

鱼腥草及其提取物在畜禽饲料中的应用研究进展

冯伦杰¹, 汤华玉¹, 吴天赐¹, 陈玲², 陈帅³, 陈莉文³, 蒋成全^{2*}, 严鸿林^{1*}

(1. 西南科技大学生命科学与农林学院, 四川绵阳 621000; 2. 四川中医药高等专科学校, 四川绵阳 621000;

3. 绵阳市安州区鸿丰奶牛养殖有限公司, 四川绵阳 621000)

摘要: 鱼腥草在中医中具有悠久的药用历史, 具有抗炎、抗菌、抗病毒、利尿、抗氧化和抗肿瘤的作用, 这与其富含生物碱、挥发油、酚酸和类黄酮等多种生物活性物质有关。自我国饲料端禁用抗生素以来, 鱼腥草与其提取物作为潜在的抗生素替代品受到了广泛关注。目前, 关于鱼腥草与其提取物对畜禽生长和健康有益效果的研究日益增多, 但其活性成分复杂、作用机制不明以及在畜禽饲料中的应用潜力尚未得到充分挖掘。本文综述了鱼腥草与其提取物的生物学活性以及在畜禽饲料中的应用及可能机制, 以期为鱼腥草与其提取物在畜禽饲料中的高效合理利用提供一定理论依据和参考。

关键词: 饲料; 鱼腥草; 鱼腥草提取物; 生物学功能

中图分类号: S816

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250329-01

鱼腥草 (*Houttuynia cordata*) 又名紫萹、折耳根、九节莲, 为三白草科蕺菜属植物, 在我国西藏、云南、陕西、甘肃等地区广泛分布, 其地上茎部分可以用于治疗肺炎和肺脓肿, 在中国具有悠久的药用历史^[1]。鱼腥草含有多种活性成分, 主要富含挥发油和类黄酮, 其抗炎和抗菌效果非常显著。我国农业农村部 194 号公告指出, 除中草药外, 动物饲料中禁止添加其他促生长类药物添加剂, 标志着中国畜牧行业进入“禁抗”时代。但限制抗生素的使用会导致一些细菌性疾病爆发, 降低了畜禽的生产效率, 而无抗畜产品成本高, 价格昂贵, 难以满足日益增长的消费者需求^[2]。因此, 寻找安全有效、成本较低的抗生素替代品成为了新的研究热点。鱼腥草等中草药能够提高动物的生长性能, 改善动物肠道健康及调节宿主免疫系统, 具有安全、高效、低残留、低污染等优势, 被认为抗生素潜在的替代物, 在饲料添加剂

领域展现出广阔的应用前景。植物提取物是从植物中获取的一种或多种有效成分的总称, 主要包括黄酮类、多糖类、植物精油、皂苷类、多酚类和氨基酸类等多种对畜禽有益的活性物质^[3]。随着提取技术的不断优化, 植物提取物在动物饲料中的应用也越来越多。临床试验表明, 鱼腥草提取物具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗菌、免疫调节和抗病毒作用^[4]。鱼腥草的活性成分对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌等病原体均有抑制作用^[5]。Ahn 等^[6]发现鱼腥草茎里含有 15 种具有较强抗炎作用的活性物质, 3~7 种生物碱具备抗炎和抗癌作用。复方鱼腥草合剂可减轻炎症反应, 增强免疫功能, 且安全性良好^[7]。由此可知, 鱼腥草及其提取物作为一种天然绿色的饲料与添加剂在畜禽饲料中的应用前景巨大。但是, 鱼腥草活性成分组成、作用效果机制以及在畜禽饲料中的应用潜力尚未得到充分挖掘, 相关研究进展未进行综合整理。本文综述了鱼腥草与其提取物在猪、反刍动物和家禽生产中的应用, 以期为鱼腥草及其提取物在动物生产中高效、合理利用提供一定参考。

1 鱼腥草的主要活性成分

从鱼腥草中分离鉴定出的化合物有 200 多种, 其主要化学成分是挥发油、黄酮类、多酚类、多糖类、生物碱类、有机酸、维生素和许多人体必需的矿物质元

收稿日期: 2025-03-29; 修回日期: 2025-07-13

资助项目: 中央引导地方科技发展项目 (2022ZYDF081)

作者简介: 冯伦杰 (1999-), 男, 四川宜宾人, 硕士研究生, 主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: lunjiefeng2023@163.com

* 通信作者: 严鸿林 (1988-), 男, 湖北荆州人, 博士, 副教授, 主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: honglinyan@swust.edu.cn; 蒋成全 (1969-), 男, 四川江油人, 本科, 副教授, 主要从事中药资源学研究, E-mail: 150315691@qq.com

素。目前报道较多的鱼腥草活性成分主要包括挥发油类、黄酮类、有机酸、多酚类和生物碱类,鱼腥草多糖(Houttuynia cordata Polysaccharide, HCP)因为具有增强机体免疫功能的作用也越来越受到关注。

1.1 挥发油 挥发油是鱼腥草的主要活性成分,具有抗菌、抗炎、抗癌、抗真菌和抗病毒等多种生物学活性,其主要活性物质是甲基正壬基酮(Methyl Nonyl Ketone, MNK)、癸酰乙醛和月桂醛,此外还含有癸醛、 α -蒎烯、桉烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、乙酸龙脑酯、柠檬烯、香叶基、4-松脂醇、壬醇和香叶醇氧化物。具有鱼腥味的癸酰乙醛可以增强动物的抗菌特性, MNK可以显著增强巨噬细胞吞噬功能及自然杀伤细胞活性,增强机体免疫^[8]。此外, MNK还通过激活 Toll 样受体 2/4 信号通路介导的先天性免疫信号转导通路,上调人 β -防御素-2 表达,从而促进抗菌肽的释放,构建“免疫激活-直接杀灭”的双重抗菌防御体系^[9]。Yu 等^[10]研究表明,新鲜鱼腥草的挥发油在盛花期时含量最高,花期前的含量仅为盛花期的 1/10,干燥鱼腥草的挥发油含量为新鲜鱼腥草的 1/15,因此以新鲜鱼腥草为原料提取挥发油效果更好。新鲜鱼腥草的不同部位挥发油含量也不同,叶片中挥发油占 66.83%,主要是 β -肉桂烯和 α -蒎烯,茎部挥发油含量为 94.55%,主要为 MNK、 β -蒎烯和正癸酸,地下茎部挥发油含量为 92.1%,主要为 MNK、 β -蒎烯和龙脑酸乙酯^[11]。鱼腥草挥发油的检测方法多为气相色谱法和薄层色谱法。

1.2 生物碱 迄今为止,已在鱼腥草中分离鉴定出 71 种生物碱,其中包括 27 种异喹啉类生物碱、12 种内酰胺类生物碱、15 种酰胺类生物碱以及 11 种吡啶类和其他生物碱^[12]。生物碱是一类存在于生物体中的碱性含氮化合物,大多数具有复杂的含氮杂环,并与有机酸结合形成盐类,少数以糖苷、有机酸酯和酰胺的形式存在,鱼腥草地上部分含有多种具有抗癌和抗炎作用的生物碱,小剂量的生物碱就会引起人类和动物机体产生很强的生物学效应^[13]。生产中常用薄层色谱法、高效液相色谱法和质谱法鉴定鱼腥草地上部分的生物碱。

1.3 鱼腥草多糖 植物多糖通过增强和活化巨噬细胞功能来提升机体免疫调节、抗肿瘤活性、抗炎、伤口愈合能力^[14]。HCP 在鱼腥草根、叶、茎的水提取物中含量丰富,由葡萄糖、鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖、半乳糖醛酸等组成,具有抗炎、抗菌和提高免疫力的作用。此外,鱼

腥草的水提取物还含有 25.67% 的中性糖和 12.34% 的乙醛酸,主要由半乳糖醛酸、半乳糖、葡萄糖和木糖组成,由 α -1,4-糖苷键和 β -1,4-糖苷键连接^[15]。

