

基于 GC-MS 的六经头痛片挥发性化学成分研究

张晓燕¹, 龚苏晓², 游飞祥¹, 王月红³, 韩彦琪², 许浚², 陈常青^{2*}, 张铁军^{2*}

1. 天津中医药大学, 天津 300193

2. 天津药物研究院, 天津 300193

3. 天津医科大学, 天津 300070

摘要:目的 通过 GC-MS 法分析六经头痛片中挥发性成分。方法 利用水蒸气蒸馏法提取六经头痛片挥发油, 运用 GC-MS 联用技术对提取物进行成分分析, 谱库检索结合药材色谱峰归属对六经头痛片挥发油进行定性分析, 应用峰面积百分比法计算相对量。结果 从六经头痛片挥发油中共鉴定出 102 个成分, 其中薄荷酮 (11.887%) 相对量最高, 另对各色谱峰进行药材归属, 其中 87 个色谱峰已归属至药材, 占已鉴定总峰个数的 85.3%。结论 通过 GC-MS 法能够快速有效地分析六经头痛片中的挥发性成分, 为六经头痛片药效成分的研究和质量控制提供参考。

关键词: 六经头痛片; GC-MS; 挥发油; 薄荷酮; 色谱峰

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2016)21-3787-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.21.006

Analysis on volatile components of Liujiang Toutong Tablets based on GC-MS

ZHANG Xiao-yan¹, GONG Su-xiao², YOU Fei-xiang¹, WANG Yue-hong³, HAN Yan-qi², XU Jun²,
CHEN Chang-qing², ZHANG Tie-jun²

1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China

2. Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300193, China

3. Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

Abstract: Objective To analyze the components of oil from Liujiang Toutong Tablets by GC-MS. **Methods** Steam distillation was used to extract the oil from Liujiang Toutong Tablets, GC-MS was used to analyze the components, the components analyzed with the different kinds of condition; The optimum separated and analytical conditions were researched, the amount of the components from the essential oil were determined by normalization method. **Results** All 102 components which 87 peaks have been attributed to herbs about 85.3% of the total essential oil were separated and identified, including menthone (11.887%) is calculated as the relative content of the highest. **Conclusion** GC-MS is stable, reliable and reproducible. It is suitable for the quick analysis of volatile oil from Liujiang Toutong Tablets.

Key words: Liujiang Toutong Tablets; GC-MS; volatile oil; menthone; chromatographic peak

六经头痛片收载于《卫生部药品标准》第 20 册, 为国家中药保护品种, 是由白芷、辛夷、藁本、川芎、细辛、荆芥穗油等 9 味药材加工而成的中药复方片剂, 具有疏风活络、止痛利窍之功效, 常用于全头痛、偏头痛及局部头痛^[1]。

本制剂中含有的大量挥发性成分, 在通络、通窍、止痛等药理药效上起着重要作用, 配伍研究表明中药发挥功效的物质基础不是简单的药材化学成分种类

及量的累积, 而是配伍后化学成分变化的结果^[2], 复方的物质基础研究对于阐述药物作用机制具有重要意义。方中白芷、辛夷、藁本、川芎、细辛、荆芥穗油均为辛温之品, 该 6 味均含有挥发油而善治头痛。白芷长于治阳明经头痛, 川芎长于治少阳、厥阴经头痛, 细辛治少阴经头痛, 藁本治太阳经头痛及颠顶痛, 辛夷长于散寒通窍, 荆芥穗油具有清热、解表之功, 文献报道上述药材所含挥发油具有的通

收稿日期: 2016-05-12

作者简介: 张晓燕 (1990—), 女, 硕士研究生, 主要从事中药复方制剂研究。Tel: (022)23006843 E-mail: 13920375607@163.com

*通信作者 张铁军 Tel: (022)23006848 E-mail: zhangtj@tjipr.com

陈常青 Tel: (022)23006829 E-mail: chencq@tjipr.com

窍、止痛等药理作用,很大程度上取决于其所含的挥发油^[3],这些挥发油对六经头痛片治疗诸痛之功效有重要贡献,但现有文献中并未见对本方所含挥发性化学成分进行系统报道,仅有对其指标成分胡薄荷酮的定量测定^[4]和对非挥发性成分的 HPLC 研究^[5]。

