

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.02.024

View this article at: http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2015.02.024

红景天抗氧化及对细胞因子作用的研究进展

贺佳林¹ 综述 胡瑞成², 戴爱国² 审校

(1. 南华大学附属马王堆医院呼吸内科, 2. 湖南省老年医院呼吸疾病研究室, 长沙 410016)

[摘要] 大量研究表明红景天具较好的抗氧化、抗炎及抗衰老作用。红景天苷能清除 $\cdot\text{O}_2$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、脂氧自由基等, 抑制脂质过氧化, 并且提高内源性自由基清除系统中关键酶SOD、GSH-Px和CAT等的活性, 表明红景天苷的抗氧化作用主要是通过调控自由基的清除和抗氧化酶的活性而实现的。红景天苷还能抑制炎性细胞因子IL-1 β 、IL-6、IL-18以及TNF- α 、TGF- β 1的表达和显著增加IFN- γ 的水平, 表明其抗炎作用主要是通过调节细胞因子的表达而实现的。本文就近年来有关红景天所具有的抗氧化及细胞因子作用研究现状进行了综述。

[关键词] 红景天; 抗氧化作用; 自由基; 细胞因子

Research progress in the effects on antioxidant and cytokines of rhodiola

HE Jialin¹, HU Ruicheng², DAI Aiguo²

(1. Department of Respiratory Medicine, Provincial Mawangdui Hospital affiliated to University of South China,

2. Geriatric Hospital of Hunan Institute of Respiratory Diseases, Changsha 410016, China)

Abstract Increasing researches reported that rhodiola has the effects of anti-oxidation, anti-inflammation, and anti-aging. Salidroside could eliminate free radicals such as $\cdot\text{O}_2$, $\cdot\text{OH}$ and lipid oxygen free radical, inhibit lipid peroxidation reaction and improve the activity of key enzymes including SOD, GSH-Px and CAT, which promotes the clearance of endogenous free radicals. These data demonstrated that the mechanism underlying the anti-oxidation of rhodiola involves the inhibition of lipid peroxidation and the elimination of free radicals. Furthermore, salidroside could inhibit IL-1 β , IL-6, IL-18, TNF- α and TGF- β 1 expression, and increase IFN- γ level, indicating that the regulation of cytokines expression mediates the anti-inflammatory effect of rhodiola. This paper summarized the anti-oxidation and cytokines of Rhodiola based on previous researches.

Keywords rhodiola; anti-oxidation; free radicals; cytokines

红景天是一种珍贵的药食兼用植物, 主要以其干燥根或根茎入药。红景天属于景天科, 主要生长在欧洲的极寒地带与亚洲干燥的高海拔地

区。红景天在中药中已使用很长时间, 近年来有关红景天药理作用的研究不断深入, 研究^[1-2]发现红景天具有多方面的药理特性, 如: 抗衰老、

收稿日期 (Date of reception): 2014-09-30

通信作者 (Corresponding author): 胡瑞成, Email: huruicheng@hotmail.com

抗氧化、抗炎、抗病毒、抗癌等作用。目前红景天在急性肺损伤、心肌缺血再灌注、神经系统疾病、肝损伤等研究中也取得较好的疗效。国内外学者^[3]先后从各种红景天中分离得到40多种化学成分,其中酚醇及其苷类、黄酮及其苷类、苯丙素类化合物是该属植物的主要成分。另有理化测试表明红景天植物中含有微量元素21种,氨基酸18种,其中7种是人体必需氨基酸,红景天根中含有丰富的维生素C。本文就近年来有关红景天所具有的抗氧化及对细胞因子的作用研究现状进行综述。

1 对自由基和抗氧化酶的作用

氧化反应在许多疾病的发展过程中起着十分重要的作用,氧化反应的产生与体内的自由基有着密切的关系,常见的自由基有超氧阴离子($\cdot\text{O}_2$)、羟自由基($\cdot\text{OH}$)、氢过氧基、脂氧自由基和脂过氧自由基等。氧化反应可导致脂质过氧化、丙二醛(malondialdehyde, MDA)增多,抗氧化酶如超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)和过氧化氢酶(catalase, CAT)活性的降低。

