

## 顶空-气相色谱联用技术分析凉粉草挥发性成分

卢晓莹<sup>1</sup>, 林翠清<sup>1</sup>, 赖志明<sup>2</sup>, 江晓鑫<sup>1</sup>, 严萍<sup>1</sup>, 詹若挺<sup>1</sup>

[1. 广州中医药大学中药资源科学与工程研究中心、岭南中药资源教育部重点实验室(广州中医药大学), 国家中成药工程技术研究中心南药研发实验室, 广东广州 510006; 2. 广东南领药业有限公司, 广东平远 514600]

**摘要:**【目的】分析不同加工方式和不同栽培品种凉粉草挥发性成分差异。【方法】采用顶空-气相色谱质谱联用(HS-GC-MS)技术测定分析不同凉粉草样品挥发性成分, 分析结果通过质谱标准库检索, 并采用面积归一化法计算相对质量分数, 比较不同样品挥发性成分差异。【结果】从台湾凉粉草和本地凉粉草中共鉴别出24种挥发性成分, 主要为烯类成分。2种凉粉草中均含有较大比例的石竹烯, 台湾凉粉草中含12.9%, 本地凉粉草中含34.2%。台湾凉粉草中特有成分 $\alpha$ -芹子烯、 $\beta$ -芹子烯和 $\alpha$ -红没药醇等共占25.5%。微发汗处理对凉粉草中石竹烯类成分的影响较大。【结论】建立的HS-GC-MS联用技术可对凉粉草的挥发性成分进行快速、有效的定性分析, 且本地凉粉草与台湾引种的凉粉草挥发油特征成分差异较大, 可为其鉴别提供参考。

**关键词:** 凉粉草; 台湾引种; 顶空-气相色谱联用; 挥发性成分; 石竹烯

中图分类号: R282.2

文献标志码: A

文章编号: 1007-3213(2021)05-1025-07

DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbcm.2021.05.029

## Analysis of Volatile Constituents from *Mesona chinensis* Benth. by HS-GC-MS

LU Xiao-Ying<sup>1</sup>, LIN Cui-Qing<sup>1</sup>, LAI Zhi-Ming<sup>2</sup>,  
JIANG Xiao-Xin<sup>1</sup>, YAN Ping<sup>1</sup>, ZHAN Ruo-Ting<sup>1</sup>

(1. Research Center of Chinese Herbal Resource Science and Engineering of Guangzhou University of Chinese Medicine, Key Laboratory of Chinese Medicinal Resource from Lingnan Guangzhou University of Chinese Medicine, Ministry of Education, Joint Laboratory of National Engineering Research Center for the Pharmaceutics of Traditional Chinese Medicines, Guangzhou 510006 Guangdong, China; 2. Guangdong Nanling Pharmaceutical Co. Ltd, Pingyuan 514600 Guangdong, China)

**Abstract: Objective** To analyze the differences in volatile constituents from cultivated varieties of *Mesona chinensis* Benth. by different process methods. **Methods** Headspace gas-chromatography-mass spectrum (HS-GC-MS) was used to analyze the volatile components from different samples of *Mesona chinensis* Benth.. The achieved analysis results were confirmed by mass spectral library searching, and the relative mass fraction was calculated by area normalization method, so as compare the differences in the volatile constituents from varieties of *Mesona chinensis* Benth.. **Results** A total of 24 kinds of volatile constituents, mainly alkenes, were identified from Taiwan *Mesona chinensis* Benth. and local *Mesona chinensis* Benth.. Both kinds of *Mesona chinensis* Benth. contained a large proportion of caryophyllenes, which were 12.9% and 34.2% in Taiwan plant and local plant, respectively. The specific constituents such as  $\alpha$ -Selinene,  $\beta$ -Selinene, and  $\alpha$ -Bisabolol from Taiwan *Mesona chinensis* Benth. accounted for 25.5%. The micro-sweat treatment had a greater impact on caryophyllene constituents in *Mesona chinensis* Benth.. **Conclusion** HS-GC-MS established is quickly effective for qualitative analysis of the volatile constituents of *Mesona chinensis* Benth.. There are greater differences in characteristic volatile constituents from local *Mesona chinensis* Benth. and Taiwan *Mesona chinensis* Benth., which can provide a reference for their

收稿日期: 2020-06-05

作者简介: 卢晓莹(1995-), 女, 在读硕士研究生; E-mail: 2736448573@qq.com

通讯作者: 严萍, 女, 博士, 副研究员; E-mail: yanping@gzucm.edu.cn

基金项目: 广州中医药大学2017年高水平大学建设面上项目(广中医研[2017]10号); 广东省现代农业产业技术体系创新团队建设项目——南药产业(编号: 2019KJ148); 广东省乡村振兴战略专项“发展南药一村一品、一镇一业产业支撑”项目(粤农农计[2019]5号); 校级大学生创新创业训练计划项目(编号: 201910572266)

identification.

