

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240411008

不同处理工艺对玫瑰花中抗氧化物质含量及 抗氧化活性的影响

魏旭¹, 王芳^{1*}, 韩文玉¹, 王元秀^{1*}, 昌鲁², 王哲²

(1. 济南大学生物科学与技术学院, 济南 250022; 2. 山东华玫生物科技有限公司, 济南 250400)

摘要: **目的** 研究不同处理工艺对平阴玫瑰中总黄酮、芦丁、总多酚含量及抗氧化活性的影响。**方法** 对干花直接提取、干花超微粉碎提取以及鲜花冷冻干燥提取 3 种不同处理工艺的平阴玫瑰进行水提, 采用分光光度法测定水提液中总黄酮、总多酚的含量, 高效液相色谱法测定水提液中芦丁含量, 并对 3 种不同处理工艺的水提液进行 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除、羟自由基清除以及超氧阴离子清除能力的研究。**结果** 3 种不同工艺处理的玫瑰花总黄酮含量、芦丁含量、总多酚含量及抗氧化活性均为: 鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。**结论** 经冷冻干燥处理后的平阴玫瑰抗氧化物质含量及抗氧化活性均有升高, 为玫瑰花抗氧化应用提供依据。

关键词: 玫瑰花; 总黄酮类物质; 总多酚类物质; 芦丁; 抗氧化活性

Effects of different treatment processes on antioxidant content and antioxidant activity in *Rosa rugosa*

WEI Xu¹, WANG Fang^{1*}, HAN Wen-Yu¹, WANG Yuan-Xiu^{1*}, CHANG Lu², WANG Zhe²

(1. School of Biological Science and Technology, University of Jinan, Jinan 250022, China;
2. Shandong Huamei Biotechnology Co., Ltd., Jinan 250400, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of different treatment processes on the content of total flavonoids, rutin, total polyphenols and antioxidant activity in Pingyin *Rosa rugosa*. **Methods** The aqueous extraction of Pingyin *Rosa rugosa* was carried out with 3 kinds of different treatment processes: Direct extraction of dried flowers, ultra-microcrushing of dried flowers, and freeze-drying of flowers. The content of total flavonoids and total polyphenols in the aqueous extract were determined by spectrophotometry, and the content of rutin in the aqueous extract was measured by high performance liquid chromatography, and the aqueous extracts of 3 kinds of different treatment processes were investigated for the radical scavenging, hydroxyl radical scavenging, and superoxide anion scavenging abilities of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, hydroxyl radical scavenging, and

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2018YYSP028)

Fund: Supported by the Key Research and Development Program of Shandong Province (2018YYSP028)

*通信作者: 王芳, 副教授, 主要研究方向为中药的提取分离和制剂研究。E-mail: chm_wangf@ujn.edu.cn

王元秀, 教授, 主要研究方向为生物活性物质制备。E-mail: chm_wangyx@ujn.edu.cn

*Corresponding author: WANG Fang, Associate Professor, School of Biological Science and Technology, University of Jinan, No.336, South Xinzhuang West Road, Shizhong District, Jinan 250022, China. E-mail: chm_wangf@ujn.edu.cn

WANG Yuan-Xiu, Professor, School of Biological Science and Technology, University of Jinan, No.336, South Xinzhuang West Road, Shizhong District, Jinan 250022, China. E-mail: chm_wangyx@ujn.edu.cn

superoxide anion scavenging were investigated in the aqueous extracts of three different treatment processes.

Results The results showed that the total flavonoid content, rutin content, total polyphenol content and antioxidant activity of *Rosa rugosa* treated by 3 kinds of different processes were freeze-drying of flowers > ultra-microcrushing of dried flowers > direct extraction of dried flowers. **Conclusion** The content of antioxidant substances and antioxidant activity of *Pingyin Rosa rugosa* after freeze-drying treatment is increased, which provides a basis for the application of antioxidant in *Rosa rugosa*.

KEY WORDS: *Rosa rugosa*; total flavonoids; total polyphenols; rutin; antioxidant activity

0 引言

玫瑰(*Rosa rugosa*)属于蔷薇科中的多年生灌木,通常为常绿或落叶性^[1]。自明代的《食物本草》开始,玫瑰一直被历代文献所记载,具有悠久的药用和食用历史^[2]。玫瑰花具有多种生物活性^[3],包括清除自由基^[4]、抗氧化^[5]、抗血栓^[6]、抗炎^[7]、抗菌、抗癌、舒肝醒脾、免疫调节、排毒养颜、缓解痛经、降血脂、抗抑郁和心脏病预防等作用^[8-12]。

玫瑰花富含多种抗氧化物质,包括多糖、多酚、黄酮和花色苷。多酚类化合物具有复杂的结构和活泼的化学性质,其中酚羟基的还原性是使其成为天然抗氧化活性物质的原因之一,玫瑰花中多酚类化合物含量丰富,没食子酸是玫瑰花中多酚类化合物最主要的成分之一^[13]。玫瑰花中主要的黄酮类化合物是芦丁、山奈酚和槲皮素^[14]。其中芦丁不仅具有抗炎、抗癌、抗病毒及清除自由基等作用,还是一种天然抗氧化剂,具有广阔的开发前景^[15-17]。花色苷因具有典型的 $C_6C_3C_6$ 碳骨架结构,被认为是一种类黄酮,具有消除自由基、降血脂、抗变异、延缓衰老、提高视力等生理活性^[18]。玫瑰花中的多酚和黄酮类化合物含量较高,因此对玫瑰花中抗氧化物质含量的测定聚焦在黄酮类化合物、芦丁以及多酚类化合物。

