

# 红景天苷提取、含量测定及药理作用研究进展

李 彤<sup>1</sup>, 杨雅茹<sup>2\*</sup>, 闵 清<sup>1</sup>, 胡文祥<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>湖北科技学院药学院, 湖北 咸宁

<sup>2</sup>解放军总医院京北医疗区, 北京

<sup>3</sup>北京神剑天军医学科学研究院京东祥鹤微波化学联合实验室, 北京

收稿日期: 2022年4月28日; 录用日期: 2022年5月11日; 发布日期: 2022年5月31日

## 摘 要

红景天是一种多年生草本植物, 主要生长在海拔1600~4000米的高寒、干燥、缺氧、强紫外线照射、昼夜温差大的地区, 具有极强的环境适应能力和生命力。而红景天苷是其中的主要有效成分, 具有多种药理作用。目前, 红景天苷已成为国内外相关学者的研究热点。本文对红景天苷的提取、含量测定及多种药理作用进行了综述, 为红景天的进一步深入研究提供了参考依据。

## 关键词

红景天苷, 提取, 药理作用

# Extraction, Determination and Pharmacological Action of Salidroside

Tong Li<sup>1</sup>, Yaru Yang<sup>2\*</sup>, Qing Min<sup>1</sup>, Wenxiang Hu<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Pharmacy, Hubei University of Science and Technology, Xianning Hubei

<sup>2</sup>The Northern Medical District of PLA General Hospital, Beijing

<sup>3</sup>Jingdong Xianghu Microwave Chemistry Union Laboratory, Beijing Shenjian Tianjun Research Academy of Medical Sciences, Beijing

Received: Apr. 28<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 11<sup>th</sup>, 2022; published: May 31<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

*Rhodiola rosea* is a kind of perennial herbaceous plant. It mainly grows in the area of high cold, dry, hypoxia, strong ultraviolet radiation and large temperature difference between day and night

\*通讯作者。

文章引用: 李彤, 杨雅茹, 闵清, 胡文祥. 红景天苷提取、含量测定及药理作用研究进展[J]. 药物化学, 2022, 10(2): 190-197. DOI: 10.12677/hjmce.2022.102018

at the altitude of 1600~4000 meters. It has strong environmental adaptability and vitality. Salidroside is the main active ingredient and has many pharmacological effects. At present, salidroside has become the focus of domestic and foreign scholars. In this paper, the distribution, properties, structure, extraction, determination and pharmacological effects of salidroside were reviewed, providing reference for further study of salidroside.

## Keywords

Salidroside, Extraction, Pharmacological Action

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

红景天(*Rhodiola*)是景天科植物之一,该科植物原产于东西伯利亚的北极圈内。红景天广泛分布于欧洲和亚洲的极圈和多山地区中。目前我国常用的景天科红景天属植物有高山红景天(*Rhodiola sachalinensis* A. Bor)或大花红景天(*Rhodiola crenulata* H. Ohba),美国和欧洲主要使用玫瑰红景天(*Rhodiola rosea*)。据统计,全世界总共有 90 多种红景天属植物,我国拥有 73 种,主产区西藏有 32 种[1]。红景天苷(Salidroside),又称红景天提取物、红景天甙,是红景天主要活性成分之一,其相对分子量为 300.3,分子式为  $C_{14}H_{20}O_7$ ,化学结构如图 1 所示,味甜,极易溶于水,易溶于甲醇,溶于乙醇,难溶于乙醚。近年来,研究证明红景天苷具有抗疲劳、抗炎、抗氧化、调节免疫系统和保护心血管系统等多种药理作用[2][3]。且检索文献发现,国内外针对红景天苷已开展了广泛且深入的研究,其中红景天苷的提取工艺是研究的热点之一[4]。目前提取红景天苷的方法有双水相萃取法、水提法、超声波辅助提取法和微波辅助提取法等等。而测定红景天中红景天苷的含量常用的方法有 HPLC 法、RP-HPLC 法、HPLC-荧光检测法以及紫外分光光度法等。

