

苏神合剂挥发性成分分析

陈伟韬¹, 张靖年¹, 肖观林¹, 李养学¹, 杨敏娟², 邱锦燕², 陈昭¹, 李素梅¹

[1. 广东省第二中医院(广东省中医药工程技术研究院)/广东省中医药研究开发重点实验室, 广东 广州 510095;

2. 广州中医药大学第五临床医学院, 广东 广州 510405]

摘要: **目的** 对苏神合剂中的主要挥发性成分进行分析。**方法** 以水蒸气蒸馏法处理样品, 通过气相-质谱联用仪检测, 运用保留指数计算、质谱数据库比对、药味归属、对照品对照等方式对样品中主要挥发性成分进行鉴定分析。**结果** 共鉴定苏神合剂挥发性成分 29 个, 各批样品中桉油精、 β -石竹烯、柠檬烯(主要来源药味分别为豆蔻、紫苏叶、陈皮)3 个成分的相对质量分数总和均大于 50%。**结论** 本研究指认鉴定出的多个化合物可为苏神合剂筛选质量评价指标成分提供参考。

关键词: 苏神合剂; 气相-质谱联用仪; 挥发性成分

中图分类号: R284.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-3653(2023)03-0119-06

DOI: 10.16809/j.cnki.2096-3653.2023012902

Analysis of volatile components in Sushen mixture

CHEN Weitao¹, ZHANG Jingnian¹, XIAO Guanlin¹, LI Yangxue¹, YANG Minjuan², QIU Jinyan², CHEN Zhao¹, LI Sumei^{1*}

[1. *Guangdong Second Traditional Chinese Medicine Hospital (Guangdong Province Engineering Technology Research Institute of Traditional Chinese Medicine) / Guangdong Provincial Key Laboratory of Research and Development in Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510095, China*; 2. *The School of the Fifth Clinical Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China*]

*Corresponding author Email: lisumei124@163.com

Abstract: **Objective** To identify the major volatile components in Sushen mixture. **Method** The samples processed by steam distillation were detected by GC-MS. The major volatile components in the samples were identified and analyzed by retention index calculation, MS database comparison, ingredient belonging analysis and reference substance confirmation. **Results** 29 volatile compounds were identified in Sushen mixture, among which the sum of relative contents of eucalyptol, β -caryophyllene and limonene (the main sources were Amomi Fructus Rotundus, Perillae Folium and Citri Reticulatae Pericarpium, respectively) in all the samples was over 50%. **Conclusion** The compounds identified in this study can provide reference for the selection of quality evaluation index components of Sushen mixture.

Key words: Sushen mixture; GC-MS; volatile component

广东气候炎热潮湿, 因湿热致病的患者较多, 为满足临床需求, 广东省第二中医院基于本院多年治疗湿热证的临床验方“苏神方”^[1-3]开发了院内制剂苏神合剂, 具有芳香健脾、化湿止泻的功效。本制剂气香, 处方由紫苏叶、六神曲、豆蔻、陈皮、苍术、甘草等组成, 其中君药紫苏叶、臣药豆蔻、苍术

富含挥发油, 当中成分多与芳香化湿的治疗目的相关^[4-13], 但目前未有针对本品挥发性成分的研究报道。本研究通过水蒸气蒸馏法对苏神合剂中挥发性成分进行提取, 采用气相-质谱联用仪(GC-MS)检测结合保留指数、对照品确认及归属成分来源药味等方式, 分析苏神合剂挥发性成分, 通过多批样

收稿日期: 2023-01-29

基金项目: 广东省中医药局科研项目(20221041), 2021 年省属科研机构稳定性支持项目(粤财科教[2021]113 号)

作者简介: 陈伟韬(1990—), 男, 硕士, 主管中药师, 从事中药质量分析研究, 电话: 020-83482098, Email: chenwt009@126.com