**Keywords:** *Mesona Chinensis* Benth.; intraduction from Taiwan; headspace gas- chromatography- mass spectrum (HS-GC-MS); volatile constituents; caryophyllene

凉粉草 (*Mesona chinensis* Benth.) 为唇形科 (Labiatae) 凉粉草属 (*Mesona* Bl.) 植物, 又名仙草、仙人草、仙人冻等, 分布于广东、广西、江西、福建、台湾等地, 生长于水沟边或干沙地草丛中<sup>[1]</sup>。凉粉草是我国一种重要的药食两用的植物资源, 具有较高的营养价值和消暑解渴的功效, 常用于制作解暑饮料, 《中华本草》《中药大辞典》中对其治疗消渴、高血压的功能均有记载<sup>[2-3]</sup>。随着凉茶产业的发展, 其需求量不断增加<sup>[4]</sup>, 凉粉草种植规模逐渐扩大, 其中, 广东平远县以及福建武平县是凉粉草种植的两大产区<sup>[5]</sup>。凉粉草种植品种繁多, 例如“闽选1号”和“武平1号”是福建省农科院农业生物资源研究所选育品种<sup>[6-7]</sup>, 平远地区目前主要的种植品种包括本地引种驯化的栽培品种(本地草)以及台湾引进的栽培品种(台湾草)。为适应凉茶市场, 凉粉草产地加工方式以“微发汗”为主, 通过堆垛捂闷的方式微发酵处理后, 凉粉草药材成品呈棕褐色或褐色, 有独特香气<sup>[4]</sup>。

挥发油也称为精油, 是具有挥发性, 能随水蒸气蒸馏的油状液体的总称, 广泛存在于中药材中<sup>[8-9]</sup>, 具有抗菌<sup>[10-11]</sup>、抗炎<sup>[12-13]</sup>、抗肿瘤<sup>[14]</sup>等多种功效。中药挥发油提取方法多样, 包括水蒸气蒸馏法、压榨法、超临界 CO<sub>2</sub> 提取法、固相微萃取法等<sup>[15]</sup>。顶空分析是一种无有机试剂处理的分析技术, 通常与气相-质谱 (GC-MS) 技术联用分析复杂基质中挥发性成分, 顶空-气相质谱联用 (HS-GC-MS) 技术具有快速、高效、灵敏等特点, 在分析挥发性成分方面具有广阔前景<sup>[16]</sup>。

挥发油对凉粉草的风味影响较大, 目前未见有采用 HS-GC-MS 技术研究不同加工方式对凉粉草挥发性成分差异影响的相关报道。为了分析凉粉草不同部位(茎、叶), 不同栽培品种(本地引种驯化凉粉草、台湾引种驯化凉粉草)的挥发性成分差异, 以及不同加工方式(阴干、微发汗)对凉粉草挥发性成分的影响, 本研究采用 HS-GC-MS 分析不同凉粉草样品挥发性成分的差异, 以期对凉粉草种植和采收加工方法的规范化提供参考, 现将研究结果报道如下。

## 1 材料

1.1 样品 凉粉草样品由广东南岭药业有限公司提供, 用于阴干处理的药材采自广东省梅州市平远县, 微发汗处理样品来自平远县以及福建省采样地加工完成的干样, 经广州中医药大学詹若挺教授鉴定为凉粉草 (*Mesona chinensis* Benth.)。具体样品信息见表1。

表1 凉粉草药材样品信息

Table 1 Information of *Mesona chinensis* Benth. samples

采样地点	微发汗	阴干	采样时间
差干镇文西村(台湾草)	TA1	TB1	2019年9月
差干镇文西村	A1	B1	
差干镇三达村	A2	B2	
差干镇湖洋村	A3	B3	
上举镇文裕村	A4	B4	
石正镇中东村(台湾草)	1TA5(1次捂闷)、 2TA5(2次捂闷)	TB5	
福建	A6	—	
福建(台湾草)	TA6	—	

注: T表示台湾草; A表示微发汗处理; B表示阴干处理; “—”表示未处理

1.2 仪器 HS-GC-MS联用仪(美国安捷伦公司, 型号7696A/7890B/5977A); 色谱柱(Agilent): HP-5MS UI (Length: 30 m; Diam: 0.250 mm; Film: 0.25 μm; 填料: 5%苯基-甲基聚硅氧烷)。

