

# GC-MS法分析透骨香根和茎叶中挥发性成分的差异<sup>Δ</sup>

蒲健<sup>1\*</sup>, 晏婷<sup>2,3</sup>, 蒯晴叶<sup>2,3</sup>, 王爱民<sup>3</sup>, 郑林<sup>3</sup>, 李勇军<sup>4</sup>, 黄勇<sup>3#</sup>(1. 贵州益佰制药股份有限公司, 贵阳 550008; 2. 贵州医科大学药学院, 贵阳 550004; 3. 贵州医科大学贵州省药物制剂重点实验室/药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵阳 550004; 4. 贵州医科大学民族药与中药开发应用教育部工程研究中心, 贵阳 550004)

中图分类号 R282 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2020)14-1695-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2020.14.06

**摘要** 目的: 比较透骨香根和茎叶中挥发性成分的差异。方法: 采用水蒸气蒸馏法提取透骨香根和茎叶的挥发油, 并用气质联用技术对其化学成分进行分析, 使用美国国家标准与技术局2011标准质谱图库进行检索, 选择匹配度高于80的色谱峰, 结合相关文献进行鉴定, 并通过峰面积归一化法计算各化学成分的相对百分含量。结果: 从透骨香根挥发油中分析检测出95个色谱峰, 鉴定出54种化学成分, 占根挥发性成分总含量的82.35%, 其中相对含量较高的成分有水杨酸甲酯(20.30%)、棕榈酸(19.86%)、亚油酸(9.26%)、菲(4.37%)等; 从透骨香茎叶挥发油中分析检测出69个色谱峰, 鉴定出46种化学成分, 占茎叶挥发性成分总含量的97.10%, 其中相对百分含量较高的成分有水杨酸甲酯(86.72%)、棕榈酸(2.60%)、亚麻酸(1.25%)等。两者均含有烯烃类、酯类、酸类等共有成分16个。结论: 透骨香根和茎叶中挥发性成分主要为酯类和酸类, 二者成分种类有一定的相似性, 但根中酸类成分含量较高, 茎叶中酯类成分含量较高。

**关键词** 透骨香; 根; 茎叶; 挥发性成分; 水蒸气蒸馏法; 气质联用技术

## Difference Analysis of Volatile Components in Roots, Stems and Leaves of *Gaultheria yunnanensis* by GC-MS

PU Jian<sup>1</sup>, YAN Ting<sup>2,3</sup>, KUAI Qingye<sup>2,3</sup>, WANG Aimin<sup>3</sup>, ZHENG Lin<sup>3</sup>, LI Yongjun<sup>4</sup>, HUANG Yong<sup>3</sup>(1. Guizhou Yibai Pharmaceutical Co., Ltd., Guiyang 550008, China; 2. School of Pharmacy, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; 3. Guizhou Provincial Key Laboratory of Pharmaceutical Preparations/State Key Laboratory of Medicinal Plant Efficacy and Utilization, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; 4. Education Ministry Engineering Research Center for the Development and Application of Ethnic Medicine and TCM, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To compare the volatile components extracted from the roots, stems and leaves of *Gaultheria yunnanensis*. METHODS: Steam distillation method was used to extract the volatile oils from roots, stems and leaves of *G. yunnanensis*. Chemical constituents were analyzed by GC-MS. NIST 2011 standard mass spectral library was adopted to select the chromatographic peak with a matching degree higher than 80, and combined with relevant literatures for identification. Relative percentages of chemical constituents were calculated by peak area normalization. RESULTS: Totally 95 chromatographic peaks were detected in volatile oil from the roots of *G. yunnanensis* and 54 chemical constituents were identified, accounting for 82.35% of the total content of root volatile components. The constituents with relatively high content were methyl salicylate (20.30%), *n*-hexadecanoic acid (19.86%), (*Z,Z*)-9,12-octadecadienoic acid (9.26%), phenanthrene (4.37%) and so on. Totally 69 chromatographic peaks were detected in volatile oil from the stems and leaves of *G. yunnanensis* and 46 chemical constituents were identified, accounting for 97.10% of the total content of volatile components in stems and leaves. The constituents with relatively high content were methyl salicylate (86.72%), *n*-hexadecanoic acid (2.60%), (*Z,Z,Z*)-9,12,15-octadecatrienoic acid (1.25%)

