

辣蓼黄酮的药理作用研究进展

任育鹏¹, 朱恩琳², 张文森¹, 崔娜¹, 赵晨洋¹, 王秋红^{1,3*}

1. 黑龙江中医药大学 药学院, 黑龙江 哈尔滨 150000

2. 广州中医药大学 针灸康复临床医学院, 广东 广州 510006

3. 广东药科大学 中药学院, 广东 广州 510006

摘要: 辣蓼中的主要活性成分是黄酮类化合物, 其具有良好的生物活性和药理作用。总结了辣蓼黄酮的抗氧化、调控氧化应激、调节免疫、抗炎、抗病毒和抑菌作用的研究进展, 为进一步发掘辣蓼黄酮的药用价值和中药饲料价值提供参考。

关键词: 辣蓼黄酮; 抗氧化; 调控氧化应激; 调节免疫; 抗炎; 抗病毒; 抑菌

中图分类号: R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5515(2025)01-0224-05

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2025.01.037

Research progress on pharmacological effects of *Polygonum hydropiper* flavonoids

REN Yupeng¹, ZHU Enlin², ZHANG Wensen¹, CUI Na¹, ZHAO Chenyang¹, WANG Qiuhong^{1,3}

1. College of Pharmacy, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150000, China

2. School of Acupuncture and Rehabilitation, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China.

3. School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China

Abstract: The main active ingredients in *Polygonum hydropiper* L. are flavonoid compounds, which have good biological and pharmacological activities. This article summarizes the research progress on the antioxidant effect, oxidative stress regulation, immune regulation, anti-inflammatory effect, antiviral effect, and antibacterial effect of *Polygonum multiflorum* flavonoids, providing reference for further exploring the medicinal value and herbal feed additives of *Polygonum multiflorum* flavonoids.

Key words: *Polygonum hydropiper* flavonoids; antioxidant effect; oxidative stress regulation; immune regulation; anti-inflammatory effect; antiviral effect; antibacterial effect

辣蓼别名辣蓼草, 是传统中草药, 主要分布于广西、贵州, 具有祛湿止泻、散瘀止痛、祛风杀虫的功效, 常用于治疗泄泻、子宫出血、跌打损伤、风湿关节痛等疾病^[1]。外用辣蓼对毒蛇咬伤、湿疹也有良好疗效^[2]。研究表明, 辣蓼中的主要化学成分包括黄酮类化合物、三萜类化合物、脂肪酸类化合物、挥发油类化合物、鞣质类化合物和蒽醌类化合物等^[3]。辣蓼中的主要活性成分是黄酮类化合物, 已经鉴定出了如芦丁、槲皮素、槲皮苷、鞣花酸槲皮苷、山柰酚、蒽醌类、萘醌类和倍半萜类等多种化学成分^[4]。现代药理学研究表明, 辣蓼中的黄酮类化合物具有良好的生物活性和药理作用^[5]。因此, 本文总结了辣蓼黄酮的抗氧化、调控氧化应激、调

节免疫、抗炎、抗病毒和抑菌作用的研究进展, 为进一步发掘辣蓼黄酮的药用价值和中药饲料价值提供参考。

1 抗氧化

辣蓼中黄酮类化合物通过清除多余的自由基、抑制自由基的生成和减缓脂质氧化从而发挥抗氧化作用^[6]。赵雅媚等^[7]通过加热回流提取辣蓼总黄酮, 发现其具有良好的抗氧化活性; 体外抗氧化活性评价试验结果显示, 辣蓼总黄酮对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基和羟基自由基具有较强的清除作用, 并呈现出显著的量效关系; 随着样品质量浓度的增加, 自由基清除能力随之增强, 清除率的半数抑制浓度 (IC₅₀) 分别为 0.46、2.95 mg/mL; 值得

收稿日期: 2024-08-31

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFC1707100); 黑龙江省“头雁”团队项目 (黑龙江省头雁行动领导小组文件[2019]5 号)

作者简介: 任育鹏 (1999—), 男, 天津人, 硕士研究生, 研究方向为中药学。E-mail: 2979299837@qq.com

*通信作者: 王秋红 (1969—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 主要从事中药炮制研究与开发工作。E-mail: qhwang688@sina.com

