

# 野生化血丹不同部位中梓醇与桃叶珊瑚苷含量的比较<sup>Δ</sup>

张传利\*,李维峰,马 晓,朱春梅,赵 秀,杜华波,陈治华,何素明<sup>#</sup>(云南农业大学热带作物学院,云南普洱665099)

中图分类号 R282 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2019)19-2623-05  
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2019.19.07

**摘要** 目的:测定并比较野生化血丹不同部位(根、茎、叶、花)中梓醇与桃叶珊瑚苷的含量,为其药用部位选择和资源开发提供参考。方法:建立高效液相色谱法(HPLC)对野生化血丹根、茎、叶、花等部位中梓醇和桃叶珊瑚苷含量进行测定,并对不同部位中含量进行比较分析。梓醇测定的色谱柱为Agilent TC-C<sub>18</sub>,流动相为甲醇-0.1%磷酸溶液(1:99, V/V),检测波长为210 nm,流速为1 mL/min,进样量为20 μL,柱温为35 ℃;桃叶珊瑚苷测定的色谱柱为SPHERI-5RP-C<sub>18</sub>,流动相为乙腈-水(3:97, V/V),检测波长为205 nm,流速为1 mL/min,进样量为20 μL,柱温为25 ℃。结果:梓醇和桃叶珊瑚苷分别在进样质量浓度为0.061 5~3.321、0.000 36~0.216 mg/mL范围内与其各自峰面积呈良好的线性关系( $r$ 均为0.999 9);检测限分别为0.016、0.007 μg/mL;定量限分别为0.052、0.023 μg/mL;精密度、稳定性(24 h)、重复性试验的RSD均<2.00%( $n=6$ );平均回收率分别为99.34%、99.61%,RSD分别为1.06%、1.12%( $n=6$ )。含量测定结果显示,野生化血丹根、茎、叶和花中梓醇的含量分别为1.609、3.030、11.095和1.921 mg/g,桃叶珊瑚苷的含量分别为0.441、0.020、0.005和0.006 mg/g。结论:所建立的HPLC法符合定量分析要求。梓醇主要分布在野生化血丹的叶中,桃叶珊瑚苷主要分布在野生化血丹的根中;该研究结果可为合理选择野生化血丹不同药用部位作为原材料开发不同功效的药物提供参考。

**关键词** 野生化血丹;梓醇;桃叶珊瑚苷;高效液相色谱法;药用部位;含量测定

## Comparison of Catalpol and Aucubin Contents in Different Parts of Wild *Centranthera grandiflora*

ZHANG Chuanli, LI Weifeng, MA Xiao, ZHU Chunmei, ZHAO Xiu, DU Huabo, CHEN Zhihua, HE Suming (College of Tropical Crops, Yunnan Agricultural University, Yunnan Puer 665099, China)

- 研药质量一致性评价[J].沈阳药科大学学报,2018,35(7):574-580.
- [8] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:四部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:133-134,375.
- [9] 马宏达,胡北,吴琼,等.硫辛酸胶囊含量测定及其稳定性[J].医药导报,2014,33(3):367-369.
- [10] 赵娅,冯慧,周珍,等.HPLC法同时测定四味姜黄汤散中7种成分的含量[J].中国药房,2018,29(1):29-33.
- [11] EUROPEAN PHARMACOPOEIA COMMISSION. *European Pharmacopeia* 8.0: volume III [S]. Strasbourg: European Directorate for the Quality of Medicine, 2008: 3405-3406.
- [12] 姜典卓.2015年版《中国药典》中有关问题的探讨[J].中国药品标准,2016,17(5):325-328.
- [13] 夏天水,熊全红,罗云龙.HPLC法测定硫辛酸注射液中的有关物质[J].中国药房,2016,27(21):2980-2982.
- [14] 刘昌孝,孙瑞元.药物评价实验设计与统计学基础[M].北京:军事医学科学出版社,1999:84-88.
- [15] 国家食品药品监督管理总局.药物单次给药毒性试验技术研究技术指导原则[S].2014-05-13.
- [16] 许羚,胡玥,丁晓霜,等.雷公藤红素体内与体外急性毒性试验结果的比较[J].环境与职业医学,2015,32(6):535-538,548.
- [17] USUI K, NISHIDA S, SUGITA T, et al. Acute oral toxicity test of chemical compounds in silkworms[J]. *Drug Discov & Ther*, 2016, 10(1): 57-61.
- [18] 周一平.用SPSS软件计算新药的LD<sub>50</sub>[J].药学进展,2003,27(5):314-316.
- [19] 刘晓丹,何军,张景辰,等.注射剂仿制药一致性评价技术要求浅析[J].中国医药工业杂志,2018,49(7):999-1005.
- [20] 胥洋,李晓光,赵荣生.硫辛酸注射液制剂的质量评价研究[J].中国新药杂志,2015,24(14):1624-1627,1674.

