

文章编号:1001-6880(2016)12-1929-07

# 基于 GC-MS 技术分析苍耳草与苍耳子的挥发性成分差异

刘娟秀<sup>1</sup>, 罗益远<sup>1</sup>, 刘训红<sup>1\*</sup>, 宋建平<sup>2</sup>, 华渝教<sup>1</sup>, 王胜男<sup>1</sup>, 赵慧<sup>1</sup>, 严颖<sup>1</sup><sup>1</sup>南京中医药大学,南京 210023; <sup>2</sup>盐城卫生职业技术学院,盐城 224006

**摘要:**基于气相色谱-质谱(GC-MS)结合多元统计分析法对不同产地苍耳草与苍耳子中挥发性成分组分差异进行研究。样品经GC-MS分析,对所得数据进行峰对齐、切割、滤噪等预处理,用主成分分析(PCA)和偏最小二乘法-判别分析(PLS-DA)进行数据处理。结果显示,苍耳草与苍耳子样品之间挥发性成分组成得到有效区分,初步筛选并鉴定出33种差异化学成分,其中9种共有差异化学成分呈现不同的变化规律。从苍耳草与苍耳子挥发性成分差异的角度,可为揭示二者药性、药效差异的物质基础提供依据。

**关键词:**苍耳草;苍耳子;GC-MS;挥发性成分

中图分类号:R932

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.12.014

## Comparison of Volatile Components in Xanthii Herba and Xanthii Fructus by GC-MS

LIU Juan-xiu<sup>1</sup>, LUO Yi-yuan<sup>1</sup>, LIU Xun-hong<sup>1\*</sup>, SONG Jian-ping<sup>2</sup>, HUA Yu-jiao<sup>1</sup>, WANG Sheng-nan<sup>1</sup>, ZHAO Hui<sup>1</sup>, YAN Ying<sup>1</sup><sup>1</sup>Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China; <sup>2</sup>Yancheng health vocational & Technical College, Yancheng 224006, China

**Abstract:** The objective of this study was to compare volatile components in Xanthii Herba and Xanthii Fructus from different origins using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) coupled with multivariate statistical analysis. Peak matching, cutting and noise filtering were used in analyzing data based on GC-MS combined with PCA and PLS-DA. The results showed that the volatile components in Xanthii Herba and Xanthii Fructus samples were clearly distinguished. 33 Differential chemical components were identified in Xanthii Herba and Xanthii Fructus. Among them, 9 common differential components presented different changing laws. From the different volatile components of Xanthii Herba and Xanthii Fructus, it can provide the material basis for revealing the property and efficacy of Xanthii Herba and Xanthii Fructus.

**Key words:** Xanthii Herba; Xanthii Fructus; GC-MS; volatile components

苍耳草、苍耳子为同基源不同药用部位的药材<sup>[1]</sup>,分别收载于1989版《江苏省中药材标准》、2015版《中国药典》,分别系菊科植物苍耳 *Xanthium sibiricum* Patr. 的干燥地上部分、成熟带总苞的果实。苍耳草性微寒,具清风热、解毒之功效,民间用药历史悠久<sup>[2]</sup>;苍耳子性温,具散风寒、通鼻窍、祛风湿之功效,为历代治疗鼻渊及头痛的要药<sup>[3]</sup>。二者的药性、药效有所不同。由于二者来源于同一植物,其化学成分类型基本一致<sup>[4]</sup>,包括挥发油、倍半萜内酯、酚酸、蒽醌、黄酮、水溶性糖苷类以及脂肪油等成分<sup>[5,6]</sup>。现代药理研究表明,苍耳草与苍耳子挥发

油具有抑菌作用<sup>[7]</sup>,是其天然活性成分之一。目前有关苍耳草与苍耳子挥发性成分的研究集中在含量测定和成分鉴别上<sup>[8-14]</sup>,未见苍耳草与苍耳子挥发性成分组分差异研究。故一直以来很难从植物化学的角度说明二者药性、药效差异的物质基础。

植物代谢组学即研究不同物种、不同基因型或不同生态类型的植物在不同生长时期或者受某种刺激干扰前后的所有小分子代谢产物,并对其进行定性、定量分析,找出代谢变化的规律<sup>[15]</sup>。本研究借鉴植物代谢组学的思路和方法,采用气相色谱-质谱(GC-MS)技术分析不同产地来源苍耳草与苍耳子挥发性成分的组分差异,通过多元统计分析找出其中差异显著的化学成分及其变化规律,旨在为揭示苍耳草与苍耳子二者药性、药效差异的物质基础提供依据。