目前关于不同处理工艺对玫瑰花抗氧化物质含量及抗氧化活性的影响鲜有报道,因此本研究通过对玫瑰干花直接提取、超微粉碎处理玫瑰干花、冷冻干燥处理玫瑰鲜花,采用分光光度法测定玫瑰干花直接提取、玫瑰干花超微粉碎提取以及玫瑰鲜花冷冻干燥提取 3 种不同处理工艺的玫瑰花水提液中总黄酮、总多酚含量,利用高效液相色谱法测定玫瑰花水提液中芦丁含量并比较不同处理工艺下玫瑰花水提液的抗氧化活性,探究不同处理工艺对玫瑰花中抗氧化物质含量及抗氧化活性的影响,为不同处理工艺玫瑰花抗氧化的研究提供依据,并为玫瑰花进一步加工利用提供科学的理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究所用玫瑰干花(含水量 2.49%)、玫瑰鲜花(含水量 80%)(山东华玫生物科技有限公司)。

硝酸铝、甲酸(分析纯,天津市广成化学试剂有限公司); 乙酸钾(分析纯,上海制造一厂); 芦丁、福林酚试剂、维生素 C(分析纯,上海源叶生物科技有限公司); 没食子酸(分析纯,上海麦克林生化科技股份有限公司); 无水乙醇(分析纯,天津市富宇精细化工有限公司); 无水碳酸钠(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司); 甲醇(色谱纯,美国赛默飞世尔科技公司); 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除能力试剂盒、羟自由基测定试剂盒、抑制与产生超氧阴离子自由基测定试剂盒(南京建成生物工程研究所)。

1.2 仪器与设备

UV-5100B 型紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); DRHH-S4 型数显恒温水浴锅(上海双捷实验设备有限公司); LC-20 高效液相色谱仪、SHIMSEN Superb II C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m)(日本岛津公司); FA1104 型电子天平(精度 0.0001 g, 上饶市鸿翔实业有限公司); SB-5200DT 型超声波清洗仪(宁波新芝生物科技股份有限公司); WZJ6 振动式超微粉碎机(济南倍力粉技术工程有限公司); VL-2W 中试型食品冻干机(深圳艾斯兰德冷机制造有限公司)。

1.3 抗氧化物质的提取

1.3.1 玫瑰干花直接提取

玫瑰干花经水提料液比 1:20 (g:mL), 沸水浴加热 30 min, 四层纱布粗过滤, 过滤液以 3000 r/min 离心 15 min 得到的上清液, 为玫瑰干花水提液。

1.3.2 玫瑰干花超微粉碎提取

将玫瑰干花超微粉碎, 经 600 目筛^[19], 得到玫瑰花超微粉。按照 1.3.1 条件对玫瑰花抗氧化物质进行提取。

1.3.3 玫瑰鲜花冷冻干燥提取

将处理好的玫瑰花置于-65°C冻干机内冷冻干燥 1.5 h^[20], 使玫瑰花干燥。按照 1.3.1 条件对玫瑰花抗氧化物质进行提取。

1.4 抗氧化物质含量的测定

1.4.1 总黄酮含量的测定

(1) 标准曲线的绘制

依照 SN/T 4592—2016《出口食品中总黄酮的测定》

并对其进行改良实验^[21]。以无水乙醇配制 1 mg/mL 的芦丁标准溶液。准确吸取芦丁标准溶液 1、2、3、4、5 mL 分别置于 50 mL 容量瓶中加无水乙醇至 15 mL, 再依次加入硝酸铝溶液(100 g/L)、醋酸钾溶液(98 g/L)各 1 mL, 摇匀, 加蒸馏水至刻度, 再次摇匀, 静置 1 h, 以 30%乙醇溶液为空白对照, 在 420 nm 处测定吸光值, 绘制标准曲线。

(2) 样品总黄酮含量的测定

分别吸取经 1.3 处理后的水提液各 1 mL, 置于 50 mL 容量瓶中, 按 1.4.1(1)进行操作, 每个样品做 3 次平行。以 30%乙醇溶液为空白对照, 在 420 nm 处测定吸光值。

(3) 总黄酮含量的计算

$$X\% = \frac{m}{W \times d \times 1000} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X -黄酮类化合物的总含量, mg/g; m -芦丁质量, mg; W -样品的质量, g; d -稀释比例。

1.4.2 芦丁含量的测定

(1) 标准曲线的绘制

以 70%甲醇配制质量浓度为 0.200 mg/mL 的芦丁标准溶液, 稀释为 0.02、0.04、0.10、0.20 及 0.40 $\mu\text{g/mL}$, 各取 10 μL 进样, 在 SHIMSEN Superb II C_{18} 色谱柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μm)、柱温 27 $^{\circ}\text{C}$ 、流动相为 4%甲酸-甲醇(60:40, V:V)、检测波长为 360 nm、流速为 1 mL/min 的条件下以质量浓度为横坐标, 芦丁峰面积为纵坐标, 采用高效液相色谱法绘制芦丁标准曲线。

