

# 喜马拉雅紫茉莉中多组分的提取工艺优化及多体系 抗氧化活性评价

王月玲<sup>1</sup>, 扎西卓玛<sup>2</sup>, 王永珍<sup>3</sup>, 戚鹏飞<sup>1</sup>, 徐雪梅<sup>1</sup>, 杨金草<sup>2\*</sup>

(1. 兰州市食品药品检验检测研究院, 兰州 730050; 2. 甘南藏族自治州药品检验检测中心, 合作 747000;  
3. 新疆生产建设兵团第八师147团医院, 石河子 832045)

**摘要:** **目的** 优化喜马拉雅紫茉莉中黄酮、多酚、皂苷的超声提取工艺, 并多体系综合评价其抗氧化活性。**方法** 在乙醇浓度、液料比、提取温度、提取时间的单因素实验的基础上, 以综合评分值作为评价指标, 采用 Box-Behnken 响应面法对黄酮、多酚、皂苷进行提取工艺优化, 并通过对 DPPH、ABTS、超氧阴离子、羟基自由基的清除率对其体外抗氧化性进行考察。**结果** 优化得到的超声提取工艺为乙醇浓度 60%、液料比 30 mL/g、提取温度 50°C、提取时间 55 min。提取物对各自由基均具有较强的清除作用。**结论** 经验证, 优化得到的喜马拉雅紫茉莉中黄酮、多酚、皂苷化合物的超声提取工艺合理, 提取物具有体外抗氧化的活性。**关键词:** 喜马拉雅紫茉莉; 超声提取工艺; 体外抗氧化性

## Optimization of multi-component extraction process and evaluation of multi-system antioxidant activity of *Mirabilis himalaica*

WANG Yue-Ling<sup>1</sup>, ZHAXI Zhuo-Ma<sup>2</sup>, WANG Yong-Zhen<sup>3</sup>, QI Peng-Fei<sup>1</sup>, XU Xue-Mei<sup>1</sup>, YANG Jin-Cao<sup>2\*</sup>

(1. Lanzhou Institute of Food and Drug Inspection and Testing, Lanzhou 730050, China;  
2. Gannan Tibetan Autonomous Prefecture Drug Inspection and Testing Center, Hezuo 747000, China;  
3. 147th Hospital of the 8th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi 832045, China)

**ABSTRACT: Objective** To optimize the ultrasonic extraction technology of flavonoids, polyphenols and saponins from *Mirabilis himalaica*, and to evaluate their antioxidant activities. **Methods** Based on the single factor tests of ethanol concentration, liquid-solid ratio, extraction temperature and extraction time, Box-Behnken response surface method was used to optimize the extraction process of flavonoids, polyphenols and saponins. The antioxidant activity of DPPH, ABTS, superoxide anion and hydroxyl radical was investigated in vitro. **Results** The optimized ultrasonic extraction technology was 60% ethanol concentration, 30 mL/g liquid-solid ratio, 50°C extraction temperature and 55 min extraction time. The extracts had strong scavenging effect on free radicals. **Conclusion** It is proved that the optimized ultrasonic extraction technology of flavonoids, polyphenols and saponins from *Mirabilis himalaica* is reasonable, and the extracts have antioxidant activity in vitro.

**KEY WORDS:** *Mirabilis himalaica*; ultrasonic extraction technology; in vitro antioxidant activity

基金项目: 甘肃省药品监督管理局药品科研项目 (2021GSMPA006); 兰州市科学技术局兰州市科技计划项目 (2023-ZD-232)

Fund: Drug Research Project of Gansu Provincial Drug Administration (2021GSMPA006); Lanzhou Science and Technology Bureau Lanzhou Science and Technology Plan Project (2023-ZD-232)

\*通信作者: 杨金草, 主任药师, 研究方向为化学药品检验和实验室管理。E-mail: 417240005@qq.com

\*Corresponding author: YANG Jin-Cao, Chief Pharmacist, Gannan Tibetan Autonomous Prefecture Drug Inspection and Testing Center, Hezuo 747000, China. E-mail: 417240005@qq.com