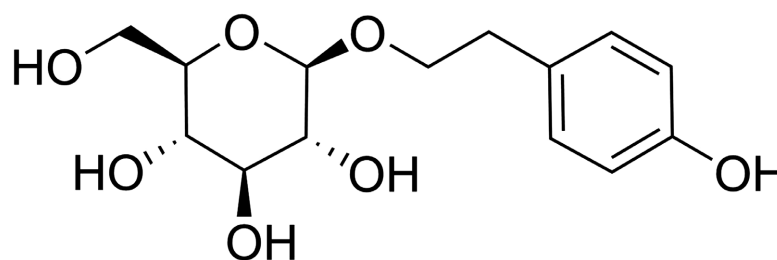


Figure 1. The structure of salidroside

图 1. 红景天苷化学结构

## 2. 红景天苷的提取

### 2.1. 双水相萃取法

双水相萃取法(Aqueous two-phase extraction)又称水溶液两相分配法,是利用物质在互不相溶的双水相间分配系数的差异来进行分离的方法。基本原理是在一定浓度下两种不同有机物水溶液或有机物水溶液和无机盐水溶液按一定比例混合时,能自然分成互不相溶的双水相或多相。郭青锋等[5]在双水相萃取

红景天苷的研究中,研究了聚乙二醇(PEG)的分子量和质量分数,盐种类,盐的质量分数,离子强度,红景天初始浓度对红景天提取率的影响。并通过正交试验,确定最佳双水相 PEG/(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 体系的条件。当双水相体系是 20% PEG1000, 20% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 1% KCl 时,提取效果最好,提取率是 95.32%。这种提取技术温和,可以保持物质原有的组成和结构,对产业发展有良好的前景。

## 2.2. 水提法

水提法即“煎煮法”,是将药材加水煎煮取汁的方法。该法是最早使用的一种简易浸出方法,至今仍是制备浸出制剂最常用的方法。刘莱等[6]对红景天提取工艺优化进行实验发现,水提法最佳方案为药材中加入 8 倍量的水,水煮提取 3 次,每次水煮 2 h,此时红景天苷提取率最高。水提法制备流程操作简单,生产过程安全无害,不需要回收,可实现工业中规模化生产。但提取时间长且易出现杂质,所以此技术有待于进一步改进。

## 2.3. 超声波辅助提取法

超声波辅助提取法(Ultrasonic-assisted extraction)主要是依据物质中有效成分的存在状态、极性、溶解性等,在超声波作用下快速地进入溶剂中,得到多成分混合的提取液,再将提取液以适当方法分开、精制、纯化处理,最后得到所需单体化学成分的一项新技术。王亚宁[7]在红景天中红景天苷的提取及化学合成工艺的优化研究中,通过响应面试验确定最佳因素,柱层析法纯化粗品。实验结果表明:当提取溶剂为 70% 乙醇溶液,红景天和提取溶剂的投料比为 1:19 (g:mL),提取溶剂的 pH 值为 8,提取温度 73℃,提取时间为 70 min 时,红景天苷的提取得率最高,为 2.4%,纯度为 98%。超声波辅助提取法可以缩短提取时间和提高提取效率。不对提取物的结构和活性产生影响。操作简单易行、提取料液杂质少、有效成分易于分离、纯化。

## 2.4. 微波辅助提取法

微波辅助提取法(Microwave-assisted extraction),是利用微波来进行物质提取的一种新发展起来的技术,该技术因具有设备简单、适用范围广、提取效率高、节省时间等众多优点,应用领域扩大。近年来,国内外已将微波技术应用于天然药物活性成分的浸提过程,有效提高了回收率,取得了很大的进展。闵建华等[8]在红景天中红景天苷的微波辅助提取工艺研究中,利用 HPLC 法测定红景天中红景天苷,以红景天苷转移率为考察指标,筛选最佳微波提取工艺,发现最佳提取工艺参数为微波功率中档(462 W),料液比为 1:10,提取 3 次,每次 90 s,在此条件下,红景天中红景天苷的转移率高达 99.86%。得出结论,微波辅助提取工艺具有效率高、时间短、能耗低、环保等优点,为红景天苷的工业化生产和新药开发提供了参考。