## 2 方法

2.1 样品初加工方法 微发汗: 收割时, 以凉粉草茎部刚好握满两手为标准捆绑成一扎, 整齐密排在畦面晾晒至六七成干后, 晚上收集堆垛, 覆盖黑色地膜捂闷, 白天摊开。重复处理, 使凉粉草颜色转至棕色或棕褐色为止。

阴干: 收割时, 以凉粉草茎部刚好握满两手为标准捆绑成一扎, 摊晾在屋檐下、竹竿上等, 使凉粉草自然晾晒至颜色转为棕色或棕褐色为止。

2.2 HS-GC-MS方法 顶空进样条件: 称取0.5 g凉粉草粗粉置于10 mL顶空进样瓶中, 加热器温度为150 ℃, 样品瓶平衡时间为10 min, 定量环温度

为200 ℃, 传输线温度为210 ℃, 持续进样0.5 min。分流进样, 分流比为6:1。

GC-MS条件: 色谱柱为Agilent HP-5MS(30 m×250 μm, 25 μm)。载气为高纯氮气, 流量1 mL/min。升温程序: 初始温度50 ℃, 保持5 min, 以6 ℃/min的速率升温至100 ℃, 保持5 min; 以3 ℃/min的速率升温至150 ℃; 再以5 ℃/min的速率升温至200 ℃; 后运行300 ℃, 5 min。GC运行总时间50 min。辅助加热器温度250 ℃。EI电离源, 电离电压70 eV, 离子源温度230 ℃。MS四级杆温度150 ℃, 扫描质量范围22~500 m/z。

**2.3 凉粉草挥发油提取、测定方法** 挥发油提取: 凉粉草药材(A1)粉碎后, 称取100 g, 参考《中华人民共和国药典: 四部》2015年版通则2204甲法进行提取。提取时间为5 h, 停止加热, 放置1 h以上, 读取挥发油量, 并计算供试品中挥发油含量(%)。分离挥发油测定器中水层与油层, 水层用乙酸乙酯萃取, 与油层合并, 用无水硫酸钠脱水处理后, 用乙酸乙酯稀释5倍, 经0.22 μm微孔滤膜滤过, 用于GC-MS测定。

GC-MS条件: 前进样口温度为250 ℃, 分流比为2:1。升温程序: 初始温度50 ℃, 保持5 min; 以6 ℃/min的速率升温至100 ℃, 保持5 min; 以3 ℃/min的速率升温至150 ℃, 再以5 ℃/min的速率升温至280 ℃; 后运行300 ℃, 5 min; GC运行总时间61 min。其余条件与HS-GC-MS方法中GC-MS条件相同。

**2.4 定性分析与定量分析** 按照上述顶空进样与GC-MS条件分析凉粉草样品茎、叶中挥发性成分, 经Agilent气相色谱工作站处理分析总离子流图, 采用面积归一化法计算相对质量分数, 根据各个峰质谱图进行质谱标准库检索: WILEY275.L, NIST14.L, 按相似度大于90%筛选鉴别化合物。

**2.5 聚类分析** 将凉粉草(叶)样品总离子流图的相对质量分数z-score标准化, 导入SPSS 22.0软件, 运用组间联结法进行系统聚类分析, 样品间距离计算采用欧式平方距离法。

### 3 结果

**3.1 不同栽培品种凉粉草挥发油成分分析** 台湾草(叶)样品总离子流图共有48个共有峰, 初步鉴别出22种成分; 本地草(叶)样品总离子流图共有55个共有峰, 初步鉴别出19种成分, 其中18种成分为2种凉粉草共有成分。台湾草(叶)的主要成分(相对百分含量>5%)为β-芹子烯(11.72%)、β-石竹烯(10.47%)、α-红没药醇(6.18%)、α-芹子烯(5.28%); 本地草(叶)的主要成分(相对百分含量>5%)为β-石竹烯(26.31%)、α-石竹烯(7.87%)、正己醛(5.45%)。其中, β-石竹烯在2种凉粉草样品中均有检出, 且相对百分含量较高; α-芹子烯、β-芹子烯、(S)-β-红没药烯、(E)-α-红没药烯、α-红没药醇在本地草样品中未检出, (+)-γ-杜松烯在台湾草样品中未检出。具体结果见表2。

表2 不同栽培品种凉粉草茎、叶挥发性成分比较

Table 2 Comparison of volatile constituents from stems and leaves of different cultivated varieties of *Mesona chinensis* Benth.