通信作者: 李素梅(1985—), 女, 硕士, 副主任中药师, 从事中药成分分析和中药制剂质量标准研究, 电话: 020-83482098, Email: lisumei124@163.com。

品检测,确定共有成分,以期筛选苏神合剂质量评价指标成分提供参考。

1 仪器与试药

1.1 仪器

Agilent 7890B-7000D气相-三重四极杆质谱联用仪(安捷伦科技有限公司)。

1.2 试药

柠檬烯(批号:100470-201503,质量分数:96.0%)、桉油精(批号:110788-201707,质量分数:100.0%)、芳樟醇(批号:111503-202004,质量分数:98.8%)均购自中国食品药品检定研究院; α -蒎烯(批号:AF21081709,质量分数:98%)、 β -蒎烯(批号:AF20122009,质量分数:95%)、紫苏烯(批号:AFBG0515,质量分数:98%)、L- α -松油醇(批号:AF20081520,质量分数:97%)、紫苏醛(批号:AF21041412,质量分数:98%)、 β -石竹烯(批号:AF20032353,质量分数:98%)均购自成都埃法生物科技有限公司;34种正构烷烃(C7-C40)混合对照品溶液(批号:D0018994,质量浓度:1 000 $\mu\text{g/mL}$)购自北京曼哈格生物技术公司。

紫苏叶(批号:220501,产地:广东,生产日期:20220526)、苍术(批号:220601,产地:安徽,生产日期:20220615)购自广东天泰药业公司;豆蔻(批号:220401,产地:云南,生产日期:20220419)购自广州至信中药饮片公司;陈皮(批号:C1722213,产地:广东,生产日期:20220711)购自广东省药材公司,经广东省第二中医院(广东省中医药工程技术研究院)李素梅副主任中药师和张靖年主管中药师鉴定紫苏叶为唇形科植物紫苏 *Perilla frutescens* (L.) Britt. 的干燥叶、苍术为菊科植物茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC.、豆蔻为姜科植物白豆蔻 *Amomum kravanh* Pierre ex Gagnep.、陈皮为芸香科植物橘 *Citrus reticulata* Blanco 的干燥成熟果皮。

苏神合剂(批号:190801、190802、190803、210101、210102、210103、220701、220801、220802、220803)由广东省第二中医院提供。

2 方法与结果

2.1 样品溶液的制备

量取本品100 mL,置250 mL圆底烧瓶中,连接挥发油提取器,自测定器上端加水使充满刻度部分,并溢流入烧瓶为止,再加环己烷2 mL,按挥发油测定法(《中国药典》2020年版四部通则2204)测定,

保持微沸3 h,放冷,分取环己烷层,转移至10 mL量瓶,测定器中水液用乙酸乙酯2 mL振摇提取,乙酸乙酯液并入同一量瓶中,加乙酸乙酯稀释至刻度,摇匀,置填充有无水硫酸钠的0.22 μm 针筒微孔滤膜滤过,即得。

2.2 各药味挥发性成分的提取

依处方分别取紫苏叶、豆蔻、陈皮、苍术等适量,加水100 mL,按“2.1”项自“分取环己烷层……”同法操作,置填充有无水硫酸钠的0.22 μm 针筒微孔滤膜滤过,分别制成紫苏叶、豆蔻、陈皮、苍术挥发性成分提取溶液。

2.3 对照品溶液的制备

取 α -蒎烯、 β -蒎烯、柠檬烯、桉油精、芳樟醇、紫苏烯、L- α -松油醇、紫苏醛、 β -石竹烯适量,加乙酸乙酯配成含各成分质量浓度为200 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液。

2.4 仪器条件

2.4.1 气相色谱条件 HP-5MS毛细管色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度250 $^{\circ}\text{C}$;分流比30:1;载气为高纯氦气($\geq 99.999\%$);载气流速1 mL/min;程序升温:初始温度70 $^{\circ}\text{C}$,保持3 min,以3 $^{\circ}\text{C/min}$ 的速率升温至280 $^{\circ}\text{C}$,保持3 min。