## 2.5. 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取 - 微波辅助提取法

超临界流体萃取法(Supercritical fluid extraction),是以 CO<sub>2</sub> 作为萃取剂,加上微波辅助,利用其强穿透力和高溶解性来萃取、分离单体。王丹等[9]在超临界 CO<sub>2</sub>-微波辅助提取红景天苷的研究中,实验发现适宜的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺条件为:5 g 红景天粉末,萃取压力 40 MPa,萃取温度 55℃,萃取时间 5 h,夹带剂为无水乙醇;萃取后红景天 1 g,加入 30 mL 超纯水,浸泡 2 h,微波功率为 180 W,微波处理 2 min,红景天苷提取率高于 95%。采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法,具有溶剂量少、无污染等优点,且微波提取法方便而省时。从绿色发展的角度来说,这种技术的发展还是有很大发展潜力的。

## 2.6. 高压或超高压提取法

超高压提取法(Ultrahigh pressure extraction)是在常温下用 100~1000 MPa 的流体静压力作用于料液,在预定压力保持一段时间,使细胞内外压力达到平衡(有效成分达到溶解平衡)后迅速卸压。使细胞内外渗

透压力差突然增大,细胞内的有效成分穿过细胞的各种膜(细胞膜的结构在超高压下发生变化)转移到细胞外的提取液中,达到提取有效成分的目的方法。具有提取时间短、溶剂消耗少、提取效率高和能耗低等优点。陈健[10]在红景天苷的超高压提取及其药理活性的初步研究中,采用星点设计-效应面积法,优化超高压提取红景天中红景天苷的最佳提取工艺条件为:乙醇浓度 77.3%、液固比为 29.5、提取时间为 2 min,提取压力为 255.5 MPa,此时红景天中红景天苷提取率为 9.29 mg/g。要高于回流法、超声法和微波法,且提取时间明显短于回流提取法和超声提取法。

## 2.7. 酶解法

酶解法就是利用活性酶来水解特定的某种物质,破坏植物细胞壁,有利于细胞壁内的有效成分溶出与释放。许玲玲等[11]在酶解法提取女贞子中红景天苷的工艺研究中,实验结果发现,优化后的酶解提取工艺中红景天苷提取率为 0.9%。与其他方法相比,酶解法提取红景天苷提取率高,操作简单,有利于大规模生产。

董彦莉等[12]在纤维素酶酶解法提取红景天苷的效果研究中,通过单因素和正交试验证明,纤维素酶酶解法的最佳提取条件是以 pH = 5.4 的溶液为溶剂、纤维素酶添加比例 2%、提取温度 50℃、提取时间为 110 min。优点是条件温和,对环境无污染。但流程结束后酶如何回收和再利用暂时无法进行有效解决,从而增加了提取成本。

## 2.8. 闪式提取法

闪式提取法是一种用于植物软、硬组织破碎的新型提取技术。其依靠高速机械剪切力和超动分子渗透技术,在室温和溶剂存在下在数秒内把植物的根、茎及果实等物料破碎至细微颗粒,并使有效成分迅速达到组织内外平衡,通过过滤然后达到提取目的。范桂强等[13]在闪式提取红景天苷工艺优化研究中,根据结果分析得出闪式提取红景天苷的最佳提取工艺参数,即料液比例 1:20,提取电压 140 V,提取时间 40 s,提取次数 2 次(40 s/次)。红景天苷提取率为(3.83 ± 0.12)%;试验对比其他方法得出,闪式提取较普通提取提高 165.37%,较超声提取提高 58.26%。闪式提取法可促使提取溶剂和组织细胞内的活性成分充分接触,快速溶解有效成分,具有快速、简单、高效的特点。此方法可进一步应用于红景天苷的扩试生产。

## 3. 红景天苷的含量测定

### 3.1. HPLC 法

杨晓艳等[14]在对红景天苷含量测定研究中,建立 HPLC 法来测定红景天根皮中红景天苷的含量。采用 Thermo-C<sub>18</sub> (4.6 mm \* 200 mm, 5 μm)为色谱柱, V(甲醇):V(水) = 15:85 为流动相,流速 1.0 mL/min,检测波长 275 nm,柱温 20℃。研究结果最终测定红景天根皮中红景天苷的含量为 0.91%。采用高效液相色谱法测定红景天根中红景天苷的含量优点是简便、快速、准确,为红景天苷的测定技术和合理应用进一步提供了理论支持。