(2) 样品芦丁含量的测定

分别吸取 1 mL 经 1.3 处理后的水提液, 以 70%甲醇定容至 50 mL。使用超声处理设备处理 40 min, 通过 0.22 μm 的微孔滤膜得到过滤液^[22-23], 在 1.4.2(1)条件下对样品采用高效液相色谱法进行测定, 以外标法计算含量, 结果取 3 次实验平均值。

1.4.3 总多酚含量的测定

(1) 标准曲线的绘制

依照 T/AHFIA 005—2018《植物提取物及其制品中总多酚含量的测定 分光光度法》并对其进行改良实验^[24]。分别吸取 200 mg/L 没食子酸标准溶液 0、0.2、0.4、0.6、1.0、1.5 mL 于 10 mL 容量瓶中, 以 60%乙醇溶液定容, 分别移取 1.0 mL 于试管中, 加入 2.5 mL 福林酚试剂, 摇匀, 加入 2.5 mL 15%碳酸钠溶液, 加蒸馏水定容至刻度, 摇匀。40 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 1 h, 在 778 nm 处测定吸光值。以质量浓度为横坐标, 吸光值为纵坐标, 绘制标准曲线。

(2) 样品总多酚含量的测定

分别吸取 1 mL 经 1.3 处理后的水提液, 依照 1.4.3(1)步骤操作, 每个样品做 3 次平行。测定其吸光值。根据标准曲线计算待测液中总多酚的浓度。

(3) 总多酚含量的计算

$$L = c \times 10 \times n \quad (2)$$

式中: L -样品中总多酚的含量, mg/L; c -待测液中总多酚的含

量, mg/L; 10-滤液稀释倍数; n -样品稀释倍数。

1.5 抗氧化活性的研究

1.5.1 DPPH 自由基清除能力的测定

配制不同处理工艺及浓度的玫瑰花水提液、不同浓度的维生素 C (vitamin C, VC)溶液(10、20、30、40、50 $\mu\text{g/mL}$), DPPH 自由基清除率的测定参照试剂盒说明书步骤进行, 在 517 nm 处测定吸光值并计算 DPPH 自由基清除率[公式(3)]。

$$\text{DPPH 自由基清除率}/\% = \left(1 - \frac{A_{\text{测定}} - A_{\text{对照}}}{A_{\text{空白}}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

式中: $A_{\text{测定}}$ 为样品组吸光值; $A_{\text{对照}}$ 为对照组吸光值; $A_{\text{空白}}$ 为空白组吸光值。

1.5.2 羟自由基清除能力的测定

配制不同处理工艺及浓度的玫瑰花水提液、不同浓度的 VC 溶液(100、200、300、400、500 $\mu\text{g/mL}$), 羟自由基清除率的测定参照试剂盒说明书步骤进行, 在 550 nm 处测定吸光值并计算羟自由基清除率[公式(4)]。

$$\text{羟自由基清除率}/\% = \frac{B_{\text{对照}} - B_{\text{测定}}}{B_{\text{对照}} - B_{\text{空白}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $B_{\text{对照}}$ 为对照组吸光值; $B_{\text{测定}}$ 为样品组吸光值; $B_{\text{空白}}$ 为空白组吸光值。

1.5.3 超氧阴离子自由基清除能力的测定

配制不同处理工艺及浓度的玫瑰花水提液、不同浓度的 VC 溶液(100、200、300、400、500 $\mu\text{g/mL}$), 超氧阴离子自由基清除率的测定参照试剂盒说明书步骤进行, 在 550 nm 处测定吸光值并计算超氧阴离子自由基清除率[公式(5)]。

$$\text{超氧阴离子清除率}/\% = \frac{C_{\text{对照}} - C_{\text{测定}}}{C_{\text{对照}}} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $C_{\text{对照}}$ 为对照组吸光值; $C_{\text{测定}}$ 为样品组吸光值。

1.6 数据处理

实验重复 3 次, 实验数据表示为平均值 \pm 标准偏差, 采用 IBM SPSS Statistics 26 软件对所有实验数据进行统计处理及显著性分析, Origin 2018 软件对相关指标进行作图。

2 结果与分析

2.1 3 种不同处理工艺对平阴玫瑰抗氧化物质含量的影响

2.1.1 总黄酮含量分析结果

经 3 种不同处理工艺后平阴玫瑰总黄酮含量如表 1 所示, 干花直接提取总黄酮含量最低[(4.36 \pm 0.13) mg/g], 鲜花冷冻干燥提取总黄酮含量最高, 达到(8.30 \pm 0.18) mg/g。不同处理工艺下玫瑰花总黄酮含量排序为: 鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。与干花超微粉碎相比, 鲜花冷冻干燥在低温下进行, 可以最大程度地减少温度对

