

田光辉, 庞海霞, 刘存芳, 等. 玫瑰红景天粗脂肪的成分及其性质分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(18): 205-210.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.18.041

玫瑰红景天粗脂肪的成分及其性质分析

田光辉, 庞海霞, 刘存芳, 刘军海, 吴睿, 张强, 王伟

(陕西理工大学/陕西省催化基础与应用重点实验室, 陕西汉中 723000)

摘要:以乙醚为溶剂, 利用索氏提取器提取玫瑰红景天的粗脂肪并用气相色谱-质谱联用仪(gas chromatography-mass spectrometry, 简称 GC-MS)分析其组分; 测定玫瑰红景天粗脂肪的抗菌活性及其对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 简称 DPPH) 自由基、羟自由基的清除率, 以确定其抗氧化活性。结果表明, 玫瑰红景天粗脂肪的主要组分为乙酸二十三醇酯(31.71%)、乙酸二十七醇酯(20.55%)、乙酸二十一醇酯(17.89%)、香叶醇(3.96%)、1-辛醇(2.87%)、1-二十一醇(2.75%)、亚麻酸(2.58%)等; 玫瑰红景天粗脂肪对抗菌试验菌株均有抑制和灭活作用, 其中对白色念珠菌 ATCC 10231 株的最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, 简称 MIC)为 0.08 mg/mL, 最小杀菌浓度(minimum bactericidal concentration, 简称 MBC)为 0.72 mg/mL, 对金黄色葡萄球菌 ATCC 25925 株的 MIC 为 0.16 mg/mL, MBC 为 2.18 mg/mL; 对 DPPH 自由基和羟自由基均有清除作用, 对 DPPH 自由基、羟自由基的半抑制浓度(IC₅₀)分别为 0.005 7、0.010 2 mg/mL。由研究结果可以看出, 玫瑰红景天粗脂肪有潜在的应用价值。

关键词:玫瑰红景天; 粗脂肪; 气相色谱-质谱法; 抗菌活性; 抗氧化活性

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)18-0205-06

玫瑰红景天(*Rhodiola rosea* L.) 又名蔷薇红景天^[1], 为景天科红景天属一种多年生草本植物, 在我国西藏、宁夏、甘肃等地及朝鲜、保加利亚、芬

兰等国家有分布^[2-3], 是被广泛使用的中药材。玫瑰红景天有玫瑰香味, 全草药食两用, 中药常用其根茎, 其性味“甘、苦、平。归肺、心经”, 其气香甜、味苦涩, 能“扶正固本”。《神农本草经》中将红景天列为药中上品, 并指出: 服用红景天可轻身益气, 不老延年, 无毒多服。玫瑰红景天有抗病毒、抗抑郁、抗缺氧、抗疲劳、抗辐射、抗肿瘤、活血化痰等生物活性^[4-5], 常用于治疗气虚血瘀、胸痹心痛、中风偏瘫、倦怠气喘、冠心病等病症, 同时具有保护心脑血管的功能^[6], 还能益气活血、通脉平喘。这些生物

收稿日期: 2019-09-16

基金项目: 陕西省科技厅社会发展科技攻关项目(编号: 2018SF-307); 陕西省教育厅重点实验室项目(编号: 19JS011)。

作者简介: 田光辉(1970—), 男, 陕西渭南人, 硕士, 教授, 从事天然产物开发与利用研究。E-mail: tianguang@snut.edu.cn。

通信作者: 刘存芳, 硕士, 教授, 从事药用活性分子筛选研究。Tel: (0916)2641670; E-mail: liucf@snut.edu.cn。

[9] 薛兴福. 绿色胶原蛋白食品包装膜的研制[D]. 成都: 四川师范大学, 2006.

[10] Ding C C, Zhang M, Li G Y. Preparation and characterization of collagen/hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) blend film[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 119: 194-201.

[11] Long K Y, Cha R T, Zhang Y P, et al. Cellulose nanocrystals as reinforcements for collagen-based casings with low gas transmission[J]. Cellulose, 2018, 25(1): 463-471.

[12] 高洁, 汤烈贵. 纤维素科学[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[13] 曾多. 胶原肠衣熟化工艺及其对肠衣性能的影响[D]. 重庆: 重庆大学, 2017.