目前对物质化学成分的分析多采用 HPLC-MS 法,但 HPLC-MS 法不便于挥发性成分检识,而 GC-MS 法对挥发油部分的检识适用性良好,且结合现有谱库及相关文献能够对挥发油进行快速准确地分析。本实验通过水蒸气蒸馏法提取六经头痛片中挥发油,利用 GC-MS 法对挥发油物质组群进行了成分辨识,鉴定出 102 个成分,其中薄荷酮(11.887%)、胡薄荷酮(7.372%)、邻苯二甲酸二丁酯(11.236%)相对含量最高,另对各色谱峰进行药材归属,其中 87 个色谱峰已归属至药材,占已鉴定总峰个数的 85.3%,对阐明该药药效及质量控制提供了一定的参考。

1 仪器与材料

Agilent 7890A-5975C 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司),BP211D 十万分之一电子分析天平(德国赛多利斯公司),HS3120 型超声清洗器(奥赛特塞恩思仪器有限公司)。乙醚(分析纯,天津市康科德科技有限公司),无水硫酸钠(分析纯,天津市凯信化学工业有限公司),娃哈哈纯净水。

六经头痛片(批号 DK12444)和细辛、辛夷、白芷、藁本、川芎、荆芥穗油等药材均由天津隆顺裕发展制药有限公司提供,药材经天津药物研究院张铁军研究员鉴定,细辛为马兜铃科植物华细辛 *Asarwm sieboldii* Miq. 的干燥根和根茎,辛夷为木兰科植物望春花 *Magnolia biondii* Pamp. 的干燥花蕾,白芷为伞形科植物白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. 的干燥根,藁本为伞形科植物藁本 *Ligusticum sinense* Oliv. 的干燥根和根茎,川芎为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的干燥根茎。

2 方法

2.1 挥发油的提取

称取六经头痛片 250 g,在湿度小于 55%的室内适当粉碎,置于 5 000 mL 圆底烧瓶中,加水 2 700 mL,按《中国药典》2015 年版第四部^[6]“挥发油测定法”甲法提取 5 h,得淡黄绿色挥发油约 1 mL,同法提取细辛、辛夷、藁本、川芎、白芷药材,得各单味药材挥发油。

2.2 供试品溶液配制

取“2.1”项下所得挥发油 0.2 mL,置于 2 mL 容量瓶中,加乙醚定容至刻度线,摇匀即得,同法制备细辛、荆芥穗油、辛夷、藁本、川芎、白芷挥发油,得各单味药材挥发油溶液。以上挥发油溶液经过无水硫酸钠脱水后,过 0.45 μ m 有机滤膜制备即得。

2.3 色谱条件

Agilent HP-5 毛细管柱(30 m $\times$ 320 μ m, 0.25 μ m, 美国安捷伦公司),柱流量 1.0 mL/min; FID 检测器;进样口温度为 270 $^{\circ}$ C;检测器温度为 270 $^{\circ}$ C;柱升温程序为 30 $^{\circ}$ C,保持 1 min,以 20 $^{\circ}$ C/min 升至 70 $^{\circ}$ C,保持 5 min,以 2 $^{\circ}$ C/min 升至 80 $^{\circ}$ C,保持 2 min,以 0.8 $^{\circ}$ C/min 升至 90 $^{\circ}$ C,以 4 $^{\circ}$ C/min 升至 115 $^{\circ}$ C,保持 10 min,以 0.8 $^{\circ}$ C/min 升至 125 $^{\circ}$ C,保持 5 min,以 3 $^{\circ}$ C/min 升至 135 $^{\circ}$ C,保持 2 min,以 3 $^{\circ}$ C/min 升至 150 $^{\circ}$ C,保持 3 min,以 15 $^{\circ}$ C/min 升至 230 $^{\circ}$ C,保持 5 min,以 45 $^{\circ}$ C/min 降至 30 $^{\circ}$ C,保持 5 min;载气为高纯氮气(99.99%),进样量 0.5 μ L,分流进样,分流比为 5:1。

2.4 质谱条件

离子源为 EI 源;电子能量 70 eV;四极杆温度 150 $^{\circ}$ C;离子源温度 230 $^{\circ}$ C;倍增器电压 1 412 V;溶剂延迟 2.30 min,SCAN 扫描范围 14~700 amu。