注意的是,辣蓼总黄酮对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)的清除能力优于谷胱甘肽。除此之外,夏秋霞等^[8]通过超声提取辣蓼黄酮类成分,研究其抗氧化活性,结果显示其清除 $\cdot\text{OH}$ 和2,2-二苯基-1-苦味肼(DPPH)自由基的 IC_{50} 分别为0.25、0.23 mg/mL,在0.5 mg/mL时与维生素C的清除能力相当。

2 调控氧化应激

氧化应激是由于体内自由基生成与抗氧化防御功能失衡,导致细胞和组织受损的病理过程,与多种疾病的发生、发展密切相关,如癌症、心血管疾病、神经退行性疾病等。缪卫媛等^[9]探讨了辣蓼黄酮正丁醇部位对伪狂犬病毒体外感染的猪肺泡巨噬细胞(3D4/2细胞)氧化应激相关因子的影响。结果显示,辣蓼黄酮能够通过调节氧化应激因子的分泌,维持细胞内氧化与抗氧化的平衡,初步验证了其抗氧化效果。随后,赵怡等^[10]研究发现辣蓼黄酮对伪狂犬病毒感染的RAW264.7细胞的氧化应激具有调节作用,其机制是通过调控与氧化应激相关的mRNA表达,干预伪狂犬病毒感染RAW264.7细胞所诱发的氧化应激反应^[11]。同样,陈家骥等^[12]通过构建伪狂犬病毒在体外感染猪脾淋巴细胞的模型,使用转录组学技术分析其机制,发现辣蓼黄酮对病毒感染引发的猪脾淋巴细胞氧化应激具有调控作用,能够降低活性氧(ROS)水平,上调核因子E2相关因子2(Nrf2)的同时下调一氧化氮合酶(NOS)、血红素加氧酶-1(HO-1)的转录和表达水平。此外,辣蓼黄酮处理还引起了与免疫功能相关基因和信号通路如白细胞介素(IL)-17、Toll样受体信号通路的差异性表达。这些发现为辣蓼黄酮在调节氧化应激方面的潜在应用提供了依据。

通过进一步的体内实验发现辣蓼黄酮具有一定的氧化应激调节作用。韦玉衡等^[13]通过伪狂犬病毒感染小鼠建立氧化应激模型,并采用荧光定量PCR、免疫组化和蛋白免疫印迹等方法评估了辣蓼黄酮对Nrf2信号通路和组蛋白乙酰化修饰的调控作用,结果表明,辣蓼黄酮通过调控这些通路能够有效缓解伪狂犬病毒感染所引起的小鼠脾脏和肺脏的氧化应激反应。同样,赵雯等^[14]通过检测辣蓼黄酮正丁醇部位对伪狂犬病毒感染小鼠氧化应激反应的调节作用,发现辣蓼黄酮正丁醇部位能够有效改善伪狂犬病毒感染所导致的小鼠体内氧化应激损伤。以上研究为辣蓼黄酮调节机体氧化应激反应及其临床应用提供参考。

3 调节免疫

研究表明,酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(AKP)、苯酚氧化酶(PO)和超氧化物歧化酶(SOD)联合通常用于评估生物体的免疫功能和抗氧化能力。ACP和PO代表免疫防御系统的活性,反映机体应对病原体的能力,AKP与肝脏功能和骨骼健康相关,SOD则体现了抗氧化系统的状态,衡量细胞应对氧化应激的能力。因此,这4种酶的活性水平可以综合反映生物体在免疫防御和抗氧化方面的健康状态。实验表明,辣蓼黄酮在不同程度上能增强南美白对虾血淋巴细胞内的ACP、AKP、PO和SOD活性,提示辣蓼黄酮对南美白对虾的免疫功能具有增强作用,能有效促进南美白对虾的生长^[15]。丁伊曲等^[16]通过进一步研究发现辣蓼黄酮的作用机制可能是增加血液中免疫细胞数量、升高相关酶活性和调节免疫相关因子、基因表达水平。