(收稿日期:2019-04-28 修回日期:2019-06-14)

(编辑:刘 萍)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To determine and compare the contents of catalpol and aucubin in different parts (root, stem, leaf and flower) of wild *Centranthera grandiflora*, and to provide reference for the selection of medicinal parts and source development. METHODS: HPLC method was used to determine the contents of catalpol and aucubin in root, stem, leaf and flower of wild *C. grandiflora*, and the contents of different parts were analyzed comparatively. The determination of catalpol was performed on Agilent TC-C<sub>18</sub> column with mobile phase consisted of methanol-0.1% phosphoric acid (1:99, V/V) at the flow rate of 1 mL/min; the detection wavelength was set at 210 nm, and sample size was 20  $\mu$ L. The column temperature was 35  $^{\circ}$ C; the determination of aucubin was performed on SPHERI-5RP-C<sub>18</sub> column with mobile phase consisted of acetonitrile-water (3:97, V/V) at the flow rate of 1 mL/min; the detection wavelength was set at 205 nm, and sample size was 20  $\mu$ L; the column temperature was 25  $^{\circ}$ C. RESULTS: The linear range of catalpol and aucubin were 0.061 5-3.321 and 0.000 36-0.216 mg/mL (all  $r=0.999 9$ ). The limits of detection were 0.016 and 0.007  $\mu$ g/mL. The limits of quantitation were 0.052 and 0.023  $\mu$ g/mL. RSDs of precision, stability (24 h) and reproducibility tests were all lower than 2.00% ( $n=6$ ). The average recoveries were 99.34% and 99.61%, and RSDs were 1.06% and 1.12%, respectively ( $n=6$ ). The average content of catalpol in root, stem, leaf and flower wild *C. grandiflora* were 1.609, 3.030, 11.095 and 1.921 mg/g, respectively. The contents of aucubin in different parts were 0.441, 0.020, 0.005 and 0.006 mg/g, respectively. CONCLUSIONS: The established HPLC method meets the requirements of quantitative analysis. Catalpol is mainly distributed in the leaves of wild *C. grandiflora*, and aucubin is mainly distributed in the roots of wild *C. grandiflora*. The experimental conclusion provides a reference for the reasonable selection of different medicinal parts as raw materials to develop medicine with different efficacy.

**KEYWORDS** Wild *Centranthera grandiflora*; Catalpol; Aucubin; HPLC; Medicinal part; Content determination

化血丹(*Centranthera grandiflora* Benth.)为玄参科(Scrophulariaceae)胡麻草属(*Centranthera*)一年生草本植物<sup>[1]</sup>,主要载于《中华本草》《中国植物志》《云南天然药物图鉴》等书,其药材基源较丰富<sup>[2]</sup>,以根入药,具有活血调经、散瘀止痛的功效<sup>[3]</sup>。据相关报道,化血丹根中含有环烯醚萜苷类、苯乙醇苷类、紫罗兰酮苷类和黑蒴苷类等丰富的生物活性物质,在治疗心血管疾病、白血病和利尿、降压、降血糖、保肝等方面有很好的疗效<sup>[4-7]</sup>,其在研发相关疾病的新型治疗药物上有广阔的前景<sup>[8-9]</sup>。其中的环烯醚萜苷类成分(如桃叶珊瑚苷和梓醇等)是野生化血丹中的一类重要成分,具有消炎、抗癌、抗衰老、抗氧化、降血糖、强心、调节免疫等作用<sup>[10]</sup>。现代药理研究表明,梓醇在心血管疾病、糖尿病、肿瘤疾病、神经系统疾病等特殊疾病上的防治效果明显<sup>[11-12]</sup>;桃叶珊瑚苷在抗氧化、保护神经、护肝解毒、抗炎、抗骨质疏松等上功效显著<sup>[13-14]</sup>,能明显抑制乙型肝炎病毒DNA的复制和促进干细胞再生<sup>[15]</sup>。

