DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.09.008

柴胡皂苷的生物学功能及其在畜禽生产中的应用研究进展

张继东

巩义市农业服务中心,河南巩义 451200

摘要 柴胡皂苷(saikosaponins,SS)是传统中药柴胡的核心生物活性成分,具有调节炎症反应、抗氧化、缓解热应激反应等功效,是极具潜力的抗生素替代物。本文系统分析了SS的生物学功效及其在家畜、家禽生产中的应用研究进展。SS通过调节抗炎反应、脂质代谢及免疫细胞活性,发挥抗病毒、抗氧化及脏器保护作用,同时在缓解畜禽热应激、提升机体免疫力与生产性能方面效果明确,但当前SS应用中存在成分复杂性、生物利用度低、剂量—效应关系不明确及安全性评价体系不健全等关键问题,未来需进一步解析其活性机制、优化制剂技术、建立质量标准及研发复方制剂等,为进一步推动SS在无抗养殖中的规模化应用提供依据。

关键词 柴胡皂苷;抗炎;抗病毒;免疫调节;畜禽生产;抗生素替代物

The biological functions of saikosaponins and the progress on its applications in the production of livestock and poultry

Zhang Jidong

Gongyi Agricultural Service Center, Henan Province, Gongyi 451200, China

Abstract Saikosaponins (SS) are the core bioactive component found in the traditional Chinese medicine (TCM) Bupleurum chinense, with effects of regulating inflammatory response, antioxidation, and relieving the response to heat stress. They are highly potential alternatives to antibiotics. This article systematically analyzed the biological functions of SS and the progress on its application in the production of livestock and poultry. SS primarily exerts antiviral, antioxidant, and organ protective effects by regulating anti-inflammatory responses, lipid metabolism, and the immunization of cell activity. Meanwhile, they have clear effects in alleviating the response to heat stress in livestock and poultry, improving the immunity of body and production performance. However, there are key issues in current applications of SS including complex composition, low bioavailability, unclear dose-response relationships, and an incomplete system of evaluating safety. Further studying the mechanism of its activity, optimizing the preparation technology, establishing the standards of quality, researching and developing compound formulations are needed in the future to provide a basis for further promoting the large-scale application of SS in antibiotic-free farming.

Keywords saikosaponins(SS); anti-inflammatory; antiviral; immunomodulation; production of livestock

收稿日期:2026-05-15

作者简介:张继东,男,1979年生,硕士,高级畜牧师。

and poultry; alternatives to antibiotics

近年来，人们对畜产品质量安全的要求越来越高，随着“减抗/禁抗”政策的深入推行，畜禽养殖中抗生素滥用导致的耐药性与药物残留问题亟待解决，开发安全、高效的天然抗生素替代物已成为研究热点。柴胡是中医临床中广泛应用的中药材，柴胡皂苷(saikosaponins，SS)是柴胡发挥药效的重要活性成分之一，属于齐墩果烷型五环三萜皂苷，按照不同的化学结构可分为原生苷、同环双烯类、异环双烯类、齐墩果酸类和Δ12齐墩果烷类等5种不同类型[1]。在医学中应用较多的SS成分主要包括SSA(saikosaponin A)、SSB1(saikosaponin B1)、SSB2(saikosaponin B2)、SSC(saikosaponin C)、SSD(saikosaponin D)等。其中SSA和SSD中有效生物活性成分含量较高[2]，是衡量柴胡质量的重要指标。SS具有调节炎症反应、对抗病毒入侵、调节免疫反应、抗氧化、保护脏器及缓解热应激反应等功效[3-6]。

目前关于SS在畜禽上的研究多集中于单一功效验证，针对畜禽不同生长阶段的给药方案及长期使用的残留风险与毒性评价体系尚不完善，相关质量标准缺失。本文综述柴胡皂苷的生物学功能及其在畜禽生产中的应用研究进展，明确SS的最佳添加剂量、适用阶段及制剂技术，以期为制定SS在饲料添加剂中的质量标准与安全使用规范提供参考，推动中药资源在畜牧产业中的高值化利用。