1.4 有机酸 鱼腥草中的有机酸主要分布在叶子中,根和茎中含量较少。鱼腥草提取物中的有机酸含量受提取溶剂影响,例如鱼腥草乙醇提取物中的有机酸含量显著高于乙醚和水提取物^[16]。鱼腥草提取物中的有机酸主要为没食子酸、对羟基苯甲酸、香草酸、丁酸、对香豆酸和绿原酸,其中对香豆酸含量最高,还含有少量的棕榈酸、油酸、硬脂酸、熊果酸和辛酸,以及皂苷、单宁和甾体化合物^[17]。

1.5 黄酮类 黄酮类化合物因其卓越的药理活性,在抗炎抑菌、抗氧化、抗辐射以及抗肿瘤等方面展现出广泛的生物学功能。新鲜鱼腥草叶中黄酮类化合物的含量高于根部,主要包括槲皮素、槲皮苷、金丝桃苷和芦丁。槲皮素及其衍生物在预防过敏、溃疡、癌症、白内障、糖尿病、炎症及心血管疾病等方面具有显著作用。槲皮苷则以其强抗氧化和抗炎特性受到关注^[18]。Tang 等^[19]研究发现,在脂多糖(Lipopolysaccharide, LPS)诱导的小鼠 RAW 264.7 细胞炎症模型中,添加不同浓度的槲皮苷可显著降低肿瘤坏死因子 α (Tumor Necrosis Factor- α , TNF- α)、白细胞介素-1 β (Interleukin-1beta, IL-1 β)及白细胞介素-6 (Interleukin-6, IL-6)浓度。金丝桃苷是黄酮醇苷类化合物,具有抗炎、利尿、止咳、降压、降低胆固醇以及心脑血管保护的作用,可调节神经、消化及免疫系统功能。芦丁是槲皮素与芦丁糖形成的糖苷,广泛存在于水果、蔬菜、茶及酒类植物饮品中,具有抗癌、抗炎、神经保护及抗氧化应激等药理特性^[20]。瑞诺苷通过靶向 S100A1 蛋白的表达,抑制基质金属蛋白酶的活性及核因子 κ B (Nuclear Factor Kappa-B, NF- κ B) 的转录活性,是潜在的治疗缺血性心力衰竭的天然药物^[21]。鱼腥草提取物中槲皮素、异槲皮苷及芦丁含量分别为 0.4、5.4、5.4 μ g/mL,其花和果实的乙醇提取物中也富含金丝桃苷和芦丁^[22]。

1.6 非黄酮多酚类 鱼腥草中含有原儿茶酸、绿原酸、对羟基苯甲酸甲酯、香草醛、香草酸甲酯、反式阿魏酸甲酯、原花青素 B、儿茶素、奎尼酸和鱼腥草酰胺 A 等 16 种多酚,具有多种生物学活性,对畜禽健康有益。多酚作为强抗氧化剂,能够有效清除自由基,保护细胞免受有害自由基引发的氧化损伤^[23]。此外,新鲜鱼腥

草不同部位的多酚含量差异明显,茎部的含量最高,达 9.4 mg/g,其次是叶片(8.2 mg/g),根部的含量最低,仅为 5.7 mg/g^[24]。

2 鱼腥草及其提取物的生物学功能

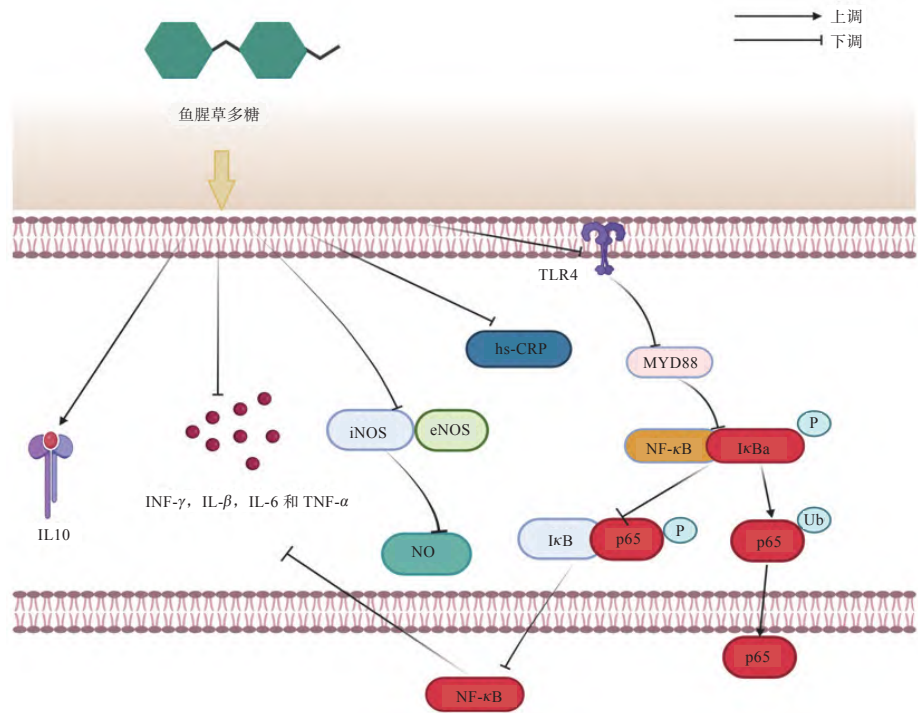
2.1 抗炎 炎症是机体在受到病毒、细菌、有毒化学物质等有害物质刺激时产生的一种保护性反应,炎症细胞浸润以巨噬细胞和淋巴细胞为主,常与自身免疫性疾病的发生发展密切相关。鱼腥草及其提取物具有显著的抗炎作用。李静等^[25]研究发现,癸酰乙醛能够通过调节脂质代谢(降低胆固醇和低密度脂蛋白水平以及高密度脂蛋白和低密度脂蛋白的比值)和增加白细胞介素-10(Interleukin-10, IL-10)、TNF- α 、IL-6 和 IL-1 β 水平维持细胞因子平衡,发挥抗炎的作用。在畜禽生产中益生菌常与益生元联合使用用于疾病治疗,鱼腥草因富含可发酵的膳食纤维、多糖和多酚等活性物质,具有天然、多靶点和能够选择性促进肠道有益菌群的生长特性而被视为益生元。Xu 等^[26]研究发现,将 HCP 与植物乳杆菌 P101 联合使用通过增加有益菌(普雷沃氏菌属、罗氏菌属和阿克曼氏菌属)的丰度,减少有害菌如另枝菌属、厌氧棍状菌属和志贺氏菌属的丰度来缓解肝脏的炎症。Li 等^[27]揭示了 HCP 可以通过降低 Toll 样受体 4(Toll-Like Receptor 4, TLR4)和 NF- κ B 的表达来发挥抗炎作用。进一步研究发现,癸酰乙醛和 MNK 也可通过抑制 TLR4 表达和 NF- κ B 信号通路抑制有害菌的繁殖,减轻炎症的负面影响^[28]。结肠炎模型中,吴苹等^[29]证实 HCP(2 g/kg·d,灌胃 6 d)能够显著缓解结肠溃疡,降低血清中 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 和 γ 干扰素水平。肺炎模型中, Wang 等^[30]证实癸酰乙醛通过增加 CD4⁺、CD25⁺、FoxP3⁺ 和 Treg 细胞的数量和促进 IL-10 的分泌,改善 Treg/Th17 细胞的失衡,缓解了气道炎症。此外, Yu 等^[31]试验表明,鱼腥草的水提取物、正丁醇提取物和乙醇提取物均能缓解小鼠炎症反应,其中水提取物抗炎效果最佳,新鲜鱼腥草提取物的药理活性优于干燥鱼腥草。鱼腥草的乙醇提取物能够抑制脂多糖(LPS)诱导的肺上皮细胞(A549)和肺泡巨噬细胞(MH-S)中 IL-6 和白细胞介素-8 的表达,其水提取物可减少小鼠巨噬细胞中一氧化氮和 TNF- α 的产生,而乙醇提取物则能抑制 A549 和 MH-S 细胞中的 IL-6 和一氧化氮水平^[32]。大鼠采食了 200 mg/kg 和 400 mg/kg 的发酵鱼腥草可通

