液都具有体外清除自由基和脂质过氧化物的作用。Liu J 等^[47]研究发现玉米须提取物中的黄酮等多酚类化合物对 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 和 DPPH \cdot 自由基具有较强的清除能力。

3.2 抑制机体氧化还原酶类的活性

谷胱甘肽是哺乳动物细胞内主要的抗氧化剂,还原型谷胱甘肽/氧化型谷胱甘肽是机体最重要的氧化还原分子对,在机体稳态调控和营养代谢的调节方面起着重要作用^[48-50]。Koner S 等^[51]研究了山葡萄中的葡萄素对于猪卵母细胞体外成熟过程的影响,发现添加葡萄素可显著增加细胞内谷胱甘肽 GSH 和 DNA 甲基转移酶-1*m* RNA 表达,显著降低活

性氧含量。Esteban M 等^[52]发现棕榈果提取物可以明显增加金头鲷超氧化物歧化酶 SOD、过氧化氢酶 CAT、过氧化物酶 CAT、谷胱甘肽氧化酶 GSH-Px 的活性,对羟基自由基的抑制作用也达到了 95% 以上。Su J 等^[53]采用普洱茶提取物饲喂老鼠,发现可以降低大鼠脂肪指数、丙二醛 MDA 和一氧化氮 NO 水平,并增加其肝脏中 SOD、CAT、GSH-Px 的活性,降低氧化应激状态和抑制脂质过氧化作用。Gobi N 等^[54]用番石榴提取物喂养罗非鱼,发现番石榴提取物可以提高血清中 SOD、CAT、GSH-Px 的活性,明显提高罗非鱼的抗氧化性。山药皮提取物^[55]、菊芋提取物^[56]、山药提取物^[57] 等均可以提高 GSH-Px、SOD、CAT 等抗氧化物酶活性及总抗氧化能力 TAOC。大多数提取物并非以某一单一机制发挥抗氧化作用,而是两种或者多种机制并存。

4 激素调控功能

激素的作用是通过与细胞膜上或细胞质中的专一性受体蛋白结合而将信息传入细胞,引起细胞内发生一系列相应的连锁变化,表达出激素的生理效应。植物提取物中对机体起类激素作用的主要是黄酮类、木脂素类和绿原酸。刘根桃等^[58]研究发现大豆异黄酮具有类似雌激素的活性,将其作为饲料添加剂给妊娠后期母猪饲喂,能提高母猪的泌乳量和乳中的生长激素、胰岛素样生长因子和促甲状腺素水平,能刺激乳腺上皮细胞分化成分泌细胞,使乳汁分泌增加。郭晓红等^[59]采用大豆黄酮为饲料添加剂喂养艾微因肉鸡,发现其能提高公肉鸡生长相关激素水平,在降低日采食量的情况下,提高了肉鸡体重和平均日增重。周炜等^[60]发现植物提取物中的亚麻籽木脂素通过与雌激素受体 ER β 结合,作用于下丘脑-垂体-性腺轴,调节大鼠血清中睾酮水平,抑制蛋白质分解,促进骨骼肌卫星细胞与肌细胞的融合来促进骨骼肌生长,促进机体的生长。李乃顺等^[61]研究发现以杜仲叶中绿原酸为饲料添加剂,可以提高草鱼生长相关激素分泌水平,提高草鱼的增重趋势,改善草鱼肌肉粗蛋白、缬氨酸、异亮氨酸、组氨酸、必需氨基酸和总氨基酸的含量 ($P < 0.05$)。Zingue S 等^[62]发现 *Ficusumbellata* Vahl. 的水提取物和甲醇提取物可以有效激活大鼠雌激素受体 α 和雌激素受体 β 的活性,增加其子宫和阴道上皮细胞的厚度,发挥类似激素的效果,缓解阴道干涩和潮热等症状。