3 结果及分析

3.1 GC-MS 分析

吸取 0.5 μ L 样品溶液,按“2.3”和“2.4”项下条件进行 GC-MS 分析,得各样品 TIC 总离子流图。见图 1~7。

3.2 化合物鉴定及色谱峰归属

根据总离子流图,结合 NIST08 谱库检索及保留时间、相关文献数据^[7-8]和单味药材色谱峰对照归属,共鉴定出化合物 102 种,其中具有特征代表性的化合物有来源于荆芥穗油^[9-11]的薄荷酮、胡薄荷酮、异薄荷酮,来源于细辛药材的丁子香酚、百秋李醇^[12]、 β -广藿香烯、 α -愈创木烯、草蒿脑^[13],来源于辛夷药材的反式-金合欢醇、 γ -衣兰油烯^[14]、(E)- β -金合欢烯^[15],来源于白芷药材的(-)-异丁香烯等;另检出茨烯、蒾烯、水芹烯、月桂烯、蒾品油烯、萆烯等挥发油中共有的单萜烯类成分,见表 1。

4 结论及讨论

本实验对荆芥穗油、细辛、辛夷等药材与全方进行了 GC-MS 分析,对于指认色谱峰进行了对照及归属,GC-MS 总色谱峰数为 137 个,共鉴定化合

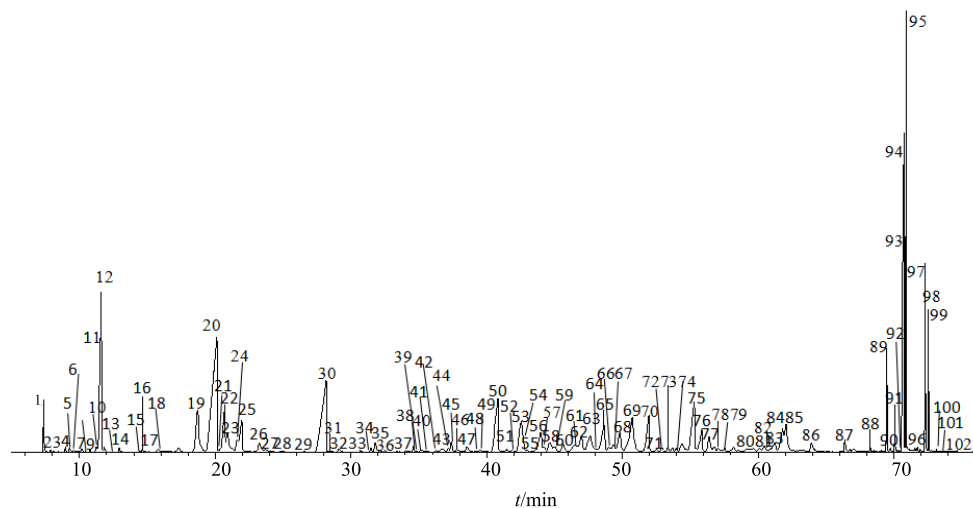


图 1 六经头痛片挥发油的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of volatile oil in Liujiing Toutong Tablets