研究^[4-6]表明红景天含有多种抗氧化活性的相关物质,如红景天苷、原花青素、黄酮及黄酮苷等苷类化合物,通过这些抗氧化物质来清除 $\cdot\text{O}_2$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、脂氧自由基等,抑制脂质过氧化,提高内源性自由基清除系统中关键酶SOD、GSH-Px和CAT等的活性,而体现出具有较强的抗氧化作用。

曹俊岭等^[7]发现红景天颗粒与维生素C相似,在体外具有清除 $\cdot\text{O}_2$ 和 $\cdot\text{OH}$ 的作用,且随着浓度增加,其清除 $\cdot\text{O}_2$ 和 $\cdot\text{OH}$ 的作用亦逐渐增强。龚晓武等^[8]观察到采用红景天黄酮质量浓度为0.2 mg/mL,对 $\cdot\text{OH}$ 、 $\cdot\text{O}_2$ 、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼[1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2,2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl)hydrazyl, DPPH]自由基的清除作用均高于50%。马天翔等^[9]选取红景天中苷及其醇类化合物具有代表性的8种成分体外实验比较其抗氧化活性,结果表明异槲皮苷与芦丁苷对DPPH自由基表现出明显清除作用,作用与VC相当。异槲皮苷和芦丁苷对 $\cdot\text{O}_2$ 的清除率作用较强,清除 $\cdot\text{OH}$ 能力从高到底依次为酚醇>红景天苷>肉桂醇>络塞琳(rosarin)>络塞维(rosravin)。芦丁苷、异槲皮苷和熊果苷虽然对 $\cdot\text{OH}$ 表现出一定的清除作用,但没有体现出浓度依赖关系。异槲皮苷、芦丁苷还表现出能明显地抑制脂质过氧化作用,其抗氧

化活性与分子结构中酚羟基位置和数量相关。

Xu等^[10]研究对高强度运动诱导机体氧化应激采用红景天剂量为25、50和100 mg/kg进行干预试验,测定红景天对SD大鼠肝组织中MDA以及SOD、GSH-Px和CAT水平的影响,观察到红景天能使高强度运动诱导增加的大鼠肝组织MDA含量明显下降,并能显著提高SOD、GSH-Px和CAT的活性。Schriner等^[11]用 H_2O_2 处理EVC-304细胞后,应用100 μM 红景天提取物SHR-5进行干预试验,观察到红景天提取物SHR-5能降低线粒体过氧化物水平,但对于主要抗氧化酶如SOD、CAT活性改变不明显,对 H_2O_2 和可溶性铁所致的氧化无明显的保护作用,提示红景天提取物SHR-5仅能使内源性过氧化物水平下降。Zhang等^[12]采用 $\text{A}\beta_{1-40}$ 诱导大鼠海马产生活性氧(reactive oxygen species, ROS)增加后,给予红景天苷(25、50和75 mg/kg)处理能显著降低 $\text{A}\beta_{1-40}$ 诱导海马产生的氧化应激反应,红景天苷50和75 mg/kg能显著降低海马ROS和MDA的产生、恢复SOD和GSH-Px的活性,通过调节氧化应激反应和炎性介质达到保护神经系统的作用。

2 对细胞因子的作用

细胞因子是一类具有广泛生物学活性的低分子量可溶性蛋白质,细胞因子及细胞因子形成的复杂网络系统在疾病的发生、发展过程中发挥重要作用。研究表明细胞因子具有调节炎症反应、免疫反应、细胞生长以及损伤组织修复等多种功能。细胞因子可分为白细胞介素、干扰素、肿瘤坏死因子超家族、集落刺激因子、趋化因子、生长因子等。近年来人们逐渐把红景天研究重点转移到对细胞因子的作用方面^[13-15]。

2.1 白细胞介素(interleukin, IL)

白细胞介素(IL)是由多种细胞产生并作用于多种细胞的一类细胞因子。主要作用于T细胞、B细胞和自然杀伤细胞等多种靶细胞,通过靶细胞上的受体来传达免疫信息,激活、调控血细胞的生长、分化和增殖成熟,参与机体的免疫应答、参与某些疾病的病理过程,其中IL-1、IL-6和IL-8在许多炎症和免疫过程中发挥重要作用。