序号	英文名称	中文名称	相似度(%)	相对质量分数(%)			
				台湾草(叶)	台湾草(茎)	本地草(叶)	本地草(茎)
1	Hexanal	正己醛	90.69	2.63	10.72	5.45	9.53
2	β-Pinene	β-蒎烯	97.10	2.57	0.93	1.18	0.97
3	4-Octen-3-one	4-辛烯-3-酮	91.33	1.41	—	1.24	—
4	7-Octen-4-OL	7-辛烯-5-醇	93.65	0.68	0.47	0.54	0.74
5	3-Octanone	3-辛酮	90.26	0.88	0.30	0.80	0.88
6	2-Amylfuran	2-戊基呋喃	93.11	0.68	2.66	0.62	2.65
7	3-Octanol	辛醇	92.70	0.34	0.28	0.50	0.18
8	(+)-Limonene	(+)-柠檬烯	92.82	0.59	1.01	0.94	1.30
9	Nonanal	壬醛	92.50	0.80	1.13	1.15	1.66
10	α-Copaene	α-蒎烯	95.73	0.56	—	0.66	—
11	(-)-β-Bourbonene	β-波旁烯	93.56	1.32	0.36	1.38	—
12	β-Elemene	β-榄香烯	97.72	2.72	0.49	0.91	—

(续表2)

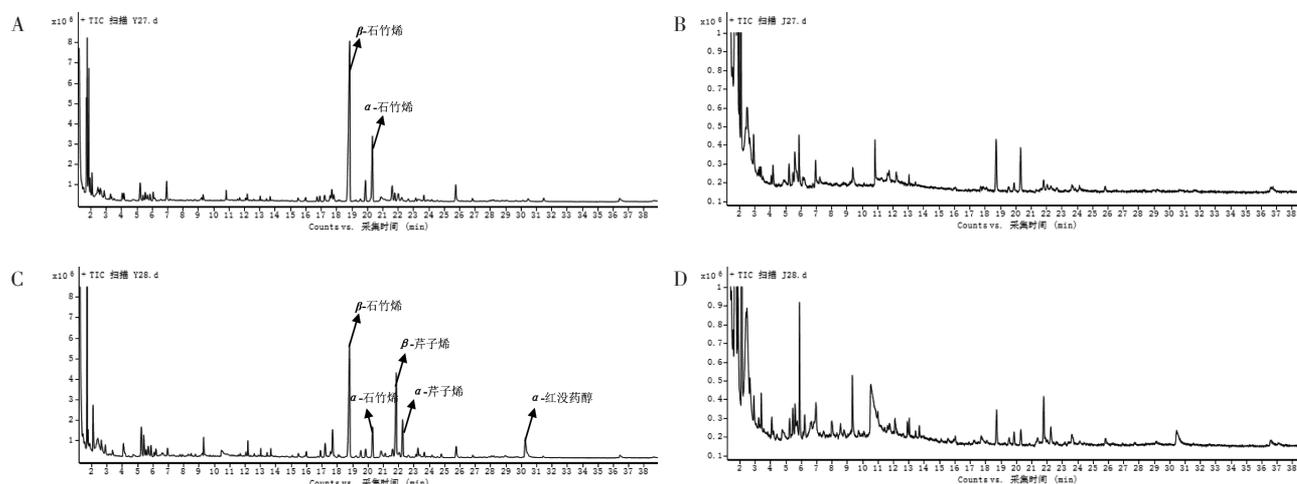
序号	英文名称	中文名称	相似度(%)	相对质量分数(%)			
				台湾草(叶)	台湾草(茎)	本地草(叶)	本地草(茎)
13	$\beta$ -Caryophyllene	$\beta$ -石竹烯	99.41	10.47	1.16	26.31	1.83
14	$\alpha$ -Bergamotene	香柠檬烯	94.82	1.30	0.70	1.68	0.51
15	$\alpha$ -Caryophyllene	$\alpha$ -石竹烯	98.18	2.40	0.55	7.87	2.75
16	(S)-Germacrene D	右旋大根香叶烯	95.09	0.72	—	2.28	—
17	(+)- $\beta$ -Selinene	$\beta$ -芹子烯	98.67	11.72	5.56	—	—
18	$\alpha$ -Selinene	$\alpha$ -芹子烯	97.78	5.28	2.49	—	—
19	(+)- $\gamma$ -Cadinene	(+)- $\gamma$ -杜松烯	96.91	—	—	0.23	—
20	(S)- $\beta$ -Bisabolene	(S)- $\beta$ -红没药烯	96.91	1.54	0.77	—	—
21	(+)- $\delta$ -Cadinene	(+)- $\delta$ -杜松烯	92.38	—	—	0.48	—
22	(E)- $\alpha$ -bisabolene	(E)- $\alpha$ -红没药烯	90.00	0.77	0.31	—	—
23	Caryophyllene oxide	石竹素	94.40	0.95	—	3.14	0.69
24	$\alpha$ -Bisabolol	$\alpha$ -红没药醇	94.90	6.18	3.36	—	—

