

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201601021

引文格式: 何月秋, 林立, 杜甜钿, 等. 紫娇花挥发油成分的 GC-MS 分析及抗氧化能力测定 [J]. 广西植物, 2017, 37(5):627-633  
HE YQ, LIN L, DU TD, et al. Analysis of chemical constituents by GC-MS and antioxidant capacity on essential oil from *Tulbaghia violacea* [J]. *Guihaia*, 2017, 37(5):627-633

## 紫娇花挥发油成分的 GC-MS 分析及抗氧化能力测定

何月秋<sup>1,2</sup>, 林立<sup>1</sup>, 杜甜钿<sup>1</sup>, 黄艾<sup>1</sup>

( 1. 宁波城市职业技术学院 宁波市园林植物开发重点实验室, 浙江 宁波 315502;  
2. 江苏碧云天农林科技有限公司, 江苏 丹阳 212300)

**摘要:** 采用水蒸气蒸馏法和固相微萃取法提取紫娇花不同部位的挥发油, 结合气相色谱—质谱 (GC-MS) 与计算机检索联用技术对其化学成分进行分析和鉴定, 用面积归一化法测定各组分的相对含量, 并对该挥发油清除 DPPH· 自由基能力和总抗氧化能力进行了研究。结果表明: 紫娇花挥发油具有成分及相对含量差异大、成分较简单、化合物种类以含硫化合物为主的特点。两种方法在紫娇花不同部位挥发油中共检测出了 16 种化学成分, 以硫醚类和含硫烃类化合物为主, 相对含量占总成分在 80% 以上, 其中 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)- 含量最高, 其余许多成分还具有一定的药用价值。两种方法所得到的挥发油化学成分具有一定的差异性, 固相微萃取法对醇类、醛类和酯类物质提取效果较好, 而水蒸气蒸馏法对含硫烃类、硫醚类和萜类的提取效果更好。实验条件下紫娇花挥发油清除 DPPH· 自由基的  $IC_{50}$  为  $17.46 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 清除率可达 54.86%; 紫娇花挥发油在相同条件下较 L-抗坏血酸具有更强的总抗氧化力。该研究结果为进一步开发利用该植物资源提供了理论依据。

**关键词:** 紫娇花, 挥发油, 化学成分, 气相色谱—质谱 (GC-MS), 抗氧化能力

**中图分类号:** Q946.8    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3142(2017)05-0627-07

## Analysis of chemical constituents by GC-MS and antioxidant capacity on essential oil from *Tulbaghia violacea*

HE Yue-Qiu<sup>1,2</sup>, LIN Li<sup>1</sup>, DU Tian-Dian<sup>1</sup>, HUANG Ai<sup>1</sup>

( 1. Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo Key Laboratory of Landscape Plant Development, Ningbo 315502, Zhejiang, China; 2. JS BYT of Agriculture And Forestry Science and Technology Co., Ltd, Danyang 212300, Jiangsu, China )

**Abstract:** The essential oils of *Tulbaghia violacea* were obtained from different organs by steam distillation (SD) and solid phase microextraction (SPME), which were analyzed by gaschromatography-mass spectrometry (GC-MS), and the antioxidant activities of the essential oils were also investigated through the measurement of DPPH scavenging activity and total antioxidant capacity. The results showed that the compositions of the essential oils and their relative contents in different organs of *T. violacea* were significantly different, and totally sixteen compounds were indentified through two methods. Most of the ingredients in volatile oil were sulfide or sulfur compounds, accounting for more than 80% of the total composition, and the relative content of Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)- was the highest. Some constituents of the essential oils were valuable for pharmaceutical and for the production of spices. SPME was more effec-

收稿日期: 2016-03-12    修回日期: 2016-05-25

基金项目: 国家“星火”计划项目(2015GA690062); 宁波科技局“双创”项目(2012C91008); 江苏省丹阳市高层次创新人才引进项目(2014) [Supported by National Spark Plan Program (2015GA690062); Double Innovation Talent Program of Ningbo Science and Technology Bureau (2012C91008); Introduction Program of High Level Innovative Talents in Danyang City, Jiangsu Province(2014)].

作者简介: 何月秋(1975-), 女, 博士, 副教授, 主要从事园林植物应用研究, (E-mail) linli851111@126.com.

tive for extraction of alcohols, aldehydes and esters, and SD was better for sulfur, sulfide and terpenoids extraction.  $IC_{50}$  for the essential oils on scavenging DPPH was  $17.46 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  and the scavenging rate against DPPH free radicals could reach 54.86%. The essential oils of *T. violacea* maintained higher antioxidant capacity than L-ascorbic acid. Our analysis on the compositions and their relative contents of essential oils in *T. violacea* provides the information for further utilization of this plant.