## 0 引言

喜马拉雅紫茉莉 (*Mirabilis himalaica*) 系紫茉莉科 (Nyctaginaceae) 植物喜马拉雅紫茉莉 (*Mirabilis himalaica* (Edgew.) Heimerl) 的干燥根<sup>[1]</sup>, 藏文译名巴朱, 藏医药名著《四部医典》《晶珠本草》等均有记载<sup>[2-3]</sup>。喜马拉雅紫茉莉为五根药的上品, 味甘辛, 具壮阳, 引黄水, 治下身寒症, 温肾, 利尿排石之功效, 常用于肾寒浮肿、腰痛、关节痛、下腹痛、膀胱结石、各种性病及部分病毒感染<sup>[4-7]</sup>。在央宗三宝、二十五味鬼白丸、五根散等多种常用藏医成药中, 该药材作为主要的组成成分, 发挥重要作用, 开发前景广阔<sup>[8]</sup>。文献报道, 黄酮、多酚、皂苷等为喜马拉雅紫茉莉的主要活性成分, 具有抗氧化、抗肿瘤、免疫调节等多种药理活性, 为该药材理化鉴别、质量评价的重要指标<sup>[9-13]</sup>。因此, 探索并优化喜马拉雅紫茉莉中黄酮、多酚、皂苷类化合物的高效提取工艺对于其进一步的应用研究具有重要意义。实验以芦丁、没食子酸和人参皂苷 Re 分别代表黄酮、多酚、皂苷类化合物, 以各组分的综合得率为评价指标, 在单因素实验的基础上, 通过 Design-Expert 设计结合 Box-Behnken 响应面法优化喜马拉雅紫茉莉中多组分化合物的提取工艺, 并对其抗氧化活性进行评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

EVOLUTION 300 型紫外分光光度计 (Thermo 公司); BSA224S-CW 型电子天平 (赛多利斯科学仪器有限公司); SB-4200DT 型恒温超声波清洗机 (宁波新芝生物科技股份有限公司); AutoEVA-60 型自动定量平行浓缩仪 (睿科集团股份有限公司); GX-20B 型高速万能粉碎机 (浙江高鑫工贸有限公司); 药典检验 4 号筛 (浙江上虞市华丰五金仪器有限公司); Milli-Q IQ 7000 型超纯水机 (美国 Millipore 公司), 5702R 台式冷冻离心机 (德国 eppendorf 公司)。

芦丁 (对照品, 批号 100080-202012, 纯度 92.2%)、没食子酸 (对照品, 批号 110831-202407, 纯度 90.8%)、人参皂苷 Re (对照品, 批号 110754-202330, 纯度 96.9%), 均购自中国食品药品检定研究院; ABTS (2,2-联氮-二(3-乙基-苯基噻唑-6-磺酸)二铵盐, 优级纯)、DPPH (1-1-二苯基-2-三硝基苯肼, 优级纯), 均产自上海麦克林生化科技有限公司; 磷钼酸、焦性没食子酸、福林酚试剂、香草醛, 均为分析纯, 产自上海麦克林生化科技有限公司; 硝酸铝、亚硝酸钠、氢氧化钠、抗坏血酸、水杨酸、硫酸亚铁、过硫酸钾, 均为分析纯, 产自上海国药集团化学试剂有限公司; 甲醇 (色谱纯), 德国默克公司; 硫酸 (98%, 分析纯), 重庆川东化工有限公司; 高氯酸 (分析纯), 成都科隆化学试剂有限公司; Tris (三羟甲基氨基甲烷, 优级纯),

山东亚平有限公司; 水为自制超纯水。实验所用样品喜马拉雅紫茉莉来源于甘肃甘南州藏医院和藏药经销公司。

### 1.2 提取工艺优化(单因素实验和响应面法优化)

#### 1.2.1 芦丁、没食子酸和人参皂苷 Re 的得率测定方法

(1) 对照品溶液的制备: 精密称取芦丁对照品 0.02526 g, 置 50 mL 量瓶中, 加乙醇溶解并定容, 摇匀。精密量取 20 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加水至刻度, 摇匀, 即得芦丁对照品溶液。精密称取没食子酸对照品 0.01067 g, 置 100 mL 量瓶中, 用无水乙醇 10 mL 溶解, 用水定容至刻度, 摇匀, 即得没食子酸对照品溶液。精密称取人参皂苷 Re 对照品 0.01074 g, 置 50 mL 量瓶中, 加甲醇溶解并定容, 摇匀, 即得人参皂苷 Re 对照品溶液。