注：“—”表示未检出成分

3.2 凉粉草茎、叶挥发性成分差异 图1显示,凉粉草茎挥发性成分的总离子流图中各成分峰相对丰度与叶相比有明显降低。根据表2相对质量分数结果,相同检测条件下,2种不同凉粉草叶中烯类挥发性成分较茎中高,包括 $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -石竹烯、 $\alpha$ -芹子烯、 $\beta$ -芹子烯、 $\alpha$ -红没药醇等主要成分;部分成分可能由于响应值过低而未能检测到,例如:右旋大根香叶烯、石竹素等;也有少数成分在茎中相对质量分数高于叶,例如:正己醛、2-戊基呋喃。

3.3 凉粉草挥发油中化学成分测定 通过水蒸气蒸馏法提取得到的挥发油呈淡黄色,提取得率为

0.1%,本研究采用GC-MS测定凉粉草挥发油成分,根据各个峰质谱图进行质谱标准库检索:WILEY275.L, NIST14.L,按相似度大于90%筛选鉴别化合物,进行定性分析,共鉴别出24种化合物,响应值较高的峰包括棕榈酸(10.72%)、植酮(8.18%)、 $\beta$ -石竹烯(6.69%)、 $\alpha$ -石竹烯(4.57%)、植醇(4.36%)、法尼基丙酮(4.17%)、石竹素(2.56%)等。采用HS-GC-MS对凉粉草药材直接测定与提取挥发油后测定结果差异较大,但其主体成分一致,包括石竹烯、石竹素,在提取得到的凉粉草挥发油中鉴别出了 $\alpha$ -红没药醇(0.06%)。具体结果见表3、图2。



注: A(叶)和B(茎)为本地草; C(叶)和D(茎)为台湾草

图1 不同栽培品种凉粉草茎、叶挥发性成分总离子流图

Figure 1 Total ion current diagrams of volatile constituents from stems and leaves of different cultivated varieties of *Mesona chinensis* Benth.

表3 凉粉草(A1)挥发油成分

Table 3 Volatile oil constituents from *Mesona chinensis* Benth. (A1)

序号	保留时间(min)	中文名称	英文名称	相似度(%)
1	4.975	苯甲醛	Benzaldehyde	94.29
2	5.787	蘑菇醇	Oct-1-en-3-ol	92.06
3	8.398	(E)-呋喃芳樟醇氧化物	(E)-Furan linalool oxide	97.02
4	11.546	$\alpha$ -松油醇	$\alpha$ -Terpineol	96.21
5	11.995	正十二烷	Dodecane	92.21
6	12.443	辛酸	Octanoic acid	90.63
7	14.005	正十五烷	N-Pentadecane	93.41
8	15.384	壬酸	Nonanoic acid	91.08
9	17.093	反式- $\beta$ -大马士酮	Trans- $\beta$ -Damascenone	91.86
10	18.856	$\beta$ -石竹烯	$\beta$ -Caryophyllene	96.71
11	20.373	$\alpha$ -石竹烯	$\alpha$ -Caryophyllene	92.01
12	21.697	(+)-喇叭烯	(+)-Ledene	94.59
13	21.945	长叶烯	(+)-Longifolene	90.82
14	22.552	愈创木烯	$\beta$ -Guaiene	93.24
15	23.941	2,4-二叔丁基苯酚	2,4-Di-t-butylphenol	91.28
16	25.534	石竹素	Caryophyllene Oxide	95.17
17	26.818	绿花白千层醇	(+)-Viridiflorol	92.74
18	28.420	T-杜松醇	T-Cadinol	96.70
19	30.262	$\alpha$ -红没药醇	$\alpha$ -Bisabolol	91.28
20	36.433	植酮	Perhydrofarnesyl Acetone	96.36
21	38.222	法尼基丙酮	Farnesyl acetone	95.91
22	41.333	棕榈酸	Palmitic acid	98.17
23	42.803	植醇	Phytol	97.51
24	53.639	芥酸酰胺	Cis-13-Docosenoamide	93.76