**Key words:** *Tulbaghia violacea*, essential oil, chemical constituents, GC-MS, antioxidant capacity

紫娇花 (*Tulbaghia violacea*), 别名野蒜或非洲小百合, 原产于南非, 为石蒜科 (Amaryllidaceae) 多年生常绿球根花卉, 株高 45~60 cm, 叶狭长线形, 花紫红色, 观赏价值极高, 在我国主要用于园林绿化 (何月秋等, 2010)。紫娇花在南非为当地重要的传统药用植物 (Van Wyk & Wink, 2004), 被用于治疗呼吸道感染、支气管炎、咳嗽、哮喘、胃溃疡以及肺结核等疾病 (Van Wyk & Wink, 2004; Hutchings et al, 1996)。近年来, 有研究揭示了紫娇花更多方面的药用价值 (Olorunnisola et al, 2011)。Raji et al (2010) 研究表明紫娇花可用于治疗高血压和心脏病。紫娇花的乙醇提取液对于糖尿病的治疗具有潜在应用价值 (Van Huyssteen et al, 2011)。在抗癌药物研究中, Lyantagaye (2013) 发现紫娇花叶片提取物具有诱导癌细胞凋亡的作用。在对动脉粥样硬化大鼠的研究中, Olorunnisola (2012) 研究表明紫娇花根茎的甲醇提取物可有效防止高脂饮食引起的主动脉病变、酶的消耗性肾小球硬化和肝损伤, 原因可能是提取物中含有高抗氧化性成分。同时, 紫娇花的挥发性成分也具有较好的抑菌效果 (Bull et al, 2005; Ncube et al, 2012), 特别是对金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 和草绿色链球菌 (*S. viridians*) 的一些耐药性菌株具有明显的抑制效果, 而对 HEK293 和 HepG2 细胞株系的毒害作用则较小, 表明该植物挥发油在抗生素药物开发中具有重要价值 (Soyingbe, 2013)。

目前, 国内外有关植物挥发油研究的报道越来越多 (周红艳, 2014; Kezemi et al, 2011; Vale-Silva et al, 2010), 许多植物挥发性成分的药用价值也不断被发现 (Chiara et al, 2010; Kadri et al, 2011)。然而, 有关紫娇花挥发油成分的研究报道还不多 (Soyingbe, 2013)。本研究拟对紫娇花挥发性物质进行成分鉴定和相对含量分析, 并研究其抗氧化能力, 以期为今后紫娇花的开发利用提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、仪器和试剂

2015 年 8 月于宁波奉化市采集当地栽植的紫娇花, 经过宁波植物园徐绒娣副教授鉴定并确认。取其根、鳞茎、叶片、花瓣以及花梗等为实验材料, 剪切后备用; 乙酸乙酯为 HPLC 级, 无水硫酸钠、DPPH、无水乙醇、L-抗坏血酸均为 AR 级。

7890A/5977 型 GC-MS 联用仪 (美国 Agilent 公司); 手动 SPME 进样器 (美国 Supelco 公司), 萃取头为 100  $\mu\text{m}$  聚二甲基硅烷 (PDMS), 配 50  $\mu\text{L}$  硅胶垫螺纹口样品瓶 (Supelco 公司); 电热恒温水浴锅 (上海玺恒实业有限公司)。

### 1.2 方法

1.2.1 水蒸气蒸馏提取及 GC-MC 操作 根据《中国药典》2005 年版一部附录 XD 挥发油测定甲法, 准确称取 200 g 切碎的材料于 1 000 mL 圆底烧瓶中进行水蒸气蒸馏, 得到特殊气味黄色油状液体, 重复操作后混合所得提取物, 用乙酸乙酯进行萃取和纯化, 取上层溶液加入足量无水硫酸钠除去水分; 剩下的溶液过滤膜除尽杂质后进行 GC-MS 操作。

气相色谱条件: 色谱柱为 HP-5MS 毛细石英柱 (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ); 自动进样器, 进样量 1  $\mu\text{L}$ , 气体流速为 1.0 mL  $\cdot$  min $^{-1}$ ; 进样口、连接口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ ; 柱温初始温度为 40  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 1 min, 以 20  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$  的速度升至 100  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 1 min, 再以 6  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$  的速度升到 225  $^{\circ}\text{C}$ 。

质谱条件: 离子源 EI; 电离能 70 eV; 离子源温度 230  $^{\circ}\text{C}$ ; 四极杆温度 150  $^{\circ}\text{C}$ ; 质量扫描范围 15~500 amu; 溶剂延迟时间为 2 min。通过工作站的 NIST 图谱库进行初步检索, 结合相关研究 (林琳等, 2008; 郑福平等, 2009) 确定化合物成分, 并根据峰面积归一化法计算每种成分的相对含量。