5 瘤胃发酵功能

植物挥发油具有抗菌、促生长等多种功能,能替代抗生素和益生菌,在饲喂畜禽中得到广泛应用^[63]。近年来,有关植物挥发油在瘤胃发酵调控以及瘤胃甲烷减排的研究成为热点。常见的挥发油中主要含萜类和苯丙素类化合物。大量研究发现挥发油能够不同程度的影响瘤胃细菌、真菌、原虫以及产甲烷菌的数量、活性,甚至种群结构。Fraser G 等^[64]研究发现动物日粮中添加挥发油使得微生物的蛋白酶和淀粉酶的活性降低,而羧甲基纤维素酶的活性则不受影响。这说明挥发油抑制了淀粉分解菌和蛋白质分解菌的定植,而不影响纤维的降解。植物提取物中的萜类,对瘤胃原虫有显著的毒性^[65]。Ando S 等^[66]报道用薄荷饲喂荷斯坦公牛,降低了总原虫以及内毛虫属,纤毛虫属和双毛虫属的数量,这主要是由薄荷中含有的挥发油而导致的。Mirzaei-Alamouti H 等^[67]以薄荷提取物或莫能菌素为饲料添加剂,发现其可以有效降低瘤胃的 pH,降低血浆中白蛋白的含量,增加丙酸的比例,降低乙酸比例。表明莫能菌素和薄荷提取物均有效提高瘤胃丙酸发酵的能力。Ohene-Adjei S 等^[68]发现肉桂醛、大蒜和杜松子油不影响甲烷菌数量,认为挥发油改变了产甲烷菌的系统发育分布。徐晓明等^[69]研究发现大蒜素也是一种瘤胃调节剂,能提高牛奶产量和减少氨含量。王东升等^[70]观察到,在体外培养条件下,凤仙花提取物能明显降低甲烷生成,促进氨态氮 NH₃-N 向微生物蛋白 MCP 转化,改变瘤胃代谢模式。Zhou Y 等^[71]将茶皂苷添加到湖羊饲料中,发现丙酸产量显著增加 ($P < 0.05$),而乙酸/丙酸值降低,甲烷菌数量也出现显著性的降低 ($P < 0.05$)。可能是因为茶皂苷提取物选择性地改变了瘤胃微生物区系,抑制了瘤胃产甲烷菌活性后,瘤胃内过剩的氢被用作丙酸的合成,从而提高了丙酸浓度。Guerreiro O 等^[72]以岩玫瑰提取物为饲料添加剂喂养羔羊,发现提取物中的单宁可以有效减少瘤胃氢化的路径,起到调控瘤胃发酵的效果。

6 抗应激功能

应激是机体在各种内外环境因素及社会、心理因素刺激时所出现的全身性非特异性适应反应。大量研究表明,植物提取物可以提高适应性应激反应。如生脉散能够延长动物生存时间,提高动物耐受力,

使缺氧动物的心肌 DNA 含量增加^[73];刺五加、党参、延胡索结合维生素 C 和维生素 E 使用,可使动物机体适应能力提高、抗低温的能力增强。韦海明等^[74]利用单因素试验在大黄鱼的饲料添加剂中添加黄芪和维生素 C 的混合物,发现能在自然高温差和拖网条件下提高大黄鱼血清的皮质醇和血糖含量,说明该混合物能提高大黄鱼的抗温差应激能力和拖网应激能力。Ming J 等^[75]研究发现大黄素或高剂量维生素 C 能提高团头鲂 *HSC70* 等应激蛋白的表达水平和抗氧化能力,缓解机体因急性胁迫而导致 *HSP70 mRNA* 表达水平下降,减少拥挤胁迫和高温应激下死亡率,增强鱼体抗应激能力。Fang J 等^[76]用刺五加提取物作为断奶仔猪的饲料添加剂,可调节激素分泌,提高断奶仔猪消化代谢水平,减缓仔猪断奶应激,促进生长。Gessner D 等^[77]用葡萄渣提取物喂养仔猪发现,喂养葡萄渣提取物 GSGME 的仔猪,其转录因子蛋白 *NF-κB* 和 *Nrf2* 等靶向因子具有较低的反式激活;在仔猪肠道中,饲料组绒毛高度和隐窝深度要高于对照组,表明其对于氧应激有较好的适应力。