2.4.2 质谱条件 离子源为电子轰击源(EI),离子源温度280 $^{\circ}\text{C}$,能量70 eV。质谱传输线温度280 $^{\circ}\text{C}$ 。溶剂延迟4 min。质谱监测模式MS1扫描模式,扫描范围为50~550 m/z ,增益5。

2.5 成分鉴定和药味归属

2.5.1 保留指数(I_R) 取待测溶液和正构烷烃(C7-C40)混合对照品溶液,测定结果按积分查找化合物,记录各主要化合物的质谱峰保留时间,按以下公式计算各化合物保留指数 I_R :

$$I_R = 100n + 100 \left(\frac{T_x - T_n}{T_{n+1} - T_n} \right),$$

式中: I_R 为目标化合物的保留指数; n 为正构烷烃的碳原子数; T_x 为目标化合物的保留时间,min; T_n 和 T_{n+1} 分别为碳原子数为 n 、 $n+1$ 的正构烷烃的保留指数,min,且 $T_{n+1} > T_x > T_n$ 。

2.5.2 化合物的鉴定和筛选 通过仪器工作站MassHunter Qualitative Analysis B.07.00比对NIST 14质谱数据库,检索各化合物质谱图得分高于50的匹配结果,再运用MS search 2.2检索,以保留指数、匹配度筛选结果。

2.5.3 化合物的药味归属 取各药味样品溶液测定,检索鉴定化合物,分析苏神合剂挥发性成分的

来源药味,验证化合物筛选结果。

2.5.4 对照品的确认 选取部分主要化合物对照品进行测定,确认化合物鉴定结果。

2.6 成分分析结果

取本品(批号:210103)按“2.1”项方法制备样品提取溶液,取各药味按“2.2”项方法制备各药味挥发性成分提取溶液,取“2.3”项下制备的对照品溶液,分别按“2.4”项方法测定,按“2.5”项方法进行苏神合剂挥发性成分鉴别和药味归属分析,采用峰面积归一化法计算成分相对质量分数,结果见图1—2、表1。

通过仪器工作站软件共分离出177个化合物,经进一步筛选确认,共鉴定出29种挥发性成分,相对质量分数占总量(按峰面积归一化计算)的90.56%,其中桉油精为49.74%、 β -石竹烯为11.92%、

柠檬烯为9.92%,是样品中含量最高的3个化合物,并均以对照品确认。

2.7 多批样品挥发性成分分析

取其余9个批次样品,参照“2.6”项方法以水蒸气蒸馏法提取、检测并分析成分,结果见表2。可见,10批样品含有22个共有成分,桉油精为各批样品质量分数最高的化合物。

3 讨论

3.1 GC-MS 结合保留指数法分析化合物

质谱数据库比对能够快速定性化合物,但对于同分异构体,如苏神合剂中的 α -蒎烯与 β -蒎烯、 β -石竹烯与葎草烯(α -石竹烯)、 α -松油烯与 γ -松油烯等,谱图信息相似,难以准确匹配。此外,本品为合剂,药味多,成分复杂,干扰较大,不利于谱图比对。保