1.2.2 SPME 萃取及 GC-MC 操作 将固相微萃取装

置的萃取头插入气相色谱的进样口中,在 250 ℃ 条件下老化 30 min;同时,取切碎的紫娇花材料 3 g 放入 50 mL 样品瓶中,加入 5 g 的 NaCl 后盖上盖子;将老化好的萃取头插入样品瓶中,萃取头与样品保持 1 cm 的距离,40 ℃ 水浴恒温 40 min;拔出萃取头,插入气相色谱进样口,250 ℃ 条件下解析 5 min,再以与水蒸气提取物相同的 GC-MS 条件进行挥发物的成分和相对含量分析。

**1.2.3 清除 DPPH 自由基能力测定** 以紫娇花整株为材料,通过水蒸气蒸馏法得到挥发油,共提取 10 次,计算得油率为 0.11% (V/W)。按 Simelane et al (2007) 和赵金伟等 (2010) 的方法测定紫娇花挥发油对 DPPH 的清除作用。配制不同浓度样品醇溶液,分别取 1 mL 样品液与 1 mL 浓度为  $18 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  的 DPPH 乙醇(95%)溶液混合,避光条件放置 2 h,以不加精油样品的 DPPH 乙醇液为对照,在波长 517 nm 处测定各溶液的吸光度,平行测定 3 个样。

自由基清除率 (%) =  $(1 - A_1/A_0) \times 100\%$ 。

式中,  $A_0$  为  $t=0$  时空白样的吸光度,  $A_1$  为  $t=2$  h 时样品的吸光度。以 L-抗坏血酸为对照物。

**1.2.4 总抗氧化活性的测定** 参考卢赛赛等 (2015) 的方法,利用 FRAP 法进行挥发油抗氧化活性的测定,并以 L-抗坏血酸为对照。用 70% 乙醇溶解得到  $100 \sim 1000 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{FeSO}_4$  溶液,根据 FRAP 法加入工作液并在 37 ℃ 下放置 10 min,在 593 nm 测其吸光度值并绘制标准曲线(图 1)。浓度与吸光度形成良好线性关系 ( $R^2 = 0.994$ ),拟合方程  $y = 0.0008x + 0.031$ ,表明将吸光度值换算成样品的  $\text{FeSO}_4$  浓度的方法是可行的。

用 70% 乙醇稀释挥发油至 30% 浓度,按标准曲线制作方法测定样品吸光度值,以  $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4$  为标准,样品抗氧化活性以达到同样吸光度所需  $\text{FeSO}_4$  浓度表示,  $\text{FeSO}_4$  浓度越大表示抗氧化能力越强。以  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的 L-抗坏血酸为对照物。

## 2 结果与分析

### 2.1 挥发油成分分析

利用两种方法提取紫娇花不同部位挥发性成分并进行 GC-MS 分析,得到总离子色谱图(图 1 为紫娇花叶片挥发油总离子色谱图)。利用 NIST 图谱库共鉴定出了 16 种化合物,包含有醇(2 种)、酯(1 种)、酸(2 种)、醛(1 种)、萜烯(1 种)、烷烃(6 种)

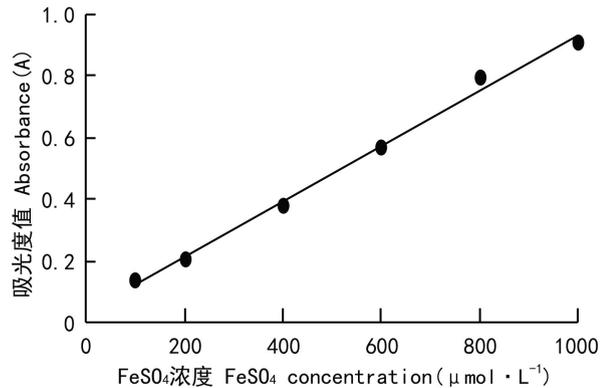


图 1  $\text{FeSO}_4$  溶液标准曲线

Fig. 1 Standard curve of  $\text{FeSO}_4$  solution

以及硫醚类化合物(3 种)。根据峰面积归一化法计算各化合物的相对含量。结果见表 1。

水蒸气蒸馏和固相微萃取两种方法在紫娇花叶片、花瓣、鳞茎以及根中分别检测到了 12 种、11 种、12 种和 10 种化学物质。叶片挥发油中相对含量较高的成分有 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)-、三(甲基硫代)甲烷、2,3,5-三硫杂己烷、二甲基二硫和巯基乙酸等。花瓣挥发油种类与叶片相当,但不含有二甲基三硫醚和(甲硫基)乙酸 2 种成分。鳞茎和根中相对含量较高的成分也是 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)-、三(甲基硫代)甲烷、2,3,5-三硫杂己烷、二甲基二硫和 Methane, (methylsulfinyl) (methylthio)-等,但不含巯基乙酸、苯甲醇和壬醛,而含有花和叶中没有的顺马鞭草烯醇、Bicyclo [5.1.0] octane, 8-methylene-和 17-Norkaur-15-ene 等成分。通过水蒸气蒸馏得到的紫娇花花梗挥发油中含有 8 种成分,相对含量较高的有 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)- (65.071%)、三(甲基硫代)甲烷 (16.251%) 和 2,3,5-三硫杂己烷 (6.833%) 等。