7 其他功能

除上述功能外,植物提取物还可以通过降低血压、血脂和胆固醇来调节动物机体的健康,并有抗虫、促进动物生长,提高肉类品质等效果。如杜仲绿原酸和黄酮能够有效地降低小鼠血脂和肝脏脂质的积累,提高血清和肝脏抗氧化水平,且具有明显的调节脂质代谢作用^[78,79]。Li M 等^[80]研究表明,海棠提取物可有效降低高脂饮食诱导的肥胖小鼠血清中总胆固醇 TC、低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C 水平,并降低血清甘油三酯 TG 含量、改善小鼠空腹血糖水平。Abarghuei M 等^[81]采用石榴皮提取物饲喂荷斯坦奶牛,血液中的胆固醇、血尿素和牛奶尿素氮浓度下降,表明石榴皮提取物能够有效降低血胆固醇和尿素氮含量。马齿苋粗多糖可显著提高糖尿病模型小鼠的胰岛素水平,提高其高密度脂蛋白含量,降低空腹血糖浓度、胆固醇含量和甘油三酯量,同时增加小鼠体重^[82]。Kataoka S 等^[83]发现 *Melinjo* 提取物饲喂哺乳大鼠,发现其可以有效调节大鼠雌性中代肝脏单磷酸腺苷活化蛋白激酶 AMPK 的通路,从而达到调节机体脂质代谢的效果。杜仲多糖可促进机体糖代谢,加速机体蛋白质和酶的合成,促进动物生长^[84];菊粉可显著提高断奶仔猪的胸腺指数和免

疫球蛋白 IgA ($P < 0.05$),降低其腹泻指数 ($P < 0.05$)^[85]。Bilić-Šobot D 等^[86]发现以板栗木提取物中的单宁为饲料添加剂,在 3β -羟基固醇类脱氢酶 3β -HSD 和磺基转移酶 SULT2A1 的作用下可以有效降低雄甾烯酮和粪臭素的合成,从而达到提高猪肉品质的效果。Pérez-Fonseca A 等^[87]发现用柚子皮提取物作为饲料添加剂饲喂柔嫩艾美耳球虫感染的羔羊,可以有效降低柔嫩艾美耳球虫在羔羊排泄物中卵囊排出量,具有抗虫效果,可促进感染羔羊平均日增重。

8 展望

植物提取物具有增强免疫力、抗应激、促生长等独特功效,且无耐药、无残留,是一种天然绿色饲料添加剂,在畜禽健康养殖中具有广阔的应用前景^[88]。其功能多重,作用机制多样^[89],越来越受到关注。但目前以植物提取物作为饲料添加剂的研究及产品开发整体上还处于较低水平,“安全、有效、可控、稳定”仍是其现代化研究需要解决的核心问题^[90]。以植物提取物为饲料添加剂,倡导健康绿色环保的养殖理念,不仅关系到畜禽养殖产业的发展,还与环境保护、食品安全乃至与人类的生产和生活息息相关。发展绿色替抗饲料添加剂是全世界畜禽养殖发展的必然趋势。

参考文献

- 1 Wang B (王彪), et al. Application of extraction of savageness plant on animal production. *Chin J Animal Sci* (畜牧兽医杂志), 2010, 29(1): 37-39.
- 2 Cowan MM. Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microbiol Rev*, 1999, 12: 564-582.
- 3 Lin MY (林漫亚). Research and application of new green feed additive. *Jiangxi Feed* (江西饲料), 2016, 3: 9-10.
- 4 Wang XJ (汪先进), et al. Effect of feed additives on trachinotus ovatus muscle quality. *Fisheries Sci Tech Infor* (水产科技情报), 2016, 185-189.
- 5 Fang Z, et al. Nutrition and health relevant regulation of intestinal sulfur amino acid metabolism. *Amino Acids*, 2010, 39: 633-640.
- 6 Lim YF, et al. An exploration of the microrheological environment around the distal ileal villi and proximal colonic mucosa of the possum (*Trichosurus vulpecula*). *J R Soc Interface*, 2013, 10(81): 20121008.
- 7 Liu F, et al. Effect of Rhizoma Atractylodis extract in protecting gastric mucosa and modulating gastrointestinal immune