1　SS的生物学功能

1.1　抗炎活性

抗炎活性是SS主要的药理作用之一，其机制是通过抑制多种促炎因子和信号通路来发挥抗炎作用。Toll样受体-4(toll-like receptor 4，TLR4)/核转录因子-κB(nuclear factor-κB，NF-κB)信号通路是机体重要的炎症通路，当机体受到外部刺激时，TLR4/NF-κB信号通路被激活，引发肝脏严重的炎症反应，促进多种炎症因子的表达，导致肝脏的炎症损伤加剧[7]。SSA和SSD可抑制肿瘤坏死因子α(tumor necrosis factor-α，TNF-α)、白细胞介素-6(interleukin 6，IL-6)和白细胞介素1β(interleukin-1β，IL-1β)等多种炎症因子水平，抑制TLR4/NF-κB信号通路，从而发挥抗炎作用[8]。Wang等[9]研究发现，SSA可以通过调节TLR4/NF-κB通路和谷胱甘肽过氧化物酶4(glutathione peroxidase 4，GPX4)的活性来发挥皂苷类成分的抗炎作用。Piao等[10]研究表明，SSA可调节辅助性T细胞(Th)2型和(Th)17型细胞因子，抑制IL-6/信号转导及转录活化因子3(signal transducer and activator of transcription 3，STAT3)/维甲酸相关孤核受体γt (retinoic acid-related orphan receptor γt，RORγt)通路和NF-κB途径，抑制小鼠鼻黏膜炎症。TLR4/髓样分化因子88(myeloid differenttiation factor 88，MyD88)信号通路也是机体重要的免疫炎症反应通路，该通路在多种免疫性疾病及慢性炎症性疾病发生及发展过程中扮演重要角色，其中IL-33、TLR4、MyD88蛋白是该通路重要的效应蛋白[11]。Yin等[12]研究表明，SSD可缓解腹腔注射卵清蛋白诱导的分泌性中耳炎。张萃等[13]研究发现，SSD不仅能降低TNF-α、IL-1β水平，还可以调控外周血(Th)2构成比，以及中耳组织IL-33、TLR4、MyD88蛋白相对表达量，抑制炎症反应，从而对急性中耳炎小鼠产生治疗作用，其作用机制可能与抑制TLR4/MyD88信号通路活性有关，有研究显示，SSD对改善哮喘有显著的功效[14]。在NF-κB/NOD样受体蛋白-3(NOD-like receptor protein 3，NLRP3)信号通路中，NLRP3炎症小体是1种细胞内的蛋白复合物，主要由NLRP3、抗体分泌细胞(antibody-secreting cell，ASC)和胱天蛋白酶-1(Caspase-1)组成，参与调节炎症反应和免疫调节，如果有NLRP3炎症小体形成便会激活Caspase-1。潘翱等[15]研究证明，SSA可通过抑制NLRP3炎症小体激活，血清中甲状腺球蛋白抗体(thyroglobulin antibody，TgAb)、甲状腺过氧化物酶抗体(thyroid peroxidase antibody，TPOAb)、促甲状腺激素(thyroid stimulating hormone，TSH)和游离三碘甲腺原氨酸(triiodothyronine，T3)水平和甲状腺组织中TNF-α、IL-6、NLRP3、ASC、兔抗裂解胱天蛋白酶-1(cleaved-caspase-1)和IL-1β的蛋白水平均显著降低，缓解大鼠的自身免疫性肝炎(autoimmune liver disease，ALD)。SSA还可以使小鼠血清谷丙转氨酶(glutamic pyruvic transaminase，GPT)、谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transaminase，GOT)含量降低，白介素-17(interleukin 17，IL-17) mRNA表达量降低，IL-10mRNA和细胞毒T淋巴细胞相关抗原-4(cyto-