### 2.2 两种提取方法比较

结合水蒸气蒸馏法和固相微萃取法,在紫娇花不同部位共检测到了 16 种成分,其中水蒸气蒸馏产物中检测到了 13 种成分,SPME 萃取物中检测到了 14 种成分,两种方法得到的挥发油成分较相似,但各成分的相对含量有较大的差异(表 2)。两种方法检测到相对含量最高的成分都为硫醚类,其次是含硫的烃类,两类成分占挥发油总量的 80% 以上,而萜类、酯类、醇类、醛类和酸类等成分含量较少。相比而言,SPME 法对醇类、醛类和酯类显示出了更好

表 1 紫娇花挥发油成分的 GC-MS 结果

Table 1 Analysis results of volatile oil components from *Tulbaghia violacea*

保留时间 TR (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular Formula	相对含量 Relative content (%)								
			叶片 Leaf SD	叶片 Leaf SPME	花瓣 Petal SD	花瓣 Petal SPME	鳞茎 Stalk SD	鳞茎 Stalk SPME	根 Root SD	根 Root SPME	花梗 Peduncle SD
3.231	二甲基二硫 2,3-Dithiabutane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	2.229	7.724	2.964	2.312	1.333	2.365	0.865	1.206	2.719
3.600	巯基乙酸 Mercapto acetic acid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	2.081	6.185	4.636	2.521	—	—	—	—	3.506
4.249	二甲硫基甲烷 2,4-Dithiapentane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> S <sub>2</sub>	0.656	—	0.934	—	0.567	1.192	0.421	0.895	1.121
5.074	二甲基三硫醚 Dimethyl trisulfide	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>3</sub>	0.292	—	—	—	1.012	—	—	—	0.929
5.526	苯甲醇 Benzyl alcohol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	—	1.132	—	1.382	—	—	—	—	—
6.759	1,2,4-三硫环戊烷 1,2,4-Trithiolane	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	0.899	—	0.470	—	0.543	1.714	—	0.612	—
6.784	壬醛 Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	—	0.302	—	0.756	—	—	—	—	—
6.885	顺马鞭草烯醇 cis-Verbenol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	—	—	—	—	0.421	—	2.726	16.857	—
7.286	2,3,5-三硫杂己烷 2,3,5-Trithiahexane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> S <sub>3</sub>	7.191	30.048	7.447	13.871	12.082	35.607	4.327	18.606	6.833
7.837	乙酸苄酯 Benzyl acetate	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	—	—	—	1.261	—	—	—	—	—
9.718	(甲硫基)乙酸 2-Methylthioacetic acid	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> S	0.853	1.088	—	—	—	2.235	—	—	—
11.420	Bicyclo [5.1.0]octane, 8-methylene-	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>	—	—	—	—	0.762	0.234	0.526	0.109	—
14.935	Disulfide, bis(2-sulfhydrylethyl)-	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> S <sub>4</sub>	54.292	32.440	63.918	66.758	58.826	45.881	58.387	49.816	65.071
19.558	三(甲硫代)甲烷 Tris (methylthio) methane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> S <sub>3</sub>	20.644	11.382	12.622	1.140	17.759	1.718	25.151	2.305	16.251
21.908	Methane, (methylsulfinyl)(methylthio)-	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> OS <sub>2</sub>	5.146	2.452	2.611	1.012	2.612	2.561	3.544	6.722	—
22.278	17-Norkaur-15-ene	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub>	—	—	—	—	0.521	—	1.235	—	3.569

表 2 两种提取方法比较

Table 2 Comparison of compound types and contents between SD and SPME

材料 Material	提取方法 Method	酸类 Acids	醇类 Alcohols	含硫烃类 Sulfur-containing hydrocarbons	硫醚类 Thioethers	醛类 Aldehydes	酯类 Esters	萜类 Terpenoid
叶片 Leaf	SD	2(2.934)	0	5(34.536)	3(56.813)	0	0	0
	SPME	2(1.273)	1(1.132)	3(43.882)	2(40.164)	1(0.302)	0	0
花瓣 Petal	SD	1(4.636)	0	5(24.084)	2(66.882)	0	0	0
	SPME	1(2.521)	1(1.382)	3(16.023)	2(69.070)	1(0.756)	1(1.261)	0
茎 Stalk	SD	0	1(0.421)	6(34.325)	3(61.171)	0	0	1(0.521)
	SPME	1(2.235)	0	6(43.026)	2(48.246)	0	0	0
根 Root	SD	0	1(2.726)	5(33.969)	2(59.252)	0	0	1(1.235)
	SPME	0	1(16.857)	6(29.249)	2(51.022)	0	0	0
花梗 Peduncle	SD	1(3.506)	0	3(24.205)	3(68.719)	0	0	1(3.569)

注: 括号中为相对含量百分比(%)。

Note: The values in parentheses are relative content (%).