黄酮类化合物的破坏并且降低氧化反应的速率, 从而减少黄酮类化合物的损失。

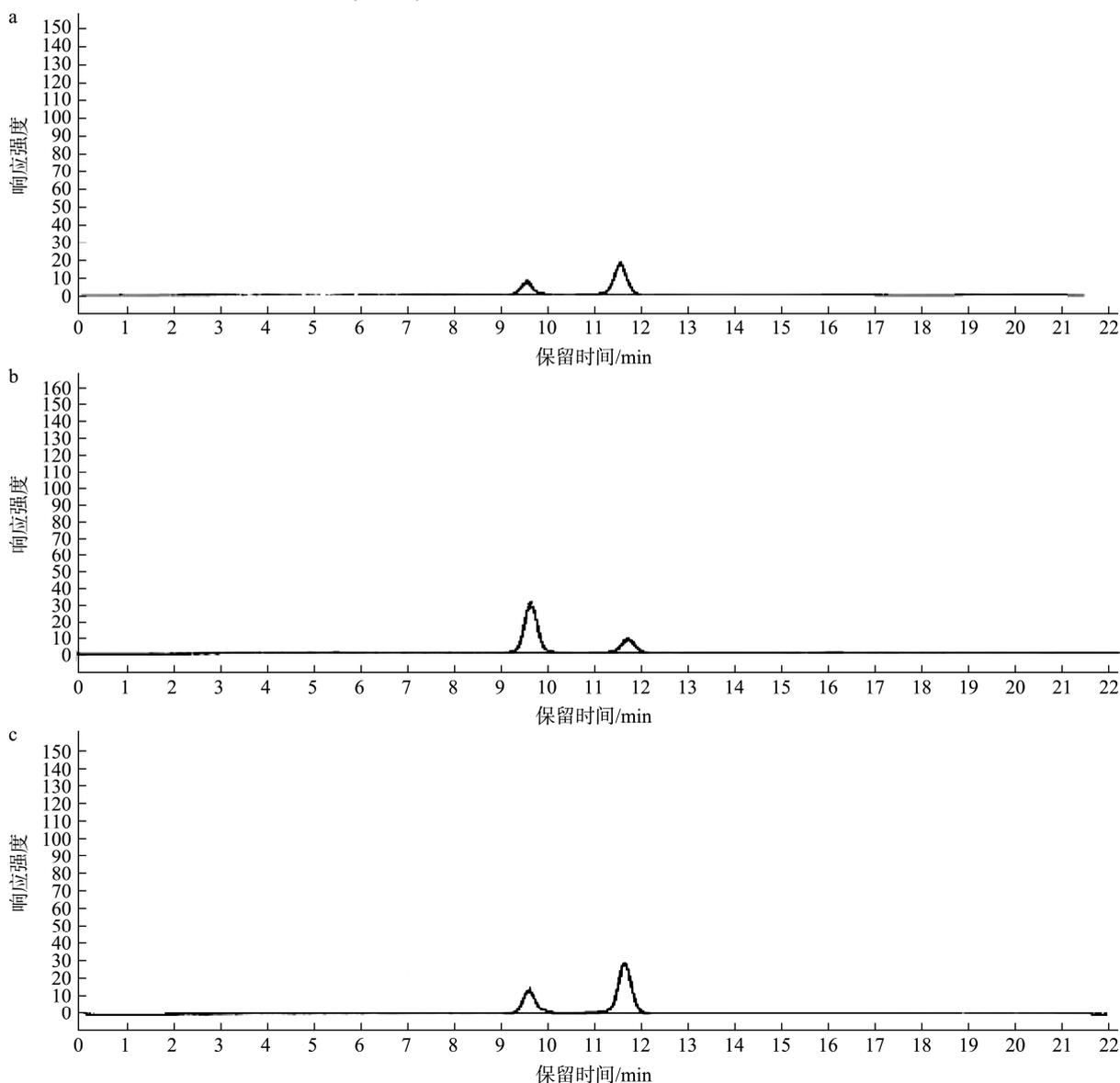
表 1 不同处理工艺下玫瑰花的抗氧化物质含量
Table 1 Antioxidant content of *Rosa rugosa* under different treatment processes

处理工艺	总黄酮含量/(mg/g)	芦丁含量/(mg/g)	总多酚含量/(mg/g)
干花直接提取	4.36±0.13 ^c	1.43±0.17 ^c	7.12±0.13 ^c
干花超微粉碎	7.20±0.24 ^b	2.23±0.21 ^b	8.76±0.14 ^b
鲜花冷冻干燥	8.30±0.18 ^a	3.00±0.11 ^a	11.84±0.17 ^a

注: 不同小写字母表示组间具有显著性差异($P<0.05$)。

2.1.2 芦丁含量分析结果

3种不同处理工艺下平阴玫瑰芦丁色谱图见图 1。其中芦丁首先出峰, 芦丁的标准曲线方程为: $Y=26743X+5137.6, r^2=0.9931$ 。经 3 种不同处理工艺后平阴玫瑰芦丁含量如表 1 所示, 干花直接提取芦丁含量最低 [(1.43±0.17) mg/g], 冷冻干燥处理的平阴玫瑰花的芦丁含量最高, 达到(3.00±0.11) mg/g。不同处理工艺下玫瑰花芦丁含量排序为: 鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。冷冻干燥使玫瑰花组织中抗氧化物质更易提取, 有利于保留花中的营养成分。干花超微粉碎可以将玫瑰花破碎成更小的颗粒, 增加了溶剂接触面积, 有利于物质的溶出和提取。相比之下, 干花超微粉碎由于温度的升高造成氧化反应加剧, 导致抗氧化性物质含量的降低, 芦丁是玫瑰