(2) 供试品溶液的制备: 取喜马拉雅紫茉莉药材适量, 粉碎, 过药典四号筛。精密称取药材粉末 1 g, 置锥形瓶中, 精密加入 60% 乙醇 30 mL, 称定重量, 于 50°C 超声处理 55 min, 放冷, 再称定重量, 用 60% 乙醇补足减失的重量, 摇匀, 滤过, 滤渣再按上述方法重复操作 1 次, 合并滤液, 即得供试品溶液。

(3) 芦丁的含量测定: 精密量取芦丁对照品溶液 1、2、3、4、5、6 mL, 分别置 25 mL 量瓶中, 各加水至 6 mL, 加 5% 亚硝酸钠溶液 1 mL, 摇匀, 放置 6 min, 加 10% 硝酸铝溶液 1 mL, 摇匀, 放置 6 min, 加氢氧化钠试液 10 mL, 再加水至刻度, 摇匀, 放置 15 min, 以空白试液为对照, 立即照紫外—可见分光光度法, 于 500 nm 波长处测定吸光度。以对照品溶液浓度  $c$  为横坐标, 吸光度  $A$  为纵坐标, 绘制标准曲线  $A=10.8476c-0.0063$ , 相关系数  $r^2=0.9977$ 。精密量取供试品溶液 5 mL, 置 10 mL 量瓶中, 加水稀释到刻度, 摇匀, 精密量取 2 mL, 置 25 mL 量瓶中, 加水至 6 mL, 照标准曲线的制备方法, 自“加 5% 亚硝酸钠溶液 1 mL”起同法操作, 于 500 nm 波长处测定吸光度, 根据标准曲线测得供试品中芦丁的含量。

(4) 没食子酸的含量测定: 精密量取没食子酸对照品溶液 0.5、1、2、3、4、5 mL, 分别置 50 mL 量瓶中, 各加水 30 mL, 摇匀, 加 2 mL 福林酚试剂, 摇匀, 在 3~8 分钟内加 10% 碳酸钠溶液 8 mL, 定容, 避光静置 2 h, 照紫外—可见分光光度法, 于 760 nm 波长处测定吸光度。以对照品溶液浓度  $c$  为横坐标, 吸光度  $A$  为纵坐标, 绘制标准曲线  $A=1.0201c+0.0179$ , 相关系数  $r^2=0.9989$ 。精密量取供试品溶液 5 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加水稀释到刻度, 摇匀, 精密量取上述溶液 5 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加水 30 mL, 摇匀, 加 2 mL 福林酚试剂, 摇匀, 在 3~8 分钟内加 10% 碳酸钠溶液 8 mL, 定容, 避光静置 2 h 后, 于 760 nm 处测定吸光度, 根据标准曲线测得供试品中没食子酸的含量。

(5) 人参皂苷 Re 的含量测定: 精密量取人参皂苷 Re 对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1、2 mL, 分别置 10 mL 离心管中, 低温挥去溶剂, 精密加 1% 香草醛高氯酸试液 0.5 mL, 60°C 恒温水浴 15 min, 立即用冰水浴 2 min, 再加 77% 硫酸溶

液 5 mL, 摇匀, 以相应试剂作空白。照紫外-可见分光光度法, 于 540 nm 波长处测吸光度。以对照品溶液浓度  $c$  为横坐标, 吸光度  $A$  为纵坐标, 绘制标准曲线  $A=22.1221c+0.0141$ , 相关系数  $r^2=0.9964$ 。精密量取供试品溶液 5 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加水稀释到刻度, 取上述溶液 2 mL, 置 10 mL 离心管中, 照标准曲线的制备方法, 自“低温挥去溶剂”起同法操作, 于 540 nm 波长处测定吸光度, 根据标准曲线测得供试品中人参皂苷 Re 的含量。

