

GC法同时测定藏药八味沉香散中挥发性指标成分含量



苏玫匀^{1, 2, 3}, 王佩^{1, 2, 3}, 刘艳萍^{2, 3}, 谢和兵^{1, 2, 3, 4}, 白玛旦增^{3, 4}

1. 安徽中医药大学药学院 (合肥 230012)
2. 南通市海门长三角药物高等研究院 (江苏南通 226133)
3. 江苏神猴医药研究有限公司 (江苏南通 226133)
4. 西藏神猴药业有限责任公司 (西藏日喀则 857000)

【摘要】目的 建立气相色谱 (GC) 法同时测定藏药八味沉香散中挥发性指标成分乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯含量的方法。**方法** 采用 GC 法, 以乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯作为指标成分, 应用 SH-WAX 毛细管柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm), 柱温程序升温, 载气为氮气, 进样口温度为 220 °C, 检测器温度为 240 °C, 分流进样, 进样量为 1 μL。**结果** 乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯质量浓度分别在 12.44~124.43 μg·mL⁻¹、2.90~29.01 μg·mL⁻¹、15.95~159.45 μg·mL⁻¹、15.62~156.15 μg·mL⁻¹ 范围内与峰面积呈良好的线性关系 ($r \geq 0.9995$); 平均回收率分别为 100.40% ($RSD=1.55%$)、97.80% ($RSD=1.41%$)、99.50% ($RSD=0.77%$)、99.50% ($RSD=0.85%$) ($n=6$)。**结论** 该方法专属性、精密性、重复性、准确性好, 可用于八味沉香散中挥发性指标成分的含量测定。

【关键词】 八味沉香散; 挥发性成分; 乙酸辛酯; 苜基丙酮; 肉豆蔻醚; 去氢木香内酯; 气相色谱法; 含量测定

Simultaneous determination of primary volatile components in Tibetan medicine Bawei Chenxiang powders by GC

SU Meiyun^{1,2,3}, WANG Pei^{1,2,3}, LIU Yanping^{2,3}, XIE Hebing^{1,2,3,4}, BAIMA Danzeng^{3,4}

1. School of Pharmacy, Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei 230012, China
 2. Nantong Haimen Yangtze Delta Drug Advanced Research Institute, Nantong 226133, Jiangsu Province, China
 3. Jiangsu Shenhou Pharmaceutical Research Co., Ltd, Nantong 226133, Jiangsu Province, China
 4. Tibet Shenhou Pharmaceutical Co., Ltd, Shigatse 857000, Xizang Autonomous Region, China
- Corresponding author: XIE Hebing, Email: binghe_8213@163.com

【Abstract】Objective To establish a GC method for simultaneous determination of volatile index components of octyl acetate, benzylacetone, myristicin and dehydrocostus lactone in Tibetan medicine Bawei Chenxiang powders. **Methods** A GC method was used with octyl acetate, benzylacetone, myristicin and dehydrocostus lactone as indicator components, SH-WAX capillary column (30 m×0.25 mm, 0.25 μm) and temperature programming were used, the

DOI: 10.12173/j.issn.1005-0698.202403035

基金项目: 西藏自治区科技厅区域科技协同创新专项 (QYXTZX-RKZ2022-07)

通信作者: 谢和兵, 博士, 副主任药师, 硕士研究生导师, Email: binghe_8213@163.com

carrier gas was nitrogen, the inlet temperature was 220 °C, the detector temperature was 240 °C, with split injection volume of 1 μL . **Results** The concentrations of octyl acetate, benzylacetone, myristicin and dehydrocostus lactone showed a good linear relationship with peak area ($r \geq 0.9995$) in the range of 12.44-124.43 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 2.90-29.01 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 15.95-159.45 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 15.62-156.15 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectively; the average recovery rates were 100.40% ($RSD=1.55\%$), 97.80% ($RSD=1.41\%$), 99.50% ($RSD=0.77\%$) and 99.50% ($RSD=0.85\%$) ($n=6$). **Conclusion** The method has good specificity, precision, repeatability and accuracy, and can be used for the determination of volatile index components in Bawei Chenxiang powders.

【Keywords】 Bawei Chenxiang powders; Volatile components; Octyl acetate; Benzylacetone; Myristicin; Dehydrocostus lactone; GC; Content determination

八味沉香散，藏药名“阿嘎杰巴”^[1]，处方源于《四部医典》，是为数不多的收载于《中国药典》2020年版的藏药方剂。本方是由沉香、肉豆蔻、木香、乳香、广枣、诃子（煨）、木棉花、石灰华8味药材粉碎成细粉，过筛，混匀制得的生药散剂，具有清心热、养心、安神、开窍的功效^[2]，是藏医临床用于热病攻心、神昏谵语、冠心病、心绞痛的常用方剂。现代药理研究证实本品对高原低氧环境导致的脑缺氧、缺血缺氧性心脏病、心肌缺血再灌注损伤等具有治疗和保护作用^[3-7]，临床应用价值较大。