收稿日期:2016-06-16 接受日期:2016-08-09

基金项目:盐城市医学科技发展计划(YK2014051);江苏高校优势学科建设工程资助项目(YSXK-2014);江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A070)

\* 通讯作者 Tel:86-25-85811511;E-mail:liuxunh1959@sohu.com

# 1 仪器与材料

## 1.1 仪器与试剂

Agilent 6890/5975 型气相-质谱联用仪:配有 G1701DAD.03.00.611 工作站(美国 Agilent 公司产品),NIST05 标准质谱检索库;BSA224S 型电子分析天平(德国赛多利斯公司);调温电热套(南通市通州申通电热器厂);KQ-500E 型超声波清洗器(功率 500 W,频率 40 kHz,昆山市超声仪器有限公司);DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海沪粤明科学仪器有限公司);挥发油提取器(南京寿德试验器

材有限公司);正己烷(南京化学试剂有限公司)为分析纯;水为蒸馏水。

## 1.2 材料

药材样品编号见表 1,均经南京中医药大学中药鉴定教研室刘训红教授鉴定。样品 S1~S4 为苍耳草,系菊科植物苍耳 *Xanthium sibiricum* Patr. 的干燥地上部分;S5~S8 为苍耳子,系菊科植物苍耳 *Xanthium sibiricum* Patr. 的干燥成熟带总苞的果实。每批样品随机取样 3 份。留样凭证存放于南京中医药大学中药鉴定实验室。

表 1 样品信息

Table 1 Samples of Xanthii Herba and Xanthii Fructus

编号 No.	样品 Sample	加工 Habitat	产地 Progress	批号 Batch	来源 Business establishment
S1	苍耳草 <i>Xanthii Herba</i>	晒干 sun drying	河北 Hebei	20130703	安徽济人药业有限公司 An-hui Jiren Pharmaceutical Co., Ltd.
S2	苍耳草 <i>Xanthii Herba</i>	晒干 sun drying	山东 Shandong	20130630	盐城市中医院 Yancheng Hospital of Traditional Chinese Medicine
S3	苍耳草 <i>Xanthii Herba</i>	晒干 sun drying	江苏 Jiangsu	20130825	亳州永刚饮片有限公司 Bozhou Yonggang pieces Co., Ltd.
S4	苍耳草 <i>Xanthii Herba</i>	晒干 sun drying	湖北 Hubei	130803	安徽福春堂中药饮片有限公司 Anhui Fu Chun Tang Chinese medicine Yinpien Co., Ltd.
S5	苍耳子 <i>Xanthii Fructus</i>	晒干 sun drying	河南 Henan	20131020	河南开封 Kaifeng, Henan
S6	苍耳子 <i>Xanthii Fructus</i>	晒干 sun drying	湖北 Hubei	20131028	湖北十堰 Shiyan, Hubei
S7	苍耳子 <i>Xanthii Fructus</i>	晒干 sun drying	山东 Shandong	20130916	山东枣庄 Zaozhuang, Shandong
S8	苍耳子 <i>Xanthii Fructus</i>	晒干 sun drying	内蒙 Inner Mongolia	20131107	内蒙赤峰 Chifeng, Inner Mongolia

# 2 实验方法

## 2.1 GC-MS 分析条件

GC 条件:HP-5MS 弹性石英毛细管柱(30.0 m × 250 μm × 0.25 μm);进样口温度 250 °C;载气(He)流量 1.0 mL/min;分流比 10:1。程序升温:初始温度 60 °C,3 °C/min 升至 120 °C,4 °C/min 升至 160 °C,5 °C/min 升至 250 °C,维持 1 min。

MS 条件:电离方式:EI 离子源;离子源温度:230 °C,四级杆温度:150 °C,接口温度:280 °C;电子倍增器电压:1329.4 V;电子能量 70 eV;扫描范围:

45.0~650.0 aum。

## 2.2 供试品溶液制备

取药材粉末(50 g),加 800 mL 的水和 4 mL 正己烷,摇匀,按照 2015 版《中国药典》挥发油提取装置提取 10 h,电热套加热,得到无色的油状物(内含正己烷),以无水硫酸钠干燥得挥发油的供试品。经 0.45 μm 滤膜后进样。