注: a~c 分别为: 干花直接提取芦丁色谱图、鲜花冷冻干燥提取芦丁色谱图、干花超微粉碎提取芦丁色谱图。

图 1 3种不同处理工艺下芦丁色谱图

Fig.1 Chromatograms of rutin under 3 kinds of different treatment processes

花中主要的抗氧化物质之一, 抗氧化物质含量的降低导致芦丁含量相应降低, 因此芦丁含量随着不同处理方式的变化而变化, 冷冻干燥法更有利于花中营养成分的保留, 芦丁含量更高。

2.1.3 总多酚含量分析结果

经 3 种不同处理工艺后平阴玫瑰总多酚含量如表 1 所示, 干花直接提取总多酚含量最低[(7.12±0.13) mg/g], 冷冻干燥处理的平阴玫瑰花总多酚含量最高, 达到(11.84±0.17) mg/g。不同处理工艺下玫瑰花总多酚含量排序为: 鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。在冷冻干燥处理的鲜花中, 由于应用了低温冷冻技术, 可以有效地抑制酶的活性, 从而减缓氧化反应的速率, 进而减少了多酚类化合物的损耗。相反, 超微粉碎干花处理过程中由于机械破碎引起的温度升高导致酶类物质的加速释放, 从而加剧了氧化反应速度, 增加了多酚类化合物的氧化损耗。

2.2 3 种不同处理工艺对平阴玫瑰抗氧化活性的影响

2.2.1 DPPH 自由基清除能力

DPPH 分子与抗氧化剂等物质发生接触时, 自由基会被转化为稳定的非自由基状态, 导致 DPPH 分子发生褪色现象, 溶液的吸光度因此而下降。褪色程度与清除自由基的能力呈正相关关系, 褪色越明显, 表明抗氧化剂对自由基的清除能力越强^[25-26]。

由图 2 可知, 3 种不同处理工艺所得玫瑰花水提液均具有清除 DPPH 自由基的能力, 在一定范围内玫瑰花水提液的浓度与 DPPH 自由基清除率呈线性关系。VC 及玫瑰花水提液在 10~50 $\mu\text{g/mL}$ 范围内, 抗氧化活性排列为: VC>鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。当鲜花冷冻干燥水提液质量浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 时 DPPH 自由基清除能力最强, 为 91.59%, VC 对 DPPH 自由基清除率的半抑制浓度(half maximal inhibitory concentration, IC_{50})为 7.13 $\mu\text{g/mL}$, 鲜花冷冻干燥水提液对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} 为 5.94 $\mu\text{g/mL}$, 干花直接提取水提液对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} 为 29.25 $\mu\text{g/mL}$, 干花超微粉碎水提液对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} 为 16.39 $\mu\text{g/mL}$ 。由此可知冷冻干燥处理的玫瑰鲜花, 有利于保留玫瑰花中的营养成分, 低温使玫瑰花的酶活性受到抑制, 降低了氧化反应的速率, 更大程度上保留了抗氧化物质。干花超微粉碎使玫瑰花破碎成较小的颗粒, 增加了溶剂接触表面积有利于提高溶出率与提取效率, 但在超微粉碎过程中高温会使氧化反应加剧, 抗氧化物质减少。直接提取玫瑰干花中的抗氧化物质溶出少、提取效率低, 自由基清除能力差。

2.2.2 羟自由基清除能力

羟自由基通常非常活泼, 并且能够与细胞内的多种分子发生相互作用, 从而引发氧化损伤^[27-28]。

由图 3 可知, 3 种不同处理工艺所得玫瑰花水提液均

具有清除羟自由基的能力, 在一定范围内玫瑰花水提液的浓度与羟自由基清除率呈线性关系。VC 及玫瑰花水提液在 100~500 $\mu\text{g/mL}$ 范围内, 抗氧化活性排列为: 鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>VC>干花直接提取。当鲜花冷冻干燥水提液质量浓度为 500 $\mu\text{g/mL}$ 时羟自由基清除能力最强, 为 91.67%, VC 对羟自由基清除率的 IC_{50} 为 95.97 $\mu\text{g/mL}$, 鲜花冷冻干燥水提液对羟自由基清除率的 IC_{50} 为 62.56 $\mu\text{g/mL}$, 干花超微粉碎水提液对羟自由基清除率的 IC_{50} 为 73.72 $\mu\text{g/mL}$, 干花直接提取水提液对羟自由基清除率的 IC_{50} 为 143.00 $\mu\text{g/mL}$ 。经过冷冻干燥处理的玫瑰鲜花有利于维持其营养成分的完整性, 低温环境下酶的活性受到抑制, 从而减缓氧化反应的进行, 有助于保留玫瑰花中的抗氧化物质。干花的超微粉碎使玫瑰花颗粒尺寸减小, 增加了溶剂与样品接触的表面积, 有利于提高溶出率与提取效率。然而, 在超微粉碎过程中可能会因高温而加剧氧化反应, 导致抗氧化物质的减少。相比之下, 直接提取玫瑰干花中的抗氧化物质的溶出较少, 提取效率较低, 其自由基清除能力较差。