toxic T lymphocyte-associated antigen 4, CTLA-4) mRNA 表达量升高，改善 AIH 小鼠肝脏炎症反应[16]。

1.2 抗病毒活性

SS 可以在病毒入侵、DNA 复制、翻译等多个阶段，抑制病毒诱导的细胞因子生成，改善 T 细胞和 B 细胞功能等方式发挥其抗病毒活性，并对多种病毒有效，具有广谱的抗病毒作用。Pan 等[17]研究表明，SSC 有抗乙型肝炎病毒(HBV)感染的作用，SSC 刺激 IL-6 表达，靶向抑制肝细胞核因子 1α(hepatocyte nuclear factor1α，HNF1α)和肝细胞核因子 4α(hepatocyte nuclear factor1α，HNF4α)表达，进而抑制乙肝病毒前基因 RNA(HBVpg RNA)的合成，发挥抗 HBV 感染功能。SSB2 能在丙肝病毒的入侵、复制和翻译多个阶段均发挥作用[18]，还能通过抑制猫Ⅰ型单纯疱疹病毒[19]，还能抑制冠状病毒的穿透、复制和翻译过程，有效控制冠状病毒的入侵[20]。陶然等[21]研究发现，SSA 体外抑制猪轮状病毒(porcine rotavirus，PoRV)增殖有较好作用，进一步研究发现 SSA 对其他不同种属基因型 PoRV、猴源病毒及牛源病毒也具有一定的抗病毒作用，初步表明 SSA 具有潜在的广谱抗病毒作用。Li 等[22]研究发现，SSD 及 SSA 可以显著降低肠道病毒 A71 蛋白的生物合成，减少自噬体与溶酶体结合，防止肠道病毒 A71 诱导的细胞死亡，可用于预防肠道病毒 A71 感染。

1.3 保护内脏作用

柴胡的保肝作用，其机制主要是通过抑制肝星状细胞的增殖和迁移，肝星状细胞在肝脏炎症和纤维化过程中至关重要。柴胡中的三萜皂苷对 TGF-β1 刺激的肝星状细胞有较强的抑制作用，是其发挥护肝作用的核心活性成分[23]。肝 X 受体(liver X receptor，LXR)是 1 种核受体，有 LXRα 和 LXRβ 2 种亚型，LXRα 主要在涉及脂质代谢调节的组织中表达，参与体内胆固醇平衡和碳水化合物代谢的基因的转录。Zhu 等[24]研究发现，SSA 能够抑制由肝损伤引起的肝组织髓过氧化物酶(MPO)、丙二醛(MDA)以及血清谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)水平上升，抑制细胞因子 TNF-α 与 IL-1β 表达，同时能够抑制 NF-κB 信号途径的激活并提高 LXRα 的表达，从而发挥 SSA 预防肝损伤的作用。邹翠云等[25]研究表明，SSA 可逆转线粒体损伤，提高肝细胞的存活率，发挥对肝脏的保护作用。Gu 等[26]研究显示，SSD 可以通过协调过氧化物酶体增殖物激活受体 α(PPARα)，抑制固醇调节元件结合蛋白 1c(SREBP1c)依赖性脂肪酸生物合成，诱导脂肪酸的降解来改善小鼠代谢性脂肪肝。胡乃华[27]研究认为，SSA 和 SSD 可通过调节固醇调节元件结合蛋白-1(SREBP-1)的剪切体活化水平，抑制脂肪酸生物合成，最终恢复肝脏脂质稳态，发挥对非酒精性脂肪性肝病(NAFLD)的治疗作用。陈雨婵等[28]研究表明，SSB1 可显著降低急性肝损伤小鼠的肝脏指数，减轻肝组织病理损伤，降低急性肝损伤小鼠血清中 ALT、AST、IL-6、IL-1β 及 TNF-α 水平，发挥对急性肝损伤小鼠的保护作用。SSD 可抑制 α-平滑肌肌动蛋白(α-SMA)和转化生长因子-β1(TGF-β1)蛋白的表达，抑制四氯化碳(CCl_4)诱导的大鼠肝纤维化，可使大鼠肝小叶结构清晰，炎症坏死、纤维化程度减轻[29]。SS 对其他内脏也有不同的保护作用。SSA 可以防止压力超负荷诱发的心脏纤维化，发挥保护心脏的作用[30]；SSD 对 H_2O_2 诱导的大鼠心肌细胞 H9c2 损伤有保护作用[31]，还能有效减轻呼吸机引起的肺损伤[32]。