过下调 IL-1 β 、TLR4 和 NF- κ B 的水平减轻 LPS 诱导的心脏炎症^[33]。综合以上所述,鱼腥草及其提取物展现出较好的抗炎潜力,主要通过抑制 TLR4 和髓样分化因子 88(MYD88)、IL-1 β 、IL-6、和 INF- γ 等关键靶点的表达以及 NF- κ B 信号通路来调节炎症(图 1)。因此,鱼腥草具有预防和治疗炎症相关疾病的潜在应用价值。

2.2 免疫调节 在动物免疫系统中,嗜碱性粒细胞、嗜酸性粒细胞、肥大细胞、淋巴细胞和中性粒细胞等细胞以及抗体、肿瘤坏死因子、干扰素和白细胞介素等分子发挥着关键作用。鱼腥草富含的多酚、黄酮和多糖能够调节免疫细胞的活性和功能,例如多糖可以增强白细胞的吞噬作用,促进淋巴细胞增殖和免疫因子的分泌,清除羟自由基和超氧阴离子自由基从而调节先天免疫,提高抵抗病原体的能力,具有抗炎和抗肿瘤作用^[34]。

HCP 能够通过抑制人体 T 细胞的表达,显著增加血清中 TNF- α 、IL-1 β 、巨噬细胞炎症蛋白 1 α 、巨噬细胞炎症蛋白 1 β 和趋化因子 RANTES 的浓度来增强机体免疫^[35]。鱼腥草提取物能够调节免疫细胞活性和免疫介质的表达。例如,鱼腥草提取物能促进阴道上皮细胞白细胞蛋白酶抑制剂 mRNA 和人 β -防御素 2 的表达,增加白细胞介素-2(Interleukin, IL-2)和 IL-6 的分泌^[36]。过敏是一种常见的免疫功能异常疾病,鱼腥草中的多酚类成分具有抗过敏活性。研究表明,鱼腥草提取物能抑制肥大细胞的 Fc ϵ RI 依赖性信号通路,从而缓解过敏反应^[37]。综合以上,鱼腥草及其提取物可能通过多种途径调节免疫系统,具有增强免疫和缓解过敏的潜力。

2.3 抗菌 抗生素耐药性已成为畜禽养殖业面临的全球性挑战。为应对耐药菌株引起的感染,亟需开发安全有效的替代疗法。植物来源的化合物和代谢产物因其潜在的抗菌活性而备受关注。鱼腥草作为一种传统草药,其多种活性成分尤其是挥发油和黄酮具有较好的抗菌潜力。研究表明,鱼腥草中的柠檬烯、乙酸冰片酯和 MNK 能显著抑制革兰氏阳性菌繁殖^[38],癸酰乙醛则显著抑制了革兰氏阴性菌繁殖^[39]。鱼腥草挥发油通过抑制细菌细胞膜的形成和增强吞噬细胞的吞噬能力,发挥抗菌作用。相较于鱼腥草的其他活性成分,挥发油对金黄色葡萄球菌的抑制效果更为显著,如 Liang 等^[40]发现鱼腥草地上部分中的挥发油对金黄色葡萄球菌的最低抑制浓度(Minimum Inhibitory Concentration, MIC)为 0.25 μ L/mL,鱼腥草不同部位 MIC 范围为 0.0625~



hs-CRP (超敏 C 反应蛋白), iNOS (诱导型一氧化氮合酶), eNOS (内皮型一氧化氮合酶), NO (一氧化氮), IκBα (核因子 κB 抑制蛋白 α), IκB (核因子 κB 抑制蛋白), P (磷酸化), p65 (转录因子 p 65), Ub (泛素)。

图 1 鱼腥草多糖的抗炎机制

4.0 μL/mL, 鱼腥草水提取物对克罗诺杆菌的 MIC 和最低杀菌浓度分别为 7.5 mg/mL 和 15 mg/mL。动物试验表明, BALB/c 小鼠在灌胃鱼腥草水提物后可显著提高对鼠伤寒沙门氏菌感染的耐受性, 从而延长其生存期, 乙醇提取物能有效抑制表皮葡萄球菌 TSE1、化脓性链球菌 TSP2、JCM12971 型链球菌、无乳链球菌 TSA1、粪肠球菌 TEF1、绿脓杆菌 PAO1、大肠埃希菌 K1 和粘质沙雷氏菌 TSM1 的活性, 这些菌株的 MIC 均高于 1 760 μg/mL^[41]。与水提物相比, 乙醇提取物的抗菌效果更优, 但水提物对灰霉菌的抗菌活性更强^[42]。值得注意的是, 鱼腥草和其他抗菌药物联合使用效果更好, 例如, 将鱼腥草和甲氧西林联合使用提升了前者的抗菌能力^[43]。纳米粒子可用作潜在的抑菌剂, 但合成和稳定纳米颗粒的化学品可能具有毒性, 威胁人类健康。利用植物的多酚、黄酮、生物碱等化合物, 绿色合成的银纳米粒子可以阻断细菌内 DNA 的复制, 导致细胞凋亡。Maimaiti 等^[44]发现鱼腥草的根茎合成的银纳米粒子对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和志贺氏菌有较强的抑制作用, 且革兰氏阴性菌对硝酸银浓度的敏感性高于革兰氏阳性菌, 随着温度升高银纳米粒子的抗菌效果增强, 在

80℃时对金黄色葡萄球菌 (18.04±0.93 mm)、志贺氏菌 (18.10±0.63 mm) 和沙门氏菌 (17.88±0.37 mm) 抑制效果最好, 表现出优异的抗菌活性。

鱼腥草还可以抑制肠道中有害菌增殖, 增加有益菌的相对丰度。鱼腥草挥发油增加了乳酸杆菌和普雷沃氏菌属等有益菌群数量, 从而改善肠道微环境, 维持肠道的稳态, 增强对病原菌的抵抗力^[45]。Cen 等^[46]研究发现, HCP 可直接靶向肠上皮细胞, 保护肠上皮屏障功能完整, 并减少细胞凋亡, 20.50 μg/mL 的 HCP 对细菌具有抑制作用, 尤其是对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌, MIC 分别为 0.937 5、1.875 mg/mL, 且对革兰氏阴性菌的抑制作用略强于革兰氏阳性菌。Wang 等^[47]报道, 鱼腥草可靶向肠道菌群, 增加有益菌乳酸杆菌和双歧杆菌的相对丰度, 减少有害的肠杆菌科和肠球菌的相对丰度, 预防结肠炎复发。槲皮素也有助于肠炎恢复, Lin 等^[48]研究发现, 患有肠炎的小鼠摄入槲皮素后增加了肠道菌群的多样性, 维持了肠道菌群的稳定, 拟杆菌、双歧杆菌、乳酸杆菌、梭状芽胞杆菌等有益菌丰度显著增加, 而有害菌梭杆菌和肠球菌的丰度显著降低, 其机制是破坏细胞膜完整性和细胞壁结构, 影响其代谢和生长。槲皮素

还可以降低疣微菌门的丰度, 增加放线菌门、蓝细菌门和厚壁菌门的丰度, 斯皮尔曼相关性分析发现, 与血浆溶血磷脂酰胆碱以及盲肠胆固醇含量有关^[49]。宏基因组学分析显示, 羊摄入鱼腥草的多酚和黄酮增加了肠道中拟杆菌门和厚壁菌门的丰度, 降低了普雷沃菌属、丁酸弧菌属和甲烷球菌属的丰度, 有利于瘤胃发酵调控^[50]。鱼腥草作为一种潜在的自然抗菌剂, 能够通过改变细菌细胞膜的结构和流动性有效抑制畜禽体内有害菌的繁殖, 增强其对病原菌的抵抗力, 后续应深入研究其活性物质的抗菌机制以便于进一步开发抗菌药物。