<sup>Δ</sup> 基金项目: 国家重点研发计划项目(No.2018YFC1708100); 国家自然科学基金资助项目(No.81960763, No.U1812403); 贵州省科技计划项目(No.黔科合平台人才[2019]5407, No.黔科合平台人才[2019]5660, No.黔科合平台人才[2017]5601); 中央引导地方科技发展专项资金项目(No.黔科中引地[2018]4006); 贵阳市科技计划项目(No.筑科合同[2017]30-29号)

\* 药师。研究方向: 中药质量控制及新药研发。电话: 0851-86908468。E-mail: 1037930332@qq.com

# 通信作者: 教授, 博士。研究方向: 中药药效物质基础及新药研发。电话: 0851-86908468。E-mail: mailofhy@126.com

and so on. Both of them contained 16 common constituents such as alkenes esters, acids and so on. CONCLUSIONS: The chemical constituents of volatile oils extracted from the roots, stems and leaves of *G. yunnanensis* are mainly esters and acids. The components are similar to each other, but the contents of acids in the roots and esters in the leaves and stems are higher.

**KEYWORDS** *Gaultheria yunnanensis*; Roots; Stems and leaves; Volatile components; Steam distillation; GC-MS

透骨香来源于杜鹃花科(*Ericaceae*)白珠树属植物滇白珠[*Gaultheria yunnanensis* (Franch.) Rehd.]，主要分布于我国云南、贵州、四川、广西等地。该药性平、味辛，具有清热解毒、活血祛瘀、祛风除温、降气平喘等功效，可用于治疗眩晕、风寒感冒、咳嗽哮喘、闭经、风湿痹症、跌扑肿痛等症<sup>[1]</sup>。我国苗族、白族、纳西族、布依族、彝族等9个少数民族均有以透骨香入药的情况<sup>[2-3]</sup>。以该药为主药的民族药成方制剂有“金骨莲胶囊”“复方透骨香药乳”“清痹通络药酒”等<sup>[4]</sup>，但其中透骨香的药用部位较为混乱。透骨香在《中华本草(苗药卷)》、《贵州省中药材、民族药材质量标准》(2003年版)、《云南省中药材标准(第2册彝族药)》中均有记载，但药用部位不尽相同，其中《中华本草(苗药卷)》记载的药用部位为“全株或根”<sup>[6]</sup>，《贵州省中药材、民族药材质量标准》(2003年版)记载的药用部位为“全株”<sup>[6]</sup>，《云南省中药材标准(第2册彝族药)》记载的药用部位为“茎叶”<sup>[7]</sup>。挥发油是透骨香的主要化学成分类型之一<sup>[8]</sup>，鉴于其药用部位不尽相同的现状，且目前尚未见关于透骨香不同药用部位挥发性成分比较研究的文献报道，本研究拟采用气质联用技术(GC-MS)分析透骨香根和茎叶中挥发性成分的差异，旨在为有效开发利用透骨香药材资源提供数据参考。

## 1 材料

### 1.1 仪器

GC7890A-MS5975C型GC-MS仪(美国Agilent公司);挥发油提取器、圆底烧瓶、水蒸气蒸馏装置、JP-3000型中药粉碎机均购自永康市久品工贸有限公司;98-1-B型电子调温电热套(天津市泰斯特仪器有限公司);MTN-2800D型氮吹仪(天津奥特赛奥斯仪器有限公司)。

### 1.2 药品与试剂

透骨香药材(批号: TGX20170617)由贵州益佰制药股份有限公司提供,经贵州中医药大学药学院魏升华教授鉴定为杜鹃花科白珠树属植物滇白珠[*G. yunnanensis* (Franch.) Rehd.]的干燥全草;正己烷、无水硫酸钠等其余试剂均为分析纯,水为超纯水。