目前,国内外对梓醇和桃叶珊瑚苷含量的研究多集中在玄参科的地黄属和玄参属、杜仲科的杜仲属以及车前科的车前草属等道地药材上<sup>[16]</sup>,而对野生化血丹这一民间天然药用植物资源的研究比较少。针对野生化血丹的研究还仅集中在对其根部的化学成分鉴定及部分成分的活性研究方面<sup>[17-20]</sup>,对其梓醇和桃叶珊瑚苷含量测定和不同部位中两个活性成分的比较未见报道。作为一味民族民间常用中草药,除以根为常用药用部位外,其他部位是否也具有相应的开发价值尚需进一步研究。基于此,本研究采用高效液相色谱(HPLC)法比较野生化血丹不同部位(根、茎、叶、花)中梓醇和桃叶珊瑚

苷的含量,探讨梓醇和桃叶珊瑚苷在野生化血丹全草中的分布,为其药用部位选择和资源的深度开发提供科学依据。

## 1 材料

### 1.1 仪器

1200型HPLC仪(美国安捷伦科技有限公司);SK5200H型超声波清洗器(上海科导超声仪器有限公司);ME204E型电子分析天平、CN61M/DZF型真空干燥箱(上海奥豪斯贸易有限公司)。

### 1.2 药品与试剂

野生化血丹新鲜样品采自云南省红河州,依据2015—2017年连续3年对样品来源所在野生居群化血丹生长发育规律的观察,样品在11~12月份采收为宜,此时野生化血丹约九成成熟度,样品经普洱市民族医药研究所张绍云主任药师鉴定为玄参科植物化血丹(*C. grandiflora* Benth.)的全株;梓醇(批号:L1210052,纯度: $\geq 97\%$ )、桃叶珊瑚苷(批号:C1603095,纯度: $\geq 98\%$ )对照品均购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司;甲醇、乙腈(德国Merck公司,色谱纯);磷酸(国药集团化学试剂有限公司,分析纯)。

## 2 方法与结果

### 2.1 样品的预处理

取自然风干的野生化血丹全株,于55  $^{\circ}$ C真空干燥至恒质量,按根、茎、叶、花等部位分别粉碎过4号筛,备用。

### 2.2 对照品溶液的制备

分别精密称定梓醇、桃叶珊瑚苷对照品1.23、1.08 mg,置于10 mL棕色量瓶中,加相应的流动相定容,摇

匀,制成质量浓度为0.123 mg/mL的梓醇对照品溶液和质量浓度为0.108 mg/mL的桃叶珊瑚苷对照品溶液。

### 2.3 供试品溶液的制备

精密称量根、茎、叶、花等部位样品粉末各0.5 g,置于具塞锥形瓶中,精密加入40%甲醇5 mL,摇匀并称定质量,超声处理(功率:250 W,频率:35 kHz)30 min,静置5 min,用40%甲醇补足减失的质量,吸取溶液,用0.45 μm的微孔滤膜滤过,即得。

### 2.4 梓醇和桃叶珊瑚苷测定的色谱条件

梓醇测定条件:色谱柱为Agilent TC-C<sub>18</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相为甲醇-0.1%磷酸溶液(1:99, V/V);检测波长为210 nm;流速为1 mL/min;进样量为20 μL;柱温为35 ℃。

桃叶珊瑚苷测定条件:色谱柱为SPHERI-5RP-C<sub>18</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相为乙腈-水(3:97, V/V);检测波长为205 nm;流速为1 mL/min;进样量为20 μL;柱温为25 ℃。

### 2.5 系统适用性试验

分别精密吸取两种对照品溶液和根、叶的供试品溶液,按“2.4”项下色谱条件分别进样测定,记录色谱图。结果发现,根、叶供试品中待测成分梓醇、桃叶珊瑚苷的峰面积适中,与其他成分可达到基线分离,分离度均大于2.0;且梓醇理论板数不低于9 000、桃叶珊瑚苷理论板数不低于5 000,分离效果良好。典型色谱图见图1、图2。