### 3.2. RP-HPLC 法

秦红霖等[15]测定女贞子提取物中红景天苷的含量中,建立 RP-HPLC 法,采用 Kromasil C<sub>18</sub> 分析柱,甲醇-水(10:90)为流动相,检测波长为 278 nm,柱温为室温下。研究结果显示,红景天苷在 2.88~14.40 μg 的范围内线性关系良好,此法平均回收率为 100.67%。RSD = 1.42% (n = 6)。该方法也快速、准确,样品处理简便易行,重复性好。

### 3.3. HPLC-荧光检测法

薛科社等[16]使用 HPLC-荧光检测法测定红景天苷的含量中,采用 Eclipse XDB-C<sub>8</sub> 柱(4 mm \* 150 mm, 5 μm),流动相为水-甲醇(85:15),流速为 1.0 mL/min,柱温为 25℃,荧光检测波长  $\lambda_{\text{ex}} = 220 \text{ nm}$ ,  $\lambda_{\text{em}} = 315 \text{ nm}$ 。结果显示,该方法的线性范围为 1.00~500 ng ( $r = 0.9999$ )。平均加样回收率为 99.2%, RSD 为 1.4% ( $n = 5$ )。最低检测限为 1.5 pg。该方法稳定、快速、灵敏度极高。

### 3.4. 紫外分光光度法

崔瑞芳、胡文祥等[17]采用的是紫外分光光度法来测定抗辐康中的红景天苷的含量,经光谱扫描测得红景天苷的最大吸收波长为 290 nm 处,其线性范围在 20~60 μg/mL,相关系数为 0.9999,平均回收率为 95.68%。紫外可见分光光度法仪器设备和操作都比较简单,分析速度快,且灵敏度高,选择性好,精密度和准确度也比较高。

## 4. 红景天苷的药理作用

### 4.1. 抗疲劳作用

疲劳是一种生理现象,对于一般人而言可导致心情低落、身体感到疲累,也会影响做事效率。若没有及时得到缓解,机体可能会出现内分泌紊乱,长年累月会导致“过劳”,甚至形成“慢性疲劳综合征”,进而影响生活质量。对于运动员、飞行员和部队等特殊人群,疲劳的恢复显得极其重要,近年来红景天苷的抗疲劳作用也成为国内外的研究热点。马莉[18]在红景天苷抗疲劳作用及其机制的实验研究中,详细通过实验数据对抗疲劳作用和机制作出了解释。通过小鼠分组后进行力竭游泳实验对比结果得出,红景天苷可能是通过影响 PGc-1a、PPARa、mtTFA 等蛋白的表达来提高肌细胞的氧化代谢能力和增强肌肉耐疲劳能力。红景天苷抗疲劳的机制可能是与抗氧化、改善机体物质代谢及提高机体有氧代谢能力有关,但具体机制尚需进一步深入研究。

### 4.2. 抗癌作用

研究表明,中国的癌症发病率占全球癌症的 22%,而死亡率占全球癌症的 27% [19]。传统的化疗药物具有很多严重的副作用,近年来寻找有效、低毒的抗肿瘤药物已成为临床用药研究的重要领域。红景天苷是红景天的主要有效成分,它具有有效改善血液循环、强身健体的作用。后经试验证明,红景天苷也具有治疗肿瘤的作用[20] [21] [22]。目前随着生物医学技术的进步,人们发现红景天苷确实在肿瘤治疗中发挥着多重积极作用。红景天苷的作用机制包括阻断癌细胞周期、诱导癌细胞凋亡、诱导癌细胞分化、诱导癌细胞自噬以及通过多种信号通路调节癌细胞的发展[23]。张雪伟等[24]在红景天苷通过 TLR<sub>4</sub> 调控 DC 提高 T 细胞对肺癌 3LL 细胞的杀伤力研究中得出,红景天苷可以通过调控 TLR<sub>4</sub> 诱导树突状细胞(DC)成熟,从而提高 T 细胞的杀伤能力,进一步增强肿瘤治疗的效果。

### 4.3. 保护心血管

心血管疾病严重危害着人类健康和生命,其病死率、死亡率和复发率都保持较高的水平。据 2021 年 7 月发布的《中国心血管健康与疾病报告》显示,2018 年我国心血管病患病人数 3.3 亿,死亡率居首位。目前我国人口老龄化越来越重,其患病率和死亡率也在逐年上升,因此如何有效治疗心血管疾病也是临床中急需解决的问题。而通过研究证实[25],红景天苷在心血管系统疾病中的药理作用方面有: 1) 抑制心肌纤维化水平, 2) 抑制心肌细胞凋亡, 3) 抑制炎症反应, 4) 抗氧化应激, 5) 抑制肾素-血管紧张素-醛固酮系统, 6) 降低毒性。杨立霞[26]采用建立低压低氧诱导的心肌损伤的大鼠模型,得出红景天