1.4 免疫调节和抗氧化作用

SS 对机体的细胞免疫和体液免疫均有调节作用，可激活巨噬细胞，增强机体的特异性免疫功能和非特异性免疫功能。SSA 能显著抑制 TNF-α、IL-1β 和 IL-6 等的表达，还能抑制干扰素 β 和调节活化正常 T 细胞表达与分泌趋化因子的表达[33]。程玉鹏等[34]研究证实，SSA 可抑制 TNF-α 与 IL-1β 等的表达，抑制大鼠肝星形细胞(HSC-T6)凋亡，增强大鼠免疫力。Huang 等[35]研究发现，SSA 能激活 WNT/β-连环蛋白(β-catenin)信号通路，提高 T 细胞因子-1(T cell factor，TCF-1)和淋巴增强因子-1(lymphoid enhancer-binding factor 1，LEF-1)水平，加速骨髓基质细胞分化成骨，促进造血干细胞的形成，增强造血功能。常彦祥等[36]研究发现，SSD 能促进大鼠免疫器官如脾和胸腺组织生长，调节外周血 T 淋巴细胞亚群水平，提高细胞免疫功能。Th1 与 Th2 细胞是免疫 T 细胞在抗原诱导下产生的效应细胞，正常情况下，两者处于动态平衡状态，可维持机体免疫稳态；Th1 细胞分泌免疫调节因子干扰素 γ(interferon-γ，IFN-γ)，参与自身免疫过程；Th2 细胞则释放白介素 14(interleukin 14，IL-14)，扩大机体免疫性炎症反应；如果二者失衡，Th2 异常亢进，则表明体

内变应性反应增强[37]。Zhao 等[38]研究发现，SSA 能够上调血清中 IFN-γ、IL-12 水平，降低血清 IL-4 与 IL-10 水平，有效抑制大鼠乳腺癌细胞增殖，推测机制可能是 SSA 激活 IL-12/STAT4 途径诱导辅助性 T 细胞向 Th1 分化，影响 Th1/Th2 平衡，实现抗乳腺癌作用。董海影等[39]研究发现，SSA 还能促进抑郁模型大鼠海马区脑源性神经生长因子(BDNF)蛋白与 mRNA 的活性和表达，进而减少神经细胞凋亡。SS 还具有较强的抗氧化功能，SS 可显著降低氧自由基活性氧(reactive oxygen species，ROS)和丙二醛(malonaldehyde，MDA)的含量，显著增强超氧化物歧化酶(superoxide dismutase，SOD)、过氧化氢酶(catalase，CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase，GSH-Px)等抗氧化酶的活性[40]，增强机体免疫力。

1.5　调节热应激作用

近代医学大量研究表明，柴胡皂甙是柴胡中调节热应激、发挥退热作用的主要活性物质[41]。热应激是多种疾病过程中较为常见的症状，当机体受到外源性致热原的侵袭时，体内的免疫活性细胞被激活，产生内源性致热原，致体温升高。内源性致热原作用于体温调节中枢的方式有 3 种，包括 EP3 信号转导通路、Toll 样信号转导通路和特征性感染反应信号通路，这 3 种信号转导通路均由内源性致热原激活，并最终通过影响 EP3 信号转导通路引起发热。EP3 信号转导途径是由内源性致热原(如 IL-1、IL-6、TNF-α 等)增高，直接引起前列腺素 E_2(prostaglandin E_2，PGE_2)合成限速酶环氧合酶-2(cyclooxygenase-2，COX-2)的含量增高，而致 PGE_2 的合成增多，PGE_2 与细胞膜上的跨膜受体 EP3 结合，激活下游信号转导途径，导致细胞内钙离子浓度升高，环磷酸腺苷(cAMP)的合成量增多，cAMP 依赖性蛋白激酶(protein kinase A，PKA)的结合增多，PKA 活化刺激无活性的 NF-κB 解离，进入细胞核从而引起发热。孙晓卉[42]研究认为，SSA 的降温作用可能与 EP3 信号转导通路腺苷酸环化酶 AC、cAMP、PKA、NF-κB 等成分的表达量降低有关。石亮等[43]研究结果表明，柴胡水提物可降低血中炎症介质 IL-1β、IL-6、TNF-α 含量，有效抑制发热中枢正调节介质 cAMP 升高、中精氨酸加压素(AVP)释放和升温介质释放，起到退热作用。