### 1.2.2 单因素实验考察超声提取工艺

分别对喜马拉雅紫茉莉中黄酮、多酚、皂苷类化合物提取工艺中的影响因素乙醇浓度、料液比、超声温度和提取时间进行单因素实验考察, 初步设定提取工艺为: 称取喜马拉雅紫茉莉样品粉末 1.0 g, 精密加入 70% 乙醇 30.0 mL, 50°C 恒温超声提取 50 min, 滤过, 滤渣再同法提取 1 次, 合并滤液, 后续

按“1.2.1”项下方法分别测定芦丁、没食子酸、人参皂苷 Re 的含量, 再分别给予芦丁、没食子酸和人参皂苷 Re 得率相同的权重系数, 即各自占比均为 33.3%, 采用综合评分法<sup>[14-15]</sup>, 计算综合评分(OD 值) = (得率<sub>芦丁</sub> / 得率最高值<sub>芦丁</sub> × 33.3% + 得率<sub>没食子酸</sub> / 得率最高值<sub>没食子酸</sub> × 33.3% + 得率<sub>人参皂苷 Re</sub> / 得率最高值<sub>人参皂苷 Re</sub> × 33.3%), 以 OD 值为评价指标, 考察各因素对得率的影响。

### 1.2.3 基于 Design-Expert 设计的 Box-Behnken 响应面法优化提取工艺

基于 Design-Expert 13 软件, 根据单因素实验结果, 分别从乙醇浓度、料液比、超声温度和超声时间四个因素、分三个水平进行试验设计, 共有 29 组试验, 每个试验平行测定 2 次, 以多组分得率的综合评分进行响应面分析。实验设计及测定结果见表 1。

表 1 Box-Behnken 试验设计及结果

Table 1 Design and results of Box-Behnken experiment

编号	乙醇浓度(%)	料液比(mL/g)	提取温度(°C)	提取时间(min)	得率(ug/g)			OD 值
					芦丁	没食子酸	人参皂苷 Re	
1	50	20	50	55	3.990	1.033	2.920	0.819
2	70	20	50	55	4.341	1.042	2.845	0.837
3	50	40	50	55	2.195	1.110	2.525	0.680
4	70	40	50	55	2.387	1.118	2.298	0.672
5	60	30	40	40	2.955	1.078	2.588	0.729
6	60	30	60	40	2.897	1.100	2.225	0.693
7	60	30	40	70	2.951	1.166	2.110	0.702
8	60	30	60	70	3.184	1.182	2.545	0.765
9	50	30	50	40	2.796	1.085	2.389	0.700
10	70	30	50	40	3.055	1.100	2.958	0.778
11	50	30	50	70	2.892	1.086	2.986	0.767
12	70	30	50	70	2.987	1.135	2.300	0.716
13	60	20	40	55	4.266	1.058	2.183	0.769
14	60	40	40	55	2.273	1.139	2.918	0.732
15	60	20	60	55	4.342	1.048	3.079	0.863
16	60	40	60	55	2.399	1.164	2.419	0.696
17	50	30	40	55	2.685	1.041	2.379	0.680
18	70	30	40	55	3.053	1.111	2.494	0.734
19	50	30	60	55	2.836	1.053	2.662	0.722
20	70	30	60	55	3.099	1.149	2.639	0.761
21	60	20	50	40	4.196	1.081	2.593	0.812
22	60	40	50	40	2.186	1.157	2.405	0.679
23	60	20	50	70	4.446	1.081	2.445	0.813
24	60	40	50	70	2.385	1.192	2.732	0.734
25	60	30	50	55	4.893	1.292	3.147	0.967
26	60	30	50	55	4.954	1.293	3.056	0.962
27	60	30	50	55	4.089	1.289	3.249	0.924
28	60	30	50	55	4.992	1.301	3.088	0.970
29	60	30	50	55	4.043	1.316	3.116	0.914

## 1.3 抗氧化活性评价

### 1.3.1 样品及抗坏血酸的制备

将最优提取工艺得到喜马拉雅紫茉莉提取物, 浓缩后冷冻真空干燥得提取物粉末。称取一定量的提取物粉末, 用水溶解并稀释成 1000、500、250、100、50、25、10、5 μg/mL 的系列供试品溶液。同法称取一定量的抗坏血酸用水溶解并稀释至上