## 2 方法与结果

### 2.1 透骨香根和茎叶挥发油的提取与处理

分别称取干燥透骨香根、茎叶各300 g,粉碎后分别置于圆底烧瓶中,加水2 100 mL,使用2015年版《中国药典》(四部)中“挥发油测定法”项下的仪器装置<sup>[9]</sup>,加入正己烷5 mL后,将该装置和蒸馏装置连接,采用水蒸气蒸馏法<sup>[9]</sup>蒸馏6 h,收集正己烷层,经无水硫酸钠脱水干燥后,收集有机层,于4 ℃下以6 000 r/min离心6 min,取上清液,用氮气流吹干,再用正己烷稀释至2 mL,密封,置于-20 ℃下保存。

### 2.2 GC-MS条件

2.2.1 GC条件 色谱柱:DB-5 MS毛细管柱(30 m×

0.25 mm, 0.25 μm),升温程序:60 ℃保持2 min,以5 ℃/min升温至270 ℃,再以10 ℃/min升温至315 ℃,保持5 min;进样口温度:250 ℃;载气:氦气;载气流速:1 mL/min;进样模式:不分流进样;进样量:1 μL。

2.2.2 MS条件 电子轰击离子源;离子源温度:230 ℃;四极杆温度:150 ℃;接口温度:280 ℃;电子能量:70 eV;扫描范围:30~400 amu;溶剂延迟时间:3.5 min;扫描模式:全扫描模式。

### 2.3 透骨香挥发性成分分析

取“2.1”项下透骨香根和茎叶挥发油各1 μL,按“2.2”项下GC-MS条件进样测定,记录色谱图。使用美国国家标准与技术局(NIST)2011标准质谱图库进行检索,选择匹配度高于80的色谱峰,结合相关文献<sup>[10]</sup>对图谱进行解析,确定各化学成分,并采用峰面积归一化法计算各成分的相对百分含量。透骨香根和茎叶中挥发性成分的总离子流图见图1,其组成见表1。

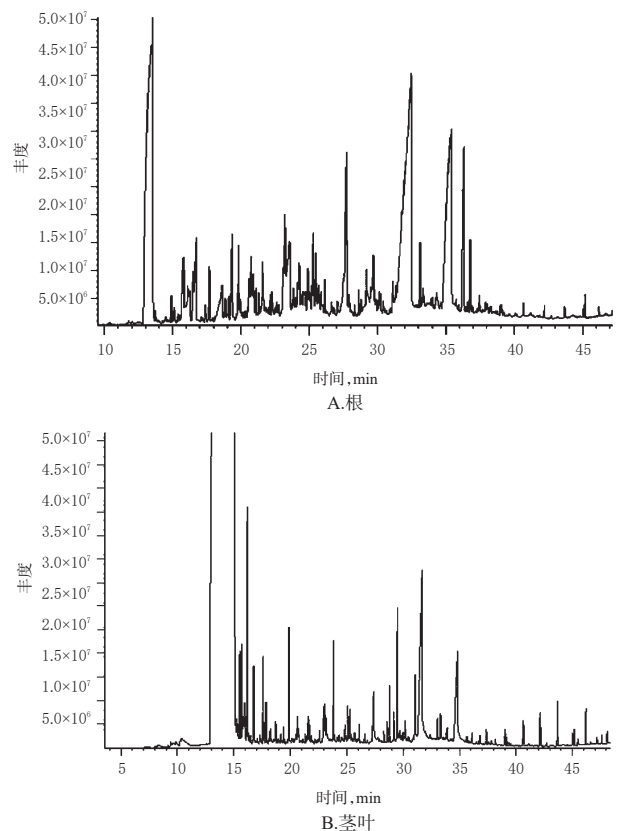


图1 透骨香根和茎叶中挥发性成分的总离子流图  
Fig 1 Total ion chromatograms of volatile components from the roots, stems and leaves of *G. yunnanensis*

