DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.05.027

红芪的免疫调节活性成分及作用机制研究进展

王露[1,2],杨子牧[1,2],庞哲[1,2],杨苗苗[1,2],崔治家[1,3],邵晶[1,2,3,4],万生芳[1]
[1.甘肃中医药大学,甘肃 兰州 730000;2.国家中医药管理局三级实验室(中药化学重点实验室),甘肃 兰州 730000;
3.西北中藏药协同创新中心,甘肃 兰州 730000;4.甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室,甘肃 兰州 730000]

摘要:红芪为临床常用中药,其活性成分包括多糖、皂苷类、黄酮类、有机酸类等,药理学研究表明红芪具有免疫调节、抗炎、胃肠保护和抗病毒等作用。总结红芪及其主要活性成分的免疫调节作用,揭示红芪及其主要活性成分通过作用于免疫器官脾脏和胸腺,T、B淋巴细胞、NK细胞、巨噬细胞等,缓解机体炎性反应,维持免疫系统的稳定性。其作用机制可能是通过降低肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-alpha,TNF-α)、白细胞介素(interleukin,IL)-2、IL-4、IL-6和IL-1β等炎症因子水平以及下调核转录因子-κB(nuclear factor kappa-B,NF-κB)等的表达,抑制促炎因子,提高抗炎因子表达,发挥免疫调节作用。体外实验表明,红芪及其提取物可改善氧化应激,具有靶器官保护作用。此外,红芪对于由Th1/Th2细胞因子失衡所引起的类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮等自身免疫系统疾病也具有良好的免疫调节作用。系统地总结红芪具有免疫调节作用的主要成分以及其免疫调节的作用机制,以期为红芪的临床应用和进一步的基础研究提供依据。

关键词:红芪;活性成分;免疫调节
中图分类号:R282.71 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)05-0144-04

Research on Material Basis and Mechanism of Hongqi(Hedysari Radix) Regulating Immunity

WANG Lu[1,2],YANG Zimu[1,2],PANG Zhe[1,2],YANG Miaomiao[1,2],CUI Zhijia[1,3],SHAO Jing[1,2,3,4],WAN Shengfang[1]
[1. Gansu University of Chinese Medicine,Lanzhou 730000,Gansu,China;
2. Third Level Laboratory of the State Administration of Traditional Chinese Medicine(Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Chemistry),Lanzhou 730000,Gansu,China;
3. Northwest Collaborative Innovation Center for Traditional Chinese Medicine,Lanzhou 730000,Gansu,China;
4. Key Laboratory of Chemistry and Quality for Traditional Chinese Medicine,Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000,Gansu,China]

Abstract:Hongqi(Hedysari Radix) is the commonly used herb in traditional Chinese medicine and its active ingredients include polysaccharides,saponins,flavonoids and organic acid. Pharmacological studies show that Hongqi(Hedysari Radix) has immunomodulatory,anti-inflammatory,gastrointestinal protective and antiviral effects. In the article,the immunomodulatory effects of Hongqi(Hedysari Radix) and its main active components were summarized and it reveals that Hongqi(Hedysari Radix) and its main active components can alleviate the inflammatory reaction and maintain the stability of the immune system by acting on the spleen,thymus,T and B lymphocytes,NK cells and macrophages. The mechanism of action may be reducing the expressions of inflammatory factors such as tumor necrosis factor-α(TNF-α),interleukin(IL)-2,IL-4,IL-6,IL-1β and nuclear factor kappa-B(NF-κB),inhibiting pro-inflammatory factors and promoting the production of anti-inflammatory factors. Vitro experiments have shown that Hongqi(Hedysari Radix) and its extracts can improve oxidative stress and have target organ protective effects. In addition,Hongqi(Hedysari Radix) also has good immunomodulatory effects on autoimmune diseases such as rheumatoid arthritis and systemic lupus erythematosus,which are caused by Th1/Th2 cytokine imbalance. This paper systematically summarized the main components of Hongqi(Hedysari Radix) with immunomodulatory effects and its action mechanism in immune regulation in order to provide basis for clinical application and further scientific research.