2　SS 在畜禽生产中的应用

2.1　SS 在家畜生产中的应用

胡海涛等[44]研究发现，0.1 μmol/L SSA 和 0.01 μmol/L SSD 对 42 ℃热诱导条件下奶牛乳腺上皮细胞(BMECs)的氧化应激具有较好的缓解作用，并可提高热休克转录因子-1(HSF-1)和热休克蛋白 70(HSP70) mRNA 相对表达量，保护 BMECs 免受高温诱导的损伤。范彩云等[45]研究发现，柴胡提取物添加量为 5.0 g/kg 时，奶牛采食量、产奶量和乳蛋白含量最大，直肠温度和体细胞得分最小，小于 5.0 g/kg 为安全剂量。杨希文等[46]研究表明，在奶牛日常饲料里各添加 3.0 g/kg 柴胡提取物(SS 19.3%)，能显著增强奶牛的生产性能，还能提高抗氧化和免疫能力。郭广玲[47]等研究表明，大柴胡汤加味联合亚硒酸钠 VE 粉治疗猪黄膘病的效果佳且预后良好。

2.2　SS 在家禽生产中的应用

SS 在家禽生产中应用较多的是抗应激作用。氨气是畜禽养殖中普遍存在的外界刺激物，经常会使畜禽产生应激反应，影响畜禽健康，给畜禽养殖业造成严重的危害。日粮中添加 SS 可缓解 NH_3 刺激对肉鸡生长性能的抑制以及对回肠发育的不利影响[48]。徐丹等[49]研究表明，SS 的干预能在一定程度调节并维持氨气应激下雏鸡肠道菌群的平衡，能对高浓度氨气引起的去甲肾上腺素激增有一定缓解作用，通过发挥其镇静作用促使雏肉鸡抵抗氨气应激，这项试验还表明 SS 还能显著提高雏鸡平均日增重和平均终体重($P<0.05$)。SS 对提高畜禽免疫水平和疫苗增效都有一定的作用。郭兵[50]研究表明，柴胡皂苷对鸡新城疫—传染性支气管炎(NDV-IBV)二联活疫苗的免疫效果有增强作用，具体表现为显著促进淋巴细胞转化($P<0.05$)，增强血清新城疫抗体效价和血清中氧化氮浓度，从而提高增强 NDV-IBV 二联活疫苗的免疫效果。SS 还具有调节肉鸡肺部抗氧化和免疫功能的作用，肉鸡日粮中添加 SS 可以逆转 NH_3 刺激造成的肺中 B 细胞淋巴瘤-2 相关 X 蛋白(Bax)、胱天蛋白酶-3(caspase-3)和 TNF-α mRNA 表达升高，同时提高 IFN-γ、IL-4 和 IL-17 的 mRNA 水平，证实 SS 可以通过线粒体凋亡途径减轻 NH_3 刺激诱导的细胞间超微结构损伤[51]。孟心茹等[52]研究证实，SS 在体内外均可有效抑制柔嫩艾美耳球虫(E. *tenella*)对细胞的感染，并且能够改善

与修复 E. *tenella* 对雏鸡盲肠的损伤。

3 结语与展望

近年来，随着科技的高速发展和人类医学的不断进步，人们对柴胡的成分、药理作用、毒性、炮制方法、活性成分功效等方面进行了深入研究，其在抗炎、抗病毒、脏器保护及免疫调节等方面的多种作用机制逐步清晰。SS 应用于畜禽养殖中，主要用来改善生产性能，提高饲料利用率，提高机体防病免疫能力，缓解应激反应，改善畜产品质等方面，为天然中药成分用于畜禽生产提供参考依据。然而，SS 由于成分复杂，种类较多，不同成分的药效强度、作用靶点及代谢途径尚未系统解析，需明确主导功能的核心成分及其协同机制。SS 作为药物应用在畜禽生产领域缺乏相应的质量标准。安全性评价体系不健全也是影响 SS 应用的重要因素。

未来 SS 要在畜禽生产中广泛应用，必须对 SS 的药理、毒理、使用范围、使用剂量等进行进一步深入研究，探明作用机制，完善有关质量标准和评价体系，融入新技术，针对畜禽常见疫病设计 SS 复方制剂，探索与益生菌、植物多糖等生物活性物质的协同效应；还要优化提取纯化工艺，降低生产成本，推动 SS 在无抗养殖中的规模化应用，为保障畜禽生产健康安全提供更多的保障。

参 考 文 献

[1] 苏丹，卢婧芬，刘昱辛，等.柴胡皂苷在自身免疫性疾病中的应用[J].辽宁中医药大学学报，2025，27(7)：72-77.