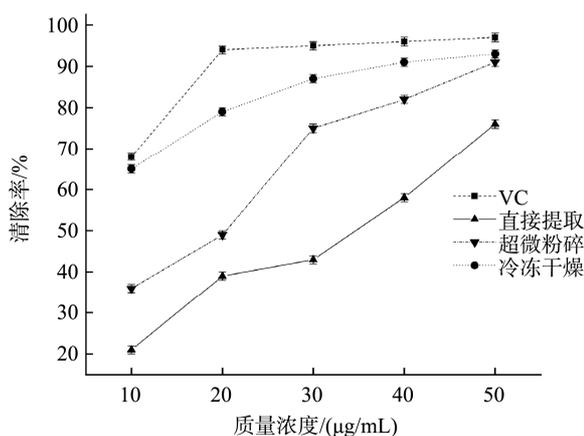


图2 DPPH自由基清除率

Fig.2 Scavenging rates of DPPH radical

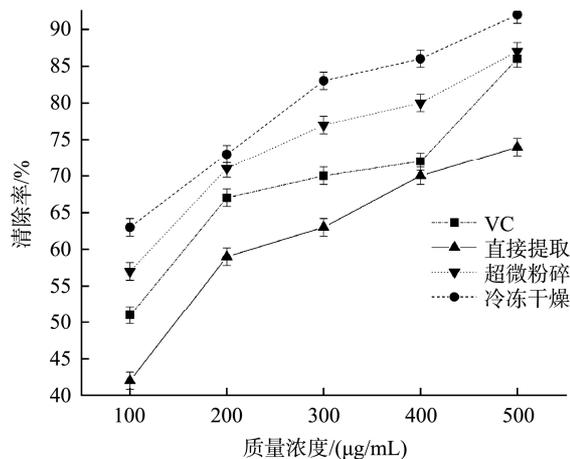


图3 羟自由基清除率

Fig.3 Scavenging rate of hydroxyl radical

2.2.3 超氧阴离子自由基清除能力

超氧阴离子自由基是生物体内常见的一种自由基,它在机体衰老和各种疾病中扮演着重要角色^[29-30]。因此,测定物质对超氧阴离子自由基的清除能力是评估其抗氧化能力的重要指标。

由图 4 可知,3 种不同处理工艺所得玫瑰花水提液均具有清除超氧阴离子自由基的能力,在一定范围内玫瑰花水提液的质量浓度与超氧阴离子自由基清除率呈线性关系。玫瑰花水提液及 VC 抗氧化活性在 100~500 $\mu\text{g/mL}$ 范围内,VC 抗氧化活性逐渐升高,在 300 $\mu\text{g/mL}$ 时清除率大于玫瑰花水提液。玫瑰花水提液抗氧化活性排列为:鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。当鲜花冷冻干燥水提液质量浓度为 500 $\mu\text{g/mL}$ 时超氧阴离子自由基清除能力最强,为 61.78%。VC 溶液超氧阴离子自由基清除率的 IC_{50} 为 277.9 $\mu\text{g/mL}$,鲜花冷冻干燥水提液对超氧阴离子自由基清除率的 IC_{50} 为 307.3 $\mu\text{g/mL}$,干花超微粉碎水提液对超氧阴离子自由基清除率的 IC_{50} 为 465.6 $\mu\text{g/mL}$,干花直接提取水提液对超氧阴离子自由基清除率的 IC_{50} 为 677.6 $\mu\text{g/mL}$ 。冷冻干燥技术处理的玫瑰鲜花有助于营养成分的完整保存,低温环境抑制了酶活性,减缓了氧化反应,有效保留了玫瑰花中的抗氧化成分。超微粉碎技术减小了干花的颗粒尺寸,增大了溶剂与样品的接触面积,提高了溶出率和提取效率。但超微粉碎过程中产生高温从而加剧氧化反应,导致抗氧化物质的损失。相比之下,直接从玫瑰干花中提取抗氧化物质的效率低,其自由基清除能力也较差。经实验证实冷冻干燥相较于另外两种处理工艺,有利于抗氧化性物质的溶出。