[14] Zhang S, Wang Y, Herring J L, et al. Characterization of edible film fabricated with channel catfish (*Ictalurus punctatus*) gelatin extract using selected pretreatment methods[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(9): C498-C503.

[15] Gómez-Estaca J, Montero P, Fernández-Martín F, et al. Physico-chemical and film-forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: a comparative study[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(4): 480-486.

[16] Koide T, Daito M. Effects of various collagen crosslinking techniques on mechanical properties of collagen film[J]. Dental Materials Journal, 1997, 16(1): 1-9.

[17] Liu F, Majeed H, Antoniou J, et al. Tailoring physical properties of transglutaminase-modified gelatin films by varying drying temperature[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 58: 20-28.

[18] 刘京龙. 皮胶原纤维的结构与耐干热性能研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2005.

[19] Reimold F, Nothnagel C, Thiemig F. Suitability of casing material for fermented sausages used at unsteady climate conditions[J]. Fleischwirtschaft, 2010, 90(12): 87-92.

活性与玫瑰红景天中的成分密切相关,其主要成分为红景天苷 (ralidroside)^[7] 及其苷元酪醇 (ptyrosol)、酪萨维 (rosavin)、络塞 (rosin)、络塞琳 (rosarin)、草质素苷 (rhodiolin)、红景天素 (rhodiosin) 等^[8-9]。此外,有研究者还分离出了没食子酸、没食子酸甲酯、山柰酚、6'-O-没食子酰-红景天苷、7-甲氧基香豆素等化合物^[10-11];还有借助微波法提取玫瑰红景天总黄酮和多糖^[12]、优化玫瑰红景天多糖的提取工艺^[13]、开展玫瑰红景天提取物活性的研究^[14-15];另外,有研究者开发出了玫瑰红景天功能食品,并将其提取物作为食品补充剂使用,如红景天口服液、红景天糖浆、红景天酒、红景天饮料等制剂^[16]。目前,关于玫瑰红景天中脂溶性物质的研究尚少^[17],而对景天科同属植物高山红景天^[18]、大花红景天^[19]、小丛红景天^[20]、狭叶红景天^[21]等脂溶性物质的研究较多^[22]。红景天植物脂溶性物质有诸多特殊活性,如抗菌、抗氧化等作用^[20],值得深入研究。本研究以乙醚为溶剂,用索氏提取法从玫瑰红景天中提取其粗脂肪,用气相色谱-质谱联用仪 (gas chromatography - mass spectrometry, 简称 GC - MS) 进行分离和鉴定,并测试玫瑰红景天粗脂肪的体外抗菌和抗氧化活性,尝试分步提取玫瑰红景天中的活性物质,以期综合利用该珍稀野生资源提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料、试剂与仪器

玫瑰红景天采自西藏林芝地区,经陕西理工大学植物学省级重点学科负责人赵桦教授鉴别确认,去除其根茎的须根和枝叶后,于低温干燥至恒质量。白色念珠菌 ATCC 10231 株、金黄色葡萄球菌 ATCC 25925 株、肠炎沙门氏菌 50040 株、大肠杆菌 ATCC 25922 株、短小芽孢杆菌 ATCC 7061 株、肺炎链球菌 ATCC 49619 株、肺炎克雷伯氏菌 ATCC 10031 株、伤寒沙门氏菌 CMCC 50071 株、鼠伤寒沙门菌 50013 株等 9 种标准菌株冻干品,由中国食品药品检定研究院中国医学细菌保藏管理中心提供。水解酪蛋白胨肉汤 (MHB)、普通琼脂平板培养基、Leagene 肉汤 (CM) 培养基,产自北京索莱宝科技有限公司。本试验所用其他试剂均为国产分析纯级,产自西安化学试剂厂。按如下方法配制浓度为 150 mmol/L、pH 值为 7.4 的磷酸缓冲盐溶液 (phosphate buffer saline, 简称 PBS): 精确称取

14.328 g 磷酸氢钠、6.242 g 磷酸二氢钠于 200 mL 容量瓶中,分别进行定容,分别移取 162.0 mL 磷酸氢钠溶液、38.0 mL 磷酸二氢钠溶液于 300 mL 容量瓶内,定容;临时配制浓度为 1.5 mmol/L 的硫酸亚铁溶液、浓度为 1.5 mmol/L 的邻二氮菲乙醇溶液、质量分数为 0.02% 的双氧水溶液、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 简称 DPPH) 浓度为 0.1 mmol/mL 的 DPPH 乙醇溶液;试验用水为二次蒸馏水。