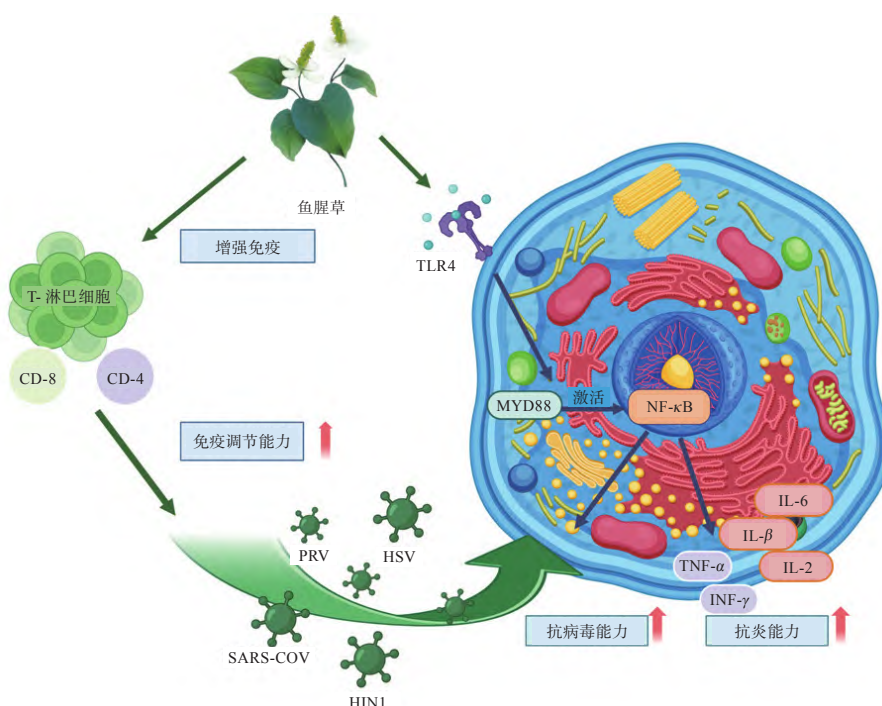
2.4 抗氧化应激 氧化应激是指生物体内氧化剂与抗氧化剂失衡, 导致活性氧和自由基过量产生的一种状态。这种失衡会引发细胞结构和功能的损伤, 是癌症、心血管疾病和神经退行性疾病等多种病理过程的重要发病机制之一。鱼腥草中富含绿原酸、维生素 C、多酚、黄酮类和多糖类等抗氧化成分, 这些成分已被证实具有抗氧化活性和脂质过氧化抑制活性, 能清除体内自由基, 防止氧化应激。此外, Chang 等^[51] 试验表明, 链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠摄入 200 mg/kg 和 400 mg/kg 的鱼腥草提取物, 有效降低了线粒体氧化应激水平, 并且 400 mg/kg 剂量组还能显著增加肝脏、胰腺和脂肪组织中的超氧化物歧化酶活性。一氧化氮在维持机体内环境稳定方面发挥关键作用, 血管氧化应激可导致体内一氧化氮生成减少和内皮功能障碍。Tuyen 等^[52] 研究发现, 鱼腥草甲醇提取物 (50%) 能够缓解棕榈酸酯诱导的人主动脉内皮细胞的氧化应激, 并且当 2,2'- 联氨基的抑制率为 50% 时鱼腥草的甲醇提取物的抗氧化能力最强, 其次是乙醇提取物, 己烷提取物的抗氧化能力最低。鱼腥草的水提取物和乙醇提取物混合物也可以增强畜禽的抗氧化能力^[53]。值得注意的是, 发酵后的鱼腥草及其提取物中多酚和类黄酮含量显著增加, 同时使其铁离子还原能力以及超氧化物歧化酶活性显著增强^[54]。综合以上, 鱼腥草中的活性物质具有显著的抗氧化作用。鱼腥草提取物不仅可以降低线粒体氧化应激, 增加抗氧化酶活性, 对肝脏、胰腺和脂肪组织也具有积极的保护作用, 且发酵鱼腥草的抗氧化能力更强。

2.5 抗病毒 鱼腥草对多种病毒感染具有显著的抑制作用。例如, 鱼腥草中的金丝桃苷、芦丁、槲皮素和异槲皮苷, 通过协同作用显著延长了甲型流感病毒感染小鼠的生存期^[55]。槲皮素-3- 鼠李糖苷通过减少细胞病变,

抑制甲型流感病毒 WS/33 株在宿主体内的复制^[56]。鱼腥草的水提取物可以降低单纯疱疹病毒 (Herpes Simplex virus, HSV) 病毒在感染初期的结合和穿透能力, 尤其是对 HSV-2 型病毒具有较好的抑制效果^[57]。另外, HCP 也具有较好的抗 HSV 的作用, 并可通过调节肠道和肺部之间的微生物、代谢物和免疫信号缓解流感病毒引起的肠部和肺部损伤^[58]。禽流感病毒 (Avian Influenza Virus, AIV) 分为高致病性禽流感病毒和低致病性禽流感病毒, 高致病性禽流感病毒感染可能引发全身性致命疾病, 家禽是其自然宿主, 可感染哺乳动物和人类。鱼腥草中的多酚不仅能抑制 AIV 的 RNA 聚合酶的核酸酶活性, 还可以与神经氨酸酶相互作用抑制病毒的释放, 发挥抗 AIV 的作用^[59]。新城疫是由新城疫病毒引起的具有高传染性的禽类病毒性传染病。Wu 等^[60] 研究表明, 鱼腥草中的多糖可以通过增强血清中免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 G 的水平, 增强鸡对新城疫疫苗的免疫力, 可能与 Toll 样受体 7 的上调有关。鱼腥草还能抑制猪伪狂犬病病毒 (Pseudorabies Virus, PRV) 的活性, 其含有的黄酮和多酚类活性物质还可以抑制牛疱疹病毒和猪繁殖与呼吸综合征病毒感染的活性^[61]。Saleh 等^[62] 研究表明, 使用含鱼腥草成分的药物治疗冠状病毒感染引起的急性呼吸系统综合症是安全有效的。从鱼腥草中分离出的化合物能够抑制严重急性呼吸综合症冠状病毒 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV) 2 型病毒的复制, 其机制可能是抑制病毒复制过程中关键蛋白酶 (如主蛋白酶、木瓜蛋白酶样蛋白酶和 ADP 核糖磷酸酶) 的活性和调节特定的信号通路 (PI3K-Akt, JAK-STAT, MAPK 和 NF- κ B)^[63]。综合以上, 鱼腥草作为一种天然产物, 展现出广谱的抗病毒潜力。鱼腥草的活性成分, 特别是黄酮类化合物, 能够有效抑制多种病毒感染, 其抗病毒机制涉及 TLR4、MYD88、IL-1 β 、IL-6 和 IL-2 等多个关键靶点。鱼腥草通过激活 T- 淋巴细胞和增强 TLR4/NF- κ B 信号转导提高机体免疫力、抗氧化和抗病毒能力如图 2 所示。

3 鱼腥草及其提取物在畜禽饲料中的应用

3.1 鱼腥草与其提取物在猪饲料中的应用 断奶是仔猪一生中面临的最严峻的应激挑战之一, 营养调控是缓解断奶应激的有效策略, 而鱼腥草及其提取物具有缓解断



CD-8: 细胞毒性 T 细胞, CD-4: 辅助性 T 细胞, HIN1: 甲型流感病毒。

图2 鱼腥草通过激活 T-淋巴细胞和增强 TLR4/NF-κB 信号转导提高机体免疫力、抗氧化和抗病毒能力

奶应激的潜力。饲料中添加 2% 鱼腥草粉可以显著增加断奶仔猪血清中的总抗氧化能力、超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性,有效降低丙二醛含量,促进血清免疫球蛋白分泌,提升断奶仔猪整体抗氧化能力。此外,还有利于促进仔猪空肠绒毛发育,降低肠道通透性,优化菌群结构,保护仔猪肠道健康,降低腹泻率^[64]。挥发油和有机酸的组合也具有缓解断奶应激的潜力,然而,挥发油强大的挥发性削弱了其在断奶仔猪中的抗氧化和抗菌效果。Ma 等^[65]发现微胶囊化挥发油和有机酸后有助于提高断奶仔猪血清中谷胱甘肽过氧化物酶的浓度和超氧化物歧化酶的活性,提高了干物质和总能的表现消化率,上调了回肠中闭合蛋白、紧密连接蛋白 1 和粘蛋白 2 的 mRNA 表达水平,并增加了断奶仔猪盲肠中粪杆菌属和毛螺菌科的丰度,以及结肠中链球菌属和魏斯氏菌的丰度,改善断奶仔猪的健康状况。Huang 等^[66]报道,在母猪饲料中添加鱼腥草可以提高血浆中免疫球蛋白 G 含量,并降低皮质醇浓度。此外,母猪摄入鱼腥草背毛更加光亮,泪斑形成减少,并改善便秘及尿色问题。鱼腥草及其提取物还具有提高猪的抗病毒能力的作用。鱼腥草挥发油已被证实可以抑制 PRV 活性。由于传统疫苗无法完全预防或控制 PRV 感染,该病毒给养猪业带来了巨大的经济损失。鱼腥草中的活性成分芦