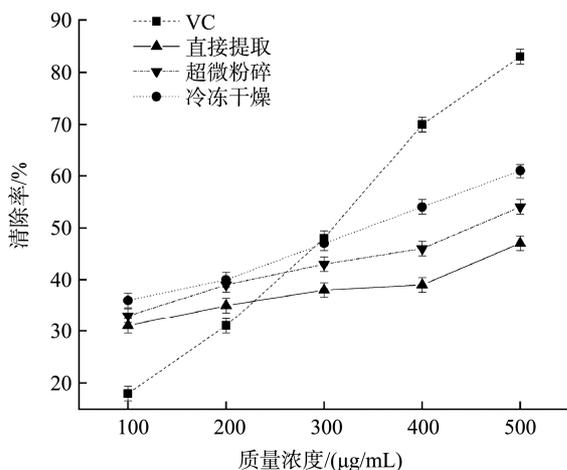


图4 超氧阴离子自由基清除率

Fig.4 Scavenging rate of superoxide anion radical

3 结 论

本研究探究了平阴玫瑰的 3 种不同处理工艺对总黄

酮、芦丁以及总多酚含量的影响以及抗氧化能力的影响。以分光光度法对不同处理工艺下的平阴玫瑰总黄酮、总多酚的含量进行测定,发现不同处理工艺下总黄酮、总多酚含量排列为:鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。高效液相色谱法对 3 种不同处理工艺的平阴玫瑰中芦丁的含量进行检测,该方法具有效率高、能耗低、所需时间短、重现性较好、测定结果准确的特点,芦丁含量排列为:鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。3 种不同处理工艺的平阴玫瑰的抗氧化活性排列为:鲜花冷冻干燥>干花超微粉碎>干花直接提取。冷冻干燥处理的玫瑰鲜花,有利于保留玫瑰花中的营养成分,低温使玫瑰花的酶活性受到抑制,降低了氧化反应的速率。由此可知,冷冻干燥对玫瑰花中抗氧化物质含量及抗氧化活性影响最小,直接干燥对其影响最大。本研究结果为平阴玫瑰的应用提供了理论基础,在玫瑰处理过程中,抗氧化单体物质的具体含量还需要进一步的研究。

参考文献

- [1] 谢琼,胡爽. 超声提取玫瑰花渣中的总黄酮[J]. 农产品加工, 2018, (6): 18-19, 22.
XIE Q, HU S. Ultrasonic extraction of total flavonoids from *Roses* residue [J]. *Farm Prod Process*, 2018, (6): 18-19, 22.
- [2] 王从成,毛艺蓓,刘圣金,等. 不同产地玫瑰花氨基酸成分分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(2): 544-553.
WANG CC, MAO YB, LIU SJ, *et al.* Analysis and evaluation of amino acid composition in *Rose Rugosa* Thunb. from different regions [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(2): 544-553.
- [3] FRANCO D, PINELO M, SINEIRO J. Processing of *Rosa rubiginosa*: Extraction of oil and antioxidant substances [J]. *Bioresour Technol*, 2007, 98(18): 3506-3512.
- [4] 李明,李艳芳,孙永超. 中药玫瑰花的研究进展[J]. 卫生职业教育, 2007, (8): 146-148.
LI M, LI YF, SUN YC. Research progress of *Roses* in traditional Chinese medicine [J]. *Health Vocat Edu*, 2007, (8): 146-148.
- [5] 龙刚. 玫瑰水提物的毒理学与抗衰老功效研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2005.
LONG G. Toxicological and anti-aging studies on water extract of *Rose* [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2005.
- [6] 梁梦梦,邵欣欣,陈聪,等. 基于网络药理学探讨玫瑰花抗抑郁物质基础及作用机制[J]. 山东科学, 2022, 35(4): 38-48.
LIANG MM, SHAO XX, CHEN C, *et al.* The basis and mechanism of *Rosae rugosae flos* antidepressants based on network pharmacology [J]. *Shandong Sci*, 2022, 35(4): 38-48.
- [7] GUAN LP, LIU BY. Antidepressant-like effects and mechanisms of