Trace DSQ GC - MS (DB - 5 弹性石英毛细管柱, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 产自美国热电公司;96 孔培养板, 产自美国康宁公司;微生物培养箱, 产自西安华辰乐天实验室设备有限公司;HH - 2 型电热恒温水浴锅, 产自北京科伟永兴仪器有限公司;AL - 204 - IC 电子天平, 产自北京瑞泽康科技有限公司;中药材粉碎机, 产自天津市泰斯特仪器有限公司;UV - 6300PC 紫外可见分光光度计, 产自上海美谱达仪器有限公司; Soxhlet extractor 提取器等玻璃仪器, 产自上海洪纪仪器设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 玫瑰红景天粗脂肪的制取 用粉碎机将玫瑰红景天根茎粉碎、过 50 目筛后密封保存。准确称取 25.0 g 粉末装进滤纸筒后放入抽提筒内,注入乙醚浸泡;在蒸馏瓶中加入总体积 1/2 的乙醚,于 40 °C 恒温水浴中抽提,直至抽提筒内的乙醚用滤纸点滴检查无油迹为止,需回流 18 h;回收乙醚,得到 15.5 g 深黄色的玫瑰红景天粗脂肪,提取率为 6.2%。重复提取 3 次,低温保存备用。

1.2.2 GC - MS 测试条件 色谱条件:氮气作为载气,色谱柱温度范围为 40 ~ 280 °C,初始温度为 40 °C,保持 1 min,按 7 °C/min 的速率程序升温,温度升至 180 °C 后,保持 2 min,再按 10 °C/min 的速率升温至 250 °C,保持 3 min;色质界面设定 260 °C,衡流模式的流量为 1 mL/min。取少许玫瑰红景天粗脂肪,用乙醚溶解,进样量为 0.5 μL,设置 30 : 1 的分流比。质谱条件:离子源为电子轰击电离 (EI),温度设定为 250 °C,电离能量设定为 70 eV,倍增器电压为 980 V,全扫描模式范围为 40 ~ 500 amu。将各质谱图对比 NIST 谱库和 WILEY 谱库中的入库谱图,经计算机检索,相似度大于 85%,初步确定物质结构。用峰面积归一化法对总离子流图谱通过计算机确定玫瑰红景天粗脂肪中各个组分的相对含量。

1.2.3 玫瑰红景天粗脂肪的抗菌试验 将9种标准菌株冻干品复苏后分别接种在MHB培养基中,在培养箱中设置温度为37℃,持续孵育24h,用光电比浊计数法测定菌液中的细菌数量,用培养液稀释细菌群落总数至 10^6 CFU/mL。将玫瑰红景天粗脂肪溶于含有5% Tween-80的肉汤中,连续二倍梯度稀释后,在96孔培养板上以0.15 mL/孔的量注入不同浓度的玫瑰红景天粗脂肪溶液,分别注入浓度为 10^6 CFU/mL的试验菌液,注射量为50 μ L/孔,同时设置空白对照(不加玫瑰红景天粗脂肪溶液),在湿盒内放置水平后再放入微生物培养箱中,在控温37℃的条件下培养24h后观测,没有细菌生长孔的玫瑰红景天粗脂肪溶液的最低浓度即为最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration,简称MIC)。将无细菌生长孔中的培养物用无菌生理盐水稀释20倍,再分别吸取0.05 mL接种于普通琼脂平板培养基上,放入微生物培养箱中,在控温37℃的条件下培养24h,没有细菌生长接种区域对应的最小玫瑰红景天粗脂肪溶液浓度即为最小杀菌浓度(minimum bactericidal concentration,简称MBC)^[23]。