## 2.3 数据处理方法

所得 GC-MS 原始图片通过仪器工作站进行峰对齐、切割、滤噪等预处理后,导入 EXCEL 中对数据进行峰面积归一化,并将处理后的数据导入 SIMCA-

P13.0 软件(瑞典,Umertrics AB,Umea),对数据进行中心化后进行主成分分析(PCA)和偏最小二乘法-判别分析(PLS-DA),并通过相应的载荷图结合VIP 值得到差异化学成分,最后通过工作站自带的质谱数据库(NIST05)检索匹配进行化学成分确认。

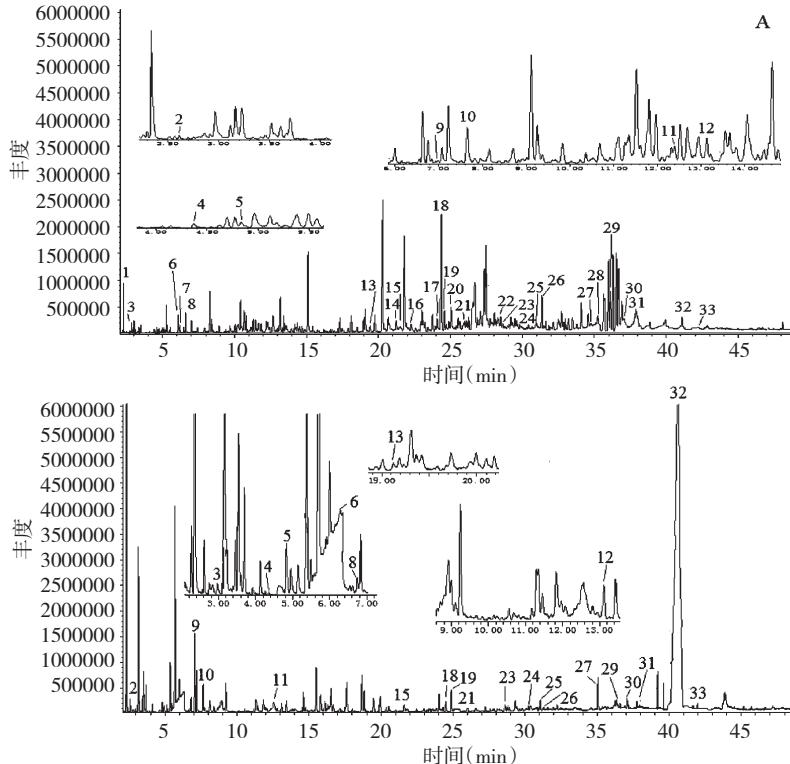


图 1 苍耳草(A)与苍耳子(B)挥发性成分的总离子流图

Fig. 1 Toal ion current chromatogram of volatile components in Xanthii Herba(A) and Xanthii Fructus (B)

### 3.2 多元统计分析

所得 GC-MS 原始图片通过仪器工作站进行峰对齐、切割、滤噪等预处理后,导入 EXCEL 中对数据进行峰面积归一化,并将处理后的数据导入 SIMCA-P13.0 软件,采用主成分分析(PCA),通过初步观察各样品的聚集情况,直观的表达苍耳草与苍耳子的挥发性成分组成差异;再用偏最小二乘判别分析(PLS-DA)分别对各样品进行分类,其中  $R^2X$ 、 $R^2Y$  接近 1,表示模型越稳定,  $Q^2 > 0.5$  表示预测率高。在模型有效的前提下,再采用其模型相应的柱状载荷图寻找差异化学成分。采用  $t$  检验,验证多维统计中找到的差异化学成分是否在单维统计中具有显著性差异,其中  $P < 0.05$  有显著性差异。