述浓度作为阳性对照。

### 1.3.2 清除 ABTS 自由基能力的测定

分别取 25 mL 的 7 mmol/L ABTS 和 2.45 mmol/L 过硫酸钾混合, 将其在室温、避光的条件下静置 16 h, 形成 ABTS 储备液。使用前取 1 mL 混匀的 ABTS 储备液, 加入 50 mL 70% 乙醇, 将其稀释形成 0.0875 mmol/L 的 ABTS 分析溶液, 置 30°C 避光

保存。分别取 0.4 mL 不同浓度的样品溶液, 加入 ABTS 分析溶液 3.6 mL, 漩涡混合后在暗处静置 10 min, 于 734 nm 处测定吸光值 A。对照管用 0.4 mL 70% 乙醇替代样品, 同法操作。计算样品对 ABTS 自由基的清除率。以抗坏血酸为阳性对照, 与供试品同法操作。清除率 (%) =  $(1-A_{\text{样品}}/A_{\text{对照}}) \times 100\%$ 。

### 1.3.3 清除 DPPH 自由基能力的测定

精密称取 20 mg DPPH, 用无水乙醇溶解配制成  $2 \times 10^{-4}$  mol/L 的 DPPH 溶液。分别取 2 mL 不同浓度的样品溶液, 加入上述 DPPH 溶液 2 mL, 摇匀, 室温下避光放置 30 min 后, 在波长 517 nm 用无水乙醇作参比测定吸光度  $A_i$ ; 同时测定 2 mL  $2 \times 10^{-4}$  mol/L DPPH 溶液与 2 mL 无水乙醇混合液的吸光度  $A_c$ , 以及 2 mL 样品溶液与 2 mL 无水乙醇混合液的吸光度  $A_j$ 。计算样品对 DPPH 自由基的清除率。阳性对照 (抗坏血酸) 实验操作同上。清除率 (%) =  $[1-(A_i-A_j)/A_c] \times 100\%$ 。

### 1.3.4 清除超氧阴离子自由基能力的测定

取 4.5 mL 50 mmol/L Tris-HCl 缓冲液 (pH=8.2), 室温放置 20 min, 依次加入 0.4 mL 2.5 mmol/L 邻苯三酚溶液和 0.4 mL 不同浓度的样品溶液, 混匀, 置室温下反应 5 min, 加入 1 mL 8 mmol/L HCl 溶液终止反应, 用蒸馏水调零, 在 299 nm 处测定吸光度, 记作  $A_i$ ; 空白组以蒸馏水代替样品溶液, 测定吸光度, 记作  $A_0$ 。计算样品对  $O_2^-$  的清除率。阳性对照 (抗坏血酸) 实验操作同上。清除率 (%) =  $(A_0-A_i)/A_0 \times 100\%$ 。

### 1.3.5 清除羟基自由基能力的测定

分别吸取 1.8 mmol/L 硫酸亚铁溶液 2 mL 和 1.8 mmol/L 水杨酸乙醇溶液 1.5 mL, 分别加入不同浓度的样品液 1 mL 及 0.03% 的双氧水 1 mL, 37°C 水浴下避光反应 30 min, 在 510 nm 处测定吸光值  $A_s$ , 空白组用蒸馏水代替样品, 吸光度记为  $A_0$ 。以抗坏血酸为阳性对照, 计算样品对羟基自由基的清除率。清除率 (%) =  $(1-A_s/A_0) \times 100\%$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验结果及分析

分别考察乙醇浓度 40%、50%、60%、70%、80% 对综合评分的影响。结果显示, 当乙醇浓度为 60% 时, 多组分得率的 OD 值最大, 因此选择乙醇浓度为 50%, 60%, 70%。

分别考察料液比 1:10、1:20、1:30、1:40 和 1:50 对提取工艺综合评分的影响。结果显示, 当料液比为 1:30 时, 多组分得率的 OD 值最大, 因此, 选择料液比为 1:20、1:30、1:40。

分别考察超声温度 30、40、50、60、70°C 对提取工艺综合评分的影响。结果显示, 当超声温度为 50°C 时, 多组分得率的 OD 值最大, 因此, 选择超声温度为 40、50、60°C。