- function in a rat model of spleen deficiency. *J Nanjing Med Univ*(南京医科大学学报),2015,35:343-347.
- 8 Khajareem J, *et al.* The efficacy of origanum essential oils in sow feed. *Int Pig Topics*,2002,17:17.
 - 9 Roselli M, *et al.* Effect of different plant extracts and natural substances (PENS) against membrane damage induced by enterotoxigenic *Escherichia coli*, K88 in pig intestinal cells. *Toxicol in Vitro*,2007,21:224-229.
 - 10 Romiercrouzet B, *et al.* Inhibition of inflammatory mediators by polyphenolic plant extracts in human intestinal Caco-2 cells. *Food and Chem Toxicol*,2009,47:1221-1230.
 - 11 Papatsiros VG, *et al.* Effect of *Origanum vulgare* and *Allium sativum* extracts for the control of proliferative enteropathy in weaning pigs. *Pol J VetSci*, 2009,12:407-414.
 - 12 Verhelst R, *et al.* Dietary polyphenols reduce diarrhea in enterotoxigenic *Escherichia coli*, (ETEC) infected post-weaning piglets. *Livest Sci*,2014,160:138-140.
 - 13 Huang WW(黄卫文), *et al.* The antibacterial effect of Oil-tea Saponin. *Econ Forest Res*(经济林研究),2002,20(1):17-19.
 - 14 Wu CR, *et al.* Effects of QWBZP on T-cell subsets and their cytokines in intestinal mucosa of HRV infection suckling mice. *J Ethnopharmacol*,2010,131:130-134.
 - 15 Dillon S, *et al.* The effects of lactose inclusion and seaweed extract on performance, nutrient digestibility and microbial populations in newly weaned piglets. *Livest Sci*,2010,134:205-207.
 - 16 Cao LZ(曹玲芝). The study on prevention mechanism of *Si Jun Zi Tang* on *E. coli*-induce Diarrhea of mice. Baoding: Agricultural University of Hebei(河北农业大学), PhD. 2009.
 - 17 Roca M, *et al.* Changes in bacterial population of gastrointestinal tract of weaned pigs fed with different additives. *Biomed Res Int*,2014,2014(11):269402.
 - 18 Murphya P, *et al.* The effects of liquid versus spray-dried *Laminaria digitata* extract on selected bacterial groups in the piglet gastrointestinal tract (GIT) microbiota. *Anaerobe*, 2013,21(6):1-8.
 - 19 Tian P(田萍), *et al.* Research and application of fruit oligosaccharides. *China Feed*(中国饲料),2003,4:18-19.
 - 20 Yang HS(杨洪森), *et al.* The action mechanism of fruit oligosaccharides and its application in livestock and poultry production. *Pigs and Poultry*(国外畜牧学-猪与禽),2012,32(3):54-56.
 - 21 Alam MJ, *et al.* Effect of phytogetic feed additives in Soybean Meal on in vitro swine fermentation for odor reduction and bacterial community comparison. *Aslan Austral J Anim*, 2013,26:266-274.
 - 22 Payne DE, *et al.* Tannic acid inhibits *Staphylococcus aureus* surface colonization in an IsaA-dependent manner. *Infect Immun*,2013,81:496-504.