#### 3.2.1 PCA 分析

采用 PCA 多变量模式识别方法对苍耳草与苍耳子样品进行降维分析,得分图见图 2。从图中可

## 3 实验结果

### 3.1 挥发性成分 GC-MS 测定

取供试品溶液,按上述分析条件进样测试,得到苍耳草与苍耳子挥发性成分总离子流图,见图 1。

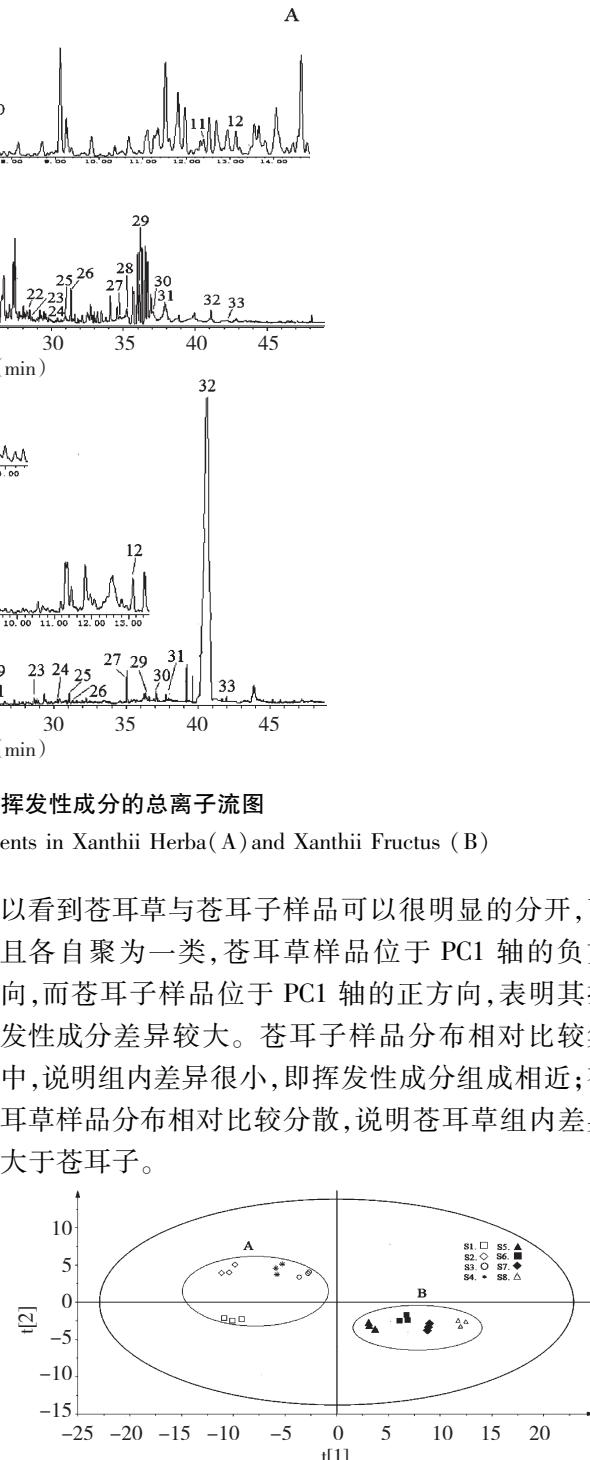


图 2 苍耳草(A)与苍耳子(B)PCA 得分图

Fig. 2 PCA score plot of Xanthii Herb (A) and Xanthii Fructus (B)

Fructus (B)

### 3.2.2 PLS-DA 分析

为了进一步证实两组苍耳草与苍耳子样品中挥发性成分是否存在差异,采用PLS-DA分析来确定样品间的差异化学成分。其得分图如图3,两组样品沿PC1轴明显分开,其中模型参数为 $R^2X(\text{cum})=0.849$ , $R^2Y(\text{cum})=0.992$ , $Q^2(\text{cum})=0.987$ ,证明模型有效可靠。采用模型相对应的柱状载荷图(图4),对这两组的差异化学成分进行寻找。常用变量载荷评价参数(VIP)值用于描述变量的贡献程度,一般认为当VIP值>1时,该变量是重要的。对其VIP值和柱状载荷图进行考察,初步筛选出33个

差异化学成分。

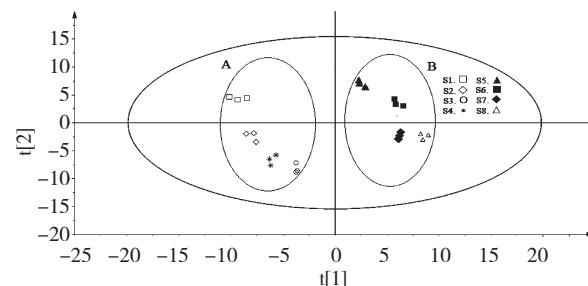


图3 苍耳草(A)与苍耳子(B)PLS-DA 得分图

Fig. 3 PLS-DA score plot of Xanthii Herb (A) and Xanthii Fructus (B)