1.2.4 玫瑰红景天粗脂肪对DPPH·清除率的测定 称取适量玫瑰红景天粗脂肪,用乙醇溶解后分别定容至6个10 mL容量瓶中,分别得到质量浓度为0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 mg/mL的玫瑰红景天粗脂肪的乙醇溶液;同时,称取适量维生素C并用乙醇溶解,在另外6个10 mL容量瓶中定容,分别得到质量浓度为0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 mg/mL的维生素C的乙醇溶液。分别移取1 mL不同浓度的玫瑰红景天粗脂肪乙醇溶液于6个10 mL具塞比色管内,再逐管加入2 mL DPPH溶液,用乙醇定容至10 mL后混匀,在室温、暗室内静放35 min;以无水乙醇替代玫瑰红景天粗脂肪乙醇溶液作为空白对照,以无水乙醇取代DPPH溶液作为对照,在517 nm波长处测定吸光度 $D_{517\text{nm}}$ 。同时,以维生素C作为参照代替玫瑰红景天粗脂肪乙醇溶液进行测定。按下式计算玫瑰红景天粗脂肪对DPPH·的清除率: $\text{DPPH}\cdot\text{清除率} = [1 - (D_{1(517\text{nm})} - D_{2(517\text{nm})}) / D_{0(517\text{nm})}] \times 100\%$ 。式中: $D_{0(517\text{nm})}$ 为空白试验组的吸光度; $D_{1(517\text{nm})}$ 为加玫瑰红景天粗脂肪乙醇溶液组的吸光度; $D_{2(517\text{nm})}$ 为对照组的吸光度。

1.2.5 玫瑰红景天粗脂肪对羟自由基清除率的测

定 用邻二氮菲- Fe^{2+} 氧化法测定玫瑰红景天粗脂肪对 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ 所产生的羟自由基的清除作用^[24]。将玫瑰红景天粗脂肪用乙醇调配成质量浓度为0.1 mg/mL的溶液,将8支洁净的比色管编号,分别向其中加入1.0 mL邻二氮菲溶液、3.0 mL PBS,混匀;再逐管加入2.0 mL硫酸亚铁溶液,混匀;在编号为1~6号的比色管中分别加入0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mL玫瑰红景天粗脂肪溶液;还有2支比色管分别标为损伤管、未损伤管,均不加玫瑰红景天粗脂肪溶液,分别在1~6号比色管、损伤管中再加入1 mL双氧水溶液,未损伤管中不加双氧水溶液。将8支比色管加水定容至10 mL,混匀,放入微生物培养箱中,在控温37℃的条件下持续反应50 min,取出比色管并冷却至室温,在517 nm波长处测定8支比色管中溶液的吸光度。同时,以相同浓度的维生素C乙醇溶液作为参照代替玫瑰红景天粗脂肪乙醇溶液进行试验。按下式计算对羟自由基的清除率:羟自由基清除率 = $(D_{2(517\text{nm})} - D_{1(517\text{nm})}) / (D_{0(517\text{nm})} - D_{1(517\text{nm})}) \times 100\%$ 。式中: $D_{0(517\text{nm})}$ 为未损伤溶液的吸光度, $D_{1(517\text{nm})}$ 为损伤溶液的吸光度, $D_{2(517\text{nm})}$ 为加玫瑰红景天粗脂肪溶液的吸光度。

2 结果与分析

2.1 玫瑰红景天粗脂肪的组分分析

由GC-MS测定的玫瑰红景天粗脂肪的总离子流图(图1)可以看出,共分离和鉴定出48种组分,将各组分的质谱结果用计算机查验入质谱数据库,然后依据相似度初步确定类似化合物,随后查看图谱中的质荷比、基峰等,再然后通过解析质谱碎片、比对文献辨认,从玫瑰红景天粗脂肪中共认定46种化合物,其相对含量占98.9%。如表1所示,玫瑰红景天粗脂肪的化合物种类复杂多样,以醇类、醛类、酯类、烯烃类和羧酸类为主,还有酮类、烷烃类、酚类、醚类、酰胺类等,其中有18种醇类、7种酯类、6种醛类、5种烯烃类、4种羧酸类、2种烷烃类,各1种酮类、酚类、醚类和酰胺类。

玫瑰红景天粗脂肪的主要组分是乙酸二十三醇酯(31.71%)、乙酸二十七醇酯(20.55%)、乙酸二十一醇酯(17.89%)、香叶醇(3.96%)、1-辛醇(2.87%)、1-二十一醇(2.75%)、亚麻酸(2.58%)等,这7种化合物在玫瑰红景天粗脂肪中的相对含量占总含量的82.31%,其中游离态乙酸二十三醇酯、乙酸二十七醇酯、乙酸二十一醇酯的相对含量