Keywords:Hongqi(Hedysari Radix);active ingredient;immunoregulation

红芪(Hedysari Radix,RH)为豆科植物多序岩黄芪(*Hedysarum polybotrys* Hand.-Mazz.)的干燥根,性味甘,微温;归肺、脾经;具有补气升阳、固表止汗、利水消肿等功效[1]。红芪广泛分布于中国西北地区,并以功能食品的形式出口到东南亚国家[2]。在日常饮食中,RH经常被用来煮汤和制作饮料,有膳食补充剂的作用[3]。近年来,红芪由于其营养和健康益处而受到研究人员和消费者的关注。现代实验研究表明,红芪及其主要成分具有免疫调节作用,能显著提高非特异性和特异性免疫力,改善机体免疫状态[4]。在治疗自身免疫系统及其他疾病中取得了显著且确切的疗效。本文就红芪免疫调节的活性成分,红芪对免疫器官、淋巴细胞、炎症因子以及自身免疫系统疾病的作用及作用机制进行综述,以期为红芪的临床应用和进一步科学研究提供依据。

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金项目(82060914);甘肃省药品检验研究院国家药监局中药材及饮片质量控制重点实验室项目(2024GSMPA-KL14);甘肃省科技计划东西协作专项(鲁甘科技协作项目)(22CX8NA068);甘肃省科技计划联合科研基金项目(25JRRA1175)

作者简介:王露(1999-),女,甘肃庆阳人,硕士在读,研究方向:中药药效物质基础及质量标准。
通讯作者:邵晶(1978-),女,山西运城人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药药效物质基础及质量控制与产品开发。E-mail:cn221@163.com。
万生芳(1971-),女,甘肃靖远人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中医药防治糖尿病并发症及其证候。E-mail:wanshengfang@163.com。

1 红芪免疫调节的活性成分

红芪主要有黄酮类、皂苷类、多糖类、氨基酸类等，此外还含有生物碱、微量元素以及苯丙素类等化学成分[5]。其中具有多种药效活性成分发挥药理作用，现代研究发现，红芪主要通过多糖类及皂苷类等成分发挥其免疫调节功能[6]。

1.1 黄酮类

黄酮类成分的基本母核为2-苯基色原酮，该类化合物通常被认为是红芪质量控制的生物活性“标志化合物”[7]。红芪中分离出来的黄酮类化合物主要有美迪紫檀素、芒柄花黄素、刺芒柄花苷、槲皮素、毛蕊异黄酮苷等[8]。研究表明，黄酮类化合物具有免疫抑制特性，可以调节免疫细胞及趋化因子、肿瘤坏死因子、炎症因子等效应物的激活[9]，其机制为调节免疫细胞的分化和激活，从而增强机体免疫防御、免疫自稳和免疫监视能力[10]。体内实验表明，槲皮素不仅可以降低暴露于$PM_{2.5}$小鼠机体内的氧化应激和炎症反应，还可通过调节小鼠外周血淋巴细胞亚群比例增强小鼠免疫功能[11]。在角叉菜胶诱导的大鼠炎症反应中，槲皮素可抑制炎症介质肿瘤坏死因子-α(Tumor necrosis factor α，TNF-α)、趋化因子(Reducedupon activation，normal T cell expressed and secreted，RANTES)、巨噬细胞炎症蛋白-2(Macrophage inflammatory protein2，MIP-2)和前列腺素E2(Prostaglandine2，PGE-2)的释放，预防炎症反应[12]，维持免疫系统的稳定性。