 - 23 Blaiotta G, *et al.* Effect of chestnut extract and chestnut fiber on viability of potential probiotic *Lactobacillus*, strains under gastrointestinal tract conditions. *Food Microbiol*, 2013, 36:161-169.
 - 24 Hao Y, *et al.* *Forsythia suspensa*, extract alleviates hypersensitivity induced by soybean β -conglycinin weaned piglets. *J Ethnopharmacol*,2010,128:412-418.
 - 25 Mukhopadhyaya A, *et al.* The microbiological and immunomodulatory effects of spray-dried versus wet dietary supplementation of seaweed extract in the pig gastrointestinal tract. *J Anim Sci*,2012,90(Suppl 4):28-30.
 - 26 Zakaria Z, *et al.* Anti-fungal activities of oregano (*Oreganum vulgare*) essential oil. Serdang: University Putra Malaysia Research Report,2010.
 - 27 Babarikina A, *et al.* Anti-helicobacter activity of certain food plant extracts and juices and their composition *in vitro*. *Food Nutr Sci*,2011,8:868-877.
 - 28 Jensen AN, *et al.* The effect of a diet with fructan-rich chicory roots on intestinal helminths and microbiota with special focus on *Bifidobacteria* and *Campylobacter* in piglets around weaning. *Animal*,2011,5:851-860.
 - 29 Wang L(王鲁), *et al.* Regulating effect of sulfated total saponin of panax ginseng on function of immune competent cell; an *in vitro* experiment. *Chin J Vet Sci*(中国兽医学报), 2009,29:199-202.
 - 30 Fasina FO, *et al.* Phytochemical analysis and *in vitro*, anti-African swine fever virus activity of extracts and fractions of *Ancistrocladus uncinatus*, Hutch and Dalziel (*Ancistrocladaceae*). *Bmc Vet Res*,2013,9(1):1-11.
 - 31 Schepetkin IA, *et al.* Botanical polysaccharides; Macrophage immunomodulation and therapeutic potential. *Int Immunopharmacol*,2006,6:317-333.
 - 32 Jin LQ(金丽琴), *et al.* Effects of *Achyranthes bidentata* polysaccharides on non-specific immune function of old rats. *Chin J Pathophysiol*(中国病理生理杂志),2007,23:1408-1411.
 - 33 Yang JT(杨江涛), *et al.* Effect of Polysaccharide, Flavonoid-sand Saponins of Polysavone on expression of mouse Beta-defensins in RAW264.7 Cells. *Acta Veterin Zootech Sin*(畜牧兽医学报),2010:608-614.
 - 34 Trevisi P, *et al.* Effect of dietary addition of thymol on growth, salivary and gastric function, immune response, and excretion of *Salmonella entericaserovar Typhimurium*, in weaning pigs challenged with this microbe strain. *Ital J Anim Sci*,2010,6:266-268.
 - 35 Ma L(马莉), *et al.* Effect of ganoderma polysaccharides on *IL-2* production by mouse splenocytes *in vitro*. *J Peking Univ Health Sci*,1991.
 - 36 Ahmed ST, *et al.* Effects of Resveratrol and Essential Oils on