昔通过 PI<sub>3</sub>K/Akt/HIF-1 $\alpha$  的途径可以改善大鼠的缺氧状况,减轻炎症反应,对心脏起到保护作用,表明红景天苷确实对心血管疾病有一定的治疗效果。

#### 4.4. 抗氧化及抗炎作用

人体因为与外界的持续接触,包括呼吸(氧化反应)、外界污染、放射线照射等因素不断的在人体体内产生自由基,导致蛋白质、脂肪酸、核酸等生物大分子氧化。科学研究表明,癌症、衰老或其它疾病大都与过量自由基的产生有关联。人体内自由基浓度过高会引起氧化应激,从而破坏体内氧化还原平衡,引起各种慢性疾病。研究发现红景天苷的抗氧化作用对肝损伤、脑和心肌缺血再灌注、糖尿病带来的并发症等多种疾病都有一定治疗作用[27]。

炎症(Inflammation)是机体对组织损伤和感染等有害刺激的一种重要防御机制,表现为红、肿、热、痛和功能障碍。炎症,可以分为感染性炎症和非感染性炎症。通常情况下,炎症是有益的,然而,过度的炎症反应反而会引起人体多种功能紊乱。由于炎症反应往往在疾病的进展过程中起着重要的作用,直接影响着疾病的损害程度和预后,所以抗炎治疗是在治疗进程中关键步骤。目前已证实红景天苷的抗炎活性可用于多种疾病的治疗,如关节炎、肠炎、中枢神经系统炎症等[28] [29] [30]。

Shan Shan Qi 等[31]用链脲佐菌素(STZ)建立了糖尿病肾病(DN)大鼠模型。用红景天苷(10 和 20 mg kg<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)口服给药八周,实验结果表明,补充红景天苷八周剂量依赖性地降低了 DN 大鼠的血糖、血清胰岛素、血清肌酐、血尿素氮(BUN)和尿白蛋白,修复了肾组织的病理变化、肾硬化和纤维化。DN 大鼠肾脏功能得到改善,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)等氧化防御系统相关酶的活性也得到提高。此外, DN 大鼠血清中的炎症细胞因子(包括肿瘤坏死因子- $\alpha$ 、单核细胞趋化蛋白-1、白细胞介素-1 $\beta$  和白细胞介素-6)明显降低。免疫组化结果显示,红景天苷处理组肾脏中转化生长因子- $\beta_1$  (TGF $\beta_1$ )、磷酸化 Smad<sub>2</sub> (p-Smad<sub>2</sub>)和磷酸化 Smad<sub>3</sub> (p-Smad<sub>3</sub>)等纤维化相关蛋白的表达水平也显著降低。研究发现,每天进食红景天苷可以减轻大鼠的糖尿病肾病的症状,其主要机制是抗炎、抗氧化应激和抑制 TGF- $\beta_1$ /Smad<sub>2/3</sub> 通路。

#### 4.5. 调节免疫系统

免疫调节是指机体识别和排除抗原性异物,维持自身生理动态平衡与相对稳定的生理功能。免疫调节是依靠免疫系统(Immune system)来实现的,如果免疫调节功能异常,对自身成分产生强烈的免疫攻击,造成细胞破坏,功能丧失,就会发生自身免疫病。如果对外界病原微生物感染不能产生适度的反应(反应过低可造严重感染,反应过强则发生过敏反应),也可造成对机体的有害作用。因此,免疫调节机制不仅决定免疫应答的发生,而且也决定了反应的强弱。调节功能是作用于免疫应答过程中的多个环节,这一调节作用是精细且复杂的,也是必不可少的。林文宏等[32]经鼻腔接种甲型流感病毒株制备流感病毒感染动物模型,并随机分为模型组和红景天苷高、低剂量组还有生理盐水对照组。通过实验结论得出,红景天苷对流感病毒感染小鼠的肺部炎症有一定的改善效果并降低血清与肺组织中炎症相关因子释放,可能与其增强病毒感染引起的免疫功能降低有关。本次研究中,低剂量组以及高剂量组与模型组相比,CD<sub>4</sub><sup>+</sup>和 CD<sub>4</sub><sup>+</sup>/CD<sub>8</sub><sup>+</sup>水平均提高了,提示红景天苷对病毒感染引起的免疫抑制有较好的改善作用,从而推断红景天苷增强机体免疫也是其发挥抗病毒的可能途径之一。