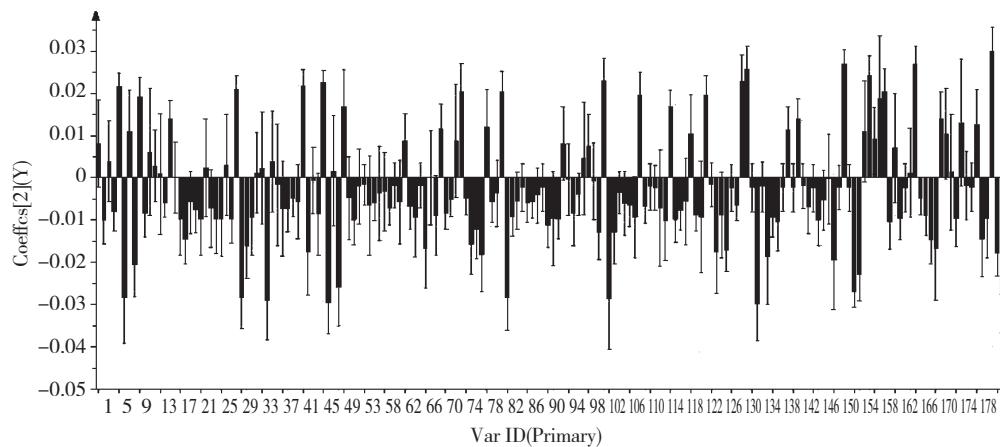


图4 苍耳草与苍耳子 PLS-DA 柱状载荷图

Fig. 4 PLS-DA contribution loading plot of Xanthii Herb and Xanthii Fructus

### 3.3 差异化学成分的鉴定

通过GC-MS工作站自带的质谱数据库(NIST05)对VIP值大于1的变量进行检索匹配,初步鉴定33个差异化学成分(其中共有差异成分9个),见表2。提取差异成分在各组间对应的峰强度数值代表其量,对苍耳草与苍耳子样品间同一物质峰强度的平均值和标准差进行计算和作图,能够得

到各差异成分在不同组间的变化<sup>[16]</sup>,并采用单变量分析方法中的t检验对多元统计分析确定的上述差异化学成分进行进一步比较。结果显示,在9个共有差异成分中,反式-2-己烯醛、伞花烃、癸醛、石竹烯、邻苯二甲酸二丁酯的相对含量以苍耳草较高;己醛、 $\alpha$ -蒎烯、 $\alpha$ -松油醇、(Z)-9,17-十八碳二烯醛的相对含量以苍耳子较高。见图5。

表2 差异化学成分鉴定

Table 2 Identification of different chemical components of Xanthii Herba and Xanthii Fructus

峰号 No.	保留时间 RT (min)	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	VIP
1	2.346	己醛 Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	1.831
2	2.605	1,3-辛二烯 1,3-Octadiene	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub>	1.567
3	2.966	反式-2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	1.451
4	4.372	$\alpha$ -蒎烯 (1R)-( + )- $\alpha$ -pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.648
5	4.821	(Z)-2-庚烯醛 2-Heptenal, (Z)-	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O	1.574
6	6.636	伞花烃 p-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	1.596