[2] 杨印军，郑伟，郭佳琪，等.北柴胡、竹叶柴胡、藏柴胡与小叶黑柴胡化学成分比较研究[J].中国中药杂志，2019，44(2)：332-337.

[3] 宋小雪，闫丽莉，张文娓，等.柴胡化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物预测[J].中医药信息，2025，42(2)：76-81.

[4] 杨晰雯，胡文凯，蒋鑫，等.柴胡化学成分及药理作用研究进展[J].药学前沿，2024，28(11)：507-522.

[5] 袁林，李万利，靳玮，等.SS的生物学功能研究进展[J].中国兽医学报，2024，44(6)：1307-1315.

[6] 王海强，周千瑶，李冰琪，等.柴胡化学成分及药理作用研究进展[J].吉林中医药，2024，44(1)：96-100.

[7] 李子舜，赵长普，陈仁伍，等.中医药基于NF-κB信号通路治疗肝纤维化的研究进展[J].中国实验方剂学杂志，2023，29(23)：275-282.

[8] Ali W，Choe K，Kang M H，et al. Neuroprotective effects of saikosaponin-A in ethanol-induced glia-mediated neuroinflammation and oxidative stress via RAGE/TLR4/NF-κB signaling[J/OL]. International Journal of Molecular Sciences，2025，26(17)：7841. https://doi.org/10.3390/ijms26177841.

[9] Wang X，Li S，Yu J，et al. Saikosaponin B_2 ameliorates depression-induced microglia activation by inhibiting ferroptosis-mediated neuroinflammation and ER stress[J/OL]. Journal of Ethnopharmacology，2023，316：116729. https://doi. org/10.1016/j.jep.2023.116729.

[10] Piao C H，Song C H，Lee E J，et al. Saikosaponin A ameliorates nasal inflammation by suppressing IL-6/ROR-γt/STAT3/IL-17/NF-κB pathway in OVA-induced allergic rhinitis[J/OL]. Chemico-Biological Interactions，2020，315：108874.https://doi.org/10.1016/j.cbi.2019.108874.

[11] Wang F，Li Z W，Lyu F J，et al. The therapeutic effect of stem cells from human exfoliated deciduous teeth on a rat model of tracheal fistula[J/OL]. Stem Cell Research & Therapy，2022，13(1)：310. https://doi.org/10.1186/s13287-022-02994-x.

[12] Yin M J，Han X L. Saikosaponin D inhibits the inflammatory response of secretory otitis media through FTO-mediated N6-methyladenosine modification of TLR4 mRNA [J/OL]. International Journal of Molecular Sciences，2025，26(14)：6412. https://doi. org/10.3390/ijms26146412.

[13] 张萃，蒋正举，吴应玲，等.柴胡皂苷D调节Th1/Th2平衡对小鼠急性中耳炎的治疗作用及其机制研究[J].中医药导报，2023，29(2)：24-27.

[14] 杨丹芬，康睿，谢圆媛，等.SSd对哮喘小鼠气道炎症及TLR4/NF-κB通路的影响[J].河北医药，2022，44(7)：986-990.

[15] 潘翱，陈静，赖舒.SSA减轻大鼠自身免疫性甲状腺炎抑制NLRP3炎症小体激活[J].中国组织化学与细胞化学杂志，2022，31(3)：267-272.

[16] 郝健亨，陈浩，高艳，等.柴胡皂苷d对自身免疫性肝炎小鼠差异表达基因 *CTLA-4*、*IL-10* 和 *IL-17* 的影响[J].上海交通大学学报(医学版)，2020，40(3)：303-309.