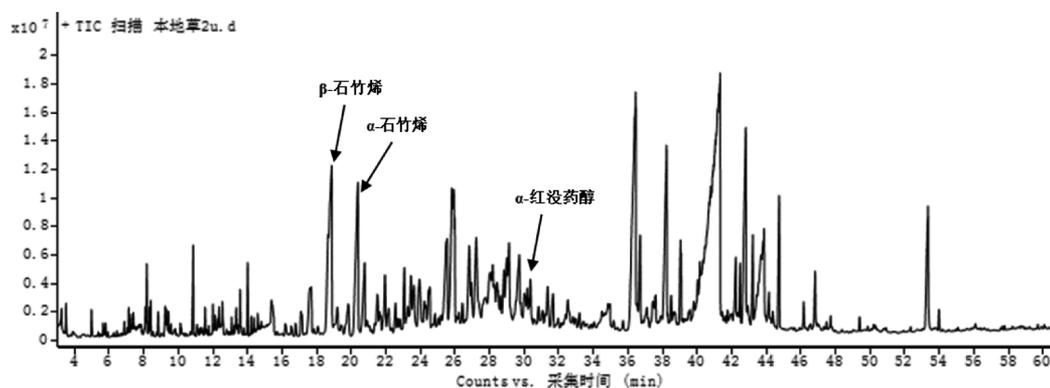


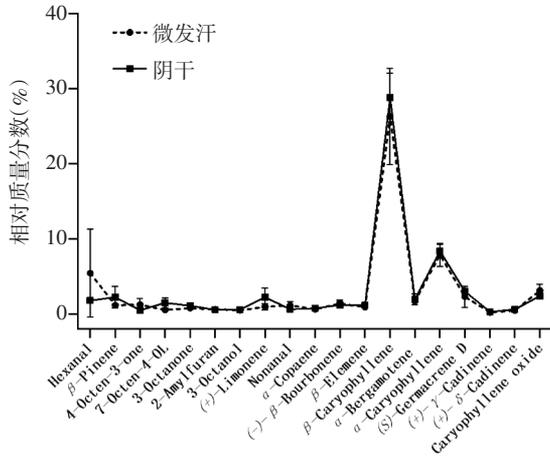
图2 凉粉草(A1)挥发油总离子流图

Figure 2 Total ion current diagram of volatile oil from *Mesona chinensis* Benth. (A1)

3.4 不同加工方式对凉粉草挥发性成分的影响 将来自平远县文西村、三达村、湖洋村、文裕村的凉粉草挥发性成分进行对比, 微发汗样品与阴干样品差异较小, (+)-柠檬烯相对含量有所提高, 具体结果见图3; 将来自中东村的凉粉草药材分别

进行阴干, 微发汗捂闷1、2次后, 对比挥发性成分变化, 可以发现晒干样品与微发汗捂闷1次样品更接近。捂闷2次后, 正己醛、壬醛等成分相对含量显著提高, 石竹烯相对含量显著下降( $\beta$ -石竹烯为0.85%、 $\alpha$ -石竹烯为0.37%), 而对 $\alpha$ -芹子烯和

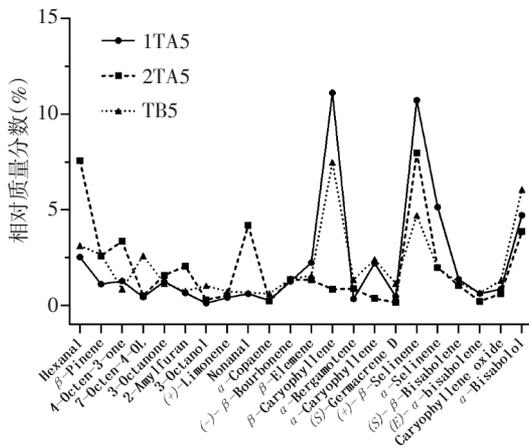
β-芹子烯影响较小, 具体结果见图4。



注: 结果以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示

图3 不同加工方式对凉粉草挥发性成分的影响

Figure 3 Effects of different processing methods on volatile constituents from *Mesona chinensis* Benth.