峰号 No.	保留时间 RT (min)	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	VIP
7	6.700	己酸 Hexanoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1.619
8	6.736	右旋莰二烯 D-Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.113
9	7.064	3-辛烯-2-酮 3-Octen-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	1.634
10	7.650	反-2-辛烯醛 2-Octenal, (E)-	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	1.436
11	12.494	<i>a</i> -松油醇 alpha-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1.528
12	13.108	癸醛 Decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	1.714
13	19.468	椰子醛 2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl-	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	1.654
14	21.246	丁香酚甲醚 Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1.023
15	21.530	石竹烯 Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.527
16	22.468	丹皮酚 Ethanone, 1-(2-hydroxy-4-methoxyphenyl)-	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	1.015
17	24.039	4(14),11-桉叶二烯 Eudesma-4(14),11-diene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.300
18	24.316	十五烷 Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	1.559
19	24.653	2,4-二叔丁基苯酚 Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethyl ethyl)-	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	1.792
20	25.141	碘代十八烷 Octadecyl iodide	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> I	1.080
21	25.986	十六烷 Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	1.015
22	28.589	环氧异香树烯 Isoaromadendrene epoxide	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	1.057
23	28.706	二十烷 Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	1.537
24	30.288	二十一烷 Heneicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	1.064
25	31.069	正三十四烷 Tetratriacontane	C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	1.764
26	31.302	邻苯二甲酸二异丁酯 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	1.475
27	34.952	1-十六烷醇 1-Hexadecanol	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O	1.249
28	35.253	1-二十碳烯 1-Eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	1.035
29	36.155	14-甲基十五烷酸甲酯 Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.426
30	36.998	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	1.037
31	37.655	亚麻醇 9,12-Octadecadien-1-ol, (9Z,12Z)-	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O	1.729
32	41.080	(Z)-9,17-十八碳二烯醛 (Z)-9,17-Octadecadienal	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O	6.161
33	42.117	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚) 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethyl ethyl)-4-methyl-	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.413

## 4 结论

苍耳草、苍耳子为同基源不同药用部位的药材，二者虽化学成分类型基本一致，但其药性、药效有所不同。本研究从植物化学的角度，探讨苍耳草与苍耳子挥发性成分的差异，试图为说明苍耳草与苍耳子药性、药效的差异提供一些实验资料。

实验结果表明，苍耳草与苍耳子挥发性成分中 33 个化学成分差异存在显著差异；9 个共有差异成分中，反式-2-己烯醛、伞花烃、癸醛、石竹烯、邻苯二甲酸二丁酯的相对含量以苍耳草较高；己醛、*a*-蒎烯、*a*-松油醇、(Z)-9,17-十八碳二烯醛的相对含量

以苍耳子较高。现代研究表明，反式-2-己烯醛具有较好的抑菌活性；对-伞花烃具有显著的镇咳祛痰作用<sup>[17]</sup>；癸醛具有抗菌作用<sup>[18]</sup>；石竹烯具有一定的平喘、局部麻醉作用<sup>[19]</sup>；邻苯二甲酸二丁酯具有免疫作用<sup>[20]</sup>；*a*-蒎烯具有抗真菌作用<sup>[21]</sup>；*a*-松油醇具有抗菌、抗病毒作用<sup>[22]</sup>。由于苍耳草与苍耳子中挥发性成分的组分潜在差异，可能会导致其在体内的吸收、代谢及效用有所不同，最终导致二者临床用途的一些差异，因而这些差异化学成分可能与苍耳草与苍耳子药性、药效差异的物质基础有关。至于深层次地阐明二者药性、药效差异的物质基础，更重要的还有待于进一步药效学深入研究。

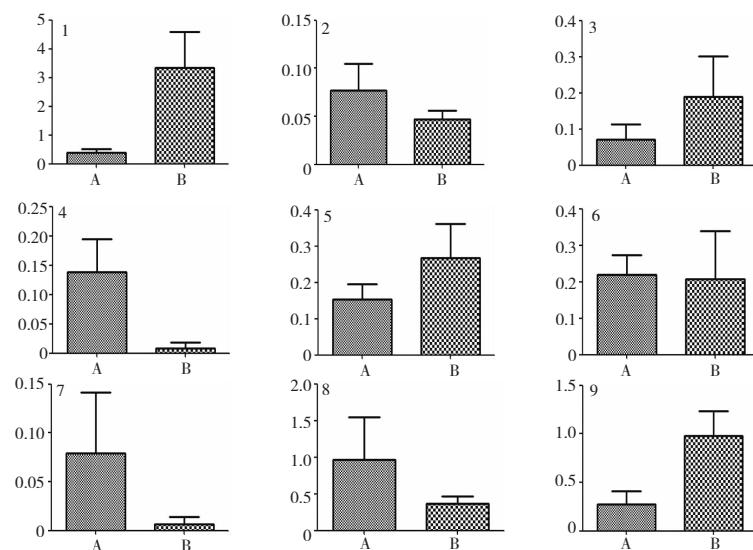


图 5 苍耳草(A)与苍耳子(B)样品中共有差异成分的相对含量

Fig. 5 Comparison of relative contents of common differential components in Xanthii Herb (A) and Xanthii Fructus (B)