1.2 皂苷类

皂苷类成分主要存在于红芪的根、茎、叶中，是先天免疫刺激剂，通过增加免疫器官质量、提高机体抗氧化能力、诱导免疫细胞分泌因子等机制来提高免疫调节作用[13]。研究表明，红芪总皂苷(Radix Hedysari total saponins，RHTS)能显著提高被环磷酰胺抑制的机体免疫功能，与环磷酰胺组相比，RHTS组的胸腺指数和脾脏指数均显著增加[14]。有研究表明白桦脂酸对内毒血症和迟发性超敏反应具有免疫抑制作用，能抑制一氧化氮(NO)和TNF-α的产生，降低巨噬细胞的核转录因子-κB(Nuclear factor kappa-B，NF-κB)的活化[15]。

1.3 多糖

红芪多糖(Hedysarum polybotrys polysacchcrides，HPS)是红芪中含量较高的重要活性成分，多糖含量平均为9.01%[16]。课题组前期[17]研究红芪醇提物组、水提物组、醇沉物组、残留物组对环磷酰胺所致免疫低下小鼠的影响，结果表明，红芪水提物和醇沉物有一定的增强体液免疫和细胞免疫的作用，可调节环磷酰胺所致免疫低下，多糖为主要活性部位。使用蛋白质组学技术研究发现，HPS通过调节白蛋白、HSP84、HSP27及载脂蛋白A等蛋白表达水平，影响S_{180}瘤细胞的凋亡、氧化应激、脂类转运、离子运输等生理过程，发挥治疗化疗药物环磷酰胺(Cyclophosphamide，CTX)所致机体免疫功能低下，发挥协同增效作用[18]。

近年来，从植物中发掘低毒性强效天然化合物作为抗氧化剂已成为抗氧化剂研究的一个重要分支。HPS可以显著促进胃上皮细胞GES-1体外生长，改善GES-1细胞培养液氧化应激状态，延缓G0/G1期细胞周期，抑制GES-1细胞氧化应激损伤的凋亡，从而达到胃保护作用[19]。同时，HPS可以降低乙酸诱导的胃溃疡大鼠胃组织匀浆中的TNF-α、白细胞介素(Interleukin，IL)-6水平，升高胃组织中黏膜保护因子PGE-2和NO水平，改善胃肠系统[20]。此外，HPS通过单磷酸腺苷激活蛋白激酶途径，抑制非酒精性脂肪肝模型大鼠的脂质代谢功能障碍，有抗高脂血症和肝脏保护作用[21]。HPS可以抑制脂多糖(Lipopolysaccharides，LPS)的反应和局部炎症细胞因子的产生，通过TLR-4/NF-κB p65途径，降低内毒素诱导的葡萄膜炎(Endotoxin-induced uveitis，EIU)的严重程度[22]。天然来源的多糖因其低毒、无残留、无耐药性和显著活性而受到越来越多的关注。

1.4 氨基酸

红芪中含有苏氨酸、精氨酸、亮氨酸等多种氨基酸。经检测，红芪中含有6种人体必需氨基酸，岷县、渭源种植的红芪必需氨基酸占氨基酸总量的18.9%以上[23]。研究表明，精氨酸具有增强免疫力、改善心脑血管、提高抗氧化能力等生理功能[24]。亮氨酸及其代谢产物β-羟基-β-甲基丁酸可通过提高血清中免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)的含量，降低血清中可溶性CD4和CD8的含量来增强机体特异性免疫机能[25]。

2 红芪及其主要成分调节免疫的作用机制

红芪提取液能够通过调节免疫器官(胸腺和脾脏)、免疫细胞(淋巴细胞、单核巨噬细胞)和免疫因子(CD分子、IL、γ干扰素)的作用，增强机体的非特异性免疫和特异性细胞免疫功能，而起到免疫调节作用[2]。