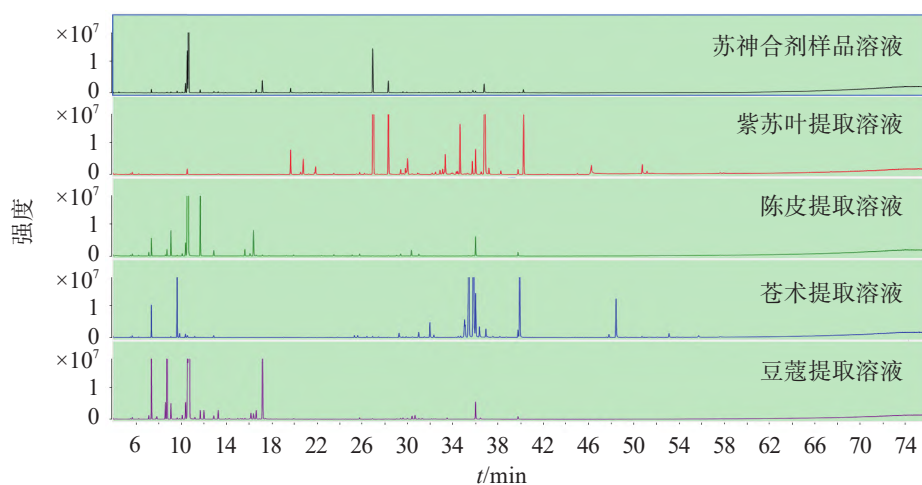


图1 苏神合剂样品溶液和各药味提取溶液总离子流图

Figure 1 TIC of Sushen mixture sample and ingredient samples

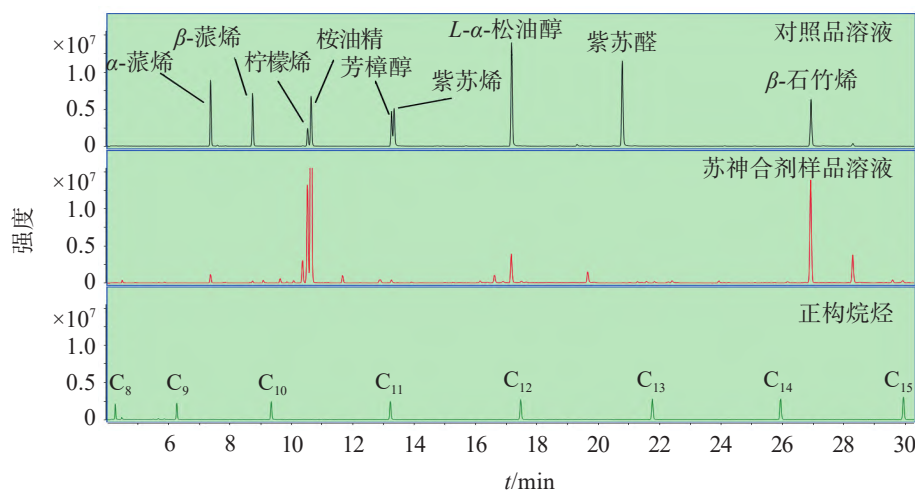


图2 对照品对照总离子流图

Figure 2 TIC of reference substance confirmation

表1 苏神合剂挥发性成分分析结果
Table 1 Analysis results of volatile components in Sushen mixture