Note: 1. 己醛;2. 反式-2-己烯醛;3.  $\alpha$ -蒎烯;4. 伞花烃;5.  $a$ -松油醇;6. 姜醛;7. 石竹烯;8. 邻苯二甲酸二丁酯;9. (Z)-9,17-十八碳二烯醛

Note: 1. Hexanal;2. 2-(E)-Hexenal;3.  $a$ -pinene;4.  $p$ -Cymene;5.  $a$ -Terpineol;6. Decanal;7. Caryophyllene;8. Dibutyl phthalate;9. (Z)-9,17-Octadecadienal

本实验建立了基于 GC-MS 结合多元统计分析技术的苍耳草与苍耳子中挥发性成分组分差异的分析方法,初步明确苍耳草与苍耳子药材中挥发性成分的化学差异,并找出其差异化学成分,从而从挥发性成分差异的角度,为揭示苍耳草与苍耳子二者药性、药效差异的物质基础提供依据。

## 参考文献

- Pharmacopoeia Committee of P. R. China (国家药典委员会), 2015 Ed. Chinese Pharmacopoeia I (中华人民共和国药典,第一部). Beijing Chemical Industry Publishing Press, 2015. 162.
- Nanjing University of Chinese Medicine (南京中医药大学). The Dictionary of Traditional Chinese Medicine (中药大辞典). Shanghai: Shanghai Science and Technology, 2005. 1486-1488.
- Su XG(苏新国), Mi SQ(宓穗卿), Wang NS(王宁生), et al. Review on the pharmaceutical study development of Fructus Xanthii. *Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol* (中药新药与临床药理), 2006, 17:68-72.
- Han T(韩婷), Qin LP(秦路平), Zheng HC(郑汉臣), et al. Research progress and progress of some medicinal medicinal plants of *Xanthium sibiricum*. *Pharm J Chin People's Liberation Army*(解放军药学学报), 2003, 19:122-125
- Ruan GH(阮贵华), Li GK(李攻科). Advances in studies on chemical composition, segregation and analysis research of Xanthii Fructus. *Chin Tradit Pat Med* (中成药), 2008, 30: 421-426.
- Tan DP(谭道鹏), Wu ZG(吴志瑰), Zhu XL(褚小兰), et al. Advances in study on chemical constituents in *Xanthium sibiricum*. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2007, 18:501-502.
- Fu XM(付小梅), Sun YC(孙燕朝), Wu JH(吴建华), et al. Studies the constituents of the volatile oil and the antimicrobial activities from *Xanthium mongolicum*. World Federation of traditional Chinese medicine, Chinese medicine, identification of Specialized Committee, the establishment of the General Assembly cum Academic Annual Conference(世界中医药学会联合会中药鉴定专业委员会成立大会暨学术年会), 2015, 294-297.
- Tan ZL(覃振林), Wei HY(韦海英), Li XJ(李学坚), et al. Analysis of chemical constituents of volatile oil from *Xanthium sibiricum* by GC-MS. *Chin J Tradit Med Sci Technol* (中国中医药科技), 2006, 13:248-250.
- Zhang DR(张典瑞), Ren TC(任天池), Xia FL(夏方亮), et al. Analysis of volatile components in Xanthii Fructus by GC-MS. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2003, 28:1083-1086.
- Wang SP(王淑萍), Zhang GZ(张桂珍), Gao Y(高英). Research and analysis of chemical composition of *Xanthium sibiricum* patrin oil. *J Changchun Inst Tech, Nat Sci*(长春工程学院学报, 自科版), 2007, 8:81-83.