分别考察提取时间 30、40、50、60、70 min 对提取工艺综

合评分的影响。结果显示, 当提取时间为 50 min 时, 多组分得率的 OD 值明显增加, 此后, 随着时间延长, OD 值变化不大, 从时间成本考虑, 选择提取时间为 40、55、70 min。

### 2.2 响应面分析

#### 2.2.1 模型的建立及分析

利用 Design Expert 13 软件, 对表 1 的试验数据进行回归分析, 得到 OD 值 (Y) 对乙醇浓度 (A)、料液比 (B)、超声温度 (C) 和超声时间 (D) 的回归模型,  $Y=0.9130+0.0127A-0.0438B+0.1870C-0.0035D-0.0065AB-0.0056AC-0.0323AD-0.0488BC+0.0135BD+0.0371CD-0.1093A^2-0.0793B^2-0.2516C^2-0.1066D^2$ , 分析结果见表 2。该模型的  $P<0.0001$ , 说明该模型方程达到了极显著的水平; 失拟项  $P=0.7708$ , 说明拟合误差并不显著, 各因素对响应值的影响大小为  $C>B>A>D$ , 交互项 AB、AC 和 BD 交互作用不显著, AD、BC 和 CD 交互作用显著。

表 2 回归模型方差分析

Table2 Regression model analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均分	F 值	P 值
Model	0.2362	14	0.0169	34.32	<0.0001
A- 乙醇浓度	0.0011	1	0.0011	2.25	0.1556
B- 料液比	0.0131	1	0.0131	26.70	0.0001
C- 提取时间	0.0654	1	0.0654	133.09	<0.0001
D- 提取温度	0.0001	1	0.0001	0.1750	0.6821
AB	0.0002	1	0.0002	0.3438	0.5670
AC	0.0001	1	0.0001	0.1144	0.7402
AD	0.0042	1	0.0042	8.46	0.0114
BC	0.0042	1	0.0042	8.59	0.0109
BD	0.0007	1	0.0007	1.48	0.2435
CD	0.0025	1	0.0025	4.98	0.0424
A <sup>2</sup>	0.0775	1	0.0775	157.69	<0.0001
B <sup>2</sup>	0.0408	1	0.0408	83.02	<0.0001
C <sup>2</sup>	0.0811	1	0.0811	164.99	<0.0001
D <sup>2</sup>	0.0737	1	0.0737	149.86	<0.0001
Residual	0.0069	14	0.0005		
Lack of Fit	0.0041	10	0.0004	0.5935	0.7708
Pure Error	0.0028	4	0.0007		
Cor Total	0.2431	28			

#### 2.2.2 验证试验

从回归方程求得喜马拉雅紫茉莉中多组分提取的最佳工艺条件: 乙醇浓度为 60.56%, 料液比为 25.97 mL/g、超声温度为 51.17°C、超声时间为 55.32 min, 综合评分为 0.96, 考虑到实际操作的便利性, 选取提取工艺为乙醇浓度 60%, 料液比 30 mL/g, 超声温度为 50°C、超声时间为 55 min。采用该工艺进行验证试验, 测得的各成分的综合评分为 0.94, 与计算值的相对偏差为 -1.58%。说明通过响应面优化的提取工艺比较稳定, 重现性好, 适用于喜马拉雅紫茉莉中多组分化合物的提取。