注: 1TA5、2TA5为微发汗样品(1次捂闷、2次捂闷); TB5为台湾草阴干样品

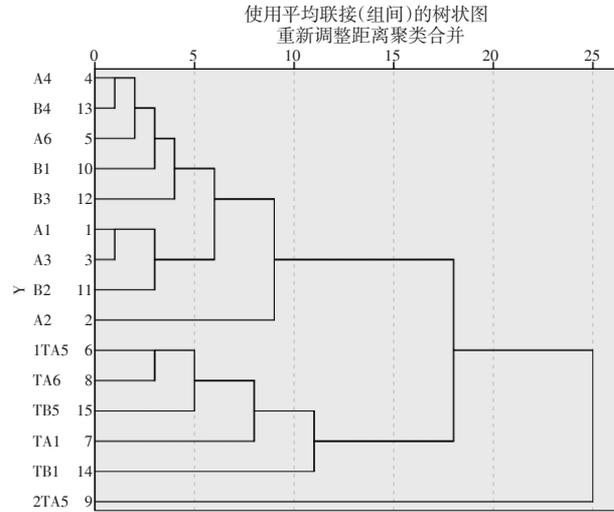
图4 微发汗捂闷次数对凉粉草挥发性成分的影响

Figure 4 Effect of the covering times of slight sweating method on the volatile constituents from *Mesona chinensis* Benth.

由聚类分析树状图(见图5)可以看出, 当距离为20时, 微发汗2次捂闷(2TA5)与其他样品分为2类; 当距离为15时, 分为台湾草与本地草2类; 当距离为5时, 本地草样品中微发汗样品(A)与阴干样品(B)可大致分为2类, 但来自文裕村(A4)和福建(A6)的微发汗样品与阴干样品距离更近。

### 4 讨论

目前, 针对凉粉草挥发油的研究报道主要



注: A、B分别代表微发汗、阴干加工方式, T代表台湾草; 数字1~5分别表示为平远县文西村、三达村、湖洋村、文裕村、中东村, 6为福建; 其中1TA5和2TA5分别为文西村台湾草发汗1次、2次样品

图5 凉粉草药材(叶)挥发性成分聚类分析树状图

Figure 5 Dendrogram of cluster analysis of volatile constituents from *Mesona chinensis* Benth. material (leaves)

有: 邓冲等<sup>[17]</sup>采用水蒸气蒸馏法提取得到凉粉草挥发油, 并采用GC-MS分析其中成分, 发现提取得到的凉粉草挥发油中含量最高的成分是正十六酸(59.18%)、亚油酸(12.42%)、亚麻酸(10.12%)等, 并检出β-石竹烯、α-石竹烯、植醇、法尼基丙酮等成分; 陈飞龙等<sup>[18]</sup>通过GC-MS比较超临界CO<sub>2</sub>萃取法与水蒸气蒸馏法提取的凉粉草挥发油成分发现, 2种方法提取得到的挥发油主要成分相似, 但是含量差异较大; 韦杰等<sup>[19]</sup>通过GC-MS分析水溶性仙草提取物发现其中的香气成分主要由石竹烯类成分(52.27%)组成; 许彩虹等<sup>[20]</sup>通过GC-MS分析不同产地仙草提取物中挥发性风味成分发现, 泰国、越南、印度尼西亚等3个产地的仙草主体风味成分大致相同, 但其成分组成差异明显, 经检测发现, 3种仙草中均含有石竹烯, 且占比较大(如越南草45.925%)。可见, 石竹烯是凉粉草挥发性成分的主要组成, 不同的分析方法测得其含量差异较大。

目前的研究报道主要通过GC-MS分析水蒸气蒸馏法或超临界CO<sub>2</sub>萃取法制得的挥发油或者溶剂提取法制得的凉粉草提取物中挥发性成分, 本研究采用HS-GC-MS联用分析凉粉草中挥发性成

分, 通过对比总离子流图筛选共有组分, 与标准谱库比对, 选择相似度大于90%的组分。将2种凉粉草样品叶中挥发性成分进行比较, 台湾草中鉴别出23种成分, 本地草中鉴别出19种成分, 其中18种两者共有成分, 主要为烯类成分, 台湾草与本地草挥发性成分中烯类化合物分别占总含量的42.0%、43.9%。比较凉粉草茎、叶中挥发性成分发现, 茎中挥发性成分含量较低, 茎中烯类成分相对质量分数明显降低。2种凉粉草样品中均含有占比较大的石竹烯(本地草中共34.2%、台湾草中共12.9%), 台湾草中 $\alpha$ -芹子烯、 $\beta$ -芹子烯和 $\alpha$ -红没药醇等成分占比较大(共25.5%)。此外, 通过对本地草样品进行挥发油提取和GC-MS分析, 发现在本地草挥发油中石竹烯同样占比较大, 但挥发油中成分组成与HS-GC-MS测定结果有一定的差异, 且本地草挥发油中鉴别出 $\alpha$ -红没药醇, 说明在本地草中同样含有 $\alpha$ -红没药醇, 由于其相对含量太低, HS-GC-MS方法无法检出。与水蒸气蒸馏法或超临界CO<sub>2</sub>萃取法相比, HS-GC-MS技术具有快速、高效、无溶剂污染的特点, 并且可以避免因样品在提取过程中引起的成分降解。