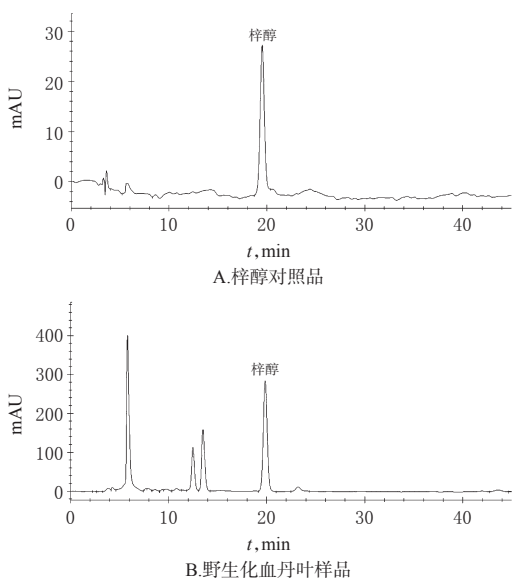


图1 梓醇对照品及野生化血丹叶样品HPLC图  
Fig 1 HPLC chromatograms of catalpol reference and the leaves of wild *C. grandiflora*

### 2.6 线性关系考察

分别制备梓醇质量浓度为0.061 5、0.092 25、0.123、0.153 75、0.184 5、0.553 5、1.107、3.321 mg/mL的系列对

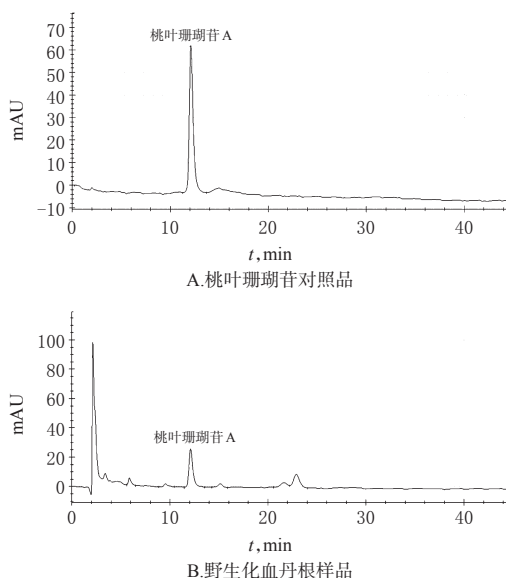


图2 桃叶珊瑚苷对照品及野生化血丹根样品的HPLC图

Fig 2 HPLC chromatograms of aucubin reference and the root of wild *C. grandiflora*

照品溶液和桃叶珊瑚苷质量浓度为0.000 36、0.003 6、0.036、0.072、0.108、0.144、0.180、0.216 mg/mL的系列对照品溶液。在“2.4”项色谱条件下进样测定,记录峰面积。以对照品溶液质量浓度为横坐标(x),峰面积为纵坐标(y)绘制标准曲线,得到梓醇、桃叶珊瑚苷的回归方程分别为 $y=7\ 097\ 432.24x+3\ 001.34$  ( $r=0.999\ 9$ )和 $y=16\ 899\ 435.83x+1\ 356.56$  ( $r=0.999\ 9$ ),表明梓醇、桃叶珊瑚苷在进样质量浓度分别为0.061 5~3.321、0.000 36~0.216 mg/mL范围内与其峰面积线性关系良好。

### 2.7 检测限试验

取梓醇和桃叶珊瑚苷对照品,按“2.2”项下制备成对照品溶液后,按“2.4”项下色谱条件进样测定,以信噪比为3计,梓醇和桃叶珊瑚苷的检测限分别为0.016 μg/mL和0.007 μg/mL。

### 2.8 定量限试验

取梓醇和桃叶珊瑚苷对照品,按“2.2”项下方法制备成对照品溶液后,按“2.4”项下色谱条件进样测定,以信噪比为10计,梓醇和桃叶珊瑚苷的定量限分别为0.052 μg/mL和0.023 μg/mL。