Guan等^[16-17]利用脂多糖(LPS)刺激小鼠RAW264.7单核-巨噬体外试验和小鼠体内试验,研究红景天苷30、60、120 mg/kg浓度下对细胞因子IL-1 β 和IL-6及炎性介质NO和PGE₂分泌的影响。结

果显示红景天苷能抑制IL-6、IL-1 β 的分泌和IL-6、IL-1 β mRNA的表达,并呈现剂量依赖性,证实红景天苷能够通过调节细胞因子和炎性介质的分泌而发挥抗炎作用。郭爱民等^[15]通过研究红景天对大鼠运动性肾缺血再灌注血清和肾组织中IL-1 β 、IL-6和IL-18水平的影响,实验研究表明红景天能抑制炎症细胞因子IL-1 β 、IL-6和IL-18的表达,提高机体免疫,耐受应激刺激能力,对过度训练导致的运动性肾缺血再灌注损伤有保护作用。Diwaker等^[18]应用红景天抗登革热病毒免疫反应作用实验中,观察到红景天对登革热病毒感染的细胞能诱导干扰素- β 表达增多和降低IL-1 β 、IL-6、IL-8和TNF- α 等细胞因子的表达,上调PKR和eIF-2 α 的磷酸化,增加NK细胞数量。Wang等^[19]通过实验证明红景天苷能抑制二异氰酸酯诱导的嗜酸性粒细胞数增加,并增强IL-4含量,显示红景天苷可用于过敏性哮喘病人的治疗。Guan等^[20]研究经LPS诱导小鼠产生急性肺损伤,通过给予红景天苷后能显著增强LPS刺激诱导产生更多的IL-2和IL-4。Loo等^[21]在体外培养条件下应用藏药红景天提取物(100 μ g/mL)作用于正常人淋巴细胞48 h,观察到藏药红景天提取物能提高IL-2和IL-4的水平。Mao等^[22]在红景天苷对D-半乳糖诱导小鼠衰老的实验中,观察到红景天苷能促进IL-2的生成和增强细胞的有丝分裂,提高运动能力、增加记忆延迟时间显示出良好的抗衰老作用。有研究^[23]表明红景天刺激人外周血淋巴细胞增殖和其潜在的免疫调节作用可能是通过调节Th1细胞的IL-2和Th2细胞的IL-4、IL-6、IL-10的水平。

2.2 肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)

TNF- α 主要是由脂多糖刺激巨噬细胞而分泌的一种蛋白质,具有多种生物活性的炎性细胞因子,与其他细胞因子共同作用参与激活免疫反应,可通过产生IL-1、IL-2、IL-6和IL-8等因子引起炎症反应。TNF- α 在体内、体外对肿瘤细胞均具有作用,与受体结合后通过降低靶细胞溶酶体活性,引起细胞溶解,通过影响靶细胞糖代谢,促进靶细胞死亡;可提高T细胞以及其他杀伤细胞活性,使肿瘤细胞导致死亡^[24-26]。

Han^[27]研究了局灶性脑缺血再灌注损伤大鼠采用红景天苷24 mg/(kg·d),7 d预处理观察TNF- α 的表达变化,结果表明,红景天苷预处理能降低局灶性脑缺血再灌注损伤大鼠血脑屏障通透性、

减轻脑水肿和降低缺血脑组织TNF- α 的表达,从而减轻局灶性脑缺血再灌注的损伤作用。Wang等^[2]采用体内和体外方法研究红景天苷抗病毒(柯萨奇病毒B3)作用,结果显示红景天苷无论是在体外和体内实验均具有明显的抗病毒效果,能抑制TNF- α mRNA的表达。Guan等^[20]观察到经LPS诱导小鼠产生急性肺损伤后,给予红景天苷能显著抑制TNF- α 的产生。Wu等^[28]研究乙酰氨基酚诱导的肝损伤小鼠模型,给予红景天苷后能提高乙酰氨基酚诱导产生肝毒性小鼠的存活率,能明显降低由乙酰氨基酚引起的TNF- α 表达。Mishra等^[29-30]研究红景天玳瑁根茎水溶性提取物抑制人T细胞淋巴瘤细胞增殖实验中,观察到经红景天玳瑁根茎水溶性提取物处理的正常人外周血单核细胞能刺激IL-1 β 、IL-6、TNF- α 含量增多,提示红景天玳瑁根茎水溶性提取物通过刺激先天免疫途径,具有强大的免疫刺激活性。