### 5. 结语

综上,本文从红景天苷的提取方法、含量测定及多种药理作用这几个方面进行了详细阐述。随着制药设备不断发展,采用超声提取、微波提取、闪式提取和超高压提取等方法提取红景天苷也逐渐得到普及,不同的提取方法存在优缺点,应继续加强更为先进、高效的多技术联合方式的研究,来达到杂质少、

提取效率高、提取时间短、稳定性好、溶剂消耗少等的期望目的。除此之外,随着医学检验技术不断进步,之后含量测定也不仅局限于一种方法,而是可以多种技术耦合起来进行改善,从而使红景天苷含量的测定更加简单、准确、快速。最后,红景天苷具有多种药理活性作用,但是关于红景天苷制剂以及红景天苷与其它药物联合用药的研究较少,针对红景天苷的临床应用研究还是比较局限。但随着细胞技术和分子生物学技术的不断发展,红景天苷作用机制将进一步被探究,同时新的药理作用也会不断被发掘出来,红景天苷在各个领域的开发和利用也会更加广泛。

## 参考文献

- [1] 张丽楠,李屹,刘永琦,等.红景天苷现代药理研究进展[J].临床荟萃,2011,26(21):1931-1933.
- [2] 胡亚丹,王波,常新林,等.红景天苷衍生物的合成及其抗氧化活性[J].合成化学,2019,27(9):743-746.
- [3] 张明发,沈雅琴.红景天苷及其苷元酪醇的抗炎、抗肿瘤和免疫调节作用[J].药物评价研究,2013,36(3):228-234.
- [4] 张丽娜,周畅均,胡立玫,等.红景天苷的提取工艺和抗肿瘤药理作用研究进展[J].中国医院用药评价与分析,2021,21(9):1145-1152.
- [5] 郭青锋,王凤薇,陈东辉,等.双水相萃取红景天苷的研究[J].四川大学学报,2016,53(2):403-408.
- [6] 刘莱,王东凯,顾艳丽.红景天提取工艺的优化[J].时珍国医国药,2004,15(4):221-222.
- [7] 王亚宁.红景天中红景天苷的提取及化学合成工艺的优化研究[D]:[硕士学位论文].天津:天津科技大学,2020.
- [8] 闵建华,曹旻旻,韦冬菊,等.微波辅助提取红景天苷的工艺研究[J].中草药,2012,43(8):1536-1539.
- [9] 王丹,薛娇,庞海妹,等.超临界 CO<sub>2</sub> 萃取-微波辅助提取红景天苷的研究[J].林产化学与工业,2011,31(2):105-108.
- [10] 陈健.红景天苷的超高压提取及其药理活性的初步研究[D]:[硕士学位论文].广州:南方医科大学,2013.
- [11] 许玲玲,杨晓东,陈菲,等.酶解法提取女贞子中红景天苷的工艺研究[J].中医药信息,2017,34(4):29-34.
- [12] 董彦莉,赵超.纤维素酶酶解法提取红景天苷效果的研究[J].广东农业科学,2011,19:103-104.
- [13] 范桂强,庞红霞,王志杰,等.闪式提取红景天苷工艺优化研究[J].中国药师,2016,19(1):40-42.
- [14] 杨晓艳,芦启琴,张晓峰.HPLC法测定红景天根皮中红景天苷的含量[J].分析实验室,2008,27(Z1):305-306.
- [15] 秦红霖,王宇光,马增春,等.RP-HPLC法测定女贞子提取物中红景天苷的含量[J].中国药师,2010,13(9):1349-1350.
- [16] 薛科社,王亚洲.高效液相色谱-荧光检测法测定红景天苷的含量[J].药物分析杂志,2003,23(5):333-334.
- [17] 崔瑞芳,王建营,陈培让,胡文祥.紫外紫外分光光度法测抗辐康中的红景天甙[J].现代仪器,2002,8(5):34,37.
- [18] 马莉.红景天苷抗疲劳作用及其机制的实验研究[D]:[博士学位论文].上海:第二军医大学,2006.
- [19] Feng, R.M., Zong, Y.N., Cao, S.M. and Xu, R.H. (2019) Current Cancer Situation in China: Good or Bad News from the 2018 Global Cancer Statistics? *Cancer Communication*, **39**, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40880-019-0368-6>
- [20] Chen, M., Hui, C., Chang, Y., Wu, P., Fu, Y., Xu, X., Fan, R., Xu, C., Chen, Y., Wang, L. and Huang, X. (2016) Salidroside Exerts Protective Effects against Chronic Hypoxia-Induced Pulmonary Arterial Hypertension via AMPK $\alpha$ 1-Dependent Pathways. *American Journal of Translational Research*, **8**, 12-27.
- [21] Li, Y., Pham, V., Bui, M., et al. (2017) *Rhodiola rosea* L.: An Herb with Anti-Stress, Anti-Aging, and Immunostimulating Properties for Cancer Chemoprevention. *Current Pharmacology Reports*, **3**, 384-395. <https://doi.org/10.1007/s40495-017-0106-1>
- [22] Shi, X., Zhao, W., Yang, Y., Wu, S. and Lv, B. (2018) Salidroside Could Enhance the Cytotoxic Effect of L-OHP on Colorectal Cancer Cells. *Molecular Medicine Reports*, **17**, 51-58. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.7846>
- [23] Wang, X.P., Yuan, D.Y., Tian, Y., et al. (2021) Multiple Mechanisms of Salidroside on Antitumor Effects. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, **25**, 5349-5354.
- [24] 张雪伟,张燕丽,文泽馨,等.红景天苷通过TLR4调控DC提高T细胞对肺癌3LL细胞的杀伤力[J].中国肿瘤生物治疗杂志,2020,27(1):37-41.
- [25] 吕丽娜,姜丽红.红景天苷对心血管疾病系统药理作用研究进展[J].现代中药研究与实践,2021,35(5):87-90.
- [26] 杨立霞.红景天苷通过PI<sub>3</sub>K/Akt/HIF-1 $\alpha$ 途径减弱急性低压低氧诱导的心肌损伤的机制研究[D]:[硕士学位论文].