编号	化合物	CAS号	分子式	t_R/min	数据库 $I_R(\bar{x}\pm s)$	实测 I_R	相对质量 分数/%	药味归属
1	α -蒎烯 [#]	80-56-8	C ₁₀ H ₁₆	7.359	937±3	935	0.74	紫苏叶、陈皮、豆蔻、苍术
2	β -蒎烯 [#]	127-91-3	C ₁₀ H ₁₆	8.733	979±2	980	0.18	紫苏叶、陈皮、豆蔻、苍术
3	月桂烯	123-35-3	C ₁₀ H ₁₆	9.075	991±2	991	0.25	陈皮、豆蔻、苍术
4	α -水芹烯	99-83-2	C ₁₀ H ₁₆	9.629	1 005±2	1 007	0.42	陈皮、豆蔻、苍术
5	α -松油烯	99-86-5	C ₁₀ H ₁₆	10.068	1 017±2	1 019	0.21	陈皮、豆蔻
6	对伞花烃	99-87-6	C ₁₀ H ₁₄	10.359	1 025±2	1 026	2.17	陈皮、豆蔻、苍术
7	柠檬烯 [#]	138-86-3	C ₁₀ H ₁₆	10.518	1 030±2	1 030	9.92	紫苏叶、陈皮*、苍术
8	桉油精 [#]	470-82-6	C ₁₀ H ₁₈ O	10.642	1 032±2	1 033	49.74	陈皮、豆蔻*
9	γ -松油烯	99-85-4	C ₁₀ H ₁₆	11.664	1 060±3	1 060	0.75	陈皮、豆蔻、苍术
10	异松油烯	586-62-9	C ₁₀ H ₁₆	12.863	1 088±2	1 090	0.53	陈皮、豆蔻、苍术
11	芳樟醇 [#]	78-70-6	C ₁₀ H ₁₈ O	13.256	1 099±2	1 101	0.33	紫苏叶、陈皮、豆蔻
12	δ -松油醇	7299-42-5	C ₁₀ H ₁₈ O	16.143	1 166±3	1 169	0.18	豆蔻
13	4-松油醇	562-74-3	C ₁₀ H ₁₈ O	16.620	1 177±2	1 180	0.85	陈皮、豆蔻
14	L- α -松油醇 [#]	10482-56-1	C ₁₀ H ₁₈ O	17.164	1 190±3	1 193	3.13	陈皮、豆蔻
15	草蒿脑	140-67-0	C ₁₀ H ₁₂ O	17.500	1 196±1	1 201	0.18	紫苏叶
16	1-(2-呋喃)-4-甲基-1-戊酮	78072-59-0	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	19.652	1 253±N/A	1 251	1.27	紫苏叶
17	紫苏醛 [#]	18031-40-8	C ₁₀ H ₁₄ O	20.775	N/A	1 277	0.00	紫苏叶
18	4-乙烯基愈疮木酚	7786-61-0	C ₉ H ₁₀ O ₂	22.396	1 317±5	1 315	0.24	陈皮
19	β -石竹烯 [#]	87-44-5	C ₁₅ H ₂₄	26.919	1 419±3	1 424	11.92	紫苏叶*、陈皮、豆蔻、苍术
20	葎草烯	6753-98-6	C ₁₅ H ₂₄	28.290	1 454±3	1 458	3.13	紫苏叶、陈皮、豆蔻、苍术
21	β -芹子烯	17066-67-0	C ₁₅ H ₂₄	29.585	1 486±3	1 491	0.34	紫苏叶、豆蔻、苍术
22	异丁香酚甲醚	93-16-3	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	29.895	1 492±9	1 499	0.29	紫苏叶
23	佛术烯	10219-75-7	C ₁₅ H ₂₄	29.935	1 499±8	1 500	△	紫苏叶
24	δ -杜松烯	483-76-1	C ₁₅ H ₂₄	30.991	1 524±2	1 527	0.20	紫苏叶、陈皮、豆蔻
25	β -细辛脑	5273-86-9	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	34.624	1 628±6	1 623	0.52	紫苏叶
26	γ -桉叶醇	1209-71-8	C ₁₅ H ₂₆ O	35.090	1 631±1	1 636	0.20	苍术
27	茅苍术醇	23811-08-7	C ₁₅ H ₂₆ O	35.372	1 635±4	1 644	0.26	苍术
28	β -桉叶醇	473-15-4	C ₁₅ H ₂₆ O	35.771	1 649±2	1 655	0.61	苍术
29	细辛脑	2883-98-9	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	36.765	1 680±11	1 682	2.00	紫苏叶

注: #表示该化合物已用对照品确证; △表示该化合物质谱峰与邻近峰未能分离, 响应较小, 无法积分; 理论 I_R 为 NIST 数据库对应化合物的半非极性保留指数; N/A 表示数据库没有收录, 该数据不适用; *表示该化合物的主要来源药味。

留指数法是气相色谱经典的化合物定性方法, 通过保留指数进行定性, 结合质谱信息, 有利于提高化合物鉴定的准确性^[14-16]。本研究中, 各化合物实测 I_R 与数据库 I_R 相差均不超过 5, 且部分化合物通过对照品确认, 准确性较高。