2.3 转化生长因子(transforming growth factor, TGF)

转化生长因子(TGF)可分TGF- α 和TGF- β ,二者在分子组成、受体结构和生物学活性上有很大差异,分属不同的蛋白家族。TGF- β 的生物学功能研究主要在炎症、组织修复和胚胎发育以及细胞的生长、分化和免疫功能的调节作用等方面,TGF- β 还是公认的肺纤维化形成与发展的“开关性”细胞因子。

张蕾等^[31]研究红景天甙对低氧诱导肾小管上皮细胞转分化的作用观察到:氯化钴可诱导肾小管上皮细胞 α -SMA基因、蛋白和TGF- β 1 mRNA表达量明显升高,红景天甙可显著降低氯化钴诱导的肾小管上皮细胞 α -SMA基因、蛋白和TGF- β 1 mRNA表达,红景天甙可在一定程度上改善氯化钴诱导的低氧状态和细胞转分化,减少细胞外基质的增加。王颖航等^[32]研究了红景天苷对TGF- β 1诱导人肾小管上皮细胞(HKC)表型转分化的效应,结果表明红景天苷可抑制TGF- β 1诱导的HKC表型转分化,同时可以抑制HKC外基质成分Col I、Col III型胶原的合成。Ouyang等^[33]研究红景天苷对大鼠肝纤维化的保护作用时发现红景天苷能显著降低肝组织和血清中TGF- β 1的含量。

2.4 干扰素(interferon, IFN)

干扰素(IFN)属于糖蛋白。目前在人类身上共发现 α 、 β 、 γ 三种类型: α 型干扰素(IFN- α)是由

白细胞产生的; β 型干扰素(IFN- β)是由成纤维细胞(纤维母细胞)产生的; γ 型干扰素(IFN- γ)主要由活化的T细胞产生, 部分由自然杀伤细胞分泌。IFN- γ 其作用主要表现在激活单核吞噬细胞, 使之杀伤并吞噬微生物; 诱导并增加组织相容性复合分子表达; 促进T细胞分化用。

叶莎莎等^[34]采用体外实验研究红景天苷对小鼠腹腔巨噬细胞增殖、凋亡、吞噬、胞内ROS及NO的影响, 结果表明红景天苷可促进LPS和IFN- γ 共刺激下腹腔巨噬细胞的增殖、腹腔巨噬细胞胞内NO的产生以及抑制ROS的产生。Wang等^[2]采用体内和体外实验方法观察红景天苷抗柯萨奇病毒B3作用, 结果表明红景天苷通过调节IFN- γ 、IL-10、IL-2以及TNF- α mRNA的表达发挥抗柯萨奇病毒B3作用。Guan等^[20]观察到经LPS诱导小鼠产生急性肺损伤后, 给予红景天苷能显著增加IFN- γ 的水平。Lin等^[35]给予Balb/c小鼠红景天苷, 观察到红景天苷能明显增加IFN- γ 、IL-2、IL-4和IL-10的水平。Xu等^[36]研究航天失重条件下-6°头低位卧床(head-down bed rest, HDBR)时可导致免疫系统功能失调, 在HDBR状态下由活化的T细胞产生IFN- γ 和IL-17明显减少, 活化的B细胞和骨髓细胞产生IL-1 β 、IL-18明显升高。而在HDBR状态下给予红景天后可进一步降低IFN- γ 水平, 减缓IL-1家族细胞因子的上调, 结果表明红景天在抑制炎症细胞因子中发挥重要作用, 但对T细胞免疫保护作用不明显。