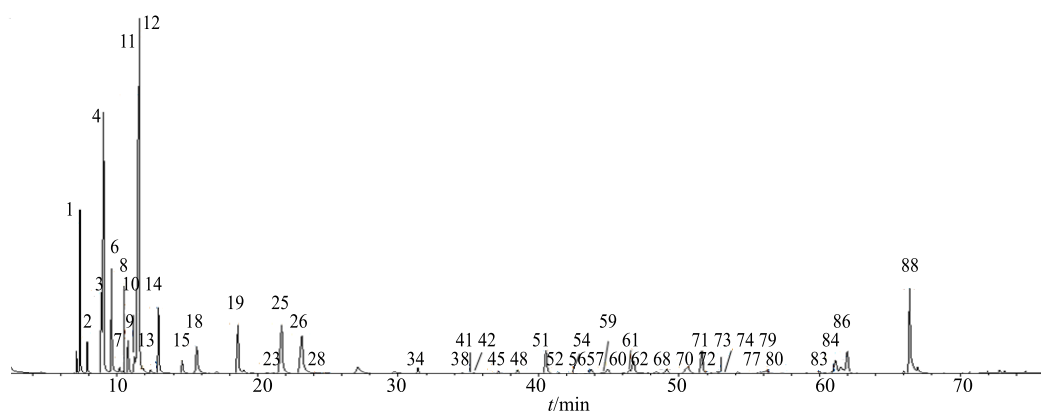


图 2 辛夷药材挥发油的总离子流图

Fig. 2 Total ion chromatogram of volatile oil in Magnoliae Flos

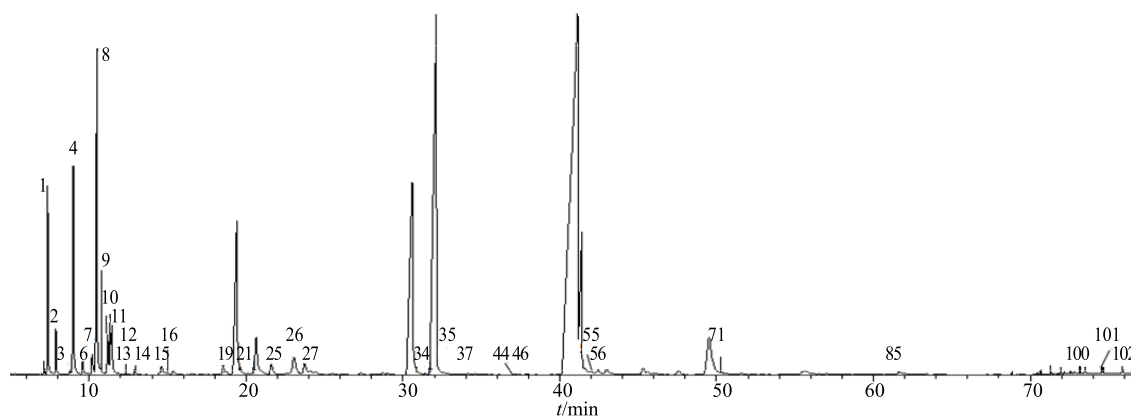


图 3 细辛药材挥发油的总离子流图

Fig. 3 Total ion chromatogram of volatile oil in Asari Herba

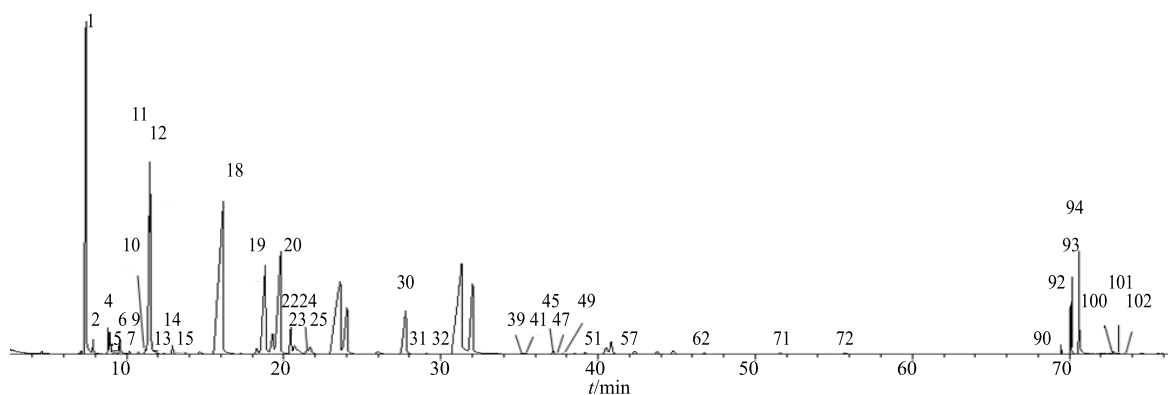


图 4 荆芥穗油的总离子流图

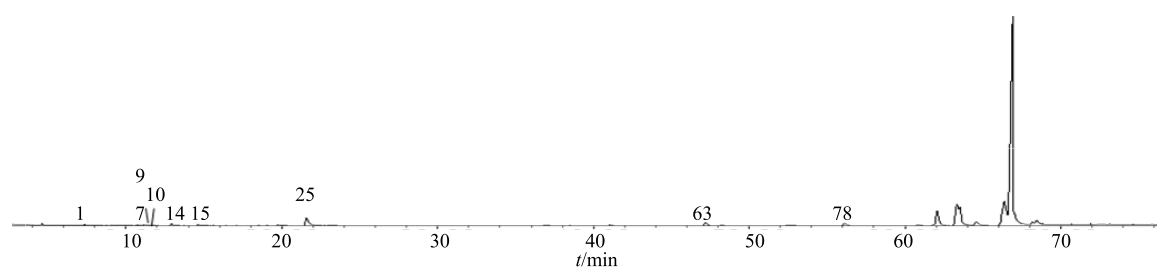
Fig. 4 Total ion chromatogram of volatile oil in *Schizonepetae Herba*

图 5 川芎挥发油的总离子流图