- 11 Guo YH (郭亚红), Li JS (李家实), Pan JG (潘炯光), et al. Studies on the volatile oil in Xanthii Fructus. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 1994, 19: 235-236.
- 12 Hu D (胡迪), Wang YD (王耀登), Wu H (吴慧), et al. Analysis of essential oil and fatty oil from Xanthii Fructus before and after stir-frying by GC-MS. *J Hubei Univ Chin Med* (湖北中医药大学学报), 2012, 14: 29-31.
- 13 Wang H (王虹), He GX (何桂霞), Shen Q (沈谦), et al. Comparison on supercritical -CO<sub>2</sub> fluid extraction and steam distillation of essential oil from Xanthii Fructus. *J Hunan Coll Tradit Chin Med* (湖南中医药大学学报), 2009, 29: 44-46.
- 14 Zhang YK (张玉崑), Wu SJ (吴寿金), Zhang JG (张建国). Study on the volatile constituents of Xanthii Herba. *Chin Tradit Herb Drug* (中草药), 1995, 48.
- 15 Liu XD (刘祥东), Luo GA (罗国安), Wang YM (王义明), et al. Two plant metabolites in the field of application of metabolites—Plant metabolites. *Chin Tradit Pat Med* (中成药), 2006, 28: 1515-1517.
- 16 Li F (李飞), Wang YG (王宇光), Yang L (杨亮), et al. The regularity of toxic alkaloids during the combination of *Veratrum nigrum* and *Salvia miltiorrhiza* by UPLC-Q-TOF/MS. *Acta Chim Sin* (化学学报), 2012, 70: 2257-2264.
- 17 Zhu JM (祝君梅), Zhao SY (赵树仪), Chen WP (陈卫平), et al. Experimental on antitussive and expectorant effects and acute toxicity of whiteleaf ciylatlea ledum oil. *Tianjin Pharm* (天津药学), 2001, 13: 26-27.
- 18 Sun WJ (孙文基). Pure natural medicine and pharmacy: The Ninth National Symposium on traditional Chinese medicine and natural medicine, Nanchang, Jiangxi, China, 2007.
- 19 Chen XB (陈旭冰), Tong C (全诚), Chen GY (陈光勇). Advances in the research of  $\beta$ -Caryophyllene. *Shandong Chem Ind* (山东化工), 2011, 40: 34-36.
- 20 Li L (李蕾), Li HS (李海山), Song NN (宋乃宁), et al. Studies on the effect of dibutyl phthalate on the phagocytosis of macrophages. *Chin J Immunol* (中国免疫学杂志), 2011, 27: 771-774.
- 21 Li KQ (李开泉), Tang T (唐陶). Study on the antifungal constituents of the essential oil of *Litsea cubeba*. *Chin J Hosp Pharm* (中国医院药学杂志), 1986, 5-6.
- 22 Zhang XN (张小娜), Tong J (童杰), Zhou YJ (周衍晶), et al. Progress in research on chemical constituents and pharmacological effect of *Lonicera* Herbs. *Chin Pharmacol Bull* (中国药理学通报), 2014, 30: 1049-1054.

(上接第 2034 页)

- 23 Subramanian K, et al. Tackling multiple antibiotic resistance in enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) clinical isolates; a diarylheptanoid from *Alpinia officinarum* shows promising antibacterial and immunomodulatory activity against EPEC and its lipopolysaccharide-induced inflammation. *Int J Antimicrobial Agents*, 2009, 33: 244-250.
- 24 Lv W (吕玮). Isolation and characterization of anti-candida albicans chemical components from Chinese traditional herb *Alpinia officinarum* Hance. D. Tianjing: Tianjing University (天津大学), MSc. 2006.
- 25 Honmore VS, et al. *In vivo* and *ex vivo* antitubercular activity of diarylheptanoids from the rhizomes of *Alpinia officinarum* Hance, *Nat Prod Res*, 2016, 1-6.
- 26 Deng YF (邓亦峰), et al. The influence of the pungent components in extracts of *Alpinia officinarum* Hance on the antibacterial activities. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2013, 34: 4-7.
- 27 Tang G, et al. A natural diarylheptanoid promotes neuronal differentiation via activating ERK and PI3K-AKT dependent pathways. *Neuroscience*, 2015, 303: 389-401.
- 28 Tian Z, et al. Cytotoxic diarylheptanoid induces cell cycle arrest and apoptosis via increasing ATF3 and stabilizing p53 in SH-SY5Y cells. *Cancer Chemother Pharmacol*, 2009, 63: 1131-1139.
- 29 Fan GJ, et al. Platelet-activating factor (PAF) receptor binding antagonists from *Alpinia officinarum*. *Bioorgan Med Chem Lett*, 2007, 17: 6720-6722.
- 30 Kim YU, et al. Inhibition of 5 $\alpha$ -reductase activity by diarylheptanoids from *Alpinia officinarum*. *Planta Med*, 2003, 69: 72-74.
- 31 Eumkeb G, et al. Reversing  $\beta$ -lactam antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* with galangin from *Alpinia officinarum* Hance and synergism with ceftazidime. *Phytomedicine*, 2010, 18: 40-45.