3 结语

红景天的药理学作用主要集中在红景天苷以及红景天提取物的作用研究方面, 大量的实验研究表明, 红景天苷能通过清除 $\cdot\text{O}_2$ 、 $\cdot\text{OH}$ 、脂氧自由基等, 抑制脂质过氧化, 提高SOD、GSH-Px和CAT等的活性发挥其抗氧化作用。近年红景天苷对细胞因子的作用不断拓展了其研究范围和研究深度, 红景天苷可通过抑制炎症细胞因子IL-1 β 、IL-6和IL-18以及TNF- α 、TGF- β 1的表达, 显著增加IFN- γ 的水平从而在肺损伤、缺血再灌注、神经系统疾病、纤维化等疾病中发挥明显的保护作用。这种保护作用与抑制炎症细胞因子以及抑制与纤维化相关的TGF- β 1细胞因子和增强免疫作用密切相关, 其抗氧化作用可能通过抑制炎症细胞因子的作用进行调节^[12,37-38]。由于细胞因子和细胞因子之间构成复杂的细胞因子网络, 进一步探索

红景天对细胞因子间的网络调控作用, 将是今后红景天在疾病保护作用分子机制研究的新方向。

参考文献

1. Panossian A, Wikman G, Sarris J. *Rosmarina* (Rhodiola rosea): traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy[J]. *Phytomedicine*, 2010, 17(7): 481-493.
2. Wang H, Ding Y, Zhou J, et al. The in vitro and in vivo antiviral effects of salidroside from *Rhodiola rosea* L. against coxsackievirus B3[J]. *Phytomedicine*, 2009, 16(2-3): 146-155.
3. 王爱玲, 曲玮, 梁敬钰. 红景天属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. *海峡药学*, 2014, 26(1): 1-8.
WANG Ailing, QU Wei, LIANG Jingyu. Progresses on chemical constituents and pharmacological activities of *Rhodiola* L[J]. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2014, 26(1): 1-8.
4. Parisi A, Tranchita E, Duranti G, et al. Effects of chronic *Rhodiola Rosea* supplementation on sport performance and antioxidant capacity in trained male: preliminary results[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2010, 50(1): 57-63.
5. Choe KI, Kwon JH, Park KH, et al. The antioxidant and anti-inflammatory effects of phenolic compounds isolated from the root of *Rhodiola sachalinensis* A[J]. *BOR. Molecules*, 2012, 17(10): 11484-11494.
6. 曾满红, 黄清松, 张德兴. 红景天总黄酮对自然衰老大鼠抗氧化和免疫功能的影响[J]. *解剖学研究*, 2012, 34(2): 135-137.
ZENG Manhong, HUANG Qingsong, ZHANG Dexing. Effect of total flavonoids from *rhodiola* on antioxidant and immune function of natural aging rats[J]. *Anat Res*, 2012, 34(2): 135-137.
7. 曹俊岭, 薛春苗, 王艳梅, 等. 红景天颗粒体内外抗氧化作用研究[J]. *中国药理学杂志*, 2014, 49(14): 1222-1225.
CAO Junling, XUE Chunmiao, WANG Yanmei, et al. Antioxidative Effect of *Rhodiola* Granules In vitro and in Vivo[J]. *Chin Pharm J*, 2014, 49(14): 1222-1225.
8. 龚晓武, 李炳奇, 刘丹丹, 等. 红景天黄酮提取及其抗氧化活性研究[J]. *西北林学院学报*, 2011, 26(3): 136-138.
GONG Xiaowu, LI Bingqi, LIU Dandan, et al. Antioxidant activity of the flavonoid extract from *Rhodiola rosea*[J]. *J Northwest Forestry Univ*, 2011, 26(3): 136-138.
9. 马天翔, 史宁, 陈乾, 等. 红景天中8种成分体外抗氧化作用的比较[J]. *中国药理学通报*, 2012, 28(9): 1224-1228.
MA Tianxiang, SHI Ning, CHEN Qian, et al. Comparison on the antioxidant activity of eight components from *Rhodiola* in vitro[J]. *Chin Pharm Bull*, 2012, 28(9): 1224-1228.
10. Xu J, Li Y. Effects of salidroside on exhaustive exercise-induced