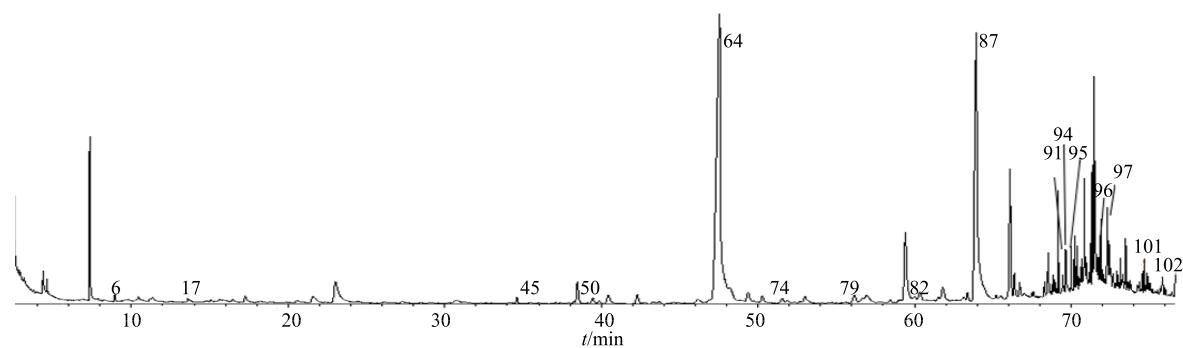
Fig. 5 Total ion chromatogram of volatile oil in *Chuanxiong Rhizoma*

图 6 白芷挥发油的总离子流图

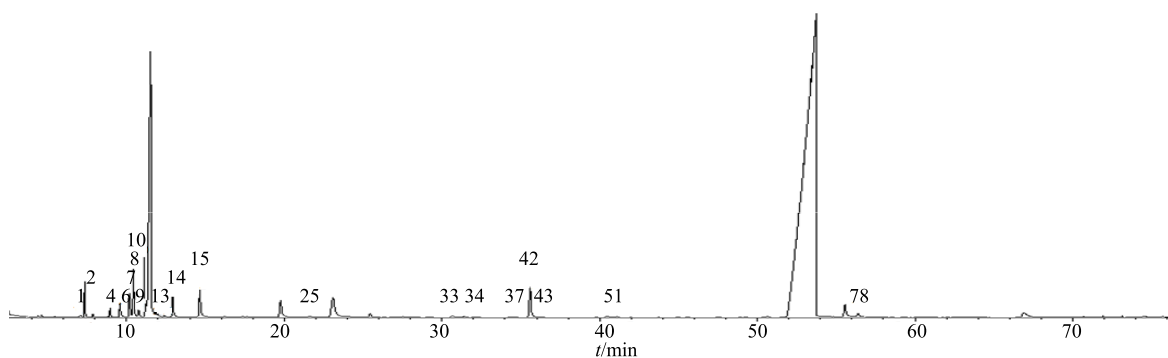
Fig. 6 Total ion chromatogram of volatile components in *Angelicae Dahuricae Radix*

图 7 藁本挥发油的总离子流图

Fig. 7 Total ion chromatogram of volatile oil in *Ligustici Rhizoma*

表 1 六经头痛片中挥发油化学成分鉴定及归属

Table 1 Identification and attribution of volatile oil from Liujiang Toutong Tablets