此外,谢映红等^[17]通过环磷酰胺诱导小鼠免疫抑制模型,观察辣蓼黄酮正丁醇部位对小鼠免疫功能的调节作用,结果表明,辣蓼黄酮不仅能通过提高细胞因子水平来对抗环磷酰胺引起的免疫抑制,还可通过调节一氧化氮(NO)水平和髓过氧化物酶(MPO)、一氧化氮合酶(NOS)等酶活性减轻免疫抑制带来的影响,从而增强小鼠的免疫功能。

4 抗炎

研究表明,辣蓼黄酮类成分可以通过抑制核因子- κB (NF- κB)信号通路的p65和I κB 、丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)通路的p38蛋白的磷酸化发挥对炎症的干预作用。张嘉欣^[18]通过建立的伪狂犬病毒体外感染3D4/2细胞诱发的炎症模型发现辣蓼黄酮中的槲皮苷能够抑制炎症相关因子的分泌及其mRNA基因表达,从而有效干预伪狂犬病毒感染3D4/2细胞所引发的炎症反应。同样,吴苑滢^[19]通过伪狂犬病毒体外感染3D4/2细胞进行体外造模,发现辣蓼黄酮醋酸乙酯部位能够有效干预伪狂犬病毒感染引发的3D4/2细胞炎症反应,表现为下调炎症因子和ROS的表达,降低伪狂犬病毒诱导的炎症因子mRNA水平。随后进一步研究发现,辣蓼黄酮醋酸乙酯部位还能抑制处于炎症状态的3D4/2细胞中p65、p38、细胞外信号调节激酶(ERK)1/2、Akt、c-JUN等蛋白的磷酸化表达。以上研究表明,伪狂犬病毒感染3D4/2细胞会引发炎症反应,而辣蓼黄酮醋酸乙酯部位对伪狂犬病毒感染诱发的炎症具有调节作用,其机制可能与NF- κB 、MAPK信

号通路的调控有关。

另一方面,赵雅琪等^[20]检测了 10、20、40、80、160、320、640、1 280、2 560 $\mu\text{mol/L}$ 辣蓼黄酮对伪狂犬病毒感染的 3D4/2 细胞中炎症因子分泌水平的影响,结果显示,辣蓼黄酮处理能够显著降低细胞中 IL-1 β 、IL-6 和 TNF- α 的分泌水平,从而有效抑制了伪狂犬病毒感染所诱导的细胞炎性反应。此外,宋漫玲^[21-22]通过进一步分离提取辣蓼黄酮醋酸乙酯部位,建立猪圆环病毒 II 感染 3D4/2 细胞的体外炎症模型,探讨辣蓼黄酮对细胞炎性因子的调控及其分子机制。结果表明,辣蓼黄酮能够显著降低猪圆环病毒 II 感染后细胞内自由基 NO、ROS 和多种炎性因子的水平,并减少诱生型一氧化氮合酶(NOS)、髓过氧化物酶(MPO)、黄嘌呤氧化酶(XOD)的活性,同时提升还原型谷胱甘肽(GSH)含量,并且其抗炎机制可能通过抑制 MAPK 和磷脂酰肌醇 3 激酶/蛋白激酶 B (PI3K/Akt) 信号通路,从而阻断 NF- κ B 或活化蛋白-1 (AP-1) 通路发挥作用。陈奇等^[23]进一步研究其机制,发现辣蓼黄酮可以减少炎症因子的产生,并抑制 p38 MAPK 和 ERK1/2 蛋白的磷酸化,从而调节猪圆环病毒 II 诱导的 3D4/2 细胞炎症反应。

罗文涓等^[24]使用不同剂量辣蓼黄酮对脂多糖(LPS)刺激诱导的 RAW264.7 细胞炎症体外模型进行实验,结果表明辣蓼黄酮通过抑制 ROS 和 NO 水平抑制 LPS 刺激诱导的 RAW264.7 细胞分泌 IL-10、IL-6、IL-8、IL-1 β 和 TNF- α ,从而发挥抗炎作用。抗炎效应可能与其抗氧化途径密切相关,因此刘梦倩等^[25]对此进行了进一步的研究,探究其抗炎机制,结果发现辣蓼黄酮对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞发挥的抗炎作用可能与其抑制细胞内 NO 合成酶(NOS)和环氧化酶-2 (COX-2) 的表达水平,抑制 MAPK 信号通路的磷酸化,以及增强磷酸化 AMPK 的表达水平有关^[5]。