### 2.9 精密度试验

精密吸取“2.2”项下两种对照品溶液各20 μL,分别按“2.4”项下色谱条件进样测定,连续进样6次,记录峰面积。结果,梓醇、桃叶珊瑚苷峰面积的RSD分别为0.68%、0.63% ( $n=6$ ),表明仪器具有良好进样精密度。

### 2.10 稳定性试验

取野生化血丹根供试品溶液,分别在放置0、2、4、8、12、24 h后,按“2.4”项下色谱条件进样测定,记录峰面

积。结果,梓醇、桃叶珊瑚苷峰面积的RSD分别为0.44%、0.75% ( $n=6$ ),表明在24 h内供试品溶液稳定。

### 2.11 重复性试验

取野生化血丹根、茎、叶、花4个部位样品粉末各6份,每份约0.5 g,精密称定,按“2.3”项下方法制备成供试品溶液后,按“2.4”项下方法进样测定,记录峰面积并计算梓醇和桃叶珊瑚苷含量。结果,根、茎、叶、花中梓醇含量的RSD分别为1.22%、0.50%、0.40%、1.75% ( $n=6$ ),桃叶珊瑚苷含量的RSD分别为0.74%、0.50%、0.44%、1.67% ( $n=6$ ),表明所建立方法具有良好的重复性。

### 2.12 加样回收率试验

精密称取6份已知梓醇、桃叶珊瑚苷含量的野生化血丹根粉末样品,每份约0.25 g,同时按已知含量的100%精密加入梓醇和桃叶珊瑚苷对照品,按“2.4”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算回收率。结果,梓醇、桃叶珊瑚苷的平均回收率分别为99.34%、99.61%,RSD分别为1.06%、1.12% ( $n=6$ ),表明该方法准确度较好。加样回收率测定结果见表1。

表1 加样回收率试验结果( $n=6$ )

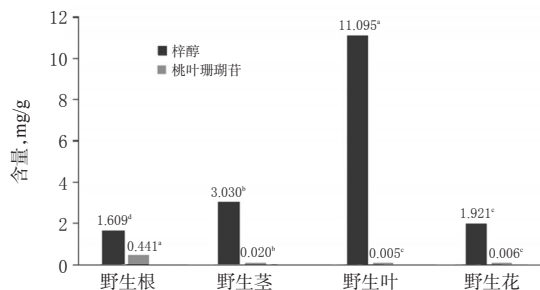
Tab 1 Results of recovery tests( $n=6$ )

成分	称样量, mg	样品中含量, $\mu\text{g}$	加入量, $\mu\text{g}$	测得量, $\mu\text{g}$	回收率, %	平均回收率, %	RSD, %
梓醇	252.00	404.96	405.90	811.43	100.14	99.34	1.06
	249.80	401.43	405.90	796.32	97.29		
	249.90	401.59	405.90	804.75	99.32		
	251.30	403.84	405.90	810.27	100.13		
	250.00	401.75	405.90	805.41	99.52		
	253.00	406.57	405.90	810.89	99.61		
桃叶珊瑚苷	252.00	111.13	108.00	219.28	100.14	99.61	1.12
	249.90	110.21	108.00	219.25	100.96		
	249.90	110.21	108.00	217.53	99.37		
	251.00	110.69	108.00	216.18	97.68		
	250.00	110.25	108.00	218.41	100.14		
	253.50	111.79	108.00	219.11	99.37		

### 2.13 样品含量测定

取野生化血丹各部位样品各约0.5 g,平行称取6份,按“2.3”项下方法制备供试品溶液后,按“2.4”项下色谱条件进样测定,记录峰面积,采用Excel 2010处理计算梓醇和桃叶珊瑚苷的含量,然后采用SPSS 22.0软件对野生化血丹不同部位中梓醇和桃叶珊瑚苷的含量进行LSD多重比较。结果,在野生化血丹中,梓醇和桃叶珊瑚苷在根、茎、叶、花4个部位中均有分布,且在各部位间的含量存在明显差异。其中梓醇主要分布在叶中,约是根中含量的6.9倍、茎中含量的3.7倍、花中含量的5.8倍,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );而桃叶珊瑚苷主要分布在根中,约是叶中含量的88.0倍、茎中含量的22.0倍、花中含量的73.3倍,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。野生化血丹中不同药用部位中桃叶珊瑚苷和梓