从透骨香根挥发油中检测出95个色谱峰,鉴定出其中54种化学成分,占根挥发性成分总含量的82.35%,分别为:烯烴类8种(2.66%)、酯类3种(21.79%)、杂环类1种(0.26%)、酮类3种(3.07%)、酸类8种(38.26%)、苯环类13种(11.34%)、醛类4种(0.96%)、醇类4种

表1 透骨香根和茎叶中挥发性成分的组成

Tab 1 Composition of volatile components from the roots, stems and leaves of *G. leucocarpa*

种类	序号	保留时间, min	中文名称	英文名称	分子式	相对百分含量,%	
						根	茎叶
烯烃类	1	14.909	(Z)-2-癸烯	(Z)-2-decenal	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.18	-
	2	18.858	长叶烯	Longifolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.27	-
	3	19.101	石竹烯	Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.31	-
	4	19.171	$\alpha$ -柏木烯	2, 3, 4, 7, 8, 8a-Hexahydro-3, 6, 8, 8-tetramethyl-[3R-(3 $\alpha$ , 3 $\beta$ , 7 $\beta$ , 8 $\alpha$ )-1H-3a, 7-methanoazulene]	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	-	0.05
	5	21.078	$\alpha$ -茂烯	$\alpha$ -muurolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.34	-
	6	22.029	巴伦西亚橘烯	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro-1, 8a-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-[1R-(1 $\alpha$ , 7 $\beta$ , 8 $\alpha$ )]-naphthalene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.12	-
	7	24.260	[1aS-(1 $\alpha\alpha$ , 3 $\alpha\alpha$ , 7 $\alpha\beta$ , 7 $\beta$ )]-十氢-1, 1, 3a-三甲基-7-亚甲基-一氢-环丙烷[a]萘	[1aS-(1 $\alpha\alpha$ , 3 $\alpha\alpha$ , 7 $\alpha\beta$ , 7 $\beta$ )]-decahydro-1, 1, 3a-trimethyl-7-methylene-1H-cyclopropa[a]naphthalene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.20	0.03
	8	35.928	1-二十烯	1-eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	0.10	-
	9	45.182	角鲨烯	Squalene	C <sub>30</sub> H <sub>50</sub>	0.14	-
酯类	10	9.399	碳酸2-(5-甲基-5-烯基四氢呋喃-2-基)丙-2-基乙酯	Ethyl 2-(5-methyl-5-vinyltetrahydrofuran-2-yl)propan-2-yl carbonate	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	-	0.05
	11	13.521	水杨酸甲酯	Methyl salicylate	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	20.30	86.72
	12	15.093	水杨酸乙酯	2-hydroxy benzoic acid ethylester	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.33
	13	23.147	2-羟基-4-甲氧基-6-甲基-苯甲酸甲酯	2-hydroxy-4-methoxy-6-methyl-benzoic acid methylester	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	-	0.20
	14	25.297	水杨酸己酯	<i>n</i> -hexylsalicylate	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	-	0.18
	15	29.176	邻苯二甲酸异丁基酯	Phthalic acid isobutyl nonyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub>	-	0.11
	16	29.192	邻苯二甲酸二异丁酯	1,2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester	C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	1.30	-
	17	29.489	柳酸苜酯	2-hydroxybenzoic acid phenylmethyl ester	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	-	0.06
	18	31.072	邻苯二甲酸-1-丁酯-2-异丁酯	1,2-benzenedicarboxylic acid-butyl-2-methylpropylester	C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	-	0.33
	19	42.130	五氟丙酸二十烷基酯	Eicosyl pentafluoropropionate	C <sub>25</sub> H <sub>44</sub> F <sub>5</sub> O <sub>2</sub>	-	0.16
杂环类	20	16.179	黄樟素	Safrole	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	-	0.98
	21	27.058	萘[2,1-b]噻吩	Naphtho[2,1-b]thiophene	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> S	0.26	-
酮类	22	15.763	(Z)-5-丁基二氢-4-甲基-2(三氢)-呋喃酮	(Z)-5-butylidihydro-4-methyl-2(3H)-furanone	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1.58	-