[17] Pan Y C，Ke Z ，Ye H，et al. Saikosaponin C exerts anti-HBV effects by attenuating HNF1α and HNF4α expression to suppress HBV pgRNA synthesis[J]. Inflamm Res，2019，68(12)：1025-1034.

[18] Lee W P，Lan K L，Liao S X，et al.Antiviral effect of saikosaponin B2 in combination with daclatasvir on NS5A resistance-associated substitutions of hepatitis C virus [J].J Chin Med Assoc，2019，82(5)：368-374.

[19] Liu B，Jiao X Q，Dong X F，et al. Saikosaponin B2，punicalin，and punicalagin in vitro block cellular entry of feline herpesvirus-1[J/OL]. Viruses，2024，16(2)：231. https://doi.org/10.3390/v16020231.

[20] Xian Y，Zhang J，Bian Z，et al. Bioactive natural compounds against human coronaviruses：a review and perspective [J]. Acta Pharm Sini B，2020，10(7)：1163-1174.

[21] 陶然，胡屹屹，邓慧，等.SSA体外抑制猪轮状病毒增殖的研究[J/OL].中国兽医科学，1-9[2025-06-04]. https://doi.org/10.16656/j.issn.1673-4696.2025.0084.

[22] Li C，Huang L，Sun W，et al. Saikosaponin D suppresses enterovi-

rus A71 infection by inhibiting autophagy[J/OL]. Signal Transduction and Targeted Therapy, 2019, 4(1): 4. https://doi.org/10.1038/s41392-019-0037-x.

[23] 商佳伟.柴胡属药材的质量控制及其护肝作用机制研究[D].石家庄:河北医科大学,2023:67-68.

[24] Zhu Y, Chen X, Rao X, et al.Saikosaponin a ameliorates lipopolysaccharide and dgalactosamine -induced liver injury *via* activating LXRα[J].Int Immunopharmacol,2019,72:131-137.

[25] 邹翠云,陈泓,甘昭龙,等.柴胡皂苷a对石斑鱼肝细胞脂肪沉积的调节作用[J].仲恺农业工程学院学报,2023,36(1):48-54.

[26] Gu Y, Liu Y, Zhang Y, et al. Saikosaponin D attenuates metabolic associated fatty liver disease by coordinately tuning PPARα and INSIG/SREBP1c pathway[J/OL]. Phytomedicine, 2022, 102: 154189. https://doi.org/10.1016/j.phytomed.2022.154189.

[27] 胡乃华.综合脂质组学和转录组学研究揭示柴胡皂苷A和D对非酒精性脂肪肝的治疗作用[J].天然产物研究与开发,2022,34(2):262-268.

[28] 陈雨婵,彭东辉,孙延平,等.柴胡皂苷B1缓解CCl4诱导急性肝损伤的作用机制研究[J].中医药信息,2023,40(4):38-43.

[29] 赵婉莹,柯小茹.柴胡皂甙D对四氯化碳诱导大鼠肝纤维化的作用及其机制[J].解剖学研究,2019,41(4):246-249.

[30] Cheng C, Xiao Y H, Xin G C, et al. Saikosaponin A protects against uremic toxin indole-3-acetic acid-induced damage to the myocardium[J/OL]. Molecular Medicine Reports, 2023, 28(3): 159. https://doi.org/10.3892/mmr.2023.13046.

[31] 丁雨,陈雪梅,吴思思.柴胡皂苷D对H_2O_2诱导大鼠心肌细胞H9c2损伤保护机制研究[J].浙江医学,2019,41(24):2571-2575.

[32] Chen Y, Que R, Lin L, et al. Inhibition of oxidative stress and NLRP3 inflammasome by saikosaponin-d alleviates acute liver injury in carbon tetrachloride induced hepatitis in mice[J].Int J Immunopathol Pharmacol,2020,34(20):587-593.

[33] Wei Z, Wang J, Shi M, et al.Saikosaponin a inhibits LPS-induced inflammatory response by inducing liver X receptor alpha activation in primary mouse macrophages[J]. Oncotarget, 2016, 7(31): 48995-49007.

[34] 程玉鹏,姜丽丽,王语哲,等.SSa药理学研究进展[J].中华中医药学刊,2021,39(4):24-27.