由于凉粉草药材产地初加工方法的特殊性, 少量样品进行微发汗处理难以达到堆垛捂闷的目的, 因此, 本研究选择直接收集种植户处理完成的微发汗样品进行测定分析。收集的微发汗样品为捂闷1次处理, 为棕褐色, 颜色较阴干样品深, 香味更浓。进行捂闷次数考察的样品比较发现, 捂闷2次后药材色泽更深, 为深褐色。分析结果显示, 阴干样品与微发汗样品差异较小, 微发汗处理对凉粉草中石竹烯类成分影响较大, 通过聚类分析台湾草与本地草可明确分为2类, 不同产地与不同加工方式的凉粉草药材挥发性成分存在一定的差异, 但分类不明确, 这可能是由于来自不同种植地的微发汗样品捂闷时间差异所引起的, 需要进一步扩大样品量进行比较分析。

综上所述, 本研究采用HS-GC-MS联用技术分析凉粉草药材中挥发性成分具有快速、高效、无溶剂污染等特点, 分析结果显示, 本地引种驯化凉粉草与台湾引种驯化凉粉草特征成分差异明显, 可作为不同品种凉粉草药材的鉴别参考。

#### 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草[M]. 上海: 上海科技出版社, 1999: 421.
- [3] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [4] 刘保财, 陈菁瑛, 黄颖楨, 等. 仙草生产、研究现状与发展趋势[J]. 福建农业学报, 2015, 30(7): 718-725.
- [5] 陈玲丽, 杜雅馨, 陈辉煌, 等. 浅谈武平仙草产业发展现状[J]. 农业科技与信息, 2016(13): 13-14.
- [6] 林天照. 武平县仙草品种比较试验[J]. 福建热作科技, 2015, 40(3): 10-11.
- [7] 吴庆华. 凉粉草栽培研究概况[J]. 北方园艺, 2011(24): 61-63.
- [8] 黄罗生, 顾燕飞, 李红. 中药挥发油及芳香性药物的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(12): 1605-1611.
- [9] 王万, 原红果, 陈博, 等. 中药挥发油研究现状探讨[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(5): 848-850.
- [10] 朱梅芳, 唐宇, 郑琴, 等. 不同提取方式对连翘、荆芥、薄荷挥发油成分及抗菌活性的影响[J]. 中草药, 2018, 49(12): 2845-2854.
- [11] 王军, 王昊, 杨锦玲, 等. 7种黄檀属植物心材挥发油的成分分析及其抗菌活性[J]. 热带作物学报, 2019(7): 1336-1345.
- [12] 李生茂, 曾滨阳, 叶强, 等. 砂仁挥发油抗炎活性谱效关系研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(9): 133-136.
- [13] 黄山, 江春艳, 龙飞, 等. 藏荆芥挥发油抗炎与镇痛作用研究[J]. 医药导报, 2011, 30(10): 1262-1265.
- [14] 韩飞, 曾琳, 伍振峰, 等. 检索《中成药标准汇编》数据库分析中药挥发油抗肿瘤的应用与现状[J]. 中国药理学杂志, 2017, 52(15): 1376-1380.
- [15] 张庆华, 王志萍. 中药挥发油提取技术研究进展[J]. 食品与药品, 2009, 11(3): 62-64.
- [16] 张茜, 刘炜伦, 路亚楠, 等. 顶空气相色谱-质谱联用技术的应用进展[J]. 色谱, 2018, 36(10): 962-971.
- [17] 邓冲, 李瑞明. 凉粉草挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国当代医药, 2012, 19(13): 68-69.
- [18] 陈飞龙, 邢学锋, 汤庆发. 超临界CO<sub>2</sub>萃取法与水蒸气蒸馏法提取凉粉草挥发油及其GC-MS分析[J]. 中药材, 2012(8): 86-89.
- [19] 韦杰, 郑二丽, 蔡贤坤, 等. 水溶性仙草提取物制备及其挥发性香气成分的GC-MS分析[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 190-192.
- [20] 许彩虹, 韦杰. 不同产地仙草中挥发性风味成分比较分析[J]. 现代食品, 2016, 6(11): 1-5.

【责任编辑: 侯丽颖】