3.2 化合物成分来源药味归属

苏神合剂中紫苏叶、陈皮、豆蔻、苍术, 是本制剂挥发性成分的主要来源。鉴定的 29 种化合物确认归属为紫苏叶、陈皮、豆蔻、苍术的分别为 15 种、17 种、17 种和 14 种, 其中 β -石竹烯主要来源于紫苏叶、柠檬烯主要来源于陈皮、桉油精主要来源于豆

蔻, 是苏神合剂最主要的挥发性成分。紫苏醛、紫苏烯为紫苏叶挥发油的特征成分, 但工作站软件未鉴定出该两种化合物, 经对照品确认, 样品中未检出紫苏烯, 而紫苏醛含量低, 质谱图受干扰, 难以通过谱图匹配。依《中国药典》2020 年版一部, 豆蔻仁含桉油精不得少于 3.0 %, 紫苏叶应检出紫苏醛薄层色谱斑点, 关于 β -石竹烯、紫苏烯、柠檬烯等对应品种项下未作规定。本品原料符合质量标准, 但未对相关成分进行考察和控制, 可能导致了各批样品中成分含量存在差异, 拟提高原料内控标准以更好地控制本品质量。

表2 各批苏神合剂挥发性成分分析结果
Table 2 Analysis results of volatile components in different batches of Sushen mixture

编号	化合物名称	相对质量分数/%									
		190801	190802	190803	210101	210102	210103	220701	220801	220802	220803
1	α -蒎烯	0.11	0.46	0.26	0.41	0.12	0.74	0.01	0.08	0.38	0.25
2	β -蒎烯	—	0.00	—	0.06	0.00	0.18	0.03	0.17	0.75	0.75
3	月桂烯	0.03	0.18	0.10	0.11	0.04	0.25	—	0.01	0.05	0.03
4	α -水芹烯	0.04	0.18	0.13	0.23	0.11	0.42	0.01	0.02	0.07	0.06
5	α -松油烯	0.07	0.20	0.16	0.17	0.10	0.21	0.01	0.01	0.02	0.03
6	对伞花烃	0.50	1.45	0.98	1.88	1.22	2.17	0.14	0.12	0.31	0.02
7	柠檬烯	5.48	21.25	10.76	6.59	2.69	9.92	0.02	0.61	1.75	1.38
8	桉油精	54.59	37.95	44.63	56.95	66.09	49.74	63.54	50.04	39.59	55.10
9	γ -松油烯	0.37	1.49	0.82	0.53	0.24	0.75	0.02	0.05	0.16	0.12
10	异松油烯	0.32	0.88	0.84	0.59	0.54	0.53	0.27	—	△	—
11	芳樟醇	0.19	0.23	0.27	0.32	0.37	0.33	0.30	0.33	0.32	0.49
12	δ -松油醇	0.20	0.18	0.26	0.25	0.30	0.18	0.42	0.43	0.38	0.49
13	4-松油醇	0.99	0.91	1.24	1.03	1.28	0.85	0.78	0.91	0.86	1.21
14	<i>L</i> - α -松油醇	5.23	4.66	6.25	4.04	4.71	3.13	3.20	4.33	3.72	5.21
15	草蒿脑	—	—	—	0.11	0.10	0.18	—	—	—	—
16	1-(2-呋喃)-4-甲基-1-戊酮	0.98	1.49	1.14	1.23	1.30	1.27	0.63	3.20	2.46	3.22
17	紫苏醛	0.06	0.02	△	0.00	0.00	0.00	0.79	0.02	0.27	0.30
18	4-乙炔基愈疮木酚	0.39	0.40	2.74	1.24	1.86	0.24	2.19	0.86	0.45	0.61
19	β -石竹烯	15.03	13.71	9.21	6.58	1.51	11.92	0.54	3.23	8.75	2.96
20	葑草烯	3.17	3.13	2.23	1.63	0.55	3.13	0.08	0.56	1.97	0.49
21	β -芹子烯	0.14	0.07	0.05	0.16	—	0.34	0.01	0.03	0.09	0.04
22	异丁香酚甲醚	0.25	△	△	0.15	0.09	0.29	0.02	0.05	0.10	0.15
23	佛术烯	△	0.23	0.17	—	△	△	—	△	△	—
24	δ -杜松烯	0.15	0.11	0.10	0.15	—	0.20	—	0.03	0.07	0.01
25	β -细辛脑	0.47	0.40	0.32	0.34	0.37	0.52	0.43	0.70	0.98	1.09
26	γ -桉叶醇	0.40	0.38	0.63	0.17	0.13	0.20	1.25	0.44	0.34	0.33
27	茅苍术醇	0.44	0.66	0.84	0.20	0.10	0.26	5.53	6.76	8.54	2.46
28	β -桉叶醇	1.27	2.23	2.61	0.37	0.22	0.61	5.16	6.13	8.34	4.54
29	细辛脑	0.49	1.04	0.69	1.53	1.90	2.00	3.02	13.08	11.12	14.12