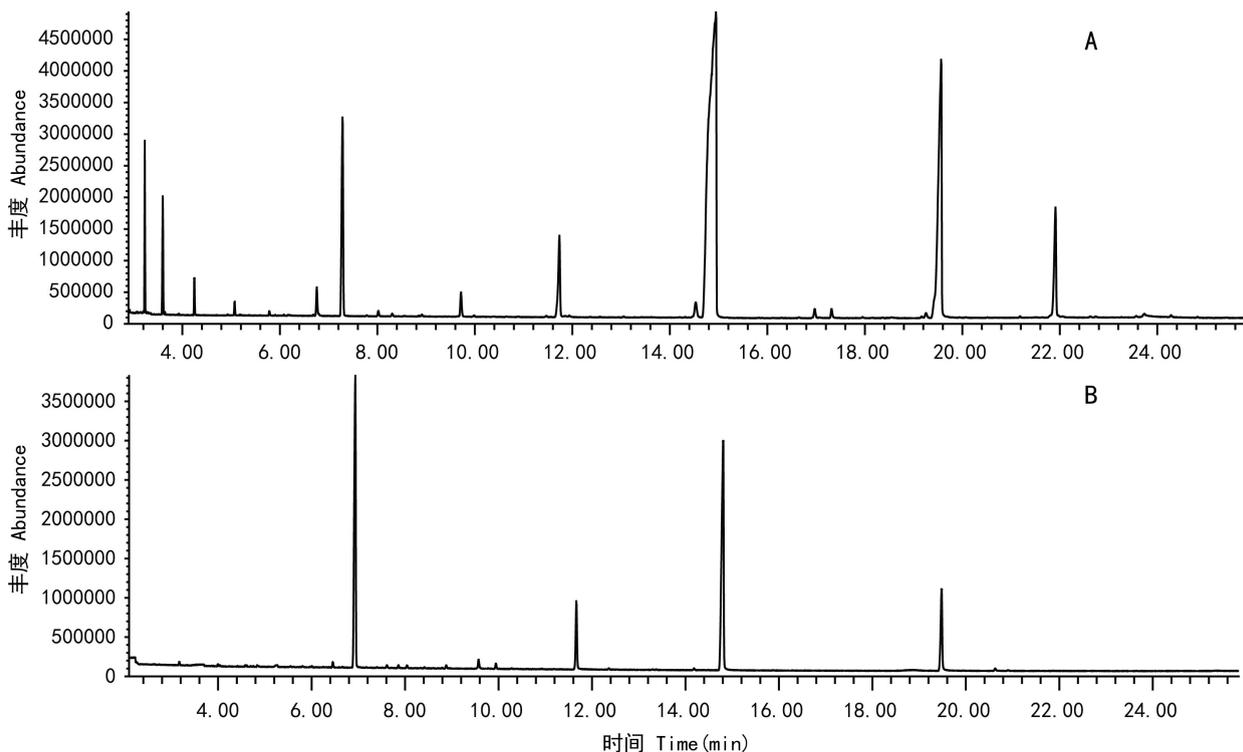


图 2 紫娇花叶片挥发油的总离子色谱图 A. SD; B. SPME。

Fig. 2 GC-MS of the essential oil from *Tulbaghia violacea* A. SD; B. SPME.

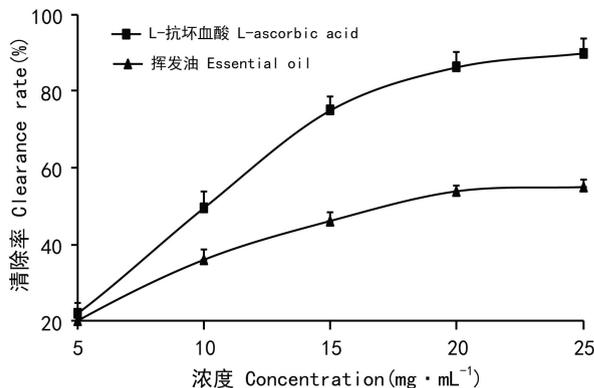


图 3 紫娇花挥发油对 DPPH 自由基清除作用

Fig. 3 DPPH radical-scavenging activities of essential oil from *Tulbaghia violacea*