丁和槲皮素,能够抑制 MARC-145 细胞中的猪繁殖与呼吸综合症病毒复制。此外,0.014 μg/mL 鱼腥草槲皮素 7-鼠李糖苷提取物对 PEDV 的抑制率可达 50%^[67]。综合以上,鱼腥草作为一种“中草药抗生素”,在猪饲料中应用有助于缓解断奶应激,改善生产性能,增强免疫力,抑制 PRV 与猪繁殖与呼吸综合征等病毒的增殖,降低饲养成本,提升生产效益。

3.2 鱼腥草与其提取物在反刍动物饲料中的应用 乳腺炎是奶牛常见的由病原微生物侵入乳腺并释放大量毒素而引起的多发性疾病,该病不仅会导致奶牛产奶量下降,还会增加牛奶中细菌和脓液含量,影响牛奶的风味和质量。MNK 是鱼腥草水蒸气提取物中挥发油的主要成分。Wang 等^[68]通过对牛乳腺上皮细胞 (MAC-T) 进行 LPS 处理构建乳腺炎模型发现,经 MNK 预处理的 MAC-T 细胞活力显著增强,并能有效抑制 LPS 诱导的活性氧生成和 Toll 样受体 4-核因子-κB 信号通路的激活,从而达到预防炎症的效果。牛传染性鼻气管炎,是由牛疱疹病毒 1 型引起的高度传染性病毒性疾病,感染牛终身带毒排毒。赵桂新等^[69]研究表明,鱼腥草可显著提高细胞中 TNF-α、IL-2 和 IFN-γ 的转录水平,进而抑制 BoHV-1 复制。羊球虫病是危害养羊业最严重的寄生虫病之一。Jian 等^[70]结合 16S rRNA 基因测序技术

和非靶向代谢组学进一步研究发现,羔羊摄入含 180 mL 鱼腥草乙醇提取物的饲料,显著降低了肠道中球虫卵囊的排出量,显著增加了粪便中的菌群多样性以及瘤胃菌科 UCG-005 和小白菊内酯等有助于抗球虫的菌群丰度和相关代谢物含量。反刍动物摄入鱼腥草还有助于改善瘤胃发酵能力和泌乳性能。Yu 等^[71]研究表明,奶牛饲料中添加 150 g/d 的鱼腥草黄酮显著增加了瘤胃中总挥发性脂肪酸、乙酸、丙酸、丁酸、微生物粗蛋白和黄酮的代谢产物含量,下调了产甲烷菌丰度,从而提高了瘤胃发酵和抗氧化能力进而改善了奶牛的泌乳性能。水牛饲料中添加 20 g/kg 的鱼腥草多酚,显著增加了短链脂肪酸浓度和丙酸比例,并降低了发酵培养基中的甲烷产量、乙酸与丙酸的比例以及氨浓度,此外还提高了对干物质和蛋白质的消化率^[72]。

鱼腥草不仅具有防治疾病的作用,还能提升反刍动物的肉质。反刍动物摄入富含不饱和脂肪酸的饲料后,易引起氧化应激,导致肉制品中的脂质和蛋白质发生氧化。Odhaib 等^[73]研究发现,反刍动物摄入鱼腥草及其提取物能够降低肉产品的蒸煮损失,并提升肉品质。综合以上,鱼腥草及其提取物在反刍动物饲料中应用不仅可以辅助治疗乳腺炎、牛传染性鼻气管炎和羊球虫病等疾病,还可以通过提升机体的抗氧化能力,抑制肉制品氧化,改善肉质。

3.3 鱼腥草与其提取物在家禽饲料中的应用 鱼腥草与其提取物在禽类养殖中展现出多重益处。Ha 等^[74]试验发现,饲料中添加 2% 鱼腥草粉可显著提高日增重和肉色,同时降低鸡胸肉的脂肪含量、料肉比,并减少粪便中沙门氏菌数量。蛋鸡摄入含鱼腥草的饲料,可以通过提高机体的抗氧化能力来提高生产性能。例如,摄入 0.4% 的含鱼腥草的饲料,可增加蛋鸡峡部、肝脏和子宫中丙二醛含量,上调谷胱甘肽过氧化物酶 1、过氧化物酶 4 和 Nrf2 的 mRNA 表达,显著增加蛋重、蛋壳厚度、蛋壳强度、哈氏单位和蛋白高度,且随着剂量的增加,哈氏单位呈线性增加^[75]。此外,被球虫感染的雏鸡摄入 0.2% 的鱼腥草乙醇提取物,缓解了球虫感染引起的体重下降,并显著减少粪便卵囊产量^[76]。鱼腥草与其他中草药联合使用时,同样表现出良好的抗病效果。例如,Wang 等^[77]在规模化养殖条件下,选用 300 只 7 日龄的非免疫鸡进行 38 d 的生长试验,试验组灌胃 0.5~1 mL 含鱼腥草的中草药复合制剂,结果表明,摄入含

鱼腥草的中草药复合制剂能显著提高鸡的生长性能,减轻由鸡支原体感染引起的严重呼吸道炎症。同时,该制剂通过降低支原体粘附蛋白(pMGA1.2)的表达抑制了鸡支原体的增殖和炎症反应,且与抗生素的治疗效果相当,表明其在规模化养殖中具有替代抗生素的应用潜力。综合以上,鱼腥草及其提取物在提升鸡的生产性能、增强抗病和消化吸收能力方面具有良好的应用前景,且与其他中草药饲料协同使用时具有更好的药用价值。

鱼腥草提取物在鸭饲料中的应用较少,但在饲料中添加鱼腥草有助于提高鸭的生长性能和肉品质。研究表明,将 1% 的鱼腥草粉与发酵红曲混合作为饲料添加剂,不仅能显著提高鸭的生长性能,还能降低鸭肉在储藏过程中的硫代巴比妥酸反应物含量,并提升 1,1-二苯基-2-三硝苯肼自由基清除活性^[78]。Jeong 等^[79]研究表明,在鸭饲料中添加 2% 的鱼腥草显著增加了鸭胸肉和大腿肉中的高密度脂蛋白胆固醇含量,从而降低胆固醇含量。综合以上,鱼腥草及其提取物在提升禽类生产性能、增强健康水平和改善肉品质方面具有广阔的应用前景。

4 小结与展望

近年来,鱼腥草在畜禽饲料中的应用备受关注。与其他活性物质相比,HCP 具有更好的免疫调节能力;挥发油对金黄色葡萄球菌的抗菌效果更为显著;柠檬烯、乙酸冰片酯和 MNK 主要针对革兰氏阳性菌,而癸酰乙醛则对革兰氏阴性菌具有更好的抑制效果。鱼腥草的甲醇提取物抗氧化能力最强,且经发酵后的鱼腥草及其提取物的抗氧化能力显著提升。此外,鱼腥草的水提取物、正丁醇提取物和乙醇提取物均有较好的抗炎作用,其关键机制为抑制 TLR4 和 MYD88 表达以及 NF- κ B 信号通路。由以上可知,鱼腥草及其提取物可作为一种绿色、安全的抗生素替代添加剂,在畜禽饲料中具有广阔的应用前景。然而,由于中草药具有高度的本体复杂性与现代科学验证的相对缺乏,鱼腥草与其提取物的作用机制仍有许多尚待深入探讨的领域,例如其与细胞、细胞膜及其他药物的相互作用,以及对血脑屏障、亲脂性、cAMP 信号传导和皮肤通透性的影响。此外,还应深入研究鱼腥草中活性化合物的作用机理和识别新型的活性化合物,为其在动物生产中的应用提供科学依据。可采用基于荧光素酶或高内涵成像技术的高通量筛选测定法,加快发现活性成分。人工智能在中药质量评价、药