注: △表示该化合物质谱峰与邻近峰未能分离,响应较小,无法积分;—表示成分未检出。

3.3 不同提取方法的比较

本研究比较了水蒸气蒸馏(SD)、乙醚萃取(DE)、环己烷萃取(CE)、乙酸乙酯萃取(EE)、顶空加热溶剂萃取(HS)等不同样品提取方法,其中水蒸气蒸馏提取法样品鉴定的29种化合物,质谱响应高、干扰少;乙醚萃取、环己烷萃取、乙酸乙酯萃取的样品分别鉴定出18、20、18种化合物;顶空加热溶剂萃取法因进样方法受样品量(顶空瓶体积)和样品基质(水)限制,样品中仅桉油精峰质谱响应明

显,故选择水蒸气蒸馏法提取苏神合剂挥发性成分,见图3—4。

本研究通过GC-MS结合保留指数方法进行化合物鉴别,为苏神合剂针对其挥发性成分的质量标准提高、制剂工艺优化筛选指标成分、制剂稳定性考察提供参考,也为进一步研究苏神合剂药效物质基础提供依据。同时本研究还进行了成分药味归属分析,对于制剂药材原料质量控制和深入研究苏神方组方具有一定指导意义。

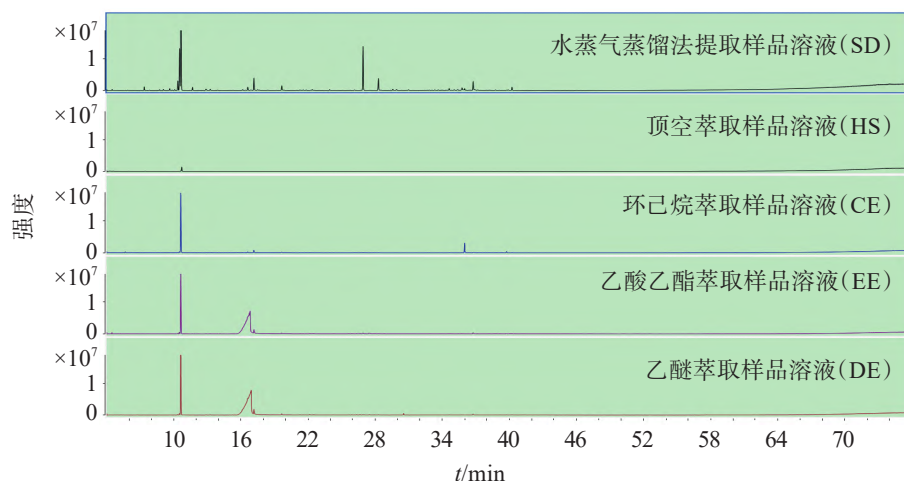


图3 不同方法提取苏神合剂挥发性成分样品总离子流图

Figure 3 TIC of Sushen mixture samples processed by different methods

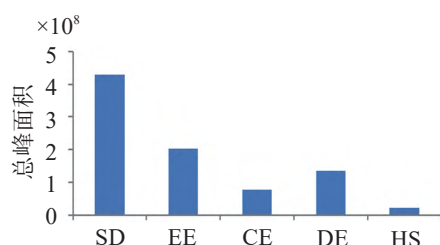


图4 不同提取方法质谱总峰面积对比图

Figure 4 Comparison of mass spectra total peak area of samples processed by different methods

参考文献:

- [1] 吕颖, 余德钊, 徐嘉辉. 余德钊以苏神方加减治疗湿热型小儿慢性胃炎[J]. 中医学报, 2020, 35(12):2604-2618.
- [2] 李宏贵, 徐嘉辉, 朱婉雯, 等. 苏神方治疗小儿幽门螺旋杆菌相关性胃炎的疗效观察[J]. 世界中医药, 2018, 13(10):2522-2525.
- [3] 张晓露. 苏神方治疗小儿轮状病毒肠炎的疗效观察[D]. 广州:广州中医药大学, 2017.
- [4] 钟萍, 汪镇朝, 刘英孟, 等. 紫苏叶挥发油化学成分及其药理作用研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(13):215-225.
- [5] LIU Suyi, JIN Xingyue, SHANG Ye, et al. A comprehensive review of the botany, ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, toxicity and quality control of *Perillae Fructus* [J]. J Ethnopharmacol, 2023, 304:116022.
- [6] 许金凤, 万彦, 王晶, 等. 气相色谱-质谱联用技术分析紫苏叶、厚朴共煎煮前后挥发油成分的变化[J]. 中药新药与临床药理, 2020, 31(7):848-854.