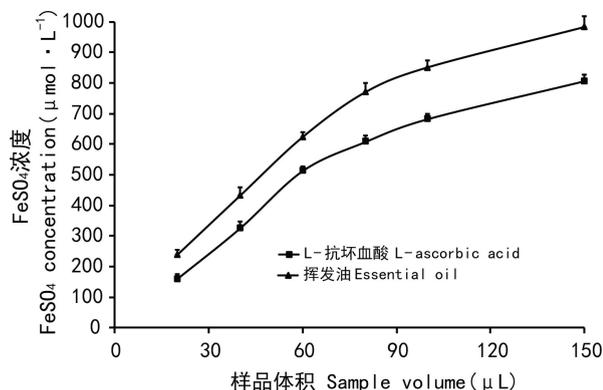


图 4 总抗氧化能力

Fig. 4 Total antioxidant capacity

的吸附性,而水蒸气蒸馏法则对含硫烃类、硫醚类和萜类的提取效果更好。

### 2.3 清除 DPPH 自由基能力

紫娇花挥发油对 DPPH 自由基的清除率随挥发油浓度的增加而不断提高(图 2),当浓度为 20

$\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,清除率达到 53%。随着挥发油量的继续增加,清除率略有上升,最终达 54.86%。相比而言, L-抗坏血酸清除 DPPH 自由基的能力更高,在浓度为  $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,清除率在 85% 以上。在  $0 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 范围内,挥发油和 L-抗坏血酸用量都与 DPPH 清除率成线性关系,得到两者清除率(Y)与

挥发油体积 (X) 的回归方程分别为  $Y = 2.220X + 11.230$  ( $R^2 = 0.972$ ),  $Y = 4.365X + 3.783$  ( $R^2 = 0.969$ )。对数据进行线性回归拟合分析后得到紫娇花挥发油的  $IC_{50}$  为  $17.46 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , L-抗坏血酸  $IC_{50}$  为  $10.59 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 表明紫娇花挥发油清除 DPPH 自由基能力低于 L-抗坏血酸。

## 2.4 总抗氧化能力

紫娇花挥发油的总抗氧化能力随加样量的增加而增强 (图 4), 在加样体积为  $100 \mu\text{L}$  时, 紫娇花挥发油对应的  $\text{FeSO}_4$  浓度为 L-抗坏血酸在加样体积下的 1.3 倍。可见紫娇花挥发油的总抗氧化能力 (FRAP 值) 比该浓度下的 L-抗坏血酸强。

## 3 讨论

本研究中, 紫娇花的挥发油共鉴定到 16 种成分, 以含硫的硫醚类和烃类成分为主, 含有少量的酸类、醛类、醇类和萜类等物质, 该结果与 Soyngbe et al (2013) 的结果相似。但是, Soyngbe et al (2013) 研究表明紫娇花的根茎挥发物中二甲硫基甲烷的相对含量较高, 达 51.04%, Olorunnisola et al (2012) 对南非东开普敦紫娇花根茎挥发油的研究表明二甲硫基甲烷的相对含量为 11.35%, 而本研究中二甲硫基甲烷在根和茎中相对含量分别只有 0.567% 和 0.421%, 该结果可能为不同气候条件或生长阶段差异所致。本研究得到紫娇花挥发油中含量最高成分为 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)-, 目前关于该物质的研究不多, 有关其应用也不明确。此外, 挥发油中还含有二甲硫基甲烷、乙酸苜酯、二甲基三硫醚等成分, 在食品工业中使用较多, 可用于香料 (张洪亮等, 2003)。挥发油中还含有二甲基二硫等具有抗菌、杀虫等功效成分。紫娇花挥发油中丰富的含硫类成分也使其具有类似于大蒜的气味 (Martinez-Velazquez et al, 2011)。

清除 DPPH 自由基的能力和总抗氧化能力都可作为抗氧化活性的评价指标之一 (卢赛赛等, 2015)。FRAP 结果显示紫娇花挥发油的总抗氧化能力较强, 可能是由于紫娇花挥发油中存在对  $\text{Fe}^{2+}$  具有较强螯合能力的成分, 减少了  $\text{Fe}^{2+}$  的氧化。Soyngbe et al (2013) 对紫娇花的研究中发现其挥发油对 NO 自由基的清除效果也非常显著。而本研究中紫娇花挥发油对 DPPH 自由基的清除作用却较差, 清除能力不如等浓度的 L-抗坏血酸, 且具有饱

和型特征, 表明紫娇花挥发油对自由基的清除具有选择性。紫娇花挥发油清除自由基作用可能与其硫醚类物质含量较高有关, 硫醚类物质可通过分解过氧化物达到抗氧化的作用 (李炎等, 1994)。近年来, 硫醚类物质凭借其高效低毒的特性已在西方发达国家的食品行业中得到了广泛应用。紫娇花中硫醚类成分较高, 在天然抗氧化剂方面具较大的开发价值。