[35] Huang W, Zheng X, Yang X, et al.Stimulation of osteogenic differentiation by saikosaponin-A in bone marrow stromal cells *via* WNT/β -catenin pathway[J]. Calcif Tissue Int, 2017, 100(4): 392-401.

[36] 常彦祥,孙利平.SSD对肝癌大鼠肿瘤生长和免疫功能的影响[J].中国临床药理学杂志,2020,36(14):2059-2062.

[37] Jang J Y, Choi G H, Ji S.IFN-γ or IL-4 polarization impacts the response of gingival fibroblasts to oral bacteria[J].J Periodontal Res, 2021,56(3):462-470.

[38] Zhao X, Liu J, Ge S, et al. Saikosaponin a inhibits breast cancer by regulating Th1 /Th2 balance[J]. Front Pharmacol, 2019, 62(4): 106-114.

[39] 董海影,张静艳,柏青杨,等.柴胡皂苷A对抑郁模型大鼠海马神经细胞凋亡的保护作用[J].中国老年学杂志,2015,35(7):1935-1937.

[40] 余刘勤,贾爱梅,宋永砚.柴胡皂苷抗炎、抗氧化和降脂研究进展[J].中国动脉硬化杂志,2020,28(1):87-92.

[41] 胡倩,金司仪,李丹清,等.柴胡挥发油的研究进展[J].中南药学,2019,17(9):1499-1503.

[42] 孙晓卉.柴胡皂苷A降温作用与AC、cAMP、PKA、NF-κB关系的实验研究[D].沈阳:沈阳医学院,2018:25-27.

[43] 石亮,张智慧,李晓宇,等.柴胡水提物对大鼠解热作用机制研究[J].中国药物警戒,2016,13(9):513-516.

[44] 胡海涛,孙先枝,黄峰,等.柴胡皂苷对热诱导的奶牛乳腺上皮细胞抗氧化能力和热休克蛋白基因表达的影响[J].动物营养学报,2021,33(11):6420-6430.

[45] 范彩云,苏娣,侍宝路,等.柴胡提取物对热应激奶牛生产性能和血液代谢的影响[J].草业科学,2017,34(12):2538-2545.

[46] 杨希文,祁效林,金国栋,等.柴胡提取物对奶牛生产性能、抗氧化能力及免疫功能的影响[J].现代畜牧科技,2025(5):1-4.

[47] 郭广玲,任忆秋,赵成莹,等.大柴胡汤加味联合亚硒酸钠VE粉治疗猪黄膘病的效果观察[J].养殖与饲料,2025,24(1):42-45.

[48] Shu G, Xu D. Protective effect of dietary supplementation of Bupleurum falcatum L saikosaponins on ammonia exposure-induced ileum injury in broilers[J/OL]. Poultry Science, 2021, 100(3): 100803. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.057.

[49] 徐丹,杜红,易鑫,等.柴胡皂苷对氨气暴露下雏鸡盲肠微生物群落及行为学的影响[J].四川农业大学学报,2022,40(3):427-437.

[50] 郭兵.SS对鸡新城疫—传染性支气管炎二联活疫苗免疫效果的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(20):136-138.

[51] Bai S, Peng X, Wu C, et al. Effects of dietary inclusion of *Radix Bupleuri* extract on the growth performance, and ultrastructural changes and apoptosis of lung epithelial cells in broilers exposed to atmospheric ammonia[J/OL]. Journal of Animal Science, 2021, 99(11):skab313. https://doi.org/10.1093/jas/skab313.

[52] 孟心茹,甘晓凤,郭丽君,等.柴胡皂苷体内外抗鸡柔嫩艾美耳球虫的研究[J].中国预防兽医学报,2024,46(6):621-629.

[53] 牛源菲,刘美婷,时宇静,等.柴胡的化学成分、药理作用、炮制和毒性研究进展[J].中国药物警戒,2025,22(9):1073-1080.

[54] 张茹,索欣,张红伟,等.柴胡的炮制历史沿革、化学成分和药理作用研究进展[J/OL].中华中医药学刊,1-15.https://link.cnki.net/urlid/21.1546.R.20250812.1047.002.

【责任编辑:赵琳琳】