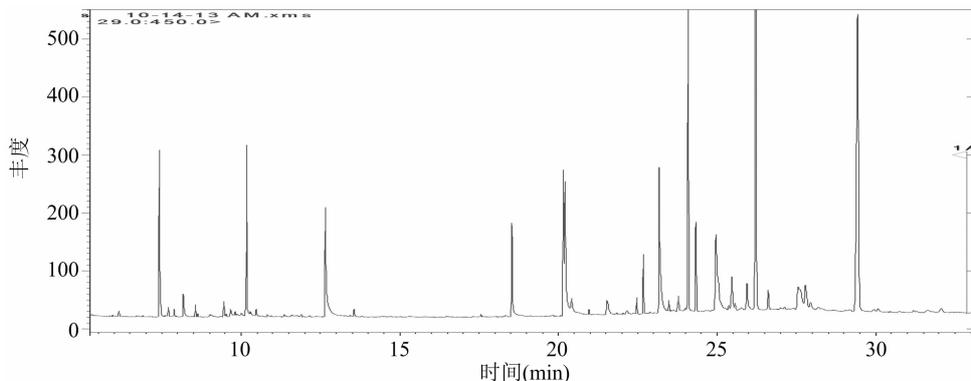


图1 玫瑰红景天粗脂肪的 GC-MS 总离子流

占 70.15%。与文献[22]报道的西藏红景天挥发油的主要成分是香叶醇、1-辛醇、芳樟醇等及文献[19]报道的大花红景天挥发油主要成分是 1-辛醇、香叶醇等均不同,此外,还有 5 个种属 12 个西藏红景天样品的分析结果^[25]也不相同,说明玫瑰红景天粗脂肪有潜在的应用价值。

2.2 玫瑰红景天粗脂肪的抗菌活性

由表 2 可以看出,玫瑰红景天粗脂肪对供试的 9 种菌株均有明显的抑制或灭活作用,可有效地杀灭这 9 种致病细菌。玫瑰红景天粗脂肪对白色念珠菌 ATCC 10231 株、金黄色葡萄球菌 ATCC 25925 株的 MIC 分别为 0.08、0.16 mg/mL,说明玫瑰红景天粗脂肪对这 2 种细菌有强烈的抑制作用,对其他 7 种细菌的 MIC 为 1.98~10.12 mg/mL,由此可见,玫瑰红景天粗脂肪对这 9 种细菌均有抑制作用,这与文献[20]报道的小丛红景天脂溶性成分具有很好的抑菌杀菌活性的结果是相同的。从测试的 9 种菌株的 MBC 来看,玫瑰红景天粗脂肪对这 9 种菌株的杀灭作用排序是白色念珠菌 ATCC 10231 株 > 金黄色葡萄球菌 ATCC 25925 株 > 肠炎沙门氏菌 50040 株 > 大肠杆菌 ATCC 25922 株 > 短小芽孢杆菌 ATCC 7061 株 > 肺炎链球菌 ATCC 49619 株 > 肺炎克雷伯氏菌 ATCC 10031 株 > 伤寒沙门氏菌 CMCC 50071 株 > 鼠伤寒沙门氏菌 50013 株,其中,玫瑰红景天粗脂肪对白色念珠菌 ATCC 10231 株的抑制作用和灭活作用表现得最为明显。

2.3 玫瑰红景天粗脂肪的抗氧化活性

2.3.1 玫瑰红景天粗脂肪对 DPPH· 的清除作用

由图 2 可知,不同质量浓度的玫瑰红景天粗脂肪均有清除 DPPH· 的作用,玫瑰红景天粗脂肪的质量浓度和清除率存在量效关系,即随着玫瑰红景天粗脂肪质量浓度的增大,对 DPPH· 清除能力增强,

其半抑制浓度(IC₅₀)为 0.005 7 mg/mL。玫瑰红景天粗脂肪对 DPPH· 的清除效果弱于维生素 C,但也能明显地清除 DPPH·,说明玫瑰红景天粗脂肪有一定的抗氧化活性。