- 兰州: 甘肃中医药大学, 2018.
- [27] 史才兴, 梁水菁, 李建璋, 等. 红景天苷药理作用及其机制研究进展[J]. 菏泽医学专科学校学报, 2021, 33(4): 67-70.
- [28] Gao, H., Peng, L., Li, C., *et al.* (2020) Salidroside Alleviates Cartilage Degeneration through NF- $\kappa$ B Pathway in Osteoarthritis Rats. *Drug Design, Development and Therapy*, **14**, 1445-1454. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S242862>
- [29] Liu, J., Cai, J., Fan, P., *et al.* (2019) The Abilities of Salidroside on Ameliorating Inflammation, Skewing the Imbalanced Nucleotide Oligomerization Domain-Like Receptor Family Pyrin Domain Containing 3/Autophagy, and Maintaining Intestinal Barrier Are Profitable in Colitis. *Frontiers in Pharmacology*, **10**, Article No. 1385. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01385>
- [30] Li, J.S., Fan, L.Y., Yuan, M.D., *et al.* (2019) Salidroside Inhibits Lipopolysaccharide-Ethanol-Induced Activation of Proinflammatory Macrophages via Notch Signaling Pathway. *Current Medical Science*, **39**, 526-533. <https://doi.org/10.1007/s11596-019-2069-4>
- [31] Qi, S.S., Shao, M.L., Sun, Z. and Zheng, H.X. (2021) Salidroside from *Rhodiola rosea* L. Attenuates Diabetic Nephropathy in STZ Induced Diabetic Rats via Anti-Oxidative Stress, Anti-Inflammation, and Inhibiting TGF- $\beta_1$ /Smad Pathway. *Journal of Functional Foods*, **77**, Article ID: 104329. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104329>
- [32] 林文宏, 卢海燕, 卢沛珠, 等. 红景天苷对流感病毒感染小鼠血清和肺组织炎症因子及免疫指标的影响[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(2): 292-296.