- flavonoids and related analogues [J]. *Eur J Med Chem*, 2016, 121: 47–57.
- [8] 张唯. 玫瑰花色苷的分离纯化及抗氧化活性研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2019.
- ZHANG W. Study on separation, purification and antioxidant activity of *Rose* anthocyanins [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2019.
- [9] 王庆颖, 张志锋, 吕露阳, 等. 花类药食同源中药安全性评价的研究进展[J]. *中草药*, 2021, 52(3): 864–872.
- WANG QY, ZHANG ZF, LV LY, *et al.* Research progress on safety evaluation of medicine and food homology of flower categories of Chinese materia medica [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2021, 52(3): 864–872.
- [10] 罗思悦, 何莲, 朱开究, 等. 5种不同干燥处理方式对玫瑰花品质的影响比较研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(12): 35–45.
- LUO SY, HE L, ZHU KX, *et al.* A comparative study on the effects of 5 kinds of different drying treatments on *Rosa rugosa* quality [J]. *J Food Saf Qual*, 2023, 14(12): 35–45.
- [11] 杨少宗, 陈家龙, 柳新红, 等. 不同品系食用木槿花瓣营养、功能成分组成及营养价值评价[J]. *食品科学*, 2018, 39(22): 213–219.
- YANG SZ, CHEN JL, LIU XH, *et al.* Nutritional and functional compositions and nutritional quality of edible petals of various lines of *Hibiscus syriacus* L. [J]. *Food Sci*, 2018, 39(22): 213–219.
- [12] 刘芳, 任启飞, 李占彬, 等. 贵州玫瑰花茶的氨基酸组成及其品质综合评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(14): 4706–4714.
- LIU F, REN QF, LI ZB, *et al.* Amino acid composition and comprehensive quality evaluation of Guizhou rose tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(14): 4706–4714.
- [13] 高嘉宁, 张丹, 龙伟, 等. 玫瑰花主要化学成分和药理作用研究进展[J]. *化学工程与装备*, 2021, 290(3): 205–206.
- GAO JN, ZHANG D, LONG W, *et al.* Research progress on main chemical components and pharmacological effects of *Roses* [J]. *Chem Eng Equip*, 2021, 290(3): 205–206.
- [14] 安超娜, 郝梦超, 王乙颖, 等. 玫瑰花活性成分开发利用研究进展[J]. *江苏调味副食品*, 2022, 171(4): 4–6.
- AN CN, HAO MC, WANG YY, *et al.* Research progress on the development and utilization of active components in *Rose* [J]. *Jiangsu Cond Subsid Food*, 2022, 171(4): 4–6.
- [15] 符继红, 张丽静. 高效液相色谱法测定新疆玫瑰花中芦丁的含量[J]. *分析仪器*, 2008, (1): 44–46.
- FU JH, ZHANG LJ. High performance liquid chromatography determination of rutin in *Rosa Rugosa* Thunb, growing in Xinjiang [J]. *Anal Instrum*, 2008, (1): 44–46.
- [16] 卢宁, 张宝. 芦丁的提取工艺、生物学功能及其在动物生产中的应用[J]. *饲料研究*, 2023, 46(2): 161–165.
- LU N, ZHANG B. Extraction technology, biological function of rutin and its application in animal production [J]. *Feed Res*, 2023, 46(2): 161–165.
- [17] LIU X, WANG S, CUI L, *et al.* Flowers: Precious food and medicine resources [J]. *Food Sci Hum Well*, 2023, 12(4): 1020–1052.
- [18] 李子江. 平阴玫瑰花花色苷提取工艺及性质的研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2011.
- LI ZJ. Study of the extraction process and properties of anthocyanin from Pingyin roses [D]. Jinan: Shandong Normal University, 2011.
- [19] 李凤英, 许瑞, 刘战永. 超微粉碎对玫瑰花营养成分及抗氧化活性的影响[J]. *北方园艺*, 2017, (12): 141–145.
- LI FY, XU R, LIU ZY. Effect of superfine grinding on nutrient content and antioxidant activity of *Rose* [J]. *North Hortic*, 2017, (12): 141–145.
- [20] 王珊珊, 徐记旺, 严心铭, 等. 一种抗衰老组合物、含该抗衰老组合物的冻干粉制备方法及应用[J]. *广东化工*, 2021, 48(19): 57–59.
- WANG SS, XU JW, YAN XM, *et al.* An anti-aging composition, preparation method and research and application of lyophilized powder containing the anti-aging composition [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2021, 48(19): 57–59.
- [21] 宋珂珂. 玫瑰花黄酮提取分离及抗氧化性能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- SONG KK. Study on extraction and anti-oxidation property of flavonoids from roses [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012.
- [22] 张咏, 唐杏, 胡雅凡, 等. 超声波辅助优化提取金槐槐米芦丁的工艺研究[J]. *广州化工*, 2023, 51(7): 94–97, 110.
- ZHANG Y, TANG X, HU YF, *et al.* Optimization of ultrasonic assisted extraction of rutin from *Fructus sophora* [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2023, 51, (7): 94–97, 110.
- [23] LIU ZT, ZHANG Y, ZHANG XJ, *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of flavonoids from *Portulaca oleracea* L, the extraction kinetics and bioactivity of the extract [J]. *J Appl Res Med Aroma*, 2023, 37: 100512.
- [24] 王晓艺. 超声辅助低共熔溶剂提取玫瑰多酚及其抗氧化、降血糖活性研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2022.
- WANG XY. Ultrasound-assisted extraction of rose polyphenols by deep eutectic solvent and its antioxidant and hypoglycemic activities [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2022.
- [25] SIRIVIBULKOVIT K, NOUANHAVONG S, SAMEENOI Y. Paper-based DPPH assay for antioxidant activity analysis [J]. *Anal Sci*, 2018, 34(7): 795–800.
- [26] SIK B, AJTONY Z, LAKATOS E, *et al.* Evaluation of the physical, antioxidant, and organoleptic properties of biscuits fortified with edible flower powders [Z]. 2024.
- [27] GULCIN İ, ALWASEL SH. DPPH radical scavenging assay [J]. *Processes*,

2023, 11(8): 2248.

- [28] 李艳, 巩士磊, 车影, 等. Fenton 反应考察抗坏血酸清除羟基自由基能力及动力学[J]. 应用化学, 2015, 32(8): 948–954.

LI Y, GONG SL, CHE Y, *et al.* Fenton reaction to investigate the hydroxyl radical scavenging ability and kinetics of ascorbic acid [J]. *Chin J Appl Chem*, 2015, 32(8): 948–954.

- [29] XIE Z, HUANG J, XU X, *et al.* Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate [J]. *Food Chem*, 2008, 111(2): 370–376.

- [30] QUAN VV, NGUYEN TH, NGUYEN MT, *et al.* The hydroperoxyl and superoxide anion radical scavenging activity of anthocyanidins in physiological environments: Theoretical insights into mechanisms and kinetics [J]. *Phytochemistry*, 2021, 192: 112968.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介



魏 旭, 硕士研究生, 主要研究方向为生物活性物质制备。

E-mail: 1015238359@qq.com



王 芳, 副教授, 主要研究方向为中药的提取分离和制剂研究。

E-mail: chm_wangf@ujn.edu.cn



王元秀, 教授, 主要研究方向为生物活性物质制备。

E-mail: chm_wangyx@ujn.edu.cn