	23	19.825	香叶基丙酮	(E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1.09	-
	24	20.662	$\beta$ -紫罗酮	(E)- $\beta$ -ionone	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	-	0.19
	25	22.272	3,4-二氢-8-羟基-3-甲基-一氢-2-苯并吡喃-1-酮	3,4-dihydro-8-hydroxy-3-methyl-1H-2-benzopyran-1-one	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0.40	-
	26	28.792	植酮	6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.18
酸类	27	15.947	壬酸	Nonanoic acid	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.94	0.41
	28	18.615	正癸酸	<i>n</i> -decanoic acid	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH	1.48	0.14
	29	23.552	十二烷酸	Dodecanoic acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	2.69	0.36
	30	27.372	肉豆蔻酸	Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	-	0.38
	31	29.678	十五烷酸	Pentadecanoic acid	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1.58	-
	32	31.380	棕榈油酸	Palmitoleic acid	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.54	-
	33	32.455	棕榈酸	<i>n</i> -hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	19.86	2.60
	34	33.325	2-羟基-2-(2-羟基苯甲酰基)酰肼-苯甲酸	2-hydroxy-2-(2-hydroxybenzoyl)hydrazide-benzoic acid	C <sub>17</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S	-	0.13
	35	34.783	亚麻酸	(Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	-	1.25
	36	35.307	亚油酸	(Z,Z)-9,12-octadecadienoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	9.26	-
苯环类	37	35.388	油酸	Oleic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.91	-
	38	4.786	邻二甲苯	<i>O</i> -xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0.11	-
	39	16.476	2,3,6-三氯甲苯	1,2,4-trichloro-3-methyl-benzene	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>3</sub>	-	0.05
	40	17.383	2-甲氧基-3-(2-丙烯基)-苯酚	2-methoxy-3-(2-propenyl)-phenol	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	0.16	-
	41	18.718	甲基丁香酚	Methyleugenol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	-	0.12
	42	21.327	2,4-二叔丁基苯酚	2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-phenol	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	0.35	0.03
	43	23.207	蒎	Fluorene	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	2.41	-
	44	25.270	1,6-二甲苯-4-(1-甲基乙基)-萘	1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-naphthalene	C <sub>17</sub> H <sub>18</sub>	1.24	-
	45	25.697	六氯苯	Hexachlorobenzene	C <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	-	0.08
	46	25.865	1-甲基蒎	1-methyl-9H-fluorene	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub>	0.54	-
	47	27.712	菲	Phenanthrene	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	4.37	-
	48	27.912	蒽	Anthracene	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	0.11	-
	49	30.024	1-甲基蒽	1-methyl-1-anthracene	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub>	0.15	-
	50	30.137	2-甲基菲	2-methyl-phenanthrene	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub>	0.43	-
	51	30.418	四氢-环戊菲	4H-cyclopenta[def]phenanthrene	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub>	0.21	-
	52	33.114	异丙基-1,1,4a-三甲基-1,2,3,4,4a,9,10,10a-八氢菲	Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydrophenanthrene	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub>	0.63	0.08
	53	33.319	荧蒽	Fluoranthene	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	0.63	-