2.3.2 玫瑰红景天粗脂肪对羟自由基的清除作用

由图 3 可知,玫瑰红景天粗脂肪对羟自由基表现出明显的清除效果,并且玫瑰红景天粗脂肪质量浓度与其清除效果间存在量效关系,随着玫瑰红景天粗脂肪质量浓度的递增,其对羟自由基的清除率持续提高,其 IC₅₀ 为 0.010 2 mg/mL,虽然相对于维生素 C 清除羟自由基的效果有些偏低,但也表现出明显的清除羟自由基的作用。由此看出,玫瑰红景天粗脂肪能够清除羟自由基,有抗氧化活性。

3 结论

本研究借助 GC-MS 技术鉴定玫瑰红景天粗脂肪中的 46 种化合物,结果显示,粗脂肪中的化合物以醇类、醛类、酯类、烯炔类和羧酸类为主,主要组分是乙酸二十三醇酯(31.71%)、乙酸二十七醇酯(20.55%)、乙酸二十一醇酯(17.89%)、香叶醇(3.96%)、1-辛醇(2.87%)、1-二十一醇(2.75%)、亚麻酸(2.58%)等,组分复杂多样,与相关研究报道的红景天同属其他植物脂溶性和挥发油的组分有相似性^[19-20]。玫瑰红景天粗脂肪能有效地抑制和灭活试验菌株,特别是对白色念珠菌 ATCC 10231 株的抑制作用和灭活作用更为明显。玫瑰红景天粗脂肪对 DPPH·、羟自由基的清除率较维生素 C 均偏低,但也表现出明显的清除作用;玫瑰红景天粗脂肪对 DPPH·、羟自由基的 IC₅₀ 分别为 0.005 7、0.010 2 mg/mL。由本研究结果看出,玫瑰红景天粗脂肪是一种有抗菌、抗氧化活性的天然活性物质。

表1 玫瑰红景天粗脂肪的化学组分

峰号	保留时间 (min)	化合物名称	分子式	相对分子量	相对含量 (%)
1	6.15	2-甲基-6-庚烯-1-醇	C ₈ H ₁₆ O	128	0.12
2	7.43	1-辛醇	C ₈ H ₁₈ O	130	2.87
3	7.71	顺- $\alpha,\alpha,5$ -三甲基-5-乙烯基四氢呋喃-2-甲醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	0.17
4	7.88	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.16
5	8.19	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	122	0.36
6	8.55	乙二醇异戊醚乙酸酯	C ₉ H ₁₈ O ₃	174	0.15
7	8.62	6,6-二甲基-2-亚甲基-二环[3.1.1]庚烷-3-醇	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.12
8	9.01	2,7-环氧-1,1,5-三甲基-6-(2-丁烯基)-4-环己烯	C ₁₃ H ₂₀ O	192	0.11
9	9.08	(Z)-4-十二烯醇	C ₁₂ H ₂₄ O	184	0.11
10	9.46	6,6-二甲基-二环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醇	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.19
11	9.67	5-(乙酰氧基)-2-戊酮	C ₇ H ₁₂ O ₃	144	0.13
12	9.81	3,7-二甲基-2-辛烯-1-醇	C ₁₀ H ₂₀ O	156	0.12
13	10.02	(Z)-2-十二烯醇	C ₁₂ H ₂₄ O	184	0.11
14	10.19	香叶醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	3.96
15	10.31	2,6-二甲基苯甲醛	C ₉ H ₁₀ O	134	0.12
16	10.46	十一醇	C ₁₁ H ₂₄ O	172	0.13
17	10.82	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	212	0.11
18	12.66	4-羟基苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O ₂	138	1.71
19	13.56	2,6-二叔丁基对甲基苯酚	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.13
20	17.52	结构未定	—	—	0.03
21	18.55	n-十六酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	1.39
22	20.19	亚麻酸	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	186	2.58
23	20.41	十一酸	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	2.12
24	20.96	13-甲基十四醛	C ₁₅ H ₃₀ O	226	0.11
25	21.55	1-十七烯	C ₁₇ H ₃₄	236	0.17
26	22.17	α,α -二甲基环戊甲醇	C ₈ H ₁₆ O	128	0.12
27	22.47	11-二十三烯	C ₂₃ H ₄₆	322	0.13
28	22.67	十八醛	C ₁₈ H ₃₆ O	268	1.17
29	23.23	1-二十一醇	C ₂₁ H ₄₄ O	312	2.75
30	23.48	十三醛	C ₁₃ H ₂₆ O	198	0.12
31	23.77	葵辛醚	C ₁₈ H ₃₈ O	270	0.36
32	24.08	乙酸二十一醇酯	C ₂₅ H ₅₀ O ₂	382	17.89
33	24.35	13-甲基十四醛	C ₁₅ H ₃₀ O	226	1.78
34	25.02	正二十八醇	C ₂₈ H ₅₈ O	410	1.44
35	25.36	二十四醛	C ₂₄ H ₄₈ O	352	0.18
36	25.46	Z-9,15-二烯-十八碳酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	0.66
37	25.56	二十碳三烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	320	0.19
38	25.77	十九烷	C ₁₉ H ₄₀	268	0.13
39	25.94	(Z)-9-十八烯酸酰胺	C ₁₈ H ₃₅ NO	281	0.51
40	26.22	乙酸二十三醇酯	C ₂₅ H ₅₀ O ₂	382	31.71
41	26.60	(Z)-17-三十五烯	C ₃₅ H ₇₀	490	0.42
42	27.58	角鲨烯	C ₃₀ H ₅₀	410	0.53
43	27.78	2-甲基丁酸E-3,7-二甲基-2,6-二烯-1-辛醇酯	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	238	0.59
44	27.94	乙酸3,7,11-三甲基-3-羟基-6,10-二烯-十二碳-1-酯	C ₁₇ H ₃₀ O ₃	282	0.17
45	29.44	乙酸二十七醇酯	C ₂₉ H ₅₈ O ₂	438	20.55
46	30.07	植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	0.12
47	31.20	结构未定	—	—	0.08
48	32.07	维生素E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	0.13