物靶点发现、配伍优化和中药医学诊断中已经发挥了重要作用,这也有利于揭示鱼腥草的有效成分和作用机制。随着科研人员对各种中草药给药后代谢产物及肠道菌群转化过程的深入研究,以及借助高通量测序技术和代谢组学平台等前沿多组学研究工具和TCMSP、HERB等先进的生物信息学分析、数据库和算法的帮助,识别鱼腥草中新型的有效代谢产物以发展新型饲料和营养调控方案成为可能,其在动物生产中的药理作用也会得到更大的应用与推广。

参考文献:

- [1] Rafiq S, Hao H, Ijaz M, et al. Pharmacological effects of *Houttuynia cordata* Thunb (H. cordata): a comprehensive review[J]. Pharmaceuticals, 2022, 15(9): 1079-1088.
- [2] Tabashsum Z, Scriba A, Biswas D. Alternative approaches to therapeutics and subtherapeutics for sustainable poultry production[J]. Poult Sci, 2023, 102(7): 102750.
- [3] 董晨扬, 魏曼琳, 张航, 等. 植物提取物在动物生产中的研究进展 [J]. 饲料研究, 2022, 45(4): 136-139.
- [4] Wei P, Luo Q, Hou Y, et al. *Houttuynia Cordata* Thunb: a comprehensive review of traditional applications, phytochemistry, pharmacology and safety[J]. Phytomedicine, 2024, 123(1): 155195.
- [5] Wu Z, Deng X, Hu Q, et al. *Houttuynia cordata* Thunb: an ethnopharmacological review[J]. Front Pharmacol, 2021, 12(1): 714694.
- [6] Ahn J, Chae H, Chin Y, et al. Alkaloids from aerial parts of *Houttuynia cordata* and their anti-inflammatory activity[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2017, 27(12): 2807-2811.
- [7] 吴丽萍, 徐纪英. 复方鱼腥草合剂治疗急性咽炎疗效观察及对血清炎症因子、免疫功能的影响 [J]. 新中医, 2024, 56(8): 111-115.
- [8] Ghosh A, Ghosh B, Parihar N, et al. Nutraceutical prospects of *Houttuynia cordata* against the infectious viruses[J]. Food Biosci, 2022, 50(1): 101977.
- [9] Cao G, Liu J, Liu H, et al. Integration of network pharmacology and molecular docking to analyse the mechanism of action of oregano essential oil in the treatment of bovine mastitis[J]. Vet Sci, 2023, 10(5): 350-362.
- [10] Yu-Syuan L I, Kuan-Hung L, Chun-Wei W U, et al. Effects of temperatures on growth, physiological, and antioxidant characteristics in *Houttuynia cordata*[J]. Not Bot Horti Agrobo, 2021, 49(4): 12536.
- [11] Pang J, Dong W, Li Y, et al. Purification of *Houttuynia cordata* Thunb. essential oil using macroporous resin followed by microemulsion encapsulation to improve its safety and antiviral activity[J]. Molecules, 2017, 22(2): 293-309.
- [12] Gurung A B, Ali M A, Lee J, et al. Identification of SARS-CoV-2 inhibitors from extracts of *Houttuynia cordata* Thunb[J]. Saudi J Biol Sci, 2021, 28(12): 7517-7527.
- [13] Pham H G, Ha M T, Cao T Q, et al. Alkaloids from *Houttuynia cordata* Thunb. and their chemotaxonomic significance[J]. Biochem Syst Ecol, 2023, 109(1): 104665.
- [14] Zhang C, Shi L, Wang F S. Liver injury in COVID-19: management and challenges[J]. Lancet Gastroenterol, 2020, 5(5): 428-430.
- [15] Lu Y, Zhang J J, Huo J Y, et al. Structural characterization and anti-complementary activities of two polysaccharides from *Houttuynia cordata*[J]. Planta Med, 2019, 85(13): 1098-1106.
- [16] Ahn J, Kim J. Chemical constituents from *Houttuynia cordata*[J]. Planta Med, 2016, 82(S1): P309.
- [17] Quan W X, Wei X F, Yang Z N, et al. Effects of 6-benzyladenine and kinetin on growth and secondary metabolites of *Houttuynia cordata* Thunb. (Saururaceae)[J]. Pak J Bot, 2021, 53(4): 1219-1225.
- [18] Hamed M, Abdallah I A, Bedair A, et al. Sample preparation methods for determination of quercetin and quercetin glycosides in diverse matrices[J]. Microchem J, 2023, 194(1): 109233.
- [19] Tang J, Diao P, Shu X, et al. Quercetin and quercitrin attenuates the inflammatory response and oxidative stress in LPS-induced RAW264. 7 cells: In vitro assessment and a theoretical model [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019(1): 7039802.
- [20] Imani A, Maleki N, Bohloul S, et al. Molecular mechanisms of anticancer effect of rutin[J]. Phytother Res, 2021, 35(5): 2500-2513.
- [21] Yang W, Tu H, Tang K, et al. Reynoutrin improves ischemic heart failure in rats via targeting S100A1[J]. Front Pharmacol, 2021, 12(1): 703962.
- [22] Song H, Shen T, Wu J, et al. Extraction and activity of chemical constituents from *Houttuynia cordata* Thunb by ultrasonic method[J]. Cell Mol Biol, 2021, 67(6): 281-290.
- [23] Chen M X, Haider M K, Kim I S, et al. Characterization of antioxidant *Houttuynia cordata* extracts loaded polyurethane nanofibers[J]. Fash Text, 2023, 10(1): 1-17.
- [24] Nguyen V T, Le V M, Vo T S, et al. Preliminary phytochemical screening and determination of total polyphenols and flavonoids content in the leaves of *Houttuynia cordata* Thunb: IOP conference series[J]. Mater Sci Eng A, 2020, 736(6): 062013.
- [25] 李静, 陈长勋, 高阳, 等. 鱼腥草素抗炎与抗动脉硬化作用的探索 [J]. 中成药, 2010(1): 26-30.
- [26] Xu X, Liu S, Zhao Y, et al. Combination of *Houttuynia cordata* polysaccharide and *Lactiplantibacillus plantarum* P101 alleviates acute liver injury by regulating gut microbiota in mice[J]. J Sci Food Agr, 2022, 102(15): 6848-6857.
- [27] Li T, Sang T, Song Y, et al. *Houttuynia cordata* polysaccharide alleviates chronic vascular inflammation by suppressing calcium-sensing receptor in rats[J]. J Funct Foods, 2022, 95(1): 105172.
- [28] Yang Z, Ji P, Li C, et al. Research progress on the chemical constituents and pharmacological effects of *houttuynia cordata* thunb and a predictive analysis of quality markers[J]. Curr Issues Mol Biol, 2024, 47(1): 18-41.