匡娜等^[26]进一步进行小鼠 ip LPS 建立内毒素血症的体内实验,发现经过辣蓼黄酮预处理 3 d 后,小鼠的死亡率和内毒素性脏器损伤显著降低^[27]。此外,辣蓼黄酮预处理还能够显著降低 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞中 ROS、NO、TNF- α 、IL-1 β 、IL-6、IL-8 和 IL-10 的水平。这一作用机制可能与辣蓼黄酮预处理抑制 MAPK 信号通路中的 ERK、JNK 和 c-JUN 磷酸化有关^[28]。同样,关静渊等^[29]通过体内实验观察辣蓼黄酮对人工致炎小鼠的抗炎作用,

结果显示,辣蓼黄酮对小鼠体内的炎症反应具有明显的抑制作用,进一步验证了其具有一定的抗炎效果。以上研究为辣蓼黄酮在动物病毒性疾病预防和治疗中的应用提供了新思路。

5 抗病毒

周淑棉等^[30]采用 Marc-145 细胞和猪繁殖与呼吸综合征病毒弱毒疫苗毒株进行体外模型研究,探讨辣蓼黄酮的抗猪繁殖与呼吸综合征病毒活性,结果显示,辣蓼黄酮能够抑制病毒的合成和释放,降低病毒感染力,或直接杀灭病毒,从而有效抑制猪繁殖与呼吸综合征病毒在 Marc-145 细胞中的增殖,减少病毒入侵引起的细胞死亡。同样,路彩霞等^[31]以 PK-15 细胞扩增伪狂犬病毒进行造模,发现高浓度辣蓼黄酮可能通过抑制病毒增殖和直接灭活病毒两种途径发挥抗病毒作用,且其抗病毒效果表现出明显的剂量相关性。此外,任春芝等^[32]探讨了辣蓼黄酮醋酸乙酯部位对猪伪狂犬病毒体外诱导的 RAW264.7 细胞炎性因子分泌的影响。研究表明,辣蓼黄酮能够有效调节病毒感染细胞的炎性因子水平,提示其具有体外抗炎作用,探索了辣蓼黄酮的抗病毒分子机制。以上研究不仅为辣蓼黄酮的抗病毒应用提供了参考依据,也为辣蓼的深入开发和利用提供了支持。

6 抑菌

黄酮作为辣蓼中非挥发性成分的主要组成部位,具有抑菌作用。罗晓韵^[33]通过致病性大肠杆菌对辣蓼有效部位进行初步筛选,结果显示,其抑菌活性与黄酮类化合物相关,并且与其质量分数呈正相关。石跃武等^[34]采用均匀设计试验法用于辣蓼中总黄酮的提取,发现辣蓼黄酮对金黄色葡萄球菌具有抗菌活性。

7 结语

黄酮类化合物作为辣蓼中有效成分之一,具有抗氧化、抗炎、抗病毒、免疫调节、抑菌等多种药理作用^[35]。相关研究表明,辣蓼黄酮通过调节氧化应激、抑制炎症因子分泌、调控相关信号通路展现出显著的抗炎和抗病毒效果,对其临床应用和兽药应用具有重要参考价值,这些研究为辣蓼黄酮的进一步开发和应用提供了依据。

虽然辣蓼黄酮具有多种药理活性,但其许多研究仍集中于短期的体内或体外实验,缺乏对辣蓼黄酮类化合物长期疗效的评估。一些研究探讨了辣蓼黄酮类化合物对病毒感染的治疗作用,但对其相互