## 4 结论

紫娇花挥发油具有相对含量差异大、组成成分简单和硫醚类成分含量高等特点, 其中含量最高的成分为 Disulfide, bis(2-sulphydrylethyl)-, 萜类、酸类和醇类等成分较少, 其中许多成分可用抗菌药物、香精香料和天然抗氧化剂的制作。紫娇花挥发油总抗氧化能力较高, 但对 DPPH 自由基清除作用不如等浓度 L-抗坏血酸强, 清除 DPPH 自由基的  $IC_{50}$  为  $17.46 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。紫娇花挥发油对不同自由基的清除作用具有选择性。

## 参考文献:

- BULL C, KEYSER Z, KLAASEN J, et al, 2005. Screening of *Tulbaghia violacea* and *Tulbaghia simmleri* plant extracts as antifungal agents against the fumonisin producing strain, *Fusarium verticillioides* MRCS26 [J]. S Afr J Sci, 101(7): 314.
- CHIARA B, ANNELOES M, MOREL N, et al, 2010. Vasorelaxant activity of essential oils from *Croton zambesicus* and some of their constituents [J]. Plant Med, 76(14): 1506-1511.
- HE YQ, ZHU ZY, ZHANG FT, 2010. Buds culture of *Tulbaghia violacea* in vitro and system establishment of plant regeneration [J]. Northern Hortic, (16): 151-154. [何月秋, 祝志勇, 章丰涛, 2010. 紫娇花花蕾离体培养及再生体系的建立 [J]. 北方园艺, (16): 151-154.]
- HUTCHINGS A, SCOTT AH, LEWIS G, et al, 1996. Zulu medicinal plants. An inventory [M]. Scottsville: University of Natal Press.
- KADRI A, INES BC, ZIED Z, et al, 2011. Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba Alba* grown in Tunisian semi-arid region [J]. Afr J Biotechnol, 10(15): 2923-2929.
- KAZEMI M, MOHAMMAD D, ABOLFAZI D, et al, 2011. Composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Artemisia Kermanensis* Podl., an endemic species from Iran [J]. J Med Plant Res, 5(18): 4481-4486.
- LI Y, JIN ZL, 1994. Study on the antioxidant effect and safety of sulfur ether [J]. Chin Oils Fats, 19(2): 28-31. [李炎, 金正林, 1994. 硫醚类物质对油脂的抗氧化作用和安全性研究 [J]. 中国油脂, 19(2): 28-31.]
- LIN L, JIANG HZ, LUO LQ, et al, 2008. GC-MS analysis of the volatile oil from *Bulbus allii* Macrostemonis extracted by super-