峰号	<i>t_R</i> /min	化合物	相对分子质量	分子式	来源药材
1	7.343	1 <i>R</i> - α -蒎烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、F
2	7.858	蒎烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E
3	8.874	β -水芹烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B
4	8.943	β -蒎烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E
5	9.259	1-辛烯-3-醇	128	C ₈ H ₁₆ O	C
6	9.574	β -月桂烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、D
7	10.190	α -水芹烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、F
8	10.421	3-萜烯	136	C ₁₀ H ₁₆	B、A、F、E
9	10.775	(+)-4-萜烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、F
10	11.244	邻-异丙基苯	134	C ₁₀ H ₁₄	A、B、C、E、F
11	11.381	柠檬烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C
12	11.598	桉叶油素	154	C ₁₀ H ₁₈ O	A、B、C
13	12.391	罗勒烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E
14	12.914	Γ -松油烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、F
15	14.607	萜品油烯	136	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、E、F
16	14.860	4-异丙烯基甲苯	132	C ₁₀ H ₁₂	A
17	15.068	6-蒎烯酮	150	C ₁₀ H ₁₄ O	D
18	15.784	芳樟醇	154	C ₁₀ H ₁₈ O	C、B
19	18.708	左旋樟脑	152	C ₁₀ H ₁₆ O	A、B、C
20	20.109	薄荷酮	154	C ₁₀ H ₁₈ O	C
21	20.401	松香芹酮	150	C ₁₀ H ₁₄ O	A
22	20.709	异薄荷酮	154	C ₁₀ H ₁₈ O	C
23	20.909	2-蒎醇	154	C ₁₀ H ₁₈ O	B、C
24	21.601	反式-5-甲基-2-(1-异丙烯基)-环己酮	152	C ₁₀ H ₁₆ O	C
25	21.955	4-萜品醇	154	C ₁₀ H ₁₈ O	A、B、C、E、F
26	23.348	α -萜品醇	154	C ₁₀ H ₁₈ O	B、A
27	23.718	桃金娘烯醇	152	C ₁₀ H ₁₆ O	A
28	24.926	顺式-3-甲基-6-(1-甲乙基)-2-环己烯-1-醇	154	C ₁₀ H ₁₈ O	B
29	26.565	顺式-2-甲基-5-(1-甲乙基)-2-环己烯-1-醇	152	C ₁₀ H ₁₆ O	—
30	28.188	胡薄荷酮	152	C ₁₀ H ₁₆ O	C
31	28.642	5-甲基-2-(1-异丙烯基)-环己酮	152	C ₁₀ H ₁₆ O	C
32	29.120	胡椒酮	152	C ₁₀ H ₁₆ O	C
33	30.705	水芹醛	152	C ₁₀ H ₁₆ O	E
34	31.467	乙酸龙脑酯	196	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	A、B、E
35	31.797	草蒿脑	148	C ₁₀ H ₁₂ O	A
36	32.490	乙酸桃金娘烯酯	194	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	—
37	34.260	2,5-二乙基苯酚	150	C ₁₀ H ₁₄ O	A、E
38	34.591	1,5,5-trimethyl-6-methylene-cyclohexene	136	C ₁₀ H ₁₆	B
39	35.129	胡椒烯酮	150	C ₁₀ H ₁₄ O	C
40	35.245	2-亚乙基-6-甲基-3,5-二烯醛	150	C ₁₀ H ₁₄ O	—