作用、更广泛的生物学影响的详细机制仍缺乏深入研究。此外,针对人类或大型动物的临床试验有限,大多数研究仅限于细胞培养或小动物模型。未来研究应深入研究特定信号通路及其在复杂疾病模型中的作用,有助于揭示辣蓼黄酮类化合物在更现实的临床应用、中药饲料价值中的潜力,从而推动辣蓼黄酮新型治疗剂型、功能性食品或中药饲料的开发应用,为辣蓼黄酮的开发利用提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 胡晒平, 刘强, 刘杨, 等. 辣蓼的研究概述 [A] // 中华中医药学会中药化学分会第九届学术年会论文集 (第一册) [C]. 厦门: 中华中医药学会中药化学分会, 2014: 15-24.
- [2] 何立美. 辣蓼与牛耳枫中黄酮类成分的提取及发酵工艺优化研究 [D]. 广州: 广东药学院, 2016.
- [3] 刘涵笑. 辣蓼黄酮提取物的药学和药效学研究 [D]. 佛山: 佛山科学技术学院, 2022.
- [4] Kong Y D, Qi Y, Cui N, *et al.* The traditional herb *Polygonum hydropiper* from China: A comprehensive review on phytochemistry, pharmacological activities and applications [J]. *Pharm Biol*, 2023, 61(1): 799-814.
- [5] Ren C Z, Hu W Y, Li J C, *et al.* Ethyl acetate fraction of flavonoids from *Polygonum hydropiper* L. modulates pseudorabies virus-induced inflammation in RAW264.7 cells via the nuclear factor-kappa B and mitogen-activated protein kinase pathways [J]. *J Vet Med Sci*, 2020, 82(12): 1781-1792.
- [6] Yagi A, Uemura T, Okamura N, *et al.* Antioxidative sulfated flavonoids in leaves of *Polygonum-hydropiper* [J]. *Phytochemistry*, 1994, 35(4): 885-887.
- [7] 赵雅媚, 盛琳, 王宁, 等. 响应面法优化琼辣蓼总黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究 [J]. 中国兽药杂志, 2019, 53(11): 49-56.
- [8] 夏秋霞, 李超, 吕舒情, 等. 超声波提取辣蓼草中黄酮及抗氧化性研究 [J]. 通化师范学院学报, 2021, 42(10): 59-65.
- [9] 缪卫媛, 张思琪, 黄昌巧, 等. 辣蓼黄酮正丁醇部位对 PRV 感染 3D4/2 细胞氧化应激相关因子水平的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2023, 50(1): 349-358.
- [10] 赵怡, 张文, 陈奇, 等. 辣蓼黄酮对 PRV 感染的 RAW 264.7 细胞氧化应激的干预作用 [A] // 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会论文集 [C]. 南宁: 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会, 2023: 200.
- [11] 韦玉衡, 陈奇, 赵怡, 等. 辣蓼黄酮正丁醇部位干预 PRV 感染 RAW264.7 细胞差异 mRNA 表达 [A] // 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会论文集 [C]. 南宁: 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会, 2023: 155.
- [12] 陈家骥, 赵怡, 胡庭俊. 辣蓼黄酮正丁醇部位对伪狂犬病毒感染的猪脾淋巴细胞氧化应激调控作用及转录组学分析 [A] // 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会论文集 [C]. 南宁: 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会, 2023: 53.
- [13] 韦玉衡, 赵雅琪, 陈奇, 等. 辣蓼黄酮通过调控核因子 E2 相关因子 2 信号通路及组蛋白乙酰化缓解伪狂犬病毒感染小鼠诱导的脾脏和肺脏氧化应激 [J]. 动物营养学报, 2024, 36(2): 1213-1225.
- [14] 赵雯, 张文, 赵怡, 等. 辣蓼黄酮正丁醇部位对小鼠体内氧化应激反应的调节作用 [A] // 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会论文集 [C]. 南宁: 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学会第十三次全国会员代表大会暨第十七次学术研讨会, 2023: 188.
- [15] 成静. 辣蓼黄酮提取物制备和药理毒理研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2024.
- [16] 丁伊曲, 朱经国, 覃志彪, 等. 辣蓼黄酮提取物对南美白对虾免疫功能及其免疫相关因子 mRNA 表达水平的影响 [J]. 饲料工业, 2023, 44(6): 70-76.
- [17] 谢映红, 李璐, 肖琦, 等. 辣蓼黄酮对小鼠免疫功能调节作用的研究 [J]. 现代畜牧兽医, 2021(1): 28-32.
- [18] 张嘉欣. 辣蓼黄酮有效成分对 PRV 感染的猪肺泡巨噬细胞炎症反应干预作用及机制 [D]. 南宁: 广西大学, 2024.
- [19] 吴苑滢. 辣蓼黄酮对猪伪狂犬病毒感染猪肺泡巨噬细胞诱导炎症反应的干预作用研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2024.
- [20] 赵雅琪, 张嘉欣, 谢小东, 等. 辣蓼黄酮有效成分对猪伪狂犬病毒体外感染 3D4/2 细胞炎症因子分泌水平的调节作用 [J]. 饲料研究, 2022, 45(14): 78-83.
- [21] 宋漫玲. 辣蓼黄酮对 PCV2 感染猪肺泡巨噬细胞炎症反应的干预作用及其分子机制研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2024.
- [22] Ren C Z, Hu W Y, Song M L, *et al.* An ethyl acetate fraction of flavonoids from *Polygonum hydropiper* L. exhibits an anti-inflammatory activity in PCV2-infected porcine alveolar macrophages via PI3K/Akt and NF- κ B pathways [J]. *Vet Res Forum*, 2022, 13(3): 339-347.
- [23] 陈奇, 韦玉衡, 谢小东, 等. 辣蓼黄酮乙酸乙酯部分抑制炎症因子产生及 p38 丝裂原活化蛋白激酶和细胞外调