续表 1  
Continued tab 1

醛类	54	13.721	( <i>E,E</i> )-2,4-壬二烯醛	( <i>E,E</i> )-2,4-nonadienal	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	0.09	-
	55	15.531	<i>E</i> -2-癸烯醛	( <i>E</i> )-2-decenal	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-	0.26
	56	16.757	<i>E</i> -2,4-癸二烯醛	( <i>E,E</i> )-2,4-decadienal	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-	0.31
	57	26.108	十五醛	Pentadecanal	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	-	0.06
	58	26.135	十四醛	Tetradecanal	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O	0.47	-
	59	28.317	十六醛	Hexadecanal	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	0.20	-
	60	28.598	(4 <i>E</i> ,8 <i>E</i> )-5,9,13-三甲基十四碳-4,8,12-三烯醛	(4 <i>E</i> ,8 <i>E</i> )-5,9,13-trimethyl-4,8,12-tetradecatrienal	C <sub>17</sub> H <sub>30</sub> O	0.20	0.07
醇类	61	16.703	( <i>E</i> )-3-甲基-4-辛醇	( <i>E</i> )-3-methyl-4-octanolide	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1.55	-
	62	22.607	橙花叔醇	( <i>E</i> )-3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	-	0.04
	63	23.844	柏木脑	Cedrol	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	-	0.36
	64	24.374	(2 <i>R-Z</i> )-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,7-八氢- $\alpha$ , $\alpha$ ,4 <i>a</i> ,8-四甲基-2-萘甲醇	(2 <i>R-Z</i> )-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,7-ctahydro- $\alpha$ , $\alpha$ ,4 <i>a</i> ,8-tetramethyl-2-naphthalenemethanol	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	0.50	-
	65	24.903	$\alpha$ -葎橙茄醇	$\alpha$ -cadinol	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	0.71	0.12
	66	37.905	铁锈醇	Ferruginol	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	0.09	-
	67	38.176	4,8,12,16-四甲基十七烷-4-醇化物	4,8,12,16-tetramethylheptadecan-4-olide	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	-	0.02
	68	45.506	十八烷基-1-醇	Octadecen-1-ol	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.03
烷烃类	69	33.897	植烷	2,6,10,14-tetramethylhexadecane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.16	-
	70	34.648	1-(1,5-二甲基己基)-4-(4-甲基戊基)-环己烷	1-(1,5-dimethylhexyl)-4-(4-methylpentyl)-cyclohexane	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	0.20	-
	71	35.658	正十七烷	Heptadecane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	-	0.04
	72	35.761	硬脂基溴	1-bromooctadecane	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> Br	0.20	-
	73	36.112	( <i>Z</i> )-双环[10.8.0]二十烷	( <i>Z</i> )-bicyclo[10.8.0]eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	-	0.04
	74	37.387	正二十六烷	Hexacosane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	-	0.06
	75	37.452	二十二烷	Docosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.21	-
	76	38.970	环二十四烷	Cyclotetracosane	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub>	-	0.02
	77	39.094	正二十四烷	Tetracosane	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	0.07	0.05
	78	40.688	二十五烷	Pentacosane	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0.11	0.10
	79	45.058	二十八烷	Octacosane	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	0.07	-
	80	46.198	正二十烷	Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.04	0.15
	81	47.191	1-氯-二十七烷	1-chloroheptacosane	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub> Cl	0.07	0.02
	82	47.597	1,2-环氧十八烷	Hexadecyl-oxirane	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.03
	83	48.088	正二十八烷	Octadecane	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	0.03	0.09
	84	48.088	正二十一烷	Heneicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	-	0.03

注：“-”表示未检出

Note:“-”means not detected

(2.85%)、烷烃类 10 种(1.16%)。其中,相对百分含量较高的挥发性成分有:水杨酸甲酯(20.30%)、棕榈酸(19.86%)、亚油酸(9.26%)、菲(4.37%)、十二烷酸(2.69%)、芴(2.41%)等。

从透骨香茎叶挥发油中检测出 69 个色谱峰,鉴定出其中 46 种化学成分,占茎叶挥发性成分总含量的 97.10%,分别为:烯炔类 2 种(0.08%)、酯类 9 种(88.14%)、杂环类 1 种(0.98%)、酮类 2 种(0.37%)、酸类 7 种(5.27%)、苯环类 5 种(0.36%)、醛类 4 种(0.70%)、醇类 5 种(0.57%)、烷烃类 11 种(0.63%)。其中,相对百分含量较高的挥发性成分有:水杨酸甲酯(86.72%)、棕榈酸(2.60%)、亚麻酸(1.25%)等。

## 2.4 透骨香根和茎叶挥发性成分比较

2.4.1 共有成分 透骨香根和茎叶挥发油中共有成分 16 个,分别占根或茎叶挥发性成分总含量的 48.87% 和 91.30%。其中,共有烯炔类 1 种,相对百分含量分别为 1.20%、0.03%;酯类 2 种,相对百分含量分别为 20.49%、87.05%;酸类 4 种,相对百分含量分别为 24.97%、3.51%;苯环类 2 种,相对百分含量分别为 0.98%、