- critical carbon dioxide [J]. *Chin J Anal Lab*, 27(1): 115–117. [林琳,蒋合众,罗丽勤,等,2008. 薤白挥发油成分的超临界 CO<sub>2</sub> 萃取及 GC-MS 分析 [J]. 分析试验室, 27(1): 115–117. ]
- LU SS, XU F, WANG HF, et al, 2015. Extraction and antioxidant activities of total flavonoids from *Myrica rubra* leaves [J]. *J Fruit Sci*, 32(3): 460–468. [卢赛赛,许凤,王鸿飞,等,2015. 杨梅叶中总黄酮提取及其抗氧化能力研究 [J]. 果树学报, 32(3): 460–468. ]
- LYANTAGAYE SL, 2013. Methyl-a-D-glucopyranoside from *Tulbaghia violacea* extract induces apoptosis *in vitro* in cancer cells [J]. *Bangl J Pharmacol*, 8: 93–101.
- MARTINEZ-VELAZQUEZ M, ROSARIO-CRUZ R, CASTILLO-HERRERA G, et al, 2011. Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales; Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales; Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales; Liliaceae) against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari; Ixodidae) [J]. *J Med Entomol*, 48(4): 822–827.
- NCUBE B, FINNIE JF, VAN STADEN J, 2012. *In vitro* antimicrobial synergism within plant extract combinations from three South African medicinal bulbs [J]. *J Ethnopharmacol*, 139(1): 81–89.
- OLORUNNISOLA OS, BRADLEY G, AFOLAYAN AJ, 2011. Antioxidant properties and cytotoxicity evaluation of methanolic extract of dried and fresh rhizomes of *Tulbaghia violacea* [J]. *Afr J Pharm Pharmacol*, 5(22): 2490–2497.
- OLORUNNISOLA OS, BRADLEY G, ANTHONY J, et al, 2012. Protective effect of *Tulbaghia violacea* Harv. on aortic pathology, tissue antioxidant enzymes and liver damage in diet-induced atherosclerotic rats [J]. *Int J Mol Sci*, 13: 12747–12760.
- SIMELANE MBC, LAWAL OA, DJAROVA TG, et al, 2010. *In vitro* antioxidant and cytotoxic activity of *Gunnera perpensa* L. (Gunneraceae) from South Africa [J]. *J Med Plants Res*, 4(21): 2181–2188.
- SOYINGBE OS, OYEDEJI AO, BASSON AK, et al, 2013. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils of *Tulbaghia violacea* Harv L. F. [J]. *Afr J Microbiol Res*, 7(18): 1787–1793.
- RAJI IA, MUGABO P, OBIKEZE K, 2010. Effect of *Tulbaghia violacea* on the blood pressure and heart rate in male spontaneously hypertensive Wistar rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 140(1): 98–106.
- VALE-SILVA LA, GONCALVES MJ, CAVALEIRO C, et al, 2010. Antifungal and activity of the essential oil of *Thymus xvi-ciosoi* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and *Dermatophyte* species [J]. *Plant Med*, 76(9): 882–888.
- VAV HUYSSSTEEN M, MILNE PJ, CAMPBELL EE, et al, 2011. Antidiabetic and cytotoxicity screening of five medicinal plants used by traditional African health practitioners in the Nelson Mandela Metropole, South Africa [J]. *Afr J Trad Compl Altern Med*, 8(2): 150–158.
- VAN WYK BE, GERICKE N, 2000. People's plants; a guide to useful plants of Southern Africa [M]. Pretoria: Briza Publications; 351.
- VAN WYK BE, WINK M, 2004. Medicinal plants of the world [M]. South Africa: Briza Publications.
- ZHANG HL, WANG MY, 2003. Synthesis and refinement of benzyl acetate as perfumes [J]. *J Wuxi Voc Inst Comm Technol*, 3(4): 11–13. [张洪亮,王茂元,2003. 香料乙酸苄酯的合成和精制 [J]. 无锡商业职业技术学院学报, 3(4): 11–13. ]
- ZHAO JW, LI JW, ZHANG X, 2010. Antioxidant activity study of phenolic compounds from pingguoli pear peels [J]. *Food Sci*, 31(17): 170–172. [赵金伟,李范洙,张先,2003. 苹果梨酚类物质抗氧化活性研究 [J]. 食品科学, 31(17): 170–172. ]
- ZHENG FQ, SUN BG, LIU YP, et al, 2009. Analysis of volatiles in salted flowers of wild Chinese Chive by simultaneous distillation and extraction with Gas Chromatography-Mass Spectrometry [J]. *Food Sci*, 30(22): 247–249. [郑福平,孙宝国,刘玉平,等,2009. 同时蒸馏萃取-气质联机分析腌渍野韭菜花香成分 [J]. 食品科学, 30(22): 247–249. ]
- ZHOU HY, 2014. Extraction of volatile oil from *Barbadoslily amar-ryllis* root and leaves and composition comparison [J]. *J Hubei Univ Nat*, 32(3): 285–288. [周红艳,2014. 朱顶红根和叶部挥发油提取与成分对比分析 [J]. 湖北民族学院学报, 32(3): 285–288. ]

( 上接第 646 页 Continue from page 646 )

- HSIEH CL, TSENG MH, PAN RN, et al, 2011. Labdanecaryophyllic acid, a novel cytotoxic C<sub>35</sub> terpenoid from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* [J]. *Tetrahedron Lett*, 52(4): 515–517.
- MOSMANN T, 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays [J]. *J Imm Methods*, 65(1): 55–63.
- POPOVA MP, CHINOUB IB, MAREKOV IN, et al, 2009. Terpenes with antimicrobial activity from *Cretan propolis* [J]. *Phytochemistry*, 70(10): 1262–1271.
- REED LJ, MUENCH H, 1938. A simple method of estimating fifty percent endpoints [J]. *Am J Hyg*, 27(3): 493–497.
- REN XY, YE Y, 2006. Labdane diterpenes from the seeds of *Platy-cladus orientalis* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 8(8): 677–682.
- SU WC, FANG JM, CHENG YS, 1994. Labdanes from *Cryptomeria japonica* [J]. *Phytochemistry*, 37(4): 1109–1114.
- WANG L, WANG SY, WU XD, et al, 2013. Study on chemical compositions of *Calocedrus macrolepis* [J]. *J Kunming Med Univ*, 34(7): 8–11. [王蕾,王双燕,吴兴德,等,2013. 翠柏的化学成分研究 [J]. 昆明医科大学学报, 34(7): 8–11.]
- WU XD, HE J, LI XY, et al, 2013. Diterpenoids from the twigs and leaves of *Fokienia hodginsii* [J]. *J Nat Prod*, 76(6): 1032–1038.
- WU XD, WANG SY, WANG L, et al, 2013. Labdane diterpenoids and lignans from *Calocedrus macrolepis* [J]. *Fitoterapia*, 85(1): 154–160.
- YANG XL, LIU D, BIAN K, et al, 2013. Study on *in vitro* anti-inflammatory activity of total flavonoids from *Glycyrrhizae radix* et *Rhizoma* and its ingredients [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 38(1): 99–104. [杨晓露,刘朵,卞卡,等,2013. 甘草总黄酮及其成分体外抗炎活性及机制研究 [J]. 中国中药杂志, 38(1): 99–104.]