- oxidative stress in rats[J]. *Mol Med Rep*, 2012, 6(5): 1195-1198.
11. Schriener SE, Abrahamyan A, Avanesian A, et al. Decreased mitochondrial superoxide levels and enhanced protection against paraquat in *Drosophila melanogaster* supplemented with *Rhodiola rosea*[J]. *Free Radic Res*, 2009, 43(9): 836-843.
 12. Zhang J, Zhen YF, Pu-Bu-Ci-Ren, et al. Salidroside attenuates beta amyloid-induced cognitive deficits via modulating oxidative stress and inflammatory mediators in rat hippocampus[J]. *Behav Brain Res*, 2013, 244: 70-81.
 13. Lee Y, Jung JC, Jang S, et al. Anti-Inflammatory and Neuroprotective Effects of Constituents Isolated from *Rhodiola rosea*[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013, 2013: 514049.
 14. Yang SJ, Yu HY, Kang DY, et al. Antidepressant-like effects of salidroside on olfactory bulbectomy-induced pro-inflammatory cytokine production and hyperactivity of HPA axis in rats[J]. *Pharmacol Biochem Behav*, 2014, 124: 451-457.
 15. 郭爱民, 曹建民, 周海涛. 红景天对大鼠运动性肾缺血再灌注血清和肾组织中IL-1 β 、TNF- α 、IL-6和IL-18水平的影响. *沈阳体育学院学报*, 2013, 32(5): 74-79.
GUO Aimin, CAO Jianmin, ZHOU Haitao. Effects of *Rhodiola Rosea* on changes of TNF- α , IL-1 β , IL-6 and IL-18 in serum and kidney tissues of rats with renal ischemia-reperfusion[J]. *J Shenyang Sport Univ*, 2013, 32(5): 74-79.
 16. Guan S, Xiong Y, Song B, et al. Protective effects of salidroside from *Rhodiola rosea* on LPS-induced acute lung injury in mice[J]. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 2012, 34(4): 667-672.
 17. Guan S, Feng H, Song B, et al. Salidroside attenuates LPS-induced pro-inflammatory cytokine responses and improves survival in murine endotoxemia[J]. *Int Immunopharmacol*, 2011, 11(12): 2194-2219.
 18. Diwaker D, Mishra KP, Ganju L, et al. *Rhodiola* inhibits dengue virus multiplication by inducing innate immune response genes RIG-I, MDA5 and ISG in human monocytes[J]. *Arch Virol*, 2014, 159(8): 1975-1986.
 19. Wang J, Xiao L, Zhu L, et al. The Effect of Synthetic Salidroside on Cytokines and Airway Inflammation of Asthma Induced by Diisocyanate (TDI) in Mice by Regulating GATA3/T-bet[J]. *Inflammation*, 2014. [Epub ahead of print].
 20. Guan S, He J, Guo W, et al. Adjuvant effects of salidroside from *Rhodiola rosea* L. on the immune responses to ovalbumin in mice[J]. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 2011, 33(4): 738-743.
 21. Loo WT, Jin LJ, Chow LW, et al. *Rhodiola algida* improves chemotherapy-induced oral mucositis in breast cancer patients[J]. *Expert Opin Investig Drugs*, 2010, 19 Suppl 1: S91-S100.
 22. Mao GX, Deng HB, Yuan LG, et al. Protective role of salidroside against aging in a mouse model induced by D-galactose[J]. *Biomed Environ Sci*, 2010, 23(2): 161-166.
 23. Li HX, Sze SC, Tong Y, et al. Production of Th1- and Th2-dependent cytokines induced by the Chinese medicine herb, *Rhodiola algida*, on human peripheral blood monocytes[J]. *J Ethnopharmacol*, 2009, 123(2): 257-266.
 24. Li X, Huang Q, Ong CN, et al. Chrysin sensitizes tumor necrosis factor-alpha-induced apoptosis in human tumor cells via suppression of nuclear factor-kappaB[J]. *Cancer Lett*, 2010, 293(1): 109-116.
 25. Singh U, Kumar A, Sinha R, et al. Calreticulin transacetylase catalyzed modification of the TNF-alpha mediated pathway in the human peripheral blood mononuclear cells by polyphenolic acetates[J]. *Chem Biol Interact*, 2010, 185(3): 263-270.
 26. Park KM, Bowers WJ. Tumor necrosis factor-alpha mediated signaling in neuronal homeostasis and dysfunction[J]. *Cell Signal*, 2010, 22(7): 977-983.
 27. Han T. Effects of salidroside pretreatment on expression of tumor necrosis factor-alpha and permeability of blood brain barrier in rat model of focal cerebral ischemia-reperfusion injury[J]. *Asian Pac J Trop Med*, 2013, 6(2): 156-158.
 28. Wu YL, Piao DM, Han XH, et al. Protective effects of salidroside against acetaminophen-induced toxicity in mice[J]. *Biol Pharm Bull*, 2008, 31(8): 1523-1529.
 29. Mishra KP, Ganju L, Singh SB. Anti-cellular and immunomodulatory potential of aqueous extract of *Rhodiola imbricata* rhizome[J]. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 2012, 34(3): 513-518.
 30. Mishra KP, Ganju L, Chanda S, et al. Aqueous extract of *Rhodiola imbricata* rhizome stimulates Toll-like receptor 4, granzyme-B and Th1 cytokines in vitro[J]. *Immunobiology*, 2009, 214(1): 27-31.
 31. 张蕾, 谢席胜, 李飞燕, 等. 红景天对低氧诱导肾小管上皮细胞转分化的作用研究[J]. *四川大学学报: 医学版*, 2010, 41(1): 43-48.
ZHANG Lei, XIE Xi-sheng, LI Fei-yan, et al. Effects of Salidroside on tubular epithelial to myofibroblast transition under cobaltous chloride induced hypoxic status[J]. *J Sichuan Univ: Med Sci Edi*, 2010, 41(1): 43-48.
 32. 王颖航, 刘君亮, 叶豆丹, 等. 红景天苷对转化生长因子- β 1诱导人肾小管上皮细胞逆向分化的影响[J]. *中国医院用药评价与分析*, 2013, 13(12): 1083-1085.
WANG Yinghang, LIU Junliang, YE Doudan, et al. Effect of Rhodiolide on transforming growth factor- β 1-induced reverse differentiation of human renal tubular epithelial cells[J]. *Evalu Anal Drug-use Hospit China*, 2013, 13(12): 1083-1085.
 33. Ouyang J, Gao Z, Ren Z, et al. Synergistic effects of rMSCs and salidroside on the experimental hepatic fibrosis[J]. *Pharmazie*, 2010, 65(8): 607-613.
 34. 叶莎莎, 曾耀英, 尹乐乐, 等. 红景天苷对小鼠腹腔巨噬细胞体外