0.11%;醛类 1 种,相对百分含量分别为 0.20%、0.07%;醇类 1 种,相对百分含量分别为 0.71%、0.12%;烷烃类 5 种,相对百分含量分别为 0.32%、0.41%。

2.4.2 独有成分 与透骨香茎叶挥发性成分比较,透骨香根独有的挥发性成分有 38 种,占根挥发性成分总含量的 33.48%,其中烯炔类 7 种(1.46%)、酯类 1 种(1.30%)、杂环类 1 种(0.26%)、酮类 3 种(3.07%)、酸类 4 种(13.29%)、苯环类 11 种(10.36%)、醛类 3 种(0.76%)、醇类 3 种(2.14%)、烷烃类 5 种(0.84%)。与透骨香根挥发性成分比较,透骨香茎叶独有的挥发性成分有 30 种,占茎叶挥发性成分总含量的 5.80%,其中烯炔类 1 种(0.05%)、酯类 7 种(1.09%)、杂环类 1 种(0.98%)、酮类 2 种(0.37%)、酸类 3 种(1.76%)、苯环类 3 种(0.25%)、醛类 3 种(0.63%)、醇类 4 种(0.45%)、烷烃类 6 种(0.22%)。

对比根和茎叶中挥发性成分发现,两者均含有较多的酯类(21.79%、88.14%)、酸类(38.26%、5.27%)成分;两者主要成分的种类具有一定的相似性,都含有水杨酸甲酯(20.30%、86.72%)、棕榈酸(19.86%、2.60%),且上

述两种成分在挥发性成分总含量中所占比例均较大,但在根和茎叶中的含量具有明显差异。根中酸类成分的含量较茎叶高,茎叶中酯类成分的含量较根高。根和茎叶中均含有烯炔类、酯类、杂环类、酮类、酸类、苯环类、醛类、醇类、烷烃类成分;根和茎叶中相同挥发性成分的相对百分含量分别为48.87%、91.30%。

### 3 讨论

透骨香具有抗炎镇痛、抑菌、抗氧化、调节胃肠功能、治疗呼吸系统疾病和眩晕等广泛的药理作用,且毒性较低、安全性较高<sup>[11]</sup>。本研究发现,水杨酸甲酯是透骨香根和茎叶挥发油的主要成分,其相对百分含量分别为20.30%、86.72%。水杨酸甲酯为无色或带淡黄色的液体,有特殊的香气,味甜而辣<sup>[9]</sup>。该化合物具有解热镇痛、抗风湿等功效,其不仅是透骨香挥发油中的主要成分,也是白珠树属植物挥发油中的主要成分和特征性成分,含量极高;同时其还是透骨香治疗风湿性关节炎的主要药效物质<sup>[10,12]</sup>;还有研究报道,水杨酸甲酯可能是抑制金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠埃希菌和变形杆菌的主要药效成分<sup>[4,13]</sup>,采用水杨酸处理过的棉叶喂食,能抑制棉蚜的生长发育,其作用机制与激发防御性蛋白酶、苯丙氨酸酶(PAL)、天然多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)等酶的表达有关<sup>[14]</sup>。

在透骨香根和茎叶中都含有酸类化合物,如棕榈酸、油酸、亚油酸等脂肪酸类成分。研究发现,脂肪酸类化合物有较强的抗氧化作用,且兼具调节血脂、软化血管、降低血压、抗血小板聚集、促进微循环等活性<sup>[15-16]</sup>。该类化合物存在于透骨香的根和茎叶挥发油中,在根中相对百分含量较高,达38.26%。其存在对于评价透骨香挥发性成分整体功效具有一定意义,也具有一定的药用价值。透骨香根和茎叶中还含有较多的苯环类成分,这些化学成分可能是透骨香的香味来源。透骨香根和茎叶中还含有含量较低的烯炔类成分,如石竹烯,具有局麻、抗炎、驱蚊虫、抗焦虑、抗抑郁作用<sup>[17]</sup>。