### 2.3 抗氧化试验结果及分析

喜马拉雅紫茉莉提取物对 ABTS、DPPH、羟基自由基、超氧阴离子自由基均具有显著的清除作用且呈一定的量效关系, 见图 1。

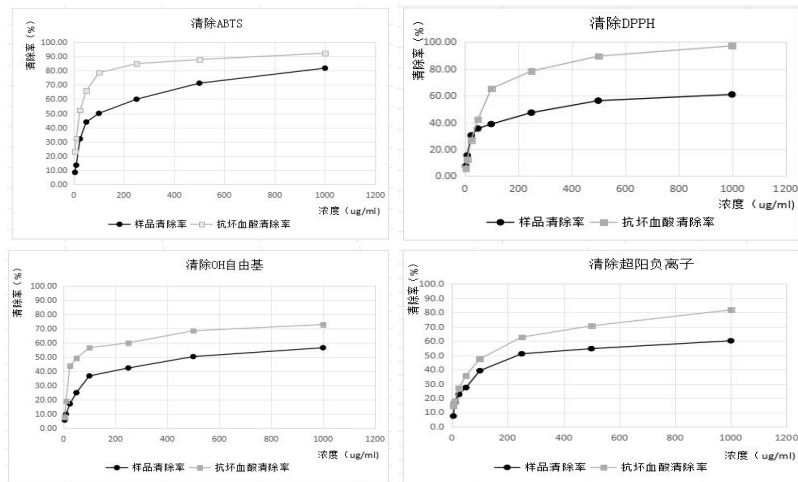


图1 喜马拉雅紫茉莉提取物对多体系自由基的清除作用

Fig.1 The scavenging effect of *Mirabilis himalaica* extract on multi-system free radicals

### 3 讨论与结论

试验在单因素实验的基础上,采用响应面法优化了同时提取喜马拉雅紫茉莉中黄酮类、多酚类、人参皂苷类化合物的工艺条件:乙醇浓度60%,料液比1:30,提取温度50℃,提取时间55 min,并经过验证,该工艺设计合理,操作简便,稳定可靠。同时通过考察提取物对ABTS、DPPH、超氧阴离子、羟基自由基的清除率,验证了喜马拉雅紫茉莉具有较强的抗氧化活性。研究成果对于喜马拉雅紫茉莉资源的开发利用具有重要的潜在价值。

#### 参考文献

- [1] 青海省药品检验所,青海省藏医药研究所.中国藏药:第一卷[M].上海:上海科学技术出版社,1996:303.
- [2] 中国科学院西北高原生物研究所.藏药志[M].西宁:青海人民出版社,1991:461.
- [3] 宇妥,元丹贡布.四部医典[M].马世林,译.上海:上海科学技术出版社,1987:165.
- [4] 卫生部药典委员会.中华人民共和国卫生部药品标准:藏药(第一册)[M],北京:中国标准出版社,1995:104.
- [5] 帝玛尔,舟增彭措.晶珠本草[M],上海:上海科学技术出版社,1986:88.
- [6] 青海省卫生局.藏药标准[M],西宁:青海人民出版社,1979:20.
- [7] 何兰,陈绍农,陈耀祖,等.紫茉莉根中化学成分的研究[J].中国野生植物资源,1996,(02):38-39.
- [8] 王惠霞,杨金草.喜马拉雅紫茉莉提取方法、化学成分及药理作用研究[J].西部中医药,2017,30(03):135-137.

- [9] 俞越童,李健,曹光昭.喜马拉雅紫茉莉总多糖和总黄酮的提取与含量测定[J].世界科学技术-中医药现代化,2018,20(05):679-683.
- [10] 李健,赵婷,林辉.喜马拉雅紫茉莉总皂苷的提取工艺优选[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(11):45-47.
- [11] 王新红,吴秀红,左玉香.紫茉莉种外皮多酚提取工艺的响应面法优化研究[J].北方园艺,2013,(07):147-150.
- [12] 张成,胡紫薇,罗映,等.紫茉莉籽黄酮响应面法优化提取及其抗氧化活性研究[J].中国农学通报,2019,35(34):127-133.
- [13] 李兰茹,马慧萍,等.喜马拉雅紫茉莉总多酚含量测定的方法学研究[J].实用药物与临床,2015,18(09):1078-1081.
- [14] 李洁,石晓峰,叶倩女,等.Plackett-Burman设计结合Box-Behnken响应面法优化紫斑牡丹籽壳中低聚芪类和单萜苷类化合物的超声提取工艺[J].中国现代应用药学,2023,40(01):68-74.
- [15] PALIHATI Y, MA J W, LIU Y, *et al.* Optimization of water extraction process of Jianpi Qushi Concentrated Pills by Box-Behnken response surface methodology [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2019,26(05):92-97.

#### 作者简介



王月玲,副主任药师,研究方向为中药质量评价及安全性研究。

杨金草,主任药师,研究方向为化学药品检验和实验室管理。