表2 玫瑰红景天粗脂肪的对试验菌株的MIC和MBC

试验菌株	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
白色念珠菌 ATCC 10231 株	0.08	0.72
金黄色葡萄球菌 ATCC 25925 株	0.16	2.18
肠炎沙门氏菌 50040 株	1.98	3.04
大肠杆菌 ATCC 25922 株	3.32	6.78
短小芽孢杆菌 ATCC 7061 株	5.74	8.18
肺炎链球菌 ATCC 49619 株	6.38	9.06
肺炎克雷伯氏菌 ATCC 10031 株	7.52	9.84
伤寒沙门氏菌 CMCC 50071 株	8.94	10.76
鼠伤寒沙门氏菌 50013 株	10.12	14.78

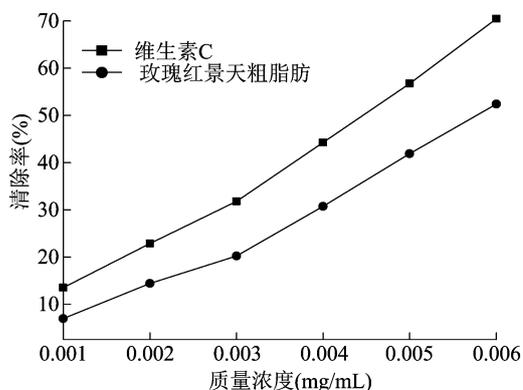


图2 玫瑰红景天粗脂肪对DPPH·的清除作用

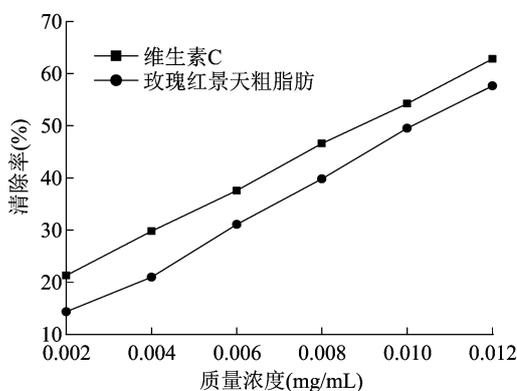


图3 玫瑰红景天粗脂肪对羟自由基的清除作用

参考文献:

- [1] 王晓梅,何承辉,王新玲,等. 蔷薇红景天化学成分研究[J]. 中药材,2010,33(8):1252-1253.
- [2] Wieland P, Alfred K, Attila H, et al. Age and harvest season affect the phenylpropanoid content in cultivated European *Rhodiola rosea* L. [J]. Industrial Crops and Products,2016,83:787-802.
- [3] Marchev A S, Aneva I Y, Koycheva I K, et al. Phytochemical variations of *Rhodiola rosea* L. wild - grown in Bulgaria [J]. Phytochemistry Letters,2017,20:386-390.
- [4] Amsterdam J D, Panossian A G. *Rhodiola rosea* L. as a putative botanical antidepressant [J]. Phytomedicine; International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology,2016,23(7):770-783.
- [5] Marchev A S, Dimitrova P, Koycheva I K, et al. Altered expression of TRAIL on mouse T cells via ERK phosphorylation by *Rhodiola rosea* L. and its marker compounds [J]. Food and Chemical Toxicology, 2017,108(B):419-428.
- [6] 滕静如,熊佳鹏,肖 诚,等. 红景天的现代药理学研究进展 [J]. 中国中医基础医学杂志,2006,12(4):319-320.
- [7] 包文芳,吴维春,张 薇. 国产玫瑰红景天水溶性成分的分离与鉴定 [J]. 中国药物化学杂志,2000,10(3):209-210.
- [8] 徐宝军,郑毅男,李向高. 红景天属植物研究新进展 [J]. 中药材,2000,23(9):580-584.
- [9] 卢义德,姚 欣,张 囡,等. HPLC法测定玫瑰红景天中3种有效成分的含量 [J]. 西北药学杂志,2009,24(6):452-453.
- [10] 马朝阳,傅倩云,栾 霄,等. 高速逆流色谱制备玫瑰红景天中的三种酚性化合物 [J]. 天然产物研究与开发,2012,24(12):1787-1790.
- [11] 马朝阳,姜在祥,吕文平,等. 玫瑰红景天化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发,2012,24(11):1549-1553.
- [12] 兰 卫,赵文彬,秦冬梅,等. 微波法提取玫瑰红景天总黄酮和多糖 [J]. 中成药,2004,26(6):502-503.
- [13] 邱远金,丁 旭,谭 勇,等. 正交试验法优化蔷薇红景天多糖的提取工艺 [J]. 中国药业,2012,21(16):55-57.
- [14] 李海霞,张 伟. 红景天多糖对宫颈癌 U14 模型小鼠的治疗作用及机制的实验研究 [J]. 中药材,2017,40(6):1453-1456.
- [15] 李 龙,刘锁珠,王宏辉,等. 红景天提取物对西藏高海拔地区肉鸡生产性能和腹水敏感性的影响 [J]. 江苏农业科学,2018,46(17):182-185.
- [16] 马姝雯,李春鸣,王 斌. 红景天饮料的工艺研究 [J]. 食品工业科技,2006,27(5):131-132,135.
- [17] Evstatieva L, Todorova M, Antonova D V, et al. Chemical composition of the essential oils of *Rhodiola rosea* L. of three different origins [J]. Pharmacognosy Magazine, 2010, 6 (24) : 256-263.
- [18] 李建新,刘松艳,李绪文,等. 高山红景天茎叶的三萜成分研究 [J]. 东北师大学报(自然科学版),1997(4):53-55.
- [19] 韩泳平,陈胡兰,宋学伟,等. 藏药大花红景天挥发油化学成分的气相色谱-质谱分析 [J]. 华西药学杂志,2005,20(2):104-106.
- [20] 王 莉,赵 桦. 小丛红景天脂溶性成分及抗菌活性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(16):127-132.
- [21] 康胜利,张 坚,吕义长,等. 狭叶红景天化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志,1992,17(2):100-101.
- [22] 黄荣清,吴德雨,骆传环,等. 气相色谱-质谱法分析西藏红景天挥发油成分 [J]. 中国中药杂志,2006,31(8):693-694.
- [23] Alberto A, Andrea B, Elisabetta C, et al. Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. [J]. J Agric Food Chem,2004,52(11):3530-3535.
- [24] 金 鸣,蔡亚欣,李金荣. 邻二氮菲-Fe²⁺氧化法检测 H₂O₂/Fe²⁺产生的羟自由基的新方法 [J]. 生物化学与生物物理进展,1996,23(6):553-555.
- [25] 谢惜媚,陈 彬,刘 岚,等. HS-GC-MS 法分析比较十二种西藏红景天样品的挥发性成分 [J]. 中山大学学报(自然科学版),2013,52(5):97-102.