2.1 红芪及其主要成分对免疫器官的影响

免疫器官脾、胸腺指数在一定程度上能反映出免疫器官的发育程度，可以直观地体现出机体免疫功能的强弱。研究发现红芪水煎液能大幅提升老龄小鼠的脾指数和胸腺指数，同时能够强化老龄小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬作用，说明红芪水煎液可以提高老龄小鼠的免疫功能[26]。在脾气虚模型大鼠实验中发现，炙红芪可以使大鼠脾脏指数和胸腺指数明显升高，提示炙红芪可促进脾气虚模型大鼠的脾脏和胸腺发育，同时改善脾脏中IL-6 mRNA和干扰素(Interferon，IFN)-γ mRNA的表达，降低血清中IL-2、IL-6、IFN-γ和TNF-α的分泌，抑制促炎因子，还显著增加IgG、IgM和IgA三类免疫球蛋白的含量，维持免疫稳态，达到免疫调节作用[27]。研究发现，槲皮素能促进小鼠淋巴细胞的增殖，抑制T细胞分泌IL-6、IFN-γ、TNF-α，发挥其免疫调节作用[28]。

2.2 红芪及其主要成分对淋巴细胞的影响

红芪及其主要成分通过对T、B淋巴细胞、NK细胞等的调节来缓解机体炎症反应，发挥免疫调节作用。

2.2.1 对T淋巴细胞的影响 以玉屏风、复芪止汗、补中益气和益气养血方剂作为研究对象，用相同剂量的红芪替换黄芪，研究复方用红芪对免疫抑制小鼠的作用，结果表明各组均可显著提高免疫抑制小鼠胸腺和脾脏指数，能不同程度提高免疫抑制小鼠T淋巴细胞的增殖反应、升高$CD3^+$T淋巴细胞和$CD4^+$及$CD8^+$T淋巴细胞亚群百分比，促进T细胞增殖，提高巨噬细胞吞噬能力，降低淋巴细胞凋亡比率，有效改善小鼠免疫低下状态[29]。

2.2.2 对B淋巴细胞的影响 通过给小鼠注射环磷酰胺建立免疫抑制小鼠模型，以相同剂量的红芪替换补中益气口服液、益气养血口服液、复芪止汗颗粒和玉屏风口服液中的黄芪后，灌胃进行体内拮抗实验，测定小鼠脾脏指数、血清HC_{50}、$CD19^+$B淋巴细胞亚群以及血清IL-4含量。结果发现，环磷酰胺免疫抑制小鼠经各红芪复方作用后小鼠脾脏指数、血清HC_{50}、$CD19^+$B淋巴细胞亚群及血清IL-4含量均出现不同程度的增加。其中含红芪的玉屏风水提物在提高环磷酰胺免疫抑制小鼠脾脏指数方面优于含黄芪的玉屏风口服液[30]。

2.2.3 对NK细胞的影响 研究发现，HPS与CTX合用后，各剂量组均能明显抑制CTX所致的白细胞数量下降，其中，中剂量的HPS与CTX合用能够降低肿瘤的质量，并能明显抑制

CTX所致的$CD3^+$ T细胞和NK细胞数量下降,增强CTX对S_{180}细胞的化疗效果,其机制可能与提高T细胞和NK细胞介导的免疫应答有关[31]。

2.3 红芪及其成分对吞噬细胞的调节作用

单核巨噬细胞具有免疫信息传递、协同和吞噬处理抗原功能,参与免疫反应。吞噬能力是衡量机体非特异性免疫功能的标志之一。在环磷酰胺诱导的免疫抑制模型中,与环磷酰胺组相比,红芪总皂苷组腹腔巨噬细胞的吞噬百分率和吞噬指数均显著升高,且红细胞的免疫黏附作用明显改善[14]。有研究表明,低剂量红芪多糖可显著提高胶质瘤裸鼠血清中TNF-α和天冬氨酸蛋白水解酶-3(Cysteinyl aspartate specific proteinase, Caspase-3)水平,降低NF-κB含量。使胶质瘤U251细胞停留在G1期,抑制细胞生长,增强胶质瘤裸鼠血清中巨噬细胞的吞噬能力,抑制肿瘤的发生发展[32]。