醇含量比较结果见图3。



注:同一指标不同部位间,若字母相同,则表示差异无统计学意义( $P>0.05$ );若字母不同,则表示差异有统计学意义( $P<0.05$ )

Note: if there are same letters in the same index among different parts, it indicates the difference is not statistically significant ( $P>0.05$ ); if the letters are different, then it indicates the difference is statistically significant ( $P<0.05$ )

图3 野生化血丹中不同药用部位中梓醇和桃叶珊瑚苷含量比较

Fig 3 Comparison of the contents of catalpol and aucubin in different medicinal parts of wild *C. grandiflora*

## 3 讨论

### 3.1 提取方法的选择与流动相的确定

在2015年版《中国药典》(一部)(后文简称药典)中<sup>[21]</sup>,采用HPLC法测定玄参科地黄属植物生地黄中梓醇含量时是以甲醇为溶剂来制备供试品溶液的。据文献报道,不同体积分数的甲醇对梓醇的提取效果不同<sup>[22]</sup>,故在前期预试验中,笔者先以20%、40%、70%、100%甲醇为溶剂进行梓醇提取,结果以40%甲醇为溶剂时效果最好。此外,本研究是以药典<sup>[21]</sup>和马运明等<sup>[22]</sup>报道的测定生地黄中梓醇和桃叶珊瑚苷的HPLC法为参照进行的色谱条件设定。化血丹和地黄虽同属于玄参科,但不同的流动相溶剂组成及比例对不同天然药用植物有效成分的分离效果有一定差异,故在前期研究中笔者分别考察了体积比为1:99、2:98、3:97、4:96的乙腈-水和甲醇-0.1%磷酸溶液作为流动相时的分离效果,结果梓醇以甲醇-0.1%磷酸溶液(1:99,  $V/V$ )为流动相时分离效果最佳,桃叶珊瑚苷以乙腈-水(3:97,  $V/V$ )为流动相时分离效果最佳。

### 3.2 药用部位及有效成分指标的选择

参考药典中玄参科模式药材生地黄项下对梓醇含量不得少于0.20% (2.0 mg/g)的规定,野生化血丹叶和茎中梓醇的含量均符合药典规定,且叶中梓醇含量是药典规定最低含量的5倍以上,这为拓宽提取梓醇天然药用植物来源和高含量部位筛选以大量生产梓醇提供了可能性。在历版《中国药典》中,对玄参科药材的质量控制和评价多以环烯醚萜苷类成分作为指标,而梓醇和桃叶珊瑚苷均为环烯醚萜苷类成分,其在抗肿瘤、抗氧化、

抗骨质疏松、降血糖、保肝护肝、保护神经、保护心脏等方面具有一定功效<sup>[11-14]</sup>。同属于玄参科植物的生地黄是以梓醇和毛蕊花糖苷为主要质量控制指标,虽然以梓醇和桃叶珊瑚苷同时作为质量控制指标的药用植物暂未见报道,但原卫生部《药品标准》收录的杜仲平压片和复方荔枝草颗粒剂等药品生产中均将桃叶珊瑚苷作为主要成分和质量控制的重要指标之一<sup>[23]</sup>,而野生化血丹根中桃叶珊瑚苷含量远高于其他部位,故可考虑将其根部作为原料来开发新型药物,以利用其中的桃叶珊瑚苷这一生物活性成分。

### 3.3 测定结果的分析比较

化血丹作为云南民间常用药用植物,在新型药物和保健食品开发方面具有广阔的潜力,目前其习惯入药和产品开发部位为根部。本研究结果表明,野生化血丹不同部位中梓醇和桃叶珊瑚苷含量存在显著差异,梓醇含量高低为叶>茎>花>根,其在叶中的含量比在其他部位高3.7~6.9倍,各部位间梓醇含量均存在显著性差异;桃叶珊瑚苷含量高低为根>茎>花>叶,根中含量为0.441 mg/g,比其他部位高22.0~88.0倍,其含量在根和茎间存在显著差异,叶和花间差异不明显。以上结果初步说明,除可利用野生化血丹的根部外,其他植物部位也有一定的开发利用价值。然而,要合理利用野生化血丹资源,还需依据其药用功效和用途合理选择部位入药和产品开发。