- 增殖、凋亡、吞噬、ROS和NO产生的影响[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2011, 27(3): 237-241.
- YE Shasha, ZENG Yaoying, YIN Lele. Effects of salidroside on proliferation, apoptosis, phagocytosis, ROS and NO production of murine peritonealmacro-phages in vitro[J]. Chin J Cell Mol Immunol, 2011, 27(3): 237-241.
35. Lin SS, Chin LW, Chao PC, et al. In vivo Th1 and Th2 cytokine modulation effects of Rhodiola rosea standardised solution and its major constituent, salidroside[J]. Phytother Res, 2011, 25(11): 1604-1611.
36. Xu X, Tan C, Li P, et al. Changes of cytokines during a spaceflight analog--a 45-day head-down bed rest[J]. PLoS One, 2013, 8(10): e77401.
37. Yamamoto S, Tanabe M, Wakabayashi G, et al. The role of tumor necrosis factor-alpha and interleukin-1beta in ischemia-reperfusion injury of the rat small intestine[J]. J Surg Res, 2001, 99(1): 134-141.
38. Rui M, Duan YY, Zhang XH, et al. Urinary trypsin inhibitor attenuates seawater-induced acute lung injury by influencing the activities of nuclear factor- κ B and its related inflammatory mediators[J]. Respiration, 2012, 83(4): 335-343.

本文引用: 贺佳林, 胡瑞成, 戴爱国. 红景天抗氧化及对细胞因子作用的研究进展 [J]. 临床与病理杂志, 2015, 35(2): 272-277. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.02.024

Cite this article as: HE Jialin, HU Ruicheng, DAI Aiguo. Research progress in the effects on antioxidant and cytokines of rhodiola[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2015, 35(2): 272-277. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2015.02.024