2.4 红芪及其主要成分对炎症因子的调节作用

2.4.1 对TNF-α及IL的调节作用 炎症作为机体免疫反应的一部分,抗炎和促炎因子分泌失衡是炎性病变的重要原因[33]。IL可促进免疫细胞生长、分化与增殖,并调节免疫应答。TNF-α能直接杀伤肿瘤细胞而对正常细胞无明显毒性。在脓毒症小鼠模型中发现,芒柄花苷能使小鼠海马组织中TNF-α、IL-1β和IL-6含量降低,抑制促炎因子,改善小鼠脓毒症引起的认知功能障碍[34]。此外,芒柄花黄素能降低脓毒症小鼠脾脏中促炎因子TNF-α、IL-1β和IL-6的含量,阻断其介导的炎症反应,减轻小鼠脓毒症的进展[35]。柳晓蕊等[36]研究结果证实,毛蕊异黄酮显著降低了小鼠原代小胶质细胞中Toll样受体4(Toll-like receptors 4, TLR4)及其下游炎症因子TNF-α和IL-1β的相对表达水平,减轻脑出血后继发的急性炎症损伤,从而发挥脑保护作用。

2.4.2 对转录因子NF-κB的调节作用 芒柄花黄素可提高HepG2细胞增殖抑制率和凋亡率,降低荷瘤小鼠血清和HepG2细胞TNF-α、IL-1β和IL-10水平,提高荷瘤小鼠抑瘤率,降低荷瘤小鼠肿瘤组织和HepG2细胞TLR4、NF-κB p65蛋白表达,抑制肝癌发生,其作用机制可能与抑制TLR4/NF-κB通路介导的肿瘤免疫逃逸有关[37]。研究证实,芒柄花苷可以缓解IL-1β诱导的软骨细胞活力下降,并减弱含有TNF-α和IL-6的炎症因子的过度表达,下调丝裂原活化蛋白激酶(Mitogen-activated protein kinase, MAPK)和NF-κB信号通路减轻软骨细胞炎症,从而改善软骨细胞退变[38]。

2.5 红芪及其成分对自身免疫疾病的作用

2.5.1 对类风湿关节炎的影响——类风湿性关节炎与饮食关系的研究进展 类风湿性关节炎(Rheumatoid arthritis, RA)是一种长期炎症性的自身免疫疾病,其主要病理表现为关节滑膜炎性细胞浸润、滑膜细胞增殖,血管翳形成[39]。红芪黄酮类化合物槲皮素通过抑制MAPK-ERK1/2, p-38亚基和c-Jun氨基末端激酶以及NF-κB的激活来抑制类风湿性滑膜成纤维细胞的增殖[40]。异黄酮中的金雀异黄素抑制由IL-1β、TNF-α或表皮生长因子诱导的滑膜细胞的锚定依赖性增殖,实质上抑制细胞进入分裂期,在G1限制点引起细胞周期停滞并抑制由表皮生长因子诱导的类风湿性滑膜细胞的集落生长,金雀异黄素还下调IL-1β或TNF-α诱导的基质金属蛋白酶(Matrix metallopeptidase)-2和MMP-9表达[41]。广泛证据已经证实,黄酮类化合物能够调节减轻炎症反应和抑制滑膜细胞增殖,减缓RA疾病进展。

2.5.2 对系统性红斑狼疮的影响 系统性红斑狼疮(Systemic lupus erythematosus, SLE)是一种致病机制异常复杂的自身免疫性疾病,目前已知与多种免疫细胞和免疫因子的异常激活和相互作用相关,T细胞和B细胞的特异性免疫细胞失调、自身抗体免疫复合物大量累积、免疫细胞促炎因子的浸润均会促进SLE的发展[42]。红芪黄酮类化合物已被许多研究人员在体内和体外实验中证明具有抗氧化活性,它们通过清除氧自由基、促进抗氧化剂或抑制氧化酶表现出强大的抗氧化能力[43]。在对系统性红斑狼疮小鼠肾脏功能及免疫功能实验研究中发现,黄酮类成分槲皮素通过提高小鼠脾脏指数、胸腺指数,以及脾脏树突状细胞比例和Th1细胞比例,减少Th2细胞比例,增强系统性红斑狼疮小鼠细胞免疫功能,有效保护系统性红斑狼疮小鼠肾功能[44]。