- 节蛋白激酶 1/2 蛋白磷酸化调节猪圆环病毒 2 型诱导的炎症反应 [J]. 动物营养学报, 2023, 35(2): 1250-1260.
- [24] 罗文涓, 陶俊宇, 杨剑, 等. 辣蓼黄酮对脂多糖诱导下 RAW264.7 细胞活性氧及炎性因子分泌的影响 [J]. 动物医学进展, 2017, 38(8): 1-6.
- [25] 刘梦倩, 陶俊宇, 胡雯月, 等. 辣蓼黄酮乙酸乙酯部分干预 LPS 诱导 RAW264.7 炎症反应机制 [J]. 动物医学进展, 2021, 42(6): 40-45.
- [26] 匡娜, 陶俊宇, 韦英益, 等. 辣蓼黄酮的分离提取及抗炎作用的分子机制研究 [A] // 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学分会第十五次学术讨论会论文集 [C]. 兰州: 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学分会第十五次学术讨论会, 2019: 350-351.
- [27] 谷俐媛, 陶俊宇, 杨剑, 等. 辣蓼黄酮正丁醇部分对脂多糖诱导内毒素血症小鼠的保护作用 [J]. 动物医学进展, 2018, 39(2): 84-90.
- [28] Tao J, Wei Y, Hu T. Flavonoids of *Polygonum hydropiper* L. attenuates lipopolysaccharide-induced inflammatory injury via suppressing phosphorylation in MAPKs pathways [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2016, 16: 25.
- [29] 关静渊, 李璐, 于美玲, 等. 辣蓼黄酮对小鼠抗炎作用的研究 [J]. 现代畜牧兽医, 2021(2): 1-4.
- [30] 周淑棉, 曹迷霞, 胡庭俊. 辣蓼黄酮正丁醇部分体外抗猪繁殖与呼吸综合征病毒的研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2020, 47(2): 605-611.
- [31] 路彩霞, 黄海澄, 涂黎晴, 等. 辣蓼黄酮乙酸乙酯部分体外抗猪伪狂犬病病毒研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(5): 131-135, 160.
- [32] 任春芝, 路彩霞, 韦英益, 等. 辣蓼黄酮乙酸乙酯部分对 PRV 体外诱导 RAW264.7 细胞分泌炎性因子的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48(3): 1132-1140.
- [33] 罗晓韵. 水蓼质量评价及体外抑菌活性研究 [D]. 广州: 广东药科大学, 2018.
- [34] 石跃武, 刘启志, 蒋红, 等. 辣蓼总黄酮提取工艺及其抗菌活性 [J]. 现代畜牧兽医, 2017(4): 5-8.
- [35] Ayaz M, Junaid M, Subhan F, *et al.* Heavy metals analysis, phytochemical, phytotoxic and anthelmintic investigations of crude methanolic extract, subsequent fractions and crude saponins from *Polygonum hydropiper* L [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014, 14: 465.

【责任编辑 解学星】