综上,本研究建立了测定野生化血丹中梓醇和桃叶珊瑚苷含量的方法,并比较了两个成分在其根、茎、叶、花4个部位中的含量差异,该结果可为野生化血丹这一天然植物资源的开发利用提供一定的试验参考。

### 参考文献

- [1] 廖立平,张紫佳,胡之壁,等.大花胡麻草环烯醚萜苷类化学成分研究[J].中草药,2012,43(12):2369-2371.
- [2] 中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科技出版社,2013:25-27.
- [3] 中华本草编辑委员会.中华本草[M].上海:上海科学技术出版社,1999:55-56.
- [4] 廖立平.化血丹化学成分与活性研究[D].上海:上海中医药大学,2014.
- [5] 胡琼.野蚕豆根的化学成分研究[J].中医临床研究,2016,8(22):49-53.
- [6] 邹献亮,陈颢,华腊,等.一测多评法同时测定熟地黄4种苯乙醇苷[J].中成药,2019,41(5):1085-1090.
- [7] 陶曙红,郭丽冰,陈艳芬,等.环烯醚萜类成分提取分离与含量测定方法的研究进展[J].中成药,2016,38(12):2665-2668.
- [8] LIU J, LING JY. Development of iridoids in recent years [J]. *Strait Pharm J*, 2004, 28(8): 987-993.
- [9] WANG JH, ZOU L, WAN D, et al. Research progress of catalpol on related signal pathways[J]. *Chin Pharmacol Bull*, 2015, 31(9): 1189-1194.
- [10] 孙玲,樊晓兰,戴小丽. HPLC-QAMS法测定不同产地19批山茱萸中5种环烯醚萜苷类成分的含量[J]. 中国药房, 2018, 29(15): 2063-2067.
- [11] 董焯,陈长勋.梓醇药理作用的研究进展[J].中成药,2013,35(5):1047-1049.
- [12] TONG SQ, CHEN L, ZHANG Q, et al. Separation of catalpol from *Rehmannia glutinosa* Libosch. by high-speed countercurrent chromatography[J]. *J Chromatogr Sci*, 2015, 53(5): 725-729.
- [13] 朱媛,王亚琴.桃叶珊瑚苷的研究进展[J].中草药,2006,37(6):947-949.
- [14] 韩曼飞,张刘强,李医明.天然桃叶珊瑚苷及其衍生物的化学结构和药理作用研究进展[J].中草药,2017,48(19):4105-4113.
- [15] 刘军海,裘爱泳,任惠兰.正交实验优化杜仲叶中桃叶珊瑚苷提取工艺[J].食品研究与开发,2008,29(1):99-102.
- [16] 薛宏宇,韩震,李光坤,等.桃叶珊瑚苷提取及对细胞氧化损伤保护作用[J].光谱实验室,2013,30(5):2202-2206.
- [17] 杨抒雨,俞桂新.民族药野蚕豆根抗心肌缺血和抗凝血作用研究[J].时珍国医国药,2017,28(9):2099-2103.
- [18] 黄传君,赵方正,张才擎.生地黄有效成分梓醇药理作用机制研究进展[J].上海中医药杂志,2017,51(2):93-97.
- [19] XIA ZM, WANG FF, ZHOU S, et al. Catalpol protects synaptic proteins from beta-amyloid induced neuron injury and improves cognitive functions in aged rats[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(41): 9303-9315.
- [20] 王静欢,刘珂,万东,等.梓醇对大脑皮质神经元的抗衰老保护作用研究[J].中国药理学通报,2017,33(12):1691-1697.
- [21] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:125.
- [22] 马运明,郭建华,田成旺,等. HPLC法测定鲜地黄中梓醇和桃叶珊瑚苷[J].中草药,2011,42(7):1348-1350.
- [23] 吉雪琪.地黄中梓醇含量变化及萜类合成关键酶基因表达的初步研究[D].北京:北京协和医学院,2014.

(收稿日期:2019-05-29 修回日期:2019-07-19)

(编辑:林静)