- [29] 吴苹, 刘晋倩, 董晶, 等. 鱼腥草多糖对 DSS 诱导小鼠结肠炎的改善作用[J]. 食品工业科技, 2021, 42(23): 362-369.
- [30] Wang C, Huang C, Li M. Sodium houttuynia alleviates airway inflammation in asthmatic mice by regulating FoxP3/roryt expression and reversing Treg/Th17 cell imbalance[J]. Int Immunopharmacol, 2022, 103(1): 108487.
- [31] Yu M, Wang L, Luo H, et al. Zebrafish as a promising model for investigating biological activities of ginseng species—a review[J]. Qual Assur Saf Crop, 2024, 16(1): 38-59.
- [32] Saadat S, Beigoli S, Khazdair M R, et al. Experimental and clinical studies on the effects of natural products on noxious agents-induced lung disorders, a review[J]. Front Nutr, 2022, 9(1): 867914.
- [33] Sumneang N, Kobroob A, Phungphong S, et al. Fermented *Houttuynia cordata* juice exerts cardioprotective effects by alleviating cardiac inflammation and apoptosis in rats with lipopolysaccharide-induced sepsis[J]. Nutrients, 2025, 17(3): 501-515.
- [34] Liu J, Zou J, Wang J, Wang R, et al. Extraction, purification, structural features, and pharmacological properties of polysaccharides from *Houttuynia cordata*: A review[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 279(1): 135230.
- [35] Wang Y, Shen X, Yin K, et al. Structural characteristics and immune-enhancing activity of fractionated polysaccharides from *Athyrium Multidentatum* (Doll.) Ching[J]. Int J Biol Macromol, 2022, 205(1): 76-89.
- [36] Gururuloo S L, Shahpudin S N M, Sandai D A, et al. anti-cancer properties of locally available natural products in malaysia against colorectal cancer[J]. Jummec, 2023(1): 23-35.
- [37] Vo T S. Natural products targeting FcεRI receptor for anti-allergic therapeutics[J]. J Food Biochem, 2020, 44(8): e13335.
- [38] Yang Y, Wang L, Zhao B, et al. Chemical compositions of *Houttuynia cordata* Thunb. volatile oil and its analogues attenuate *Staphylococcus aureus* virulence by targeting α-hemolysin[J]. Russ J Bioorg Chem, 2022, 48(1): 166-177.
- [39] Řešíčková K, Bajér T, Šilha D, et al. Chemical composition and determination of the antibacterial activity of essential oils in liquid and vapor phases extracted from two different southeast Asian herbs—*Houttuynia cordata* (saururaceae) and *Persicaria odorata* (polygonaceae)[J]. Molecules, 2020, 25(10): 2432-2442.
- [40] Liang J, Huang X, Ma G. Antimicrobial activities and mechanisms of extract and components of herbs in East Asia[J]. Rsc Adv, 2022, 12(45): 29197-29213.
- [41] Laldinsangi C. The therapeutic potential of *Houttuynia cordata*: A current review[J]. Heliyon, 2022, 8(8): e10386.
- [42] Pan F, Liu Z, Chen Q, et al. Endophytic fungus strain 28 isolated from *Houttuynia cordata* possesses wide-spectrum antifungal activity[J]. Braz J Microbiol, 2016, 47(2): 480-488.
- [43] Ye H, Luo S, Yang Z, et al. Latent pathogenic fungi in the medicinal plant *Houttuynia cordata* Thunb. Are modulated by secondary metabolites and colonizing microbiota originating from soil[J]. Pol J Microbiol, 2021, 70(3): 359-372.
- [44] Maimaiti X, Bassey A P, Liu X, et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Houttuynia cordata* Thunb rhizome extracts and their antibacterial potential against common foodborne pathogens[J]. Int J Food Sci Tech, 2024, 59(5): 3283-3296.
- [45] Cheng T, Xu C, Wu D, et al. Sodium houttuynifonate derived from *Houttuynia cordata* Thunb improves intestinal malfunction via maintaining gut microflora stability in *Candida albicans* overgrowth aggravated ulcerative colitis[J]. Food Function, 2023, 14(2): 1072-1086.
- [46] Cen L F, Yi T, Hao Y Z, et al. *Houttuynia cordata* polysaccharides alleviate ulcerative colitis by restoring intestinal homeostasis[J]. Chin J Nat Medicines, 2022, 20(12): 914-924.
- [47] Wang S, Li L, Chen Y, et al. *Houttuynia cordata* thunb. alleviates inflammatory bowel disease by modulating intestinal microenvironment: a research review[J]. Front Immunol, 2023, 14(1): 1306375.
- [48] Lin R, Piao M, Song Y. Dietary quercetin increases colonic microbial diversity and attenuates colitis severity in *Citrobacter rodentium*-infected mice[J]. Front Microbiol, 2019, 10(1): 1092-1100.
- [49] Nie J, Zhang L, Zhao G, et al. Quercetin reduces atherosclerotic lesions by altering the gut microbiota and reducing atherogenic lipid metabolites[J]. J Appl Microbiol, 2019, 127(6): 1824-1834.
- [50] Li Q, Wu Y, Qi X, et al. Prickly ash seeds improve the ruminal epithelial development and growth performance of Hu sheep by modulating the rumen microbiota and metabolome[J]. Microorganisms, 2024, 12(11): 2242-2260.
- [51] Chang K, Lin T Y, Fu S L, et al. A houttuynia cordata-based Chinese herbal formula improved symptoms of allergic rhinitis during the COVID-19 pandemic[J]. J Chin Med Assoc, 2022, 85(6): 717-722.
- [52] Tuyen P T, Anh T T T, Trang P T, et al. Antioxidant properties and total phenolic contents of various extracts from *Houttuynia cordata* Thunb[J]. Acad J Biol, 2018, 40(2se): 149-154.
- [53] Shingnaisui K, Dey T, Manna P, et al. Therapeutic potentials of *houttuynia cordata* Thunb. against inflammation and oxidative stress: a review[J]. J Ethnopharmacol, 2018, 220(1): 35-43.
- [54] Park M H, Kim B. Antioxidant and anti-wrinkle effects of fermented *Houttuynia cordata* extract[J]. Food Sci Preserv, 2025, 32(2): 280-288.
- [55] Ling L, Lu Y, Zhang Y, et al. Flavonoids from *Houttuynia cordata* attenuate H1N1-induced acute lung injury in mice via inhibition of influenza virus and Toll-like receptor signalling[J]. Phytomedicine, 2020, 67: 153150.
- [56] Devi A B, Sarala R. Substantial effect of phytochemical constituents against the pandemic disease influenza—a review[J]. Futur J Pharm Sci, 2021, 7(1): 120-152.
- [57] Dhiman M, Sharma L, Dadhich A, et al. Traditional knowledge to contemporary medication in the treatment of infectious disease dengue: a review[J]. Front Pharmacol, 2022, 13: 750494.
- [58] Ruansit W, Charerntantanakul W. Oral supplementation of