综上所述,透骨香根和茎叶中挥发性的成分主要为水杨酸甲酯和棕榈酸,且含量极高。在根和茎叶的16种相同挥发性成分中,水杨酸甲酯在根中占20.30%,在茎叶中占86.72%,说明茎叶中的主要挥发性成分为水杨酸甲酯,具有解热镇痛、抗风湿等多种药理作用;棕榈酸在茎叶中占2.6%,而在根中占19.86%,说明根中的主要成分是水杨酸甲酯和棕榈酸,具有降血脂、抗动脉粥样硬化、抗血小板聚集及抗血栓形成作用。同时,根和茎叶中还含有丰富的其他活性物质,如棕榈油酸、油酸、石竹烯等,但这些成分含量较低,且两部位含量差异大。由此可知,透骨香根和茎叶的挥发性成分有明显差异;

虽然主要挥发性成分相似,但其含量有所不同。此外,透骨香根和茎叶挥发油中含有多种香料原料或药用活性物质,具有较高的工业价值和药用价值,阐明其所含化学成分能为透骨香药材药用部位的筛选及药材炮制等研究提供一定的试验依据和参考,透骨香药材提取所得挥发油的化学成分及其相关药理作用还有待进一步考察。

### 参考文献

- [1] 刘绍欢,梁光平,漆珍珍,等.不同产地透骨香叶挥发油中水杨酸甲酯的含量测定[J].安徽农业科学,2011,39(30):18498-18500.
- [2] 马小军,赵玲,杜程芳,等.滇白珠及其同属药用植物研究进展[J].中草药,2001,32(10):945-949.
- [3] 刘绍欢,何晶晶,詹云慧,等.透骨香不同部位显微特征研究[J].时珍国医国药,2018,29(7):1644-1647.
- [4] 王丽,吕纪华,刘瑛,等.壮药透骨香抗类风湿关节炎药物活性部位筛选及机制研究[J].药学研究,2019,38(1):8-11.
- [5] 国家中医药管理局《中华本草》编委会.中华本草:苗药卷[M].贵阳:贵州科技出版社,2005:466-467.
- [6] 贵州省药品监督管理局.贵州省中药材、民族药材质量标准[S].2003年版.贵阳:贵州科技出版社,2003:308.
- [7] 云南省食品药品监督管理局.云南省中药材标准:第2册 彝族药[S].昆明:云南科技出版社,2005:83.
- [8] 郑利嫔.水杨酸甲酯控制菌检查法验证[J].海峡药学,2015,27(12):79-80.
- [9] 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,2015:203.
- [10] 杨晓艳,吴林冬.凯里地区透骨香叶的化学成分GC-MS分析[J].凯里学院学报,2013,31(3):38-40.
- [11] 肖壮,朱成华,唐涛,等.滇白珠的药理、毒副作用研究及开发应用进展[J].中国药房,2017,28(26):3726-3729.
- [12] 吴琴,叶冲,宋培浪,等.透骨香中水杨酸甲酯的含量测定[J].贵州化工,2007,32(4):37-38.
- [13] 肖壮,朱成华,唐涛.滇白珠的药理、毒副作用研究及开发应用进展[J].中国药房,2017,28(26):3726-3729.
- [14] 王燕芳.茉莉酸甲酯和水杨酸诱导棉花抗虫性的初步研究[D].阿拉尔:塔里木大学,2015.
- [15] 韩飞,陈泣,舒积成,等.湖北产牛至药材不同提取部位挥发油GC-MS分析[J].中草药,2015,46(13):1887-1891.
- [16] 吴健,项峥,许颖,等. GC-MS分析中药白及中脂肪酸成分[J].食品与药品,2014,16(6):428-430.
- [17] 刘晓宇,陈旭冰,陈光勇.  $\beta$ -石竹烯及其衍生物的生物活性与合成研究进展[J].林产化学与工业,2012,32(1):104-110.

(收稿日期:2020-02-13 修回日期:2020-06-04)

(编辑:邹丽娟)