- growth performance, immunity, digestibility and fecal microbial shedding in challenged piglets. *Aslan Austral J Anim*, 2013, 26:683-690.
- 37 Wang ZH(王志宏), *et al.* Effects of flavonoid and flavone from *Eucommia ulmoides* Oliv. on proliferation of splenocytes and production of *IL-2* and *IFN- γ* in Mice. *Lycorisaura. Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2016, 28:514-518.
- 38 Liu Y, *et al.* Anti-inflammatory effects of several plant extracts on porcine alveolar macrophages *in vitro*. *J Anim Sci*, 2012, 90:2774-2783.
- 39 Wang JP, *et al.* Effect of dietary fermented garlic by *Weissella koreensis* powder on growth performance, blood characteristics, and immune response of growing pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J Anim Sci*, 2011, 89: 2123-2131.
- 40 Boskabady MH, *et al.* The impact of *Zataria multiflora* Boiss extract on *in vitro* and *in vivo* Th1/Th2 cytokine (*IFN- γ* /*IL4*) balance. *J Ethnopharmacol*, 2013, 150:1024-1031.
- 41 Lei LS, *et al.* Effect of *Ganoderma* polysaccharides on T cell subpopulations and production of interleukin 2 in mixed lymphocyte response. *Acta Pharm Sin* (药学报), 1992, 27: 331-335.
- 42 Zhou YL(周云雷). Study on chemical constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. and their dynamic changes. Jishou: Jishou University(吉首大学), PhD. 2015.
- 43 Pastorelli G, *et al.* Influence of *Lippia citriodora* verbascoside on growth performance, antioxidant status, and serum immunoglobulins content in piglets. *Czech J Anim Sci*, 2012, 57: 312-322.
- 44 Xu P(许平). Study on the antioxidative activities of polysaccharides from *cucumisaticus-L*. *Technol Business Univ, Nat Sci Ed*(重庆工商大学学报, 自科版), 2009, 26(1):54-56.
- 45 Hu ZF(胡宗福), *et al.* Study on the scavenging of ROS and anti-lipid peroxidation by chlorogenic acid. *Food Sci*(食品科学), 2006, 27:128-130.
- 46 Liu Q, *et al.* Antioxidant activities of barley seeds extracts. *Food Chem*, 2007, 102:732-737.
- 47 Liu J, *et al.* The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays L.*) and related flavone glycosides. *Food Chem*, 2011, 126:261-269.
- 48 Caroline BT, *et al.* Intestinal metabolism of sulfur amino acids. *Nutr Res Rev*, 2009, 22:175-187.
- 49 Miller LT, *et al.* Oxidation of the glutathione/glutathione disulfide redox state is induced by cysteine deficiency in human colon carcinoma HT29 cells. *J Nutr*, 2002, 132:2303-2306.
- 50 Wu G, *et al.* Glutathione metabolism and its implications for health. *J Nutr*, 2004, 134:489-492.
- 51 Koner S, *et al.* Effect of Trans-*e*-Viniferin on *in vitro* porcine oocyte maturation and subsequent developmental competence in preimplantation embryos. *J Vet Med Sci*, 2013, 24:207-208.
- 52 Esteban MA, *et al.* Effect of dietary supplementation of probiotics and palm fruits extracts on the antioxidant enzyme gene expression in the mucosae of gilthead seabream (*Sparus aurata L.*). *Fish Shell Fish Immu*, 2014, 39:532-540.
- 53 Su JJ, *et al.* Reducing oxidative stress and hepatoprotective effect of the water extracts from Pu-erh tea on rats fed with high-fat diet. *Food Sci Human Wellness*, 2016, 5:199-206.
- 54 Gobi N, *et al.* *Oreochromis mossambicus*, diet supplementation with *Psidium guajava*, leaf extracts enhance growth, immune, antioxidant response and resistance to *Aeromonashydrophila*. *Fish Shell Fish Immu*, 2016, 58:572-583.
- 55 Hsu CK, *et al.* Protective effects of the crude extracts from yam (*Dioscoreaalata*) peel on tert-butylhydroperoxide-induced oxidative stress in mouse liver cells. *Food Chem*, 2011, 126:429-434.
- 56 Jiménez-Escrig A, *et al.* *In vitro* antioxidant activities of edible artichoke (*Cynarascolymus L.*) and effect on biomarkers of antioxidants in rats. *J Agric Food Chem*, 2003, 51:5540-5545.
- 57 Hsu CK, *et al.* Protective effects of the crude extracts from yam (*Dioscoreaalata*) peel on tert-butylhydroperoxide-induced oxidative stress in mouse liver cells. *Food Chem*, 2011, 126:429-434.
- 58 Liu GT(刘根桃), *et al.* Effect of daidzein fed to pregnant sows on milk production and the levels of hormones in colostrum. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), 1999, 22(1):69-72.
- 59 Guo XH(郭晓红), *et al.* Effect of Daidzein on endocrinology and immune function of broilers. *Chin J Vet Sci*(中国兽医学报), 2005, 25:394-396.
- 60 Zhou W(周炜), *et al.* Effects of flaxseed lignans on the growth of skeletal muscle of male rats and its possible mechanism. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), 2009, 42:261-266.
- 61 Li NS(李乃顺), *et al.* The effects of Chlorogenic acid on the growth, non-specific immune index and the meat quality of juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngofonidellus*). *Acta Hydrobiol Sin*(水生生物学报), 2014, 4:619-626.
- 62 Zingue S, *et al.* Estrogenic effects of *Ficus umbellata* Vahl. (Moraceae) extracts and their ability to alleviate some menopausal symptoms induced by ovariectomy in Wistar rats. *J Ethnopharmacol*, 2016, 179:332-344.
- 63 Jiang PC(姜平川), *et al.* Application of plant essential oil in external preparation. *Int Med*(内科), 2011, 6:467-469.
- 64 Fraser GR, *et al.* Assessment of the effects of cinnamon leaf oil on rumen microbial fermentation using two continuous