2.5.3 对其他自身免疫性疾病的影响 红芪可参与多种自身免疫系统疾病的治疗。变应性鼻炎(Allergic rhinitis, AR)是一种免疫球蛋白E(IgE)介导的Ⅰ型超敏反应[45]。在鸡卵白蛋白(Ovalbumin, OVA)诱导的小鼠AR模型中,五环三萜类化合物齐墩果酸,能明显抑制OVA诱导的自噬相关蛋白表达,并通过自噬进一步促进Th17细胞增殖,抑制调节T细胞(Treg)生长,调节Th17/Treg分化,减轻炎症细胞浸润,并以剂量依赖方式抑制OVA诱导的过敏性鼻部症状,从而对AR起到治疗作用[46]。

3 小结

近年来有关红芪及其主要成分在免疫调节方面的研究逐渐深入,研究表明,在炎症和异常免疫应答情况下,红芪可有效地通过调节TLR、NF-κB等信号通路,调节机体特异性免疫和非特异性免疫,达到抑制多种炎性因子,促进抗炎因子产生,抑制机体自身免疫亢进的作用。红芪及其主要成分对淋巴细胞、巨噬细胞等均具有调节作用。红芪通过调节免疫因子失衡用于溃疡性结肠炎、急性肺损伤、糖尿病肾病等的治疗。此外,红芪还对类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮等自身免疫系统疾病具有明显治疗效果。但目前研究主要集中在体外实验,红芪及其主要成分在体内的免疫调节作用尚需进一步明确,且红芪各个成分发挥其免疫调节的机制各不相同,有些尚不明确,需进一步研究,以期为临床应用提供更多的实验依据。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2020:159.
[2] WEI D F, WEI Y X, CHENG W D, et al. Sulfated modification, characterization and antitumor activities of *Radix* hedysari polysaccharide[J]. Int J Biol Macromol, 2012, 51(4): 471-476.
[3] YANG X Y, XUE Z Y, FANG Y Y, et al. Structure-immunomodulatory activity relationships of *Hedysarum* polysaccharides extracted by a method involving a complex enzyme combined with ultrasonication [J]. Food Funct, 2019, 10(2): 1146-1158.
[4] 辛二旦, 张爱霞, 牛江涛, 等. 红芪免疫调节作用现状探究[J]. 西部中医药, 2019, 32(9): 145-147.
[5] 冯慧敏, 李成义, 何军刚, 等. 红芪化学成分和药理作用研究进展及质量标志物(Q-Marker)的预测分析[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2831-2842.
[6] 周瑞娟, 李成义, 冯慧敏, 等. 红芪免疫调节物质基础及作用机制研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2022, 29(6): 153-156.
[7] LIU Y, CHEN H B, ZHAO Y Y, et al. Quantification and stability studies on the flavonoids of *Radix* hedysari[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(18): 6634-6639.
[8] 李玥, 何军刚, 冯慧敏, 等. 红芪黄酮类化合物研究进展与潜在优势分析[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(8): 89-93.
[9] 王悦荣. 曲克芦丁对小鼠基因表达的影响[D]. 海口: 海南大