续表 1

峰号	<i>t_R</i> /min	化合物	相对分子质量	分子式	来源药材
41	35.406	α -葑澄茄烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、C
42	35.606	2-萹烯	136	C ₁₀ H ₁₆	B、E
43	36.253	苯戊酮	162	C ₁₁ H ₁₄ O	E
44	36.668	丁子香酚	164	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	A
45	37.176	古巴烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、C、D
46	37.399	β -广藿香烯	204	C ₁₅ H ₂₄	A
47	37.792	β -波旁烯	204	C ₁₅ H ₂₄	C
48	38.554	β -榄香烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B
49	39.215	长叶烯	204	C ₁₅ H ₂₄	C
50	39.600	(-)-异丁香烯	204	C ₁₅ H ₂₄	D
51	40.824	(Z)-石竹烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、C、E
52	41.578	β -葑澄茄油萜	204	C ₁₅ H ₂₄	B
53	41.878	cubebene	204	C ₁₅ H ₂₄	—
54	42.432	seychellene	204	C ₁₅ H ₂₄	B
55	42.678	α -愈创木烯	204	C ₁₅ H ₂₄	A
56	42.974	g-gurjunene	204	C ₁₅ H ₂₄	B、A
57	43.986	α -石竹烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、C
58	44.240	榄香烯	204	C ₁₅ H ₂₄	—
59	44.648	香树烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B
60	45.033	(E)- β -金合欢烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B
61	46.464	1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-[1S-(1a,4a,7a)]-4,7-methanoazulene	204	C ₁₅ H ₂₄	B
62	46.987	吉玛烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、C
63	47.464	α -芹子烯	204	C ₁₅ H ₂₄	F
64	47.626	环十二烷	204	C ₁₅ H ₂₄	D
65	48.080	β -马榄烯	204	C ₁₅ H ₂₄	—
66	48.657	β -葑草烯	204	C ₁₅ H ₂₄	—
67	48.996	a-gurjunene	204	C ₁₅ H ₂₄	—
68	49.357	1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基) 蒽	204	C ₁₅ H ₂₄	B
69	49.827	A-布藜烯	204	C ₁₅ H ₂₄	—
70	50.735	γ -衣兰油烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B
71	51.951	δ -杜松烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B、A、C
72	52.512	1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-Naphthalene	204	C ₁₅ H ₂₄	B
73	52.920	(-)- α -杜松烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B
74	53.367	二去氢菖蒲烯	200	C ₁₅ H ₂₀	B、D
75	53.697	顺式- α -红没药烯	204	C ₁₅ H ₂₄	—
76	55.298	1-methyl-7,11-dithiaspiro [5,5] undecane	202	C ₁₀ H ₁₈ S ₂	—
77	55.844	橙花叔醇	222	C ₁₅ H ₂₆ O	B、C
78	56.398	(-)-匙叶桉油烯醇	220	C ₁₅ H ₂₄ O	E、F、B
79	56.522	石竹烯氧化物	220	C ₁₅ H ₂₄ O	B、D
80	56.752	(+)- γ -古芸烯	204	C ₁₅ H ₂₄	B

续表 1

峰号	<i>t_R</i> /min	化合物	相对分子质量	分子式	来源药材
81	59.176	β -vatiorene	204	C ₁₅ H ₂₄	—
82	60.107	δ -杜松烯	204	C ₁₅ H ₂₄	D
83	60.461	γ -eudesmol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	B
84	61.254	Γ -杜松醇	222	C ₁₅ H ₂₆ O	B
85	61.800	百秋李醇	222	C ₁₅ H ₂₆ O	A
86	62.070	葑烯醇	222	C ₁₅ H ₂₆ O	B
87	63.955	环十二烷	168	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	D
88	66.402	反式-金合欢醇	222	C ₁₅ H ₂₆ O	B
89	68.249	十四酸乙酯	256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	—
90	69.488	邻苯二甲酸二异丁酯	278	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	C
91	69.765	十五酸乙酯	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	D
92	70.073	邻苯二甲酸丁基酯 2-乙基己基酯	278	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	C
93	70.149	邻苯二甲酸-1-丁酯-2-异丁酯	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	C
94	70.765	邻苯二甲酸二丁酯	278	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	C、D
95	70.934	棕榈酸乙酯	284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	D
96	71.735	亚油酸甲酯	294	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	D
97	72.312	亚油酸乙酯	308	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	D
98	72.335	油酸乙酯	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	—
99	72.558	硬脂酸乙酯	312	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	—
100	73.474	二十烷	282	C ₂₀ H ₄₂	A、C
101	74.543	二十四烷	338	C ₂₄ H ₅₀	A、D
102	75.859	二十五烷	352	C ₂₅ H ₅₂	A、C、D

A-细辛 B-辛夷 C-荆芥穗油 D-白芷 E-藁本 F-川芎

A-Asari Herba B-Magnoliae Flos C-Schizonepetae Herba D-Angelicae Dahuricae Radix E-Ligustici Rhizoma F-Chuanxiong Rhizoma