- [7] 肖日传, 匡艳辉, 郑捷, 等. 基于TOPSIS分析与多组分定量的感冒灵制剂质量控制研究[J]. 广东药科大学学报, 2019, 35

(5):629-635.

- [8] 陈红梅, 苏都那布其, 长春, 等. 白豆蔻挥发油对糖尿病肾病大鼠肾脏保护作用[J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(9):4227-4230.
- [9] ZHANG Lanyue, LIANG Xiaoxin, OU Zhirong, et al. Screening of chemical composition, anti-arthritis, antitumor and antioxidant capacities of essential oils from four Zingiberaceae herbs[J]. Ind Crop Prod, 2020, 149(C):112342.
- [10] 朱丽云, 柳小莉, 郑琴, 等. 陈皮挥发油质量标志物预测及GC-MS定量分析[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(24):6403-6409.
- [11] 罗小泉, 皮达, 陈欢, 等. 《中国药典》中四个品种来源的陈皮挥发油对兔离体肠肌运动影响的比较[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(6):1281-1285.
- [12] 詹鑫, 刘春莲, 王燕, 等. 基于能量代谢与燥性相关性考察茅苍术、北苍术药性差异[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(19):139-147.
- [13] VANAROJ P, CHAIJAROENKUL W, NA-BANGCHANG K. Atractylodin and β -eudesmol from *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. inhibit cholangiocarcinoma cell proliferation by downregulating the notch signaling pathway[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2023, 24(2):551-558.
- [14] 王延云, 胡强, 杨春林, 等. GC-MS结合保留指数法分析南天竹叶、果挥发油成分[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(6):197-207.
- [15] 叶洵, 刘子博, 张婷, 等. 基于GC-MS结合保留指数法建立花椒挥发油指纹图谱[J]. 中国调味品, 2022, 47(4):68-73.
- [16] 陈萍, 刘兵, 符继红. 新疆薰衣草精油抗氧化活性成分的组效关系研究[J]. 中国药房, 2021, 32(12):1460-1465.

(责任编辑: 陈翔)