学, 2018.
[10] 宋卿, 季青, 李琦. 中医药调节肿瘤免疫的临床及机制研究[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(10): 4542 - 4545.
[11] LIU W, ZHANG M J, FENG J Q, et al. The influence of quercetin on maternal immunity, oxidative stress, and inflammation in mice with exposure of fine particulate matter during gestation[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(6): 592.
[12] MORIKAWA K, NONAKA M, NARAHARA M, et al. Inhibitory effect of quercetin on carrageenan - induced inflammation in rats[J]. Life Sci, 2003, 74(6): 709 - 721.
[13] 刘善茹, 李昕蓉, 刘书斌, 等. 红芪活性成分免疫调节作用及机制研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(5): 130 - 137.
[14] 王玮尤,王裕,王超美,等. 红芪总皂甙对小鼠免疫功能的增强作用及其与 CaM 水平的相关性[J]. 兰州大学学报,2000,36(5): 107 - 111.
[15] 刘翠华. 白桦脂酸对咪喹莫特诱导的银屑病样小鼠模型的治疗作用及其免疫调节机制研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2019.
[16] 王新玲, 王茜, 马彦玲, 等. 红芪根中多糖的提取及含量测定[J]. 新疆中医药, 2009, 27(4): 55 - 57.
[17] 邵晶, 王志旺, 杜丽东, 等. 红芪不同提取物对环磷酰胺所致免疫低下小鼠的影响及相关成分含量研究[J]. 中国临床药理学杂志, 2018, 34(6): 698 - 702.
[18] 卫东锋, 赵春燕, 程卫东, 等. 红芪多糖对 S_{180} 瘤细胞化疗协同增效作用的蛋白质组学分析[J]. 中药材, 2012, 35(5): 749 - 756.
[19] XUE Z Y, ZHAO L G, WANG D H, et al. Structural characterization of a polysaccharide from *Radix* Hedysari and its protective effects against H_2O_2 - induced injury in human gastric epithelium cells[J]. Int J Biol Macromol, 2021, 189: 503 - 515.
[20] XUE Z Y, SHI G G, FANG Y Y, et al. Protective effect of polysaccharides from *Radix* Hedysari on gastric ulcers induced by acetic acid in rats[J]. Food Funct, 2019, 10(7): 3965 - 3976.
[21] SUN W M, WANG Y P, DUAN Y Q, et al. *Radix* Hedysari polysaccharide suppresses lipid metabolism dysfunction in a rat model of non - alcoholic fatty liver disease *via* adenosine monophosphate - activated protein kinase pathway activation[J]. Mol Med Rep, 2014, 10(3): 1237 - 1244.
[22] YU S, ZHANG W, YU J Y, et al. Inhibiting effect of *Radix* Hedysari Polysaccharide (HPS) on endotoxin - induced uveitis in rats[J]. Int Immunopharmacol, 2014, 21(2): 361 - 368.
[23] 彭涛, 张菁菁, 张新中, 等. 柱后衍生离子交换色谱法分析红芪中氨基酸成分[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(1): 291 - 299.
[24] 熊丙全, 兰秀华, 彭卫红, 等. 不同羊肚菌氨基酸比较分析及营养评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(2): 114 - 119.
[25] 郭俊清. 亮氨酸及 β - 羟基 - β - 甲基丁酸钙对绒山羊免疫机能和生产性能影响的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
[26] 余黎, 曹宜, 魏筱, 等. 黄芪与红芪不同提取液免疫调节作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(36): 20623 - 20624, 20627.
[27] ZHANG Y G, NIU J T, ZHANG S J, et al. Comparative study on the gastrointestinal - and immune - regulation functions of Hedysari *Radix* Paeparata Cum Melle and Astragali *Radix* Praeparata cum Melle in rats with spleen - qi deficiency, based on fuzzy matter - element analysis[J]. Pharm Biol, 2022, 60(1): 1237 - 1254.