- Houttuynia cordata* extract reduces viremia in PRRSV-1 modified-live virus-vaccinated pigs in response to the HP-PRRSV-2 challenge[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 929338.
- [59] Yasmin A R, Chia S L, Looi Q H, *et al.* Herbal extracts as antiviral agents[M]. *Feed Additives*, 2020(1): 115-132.
- [60] Wu Y, Li N, Zhang T, *et al.* Glycyrrhiza polysaccharides can improve and prolong the response of chickens to the Newcastle disease vaccine[J]. *Poult Sci*, 2022, 101(1): 101549.
- [61] Yüce F N, Yörü H B, Acar G, *et al.* Herpesviral infections of the nervous system in ruminants: BoHV-1, BoHV-5, MCFV, PRV [J]. *Curr Vet Sci*, 2025, 2(1): 11-18.
- [62] Saleh M S, Kamisah Y. Potential medicinal plants for the treatment of dengue fever and severe acute respiratory syndrome-coronavirus[J]. *Biomolecules*, 2021, 11(1): 42.
- [63] Liu Y, Jiang Y, Yang Y, *et al.* *Houttuynia* essential oil and its self-microemulsion preparation protect against LPS-induced murine mastitis by restoring the blood-milk barrier and inhibiting inflammation[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 842189.
- [64] 司雨豪. 鱼腥草对断奶清平仔猪生长性能、血液理化指标与肠道健康的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2024.
- [65] Ma J, Long S, Wang J, *et al.* Microencapsulated essential oils combined with organic acids improves immune antioxidant capacity and intestinal barrier function as well as modulates the hindgut microbial community in piglets[J]. *J Anim Sci Biotechnol*, 2022, 13(1): 16-32.
- [66] Huang X L, Yu P, Luo Y H, *et al.* The nutritional value, application status and challenges of *Houttuynia cordata* Thunb (H. cordata)[J]. *Phytochem Rev*, 2025, 10(1): 1-23.
- [67] Li Z H, Cao H, Cheng Y F, *et al.* Inhibition of porcine epidemic diarrhea virus replication and viral 3C-like protease by quercetin[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(21): 1-13.
- [68] Wang N, Zhu Y, Li D, *et al.* 2-methyl nonyl ketone from *Houttuynia cordata* thunb alleviates LPS-induced inflammatory response and oxidative stress in bovine mammary epithelial cells[J]. *Front Chem*, 2022, 9(1): 793475.
- [69] 赵桂新, 付祥, 王凤杰, 等. 5 种中药体外抗牛传染性鼻气管炎病毒作用方式的研究 [J]. *中国预防兽医学报*, 2023, 45(8): 846-852.
- [70] Liu S Q, Li S H, Huang S C, *et al.* Exploring the anticoccidial efficacy of *Houttuynia cordata*: Insights into gut microbiota modulation and metabolic enhancement in lambs[J]. *Res Vet Sci*, 2025, 194: 105821.
- [71] Yu S, Li L, Zhao H, *et al.* Dietary citrus flavonoid extract improves lactational performance through modulating rumen microbiome and metabolites in dairy cows[J]. *Food Funct*, 2023, 14(1): 94-111.
- [72] Singh S, Hundal J S, Patra A K, *et al.* A composite polyphenol-rich extract improved growth performance, ruminal fermentation and immunity, while decreasing methanogenesis and excretion of nitrogen and phosphorus in growing buffaloes[J]. *Environ Sci Pollut R*, 2022, 29(17): 24757-24773.
- [73] Odhaib K J, Al-Hajjar Q N, Alallawee M H. Incorporation of herbal plants in the diet of ruminants: Effect on meat quality[J]. *Iraqi J Vet Med*, 2021, 45(1): 22-30.
- [74] Ha N C, Thuy N T, Phuong L T. Effect of adding *Houttuynia cordata* and *Perilla frutescens* leaves powders in diets on growth, intestinal microflora and meat quality of local chickens in Vietnam[J]. *Vet Integr Sci*, 2025, 23(2): 1-9.
- [75] Yu A, Wang M, Chen L, *et al.* Effects of dietary pretreated Chinese herbal medicine supplementation on production performance, egg quality, uterine histopathological changes, and antioxidant capacity in late-phase laying hens[J]. *Front Physiol*, 2023, 14(1): 1110301.
- [76] Lee H, Kim O. Anticoccidial effects of the *Houttuynia cordata* extract on experimental animal infection model[J]. *J Biomed Transl Res*, 2022, 23(1): 29-33.
- [77] Wang Y, Liang Y, Hu F, *et al.* Chinese herbal formulae defend against *Mycoplasma gallisepticum* infection[J]. *J Integr Agr*, 2022, 21(10): 3026-3036.
- [78] Jang W W, Chung T H, Choi I H. Dietary *Houttuynia cordata*/fermented red koji blends to improve duck growth performance and alum blends addition to reduce litter ammonia concentration[J]. *Adv Anim Vet Sci*, 2019, 7(12): 1101-1106.
- [79] Jeong Y. Evaluation of blood profile and meat color using *houittuynia cordata* pellet in duck diets[J]. *J Environ Sci Int*, 2021, 30(5): 425-428.

Advances in the Application of *Houttuynia cordata* and Its Extracts in Livestock and Poultry Diets

FENG Lunjie¹, TANG Huayu¹, WU Tianci¹, CHENG Ling², CHENG Shuai³,
CHENG Liwen³, JIANG Chengquan^{2*}, YAN Honglin^{1*}

(1.College of Life Science and Agri-forestry, Southwest University of Science and Technology, Sichuan Mianyang 621000, China; 2.Sichuan College of Traditional Chinese Medicine, Sichuan Mianyang 621000, China; 3.Hongfeng Dairy Cattle Farming Limited Company, Anzhou District, Sichuan Mianyang 621000, China)

Abstract: *Houttuynia cordata* (HC) has been used as a medicinal herb in traditional Chinese medicine for a long time. The roots and stems of HC possess anti-inflammatory, antibacterial, diuretic, antioxidant, and anticancer properties, which might be attributed to the high concentrations of alkaloids, essential oils, phenolic acids, and flavonoids within HC. Since the prohibition of the usage of antibiotics in animal feed in China, HC and its extracts have gained significant attention as

基于冷暖季变化的不同草原类型牲畜“放牧 - 补饲”模式研究进展

徐 浩, 李柏欧, 吕良康, 熊凤良, 裴世腾, 吴力健, 罗 雄, 杨红建*

(中国农业大学动物科学技术学院, 畜禽营养与饲养全国重点实验室, 北京 100193)

摘 要: 放牧是我国牧区牲畜的主要饲养模式, 但受季节更替与草原类型差异影响, 牧草资源在时空分布上呈现显著异质性, 导致牲畜营养供给不稳定。在实际应用中“放牧 - 补饲”模式面临补饲资源布局不合理、技术标准不足等关键问题, 亟需针对不同草原类型制定差异化补饲策略。科学合理的补饲可显著提升牲畜生产性能、缓解草地退化、减少温室气体排放, 并对实现牧区减畜增效具有重要意义。本文综述了冷暖季变化下不同草原类型的“放牧 - 补饲”模式对牲畜生长效率与生态环境的影响, 旨在为优化牧区补饲模式提供理论依据。

关键词: 草原类型; 季节变化; 放牧 - 补饲; 生长性能; 生态环境

中图分类号: S815

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250103-11

我国草原面积为 $349 \times 10^4 \sim 392 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 41%^[1]。草原是生态系统的重要组成部分, 不仅在水土保持、维持生物多样性方面起着关键作用, 还为畜牧业提供了丰富的牧草资源。根据草地放牧特性和地理条件, 我国草原可分为草甸草原、典型草原、荒漠草原及高寒草原四大类型^[2]。不同类型草原的牧草量、载畜量不同, 且分布在不同草原的各个牧场由于过度放牧程度不同, 所导致的草原退化程度亦有所差异^[3]。此外, 根据季节不同放牧饲养可分为暖季放牧和冷季放牧, 暖季放牧在 5—10 月开展, 此阶段牧草资源丰富且营养成

分含量高可基本满足牲畜的营养需求; 冷季放牧在 10 月到次年 5 月进行的放牧活动, 此期牧草产量极低且营养匮乏难以满足牲畜生长及越冬需要^[4]。因此, 基于冷暖季节变化和不同草原类型采取差异化补饲模式, 对保证牧区高效养殖具有关键意义。

最近, Bretas 等^[5]调研指出, 在欧美放牧管理中精准畜牧业 (Precision Livestock Farming, PLF) 技术实现了对牧草—牲畜—环境系统的精细化调控, 即利用 GPS 项圈和加速度传感器监测采食与运动, 通过无人机或卫星遥感评估牧草生物量, 并结合射频识别技术 (Radio Frequency Identification, RFID) 与电子称重踏闸设备, 适时调整补饲时机与补饲量, 从而提高增重效率并优化碳平衡。相比之下, 我国牧区补饲仍依赖对传统节气判断和经验配方, 补饲时机常与草原返青、生长期不匹配, 配方设计也难以满足牲畜的营养需求, 常导致饲养效率低下和生态承载压力的加剧。基于此, 本

收稿日期: 2025-01-03; 修回日期: 2025-05-26

资助项目: 国家重点研发计划: 草原牧区放牧家畜精准补饲技术与草畜耦合模式示范 (2023YFD1301704)

作者简介: 徐浩 (2002-), 男, 安徽定远人, 硕士研究生, 主要从事反刍动物营养学, E-mail: xuh6610@163.com

* 通信作者: 杨红建, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为动物营养与饲养学, E-mail: yanghongjian331@163.com

potential antibiotic alternatives. Recently, the beneficial effects of HC and its extracts on growth and health of livestock and poultry has been intensively studied. However, the active components composition, the unclear mechanisms of biological function, and potential adoption in animal diets have not been fully revealed. Therefore, this review aims to summarize the biological activities of HC and its extracts, as well as its applications and possible mechanisms in animal diets. This review could provide a theoretical basis and reference for the efficient and rational utilization of HC and its extracts in animal diets.

Keywords: Diet; *Houttuynia cordata*; *Houttuynia cordata* extracts; Biological activities

(责任编辑: 周会会)