- culture systems. *J Dairy Sci*, 2007, 90:2315-2328.
- 65 Eadie JM, *et al.* A survey of physically active organic infusoricidal compounds and their soluble derivatives with special reference to their action on the rumen microbial system. *J General Microbiol*, 1956, 14:122-133.
- 66 Ando S, *et al.* Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. *Livest Prod Sci*, 2003, 82:245-248.
- 67 Mirzaei-Alamouti H, *et al.* Both monensin and plant extract alter ruminal fermentation in sheep but only monensin affects the expression of genes involved in acid-base transport of the ruminal epithelium. *Anim Feed Sci Tech*, 2016, 219:132-143.
- 68 Ohene-Adjei S, *et al.* Evidence of increased diversity of methanogenic archaea with plant extract supplementation. *Microb Ecol*, 2008, 56(2):234-242.
- 69 Xu XM(徐晓明), *et al.* Effects of encapsulated combination of Cinnamaldehyde and Garlic Oil addition on milk production in early-lactating dairy cows. *J Dairy Sci Technol*(乳业科学与技术), 2010, 33:139-141.
- 70 Wang DS(王东升), *et al.* Effects of plant solid powder and ethanol extract of *Impatiens balsamina* on microbial metabolic parameters during *in vitro* rumen fermentation. *Acta Pratacul-Sin*(草业学报), 2013, 22:87-93.
- 71 Zhou YY, *et al.* Inhibition of rumen methanogenesis by tea saponins with reference to fermentation pattern and microbial communities in Hu sheep. *Fuel Energy Abstracts*, 2011, 166:93-100.
- 72 Guerreiro O, *et al.* Effects of extracts obtained from *Cistus ladanifer*, L. on *in vitro* rumen biohydrogenation. *Anim Feed Sci Tech*, 2016, 219:304-312.
- 73 Li YM(李亚民), *et al.* Effect of Sheng Mai San on experimental myocardial infarction. *Chin J Integr Tradit West Med*(中国中西医结合杂志), 1985, 6:346-346.
- 74 Wei HM(韦海明). Effects of radix astragali and vitamin C of stress of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). Qingdao: Ocean University of China(中国海洋大学), Ph.D. 2014.
- 75 Ming JH, *et al.* Effects of emodin and vitamin C on growth performance, physiological response of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala* Yih) under high temperature stress. Nanjing: Nanjing Agricultural University(南京农业大学), Ph.D. 2011.
- 76 Fang J, *et al.* Dietary supplementation with *Acanthopanax senticosus* extract enhances gut health in weanling piglets. *Livest Sci*, 2009, 123:268-275.
- 77 Gessner DK. Supplementation of a grape seed and grape marc meal extract decreases activities of the oxidative stress-responsive transcription factors *NF- κ B* and *Nrf2* in the duodenal mucosa of pigs. *Acta Vet Scand*, 2013, 55(1):1-10.
- 78 Wang JH(王建辉), *et al.* Effect of chlorogenic acid extracted from *Eucommia ulmoides* Oliv. on hyperlipemia of mice induced by high fat diet. *Food Ind Sci Technol*(食品工业科技), 2012, 33:360-362.
- 79 Wang ZH(王中华), *et al.* Influence of inulin on growth performance and immune function of weaning piglets. *Feed Ind*(饲料工业), 2011, 32(24):36-38.
- 80 Li M, *et al.* Crabapple fruit extracts lower hypercholesterolemia in high-fat diet-induced obese mice. *J Funct Foods*, 2016, 27:416-428.
- 81 Liu J(刘静), *et al.* Study on the reducing blood lipid and antioxidation effects of flavonoids from *Eucommia ulmoides* Oliver leaves. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学), 2010, 38:5631-5632.
- 82 Wong YF, *et al.* Anti-inflammatory and analgesic effects and molecular mechanisms of JCICM-6, a purified extract derived from an anti-arthritis Chinese herbal formula. *Phytomedicine*, 2008, 15(6-7):416-426.
- 83 Kataoka S, *et al.* Melinjo (*Gnetum gnemon*) extract intake during lactation stimulates hepatic AMP-activated protein kinase in offspring of excessive fructose-fed pregnant rats. *Reprod Biol*, 2016, 16:165-173.
- 84 Abarghuei MJ, *et al.* Nitrogen balance, blood metabolites and milk fatty acid composition of dairy cows fed pomegranate-peel extract. *Livest Sci*, 2014, 164(6):72-80.
- 85 Liu GR(刘国荣), *et al.* Effect and mechanism of EOP on diabetic mice induced by alloxan. *J Taishan Medi College*(泰山医学院学报), 2010, 31:659-661.
- 86 Bilić-Šobot D, *et al.* Chestnut wood extract in boar diet reduces intestinal skatole production, a boar taint compound. *Agron Sustain Dev*, 2016, 36:62.
- 87 Pérez-Fonseca A, *et al.* Anticoccidial efficacy of naringenin and a grapefruit peel extract in growing lambs naturally-infected with *Eimeria* spp. *Vet Parasitol*, 2016, 232:58.
- 88 Gao ZM(高振明), *et al.* Research progress of effect of Chinese herb medical additives to production performance and pork quality in finishing Pigs. *J Shanxi Agric Sci*(山西农业科学), 2010, 38(4):70-71.
- 89 Sun YQ(孙雨晴), *et al.* Effect of plant extracts on animal health and its mechanism. *J Zhejiang Agric Sci*(浙江农业科学), 2012, 7:1045-1049.
- 90 Liu YF(刘宇峰), *et al.* Safety, effectiveness and quality control of Chinese veterinary drugs. *Modern Anim Husbandry Sci Technol*(现代畜牧科技), 2011, 9:191-191.