[28] HUSHMENDY S, JAYAKUMAR L, HAHN A B, et al. Select phytochemicals suppress human T - lymphocytes and mouse splenocytes suggesting their use in autoimmunity and transplantation[J]. Nutr Res, 2009, 29(8): 568 - 578.
[29] 张李峰. 红芪和黄芪的免疫调节作用及抗免疫老化机制比较研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
[30] 卫东锋, 张李峰, 程卫东, 等. 比较同一复方中用红芪与用黄芪对免疫抑制小鼠体液免疫的作用[J]. 中药材, 2012, 35(6): 944 - 948.
[31] 姚宝泰, 赵健雄, 薛凤英, 等. 红芪总多糖对荷 S180 瘤小鼠的抑瘤作用及其机制的研究[J]. 药物评价研究, 2012, 35(2): 90 - 93.
[32] DU X L, ZHAO Y J, MA Y Q, et al. Effect of *Radix* hedysari polysaccharide on glioma by cell cycle arrest and TNF - α signaling pathway regulation[J]. Int J Polym Sci, 2019, 2019: 2725084.
[33] 徐惠林, 李昊, 潘苏华, 等. 复方蛹虫草改善 DSS 联合高脂饮食诱导的溃疡性结肠炎的作用和机制[J]. 免疫学杂志, 2017, 33(5): 422 - 426, 432.
[34] 朱敏, 杨思敏, 罗彩虹, 等. 芒柄花苷对小鼠脓毒症引起认知功能障碍的影响[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(2): 145 - 148.
[35] 魏东梅, 邵龙刚. 芒柄花黄素对脓毒症小鼠炎性反应及 MAPK/NF - κB 通路影响的实验研究[J]. 陕西医学杂志, 2023, 52(5): 503 - 507.
[36] 柳晓蕊, 许智朝, 王兆涛, 等. 毛蕊异黄酮对脑出血后继发急性炎症损伤的改善作用及机制[J]. 中国药房, 2023, 34(16): 1936 - 1942.
[37] 李汨, 蒋承志, 陈建婷, 等. 芒柄花黄素通过 TLR4/NF - κB 通路抑制肝癌荷瘤小鼠肿瘤免疫逃逸[J]. 中国免疫学杂志, 2023, 39(9): 1872 - 1877.
[38] 许放. 芒柄花苷通过下调 MAPK 和 NF - κB 通路对 IL - 1β 诱导的软骨细胞炎症及基质代谢的影响[D]. 南宁: 广西医科大学, 2022.
[39] CROSS M, SMITH E, HOY D, et al. The global burden of rheumatoid arthritis: estimates from the global burden of disease 2010 study[J]. Ann Rheum Dis, 2014, 73(7): 1316 - 1322.
[40] SUNG M S, LEE E G, JEON H S, et al. Quercetin inhibits IL - 1β - induced proliferation and production of MMPs, COX - 2, and PGE2 by rheumatoid synovial fibroblast[J]. Inflammation, 2012, 35(4): 1585 - 1594.
[41] ZHANG Y J, DONG J Q, HE P Y, et al. Genistein inhibit cytokines or growth factor - induced proliferation and transformation phenotype in fibroblast - like synoviocytes of rheumatoid arthritis[J]. Inflammation, 2012, 35(1): 377 - 387.
[42] MUÑOZ - URBANO M, QUINTERO - GONZÁLEZ D C, VASQUEZ G. T cell metabolism and possible therapeutic targets in systemic lupus erythematosus: a narrative review[J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2022, 44(4): 457 - 470.
[43] ZIETZ M, WECKMÜLLER A, SCHMIDT S, et al. Genotypic and climatic influence on the antioxidant activity of flavonoids in Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*)[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(4): 2123 - 2130.
[44] 王蕊, 刘茜, 李丽. 槲皮素对系统性红斑狼疮模型小鼠肾脏的保护作用及对其免疫功能的影响研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2021, 20(21): 2252 - 2256.
[45] 陈敏云, 王佳蓉, 吴瑞珊. 鼻渊通窍颗粒通过调节 SP - A 水平及 Th1/Th2/Th17 细胞平衡缓解变应性鼻炎的实验研究[J]. 中国免疫学杂志, 2020, 36(23): 2846 - 2849, 2854.
[46] 王丽, 黄永阳, 张义, 等. 齐墩果酸通过抑制自噬调节变应性鼻炎中的 Treg/Th17 细胞失衡[J]. 中国免疫学杂志, 2024, 40(7): 1399 - 1404.