物 102 种, 占色谱峰总数的 74.5%, 已鉴定化合物色谱峰面积占总峰面积的 95%以上。本实验所得挥发油中量较高的成分为薄荷酮 (11.887%)、胡薄荷酮 (7.372%)、邻苯二甲酸二丁酯 (11.236%)、棕榈酸乙酯 (6.488%), 其次为桉叶油素 (5.991%)、左旋樟脑 (3.016%)、异薄荷酮 (2.181%)、石竹烯 (3.752%)、 α -金合欢烯 (2.601%)、 δ -杜松烯 (2.053%)、 γ -衣兰油烯 (3.355%) 等成分。

本实验通过 GC-MS 法对六经头痛片中挥发性成分进行了鉴定, 并将其进行色谱峰归属, 研究结果显示, 六经头痛片中挥发油分别来源于细辛、辛夷、荆芥穗油、白芷、川芎、藁本, 其中来源于细辛药材的有 34 个、来源于辛夷药材的有 50 个、来源于荆芥穗油药材的有 38 个、来源于白芷药材的有 15 个、来源于川芎药材的有 10 个、来源于藁本药材的有 19 个, 另有 15 个色谱峰未找到归属药材,

可能为片剂制备工艺中单味药材煎煮、混合等过程中化合物之间相互反应产生, 该类成分可能与药物之间的增溶、助溶等相互作用有关^[16]。

本实验通过 GC-MS 法分析了六经头痛片中挥发性化学成分, 并对其所含成分进行药材归属。本课题组研究发现六经头痛片水提取液部分也含有大量化学成分, 因此后续实验将会通过 HPLC-MS 法对其水提取液部分进行成分辨识, 以期对六经头痛片进行全成分分析。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 卫生部药品标准中药成方制剂 (第 20 册) [S]. 1998.
- [2] 田连起, 黄鹤归, 叶晓川, 等. 桂枝-生姜药对萃取物体外抗甲型流感病毒 (H1N1) 及 GC-MS 研究 [J]. 中国医院药学杂志, 2012, 32(14): 1100-1104.
- [3] 吴若兰. 关于从风论治偏头痛的相关文献综述 [D].

- 北京: 北京中医药大学, 2011.
- [4] 周 军, 赵 晨, 王 杰. HPLC 法测定六经头痛片中的胡薄荷酮 [J]. 现代药物与临床, 2014, 29(5): 500-502.
- [5] 张 力, 张 海, 李钦青, 等. 六经头痛片质量标准 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(9): 82-84.
- [6] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [7] 魏鹏程, 赵铭钦, 刘鹏飞, 等. 不同蒸馏方法提取辛夷挥发油的比较分析 [J]. 现代食品科技 2013, 29(2): 358-361.
- [8] 潘红亮, 欧阳天贽. 水蒸气蒸馏法和超声辅助提取法提取华细辛挥发油的比较 [J]. 食品科学, 2011, 32(10): 190-192.
- [9] 唐 杨, 颜 挺, 晁若冰. GC 测定荆芥及荆芥油中的薄荷酮和胡薄荷酮 [J]. 华西药学杂志, 2008, 23(1): 102-104.
- [10] 王 旗, 王丽霞, 王欣月, 等. 荆芥穗药材指纹图谱研究 [J]. 中成药, 2007, 29(7): 941-945.
- [11] 张 丽, 邵 霞, 于 生, 等. 荆芥穗挥发油的顶空气相色谱指纹图谱研究 [J]. 中草药, 2012, 43(9): 1767-1769.
- [12] 宋庆武, 范开田, 林 静, 等. 分子蒸馏技术拆分细辛油及 GC-MS 分析 [J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(4): 586-590.
- [13] 潘红亮, 欧阳天贽. 水蒸气蒸馏法和超声辅助提取法提取华细辛挥发油的比较 [J]. 食品科学, 2011, 32(10): 190-193.
- [14] 邱 琴, 刘廷礼, 崔兆杰, 等. GC-MS 法测定辛夷挥发油成分 [J]. 中药材, 2001, 24(4): 269-270.
- [15] 罗会俊, 程庚金生, 彭金年. 辛夷正己烷萃取物的 GC-MS 分析 [J]. 赣南医学院学报, 2012, 32(4): 497-498.
- [16] Marongiu B, Piras A, Porcedda S, *et al.* Chemical composition of the essential oil and supercritical CO₂ extract of *Commiphora myrrha* (Nees) Engl. and of *Acorus caluamus* L. [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(20): 7939-7943.