本方中含有沉香、肉豆蔻、木香、乳香4味以挥发性成分为主要有效成分的药材，其中，沉香中的苜基丙酮为含量较高且研究较多的芳香族类物质^[8-9]，具有镇咳祛痰、平喘^[10]的作用；肉豆蔻中挥发性成分以肉豆蔻醚为主，约占挥发油总量的12.45%^[11]，具有保护心脏、降血糖、减轻缺血再灌注心肌损伤等^[12-15]作用；乳香中挥发油成分以乙酸辛酯含量最大^[16]，占挥发油总量的44.92%^[17]，具有抗缺氧、保护心肌细胞、改善心肌肥大、镇痛、缓解冠心病、心绞痛等药理作用^[18-20]；木香挥发性成分以木香烃内酯、去氢木香内酯等倍半萜类成分为主要特征成分^[21]，具有抗氧化损伤、抑制氧化应激、解痉镇痛、扩张血管、抗氧化、强心等^[22-24]作用。因此，八味沉香散中具有多种发挥镇静、抗缺氧、扩张血管、保护心肌细胞的挥发性成分，而《中国药典》2020年版收载的八味沉香散质量标准中仅有木香药材的TLC鉴别以及采用HPLC法对木香烃内酯进行含量测定项的规定，质量控制不够全面，影响产品的质量稳定性和临床疗效。目前，八味沉香散的质量研究较少^[25]，未见有关GC法测定八味沉香散中挥发性指标成分的相关报道。

本研究采用GC法建立同时测定八味沉香散中挥发性指标成分乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯含量的方法，为藏药八味沉香的质量控制以及提升和完善《中国药典》收载的质量标准提供参考。

1 材料

1.1 主要仪器

GC-2014C型气相色谱仪（日本岛津公司）；XSR205DU/AC型十万/万分之一电子分析天平（梅特勒-托利多公司）；JA10003N型千分之一天平（上海微峰生物技术有限公司）；UC-250DE型超声波清洗机（上海精其仪器有限公司）；20B型高效万能粉碎机（常州市强迪干燥设备有限公司）；药典筛（绍兴市上虞圣超仪器设备有限公司）。

1.2 主要药品与试剂

乙酸辛酯对照品（中国食品药品检定研究院，批号：111671-201704，纯度97.9%）；苜基丙酮对照品（上海阿拉丁生化科技股份有限公司，批号：G1528015，纯度98%）；肉豆蔻醚对照品（批号：DST230415-054，纯度99.41%）和去氢木香内酯对照品（批号：DSTDQ004202，纯度100.0%）购自成都乐美天医药科技有限公司；三氯甲烷（分析纯，批号：20230914）和甲醇（色谱纯，批号：20230825）购自国药集团化学试剂有限公司；石灰华（西藏神猴药业有限责任公司，批号：20200301）；木棉花（批号：20220601）和诃子（煨）（批号：220701）均购自安徽援康中药饮片股份有限公司；广枣（亳州市秒善堂药业有限公司，批号：20230605）；八味沉香散（西藏神猴药业有限责任公司，批号：20220601、20220901、20230301、20230501）。

2 方法与结果

2.1 溶液的制备

2.1.1 对照品储备液

精密称取对照品乙酸辛酯 12.71 mg、苜基丙酮 11.84 mg、肉豆蔻醚 8.02 mg、去氢木香内酯 10.41 mg，分别置于 10 mL 量瓶中，加甲醇溶解并定容，摇匀，即得质量浓度分别为 1.244、1.160、0.797、1.041 mg · mL⁻¹ 的乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯对照品储备液。

2.1.2 混合对照品溶液

分别精密移取乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯对照品储备液 2.0、0.5、4.0、3.0 mL，置同一 20 mL 量瓶中，用甲醇稀释并定容，摇匀，即得各成分质量浓度分别为 124.43、29.01、159.45、156.15 μg · mL⁻¹ 的混合对照品溶液。

2.1.3 供试品溶液

取八味沉香散样品约 1.0 g，精密称定，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密加入三氯甲烷 20 mL，密塞，称取质量，超声（功率：250 W，频率：40 kHz）10 min，放冷至室温，再次称取质量，用三氯甲烷补足取质量，摇匀，过滤，取续滤液过 0.45 μm 微孔滤膜，即得。

2.1.4 阴性样品溶液

根据八味沉香散处方比例，按“2.1.3”项下方法分别制备缺乳香、沉香、肉豆蔻、木香的阴性样品溶液。

2.1.5 空白溶液

不加八味沉香散，按“2.1.3”项下方法制备空白溶液。

2.2 色谱条件

色谱柱为 SH-WAX（30 m × 0.25 mm，0.25 μm）极性毛细管柱，采用程序升温，升温条件见表 1；进样口温度为 220 °C；检测器温度为 240 °C；载气为高纯度氮气（99.999%），流速为 30.0 mL · min⁻¹；分流进样，分流比为 10 : 1；空气流速为 400.0 mL · min⁻¹；氢气流速为 40.0 mL · min⁻¹；进样量为 1 μL。

2.3 方法学考察

2.3.1 系统适用性试验

取“2.1”项下各溶液，分别进样测定，色谱图见图 1。结果显示供试品溶液中乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯与对照品溶液中各成分色谱峰的保留时间一致且峰形对称，理论塔板数均不低于 10 000，阴性样品和空白溶液无干扰，表明该方法的专属性良好。

表 1 柱温箱的升温程序

Table 1. Temperature rise procedure of column temperature chamber

速率 (°C · min ⁻¹)	温度 (°C)	保持时间 (min)
0	40	0
40	150	2
20	175	4
5	180	2
20	200	2
10	220	2
10	230	4

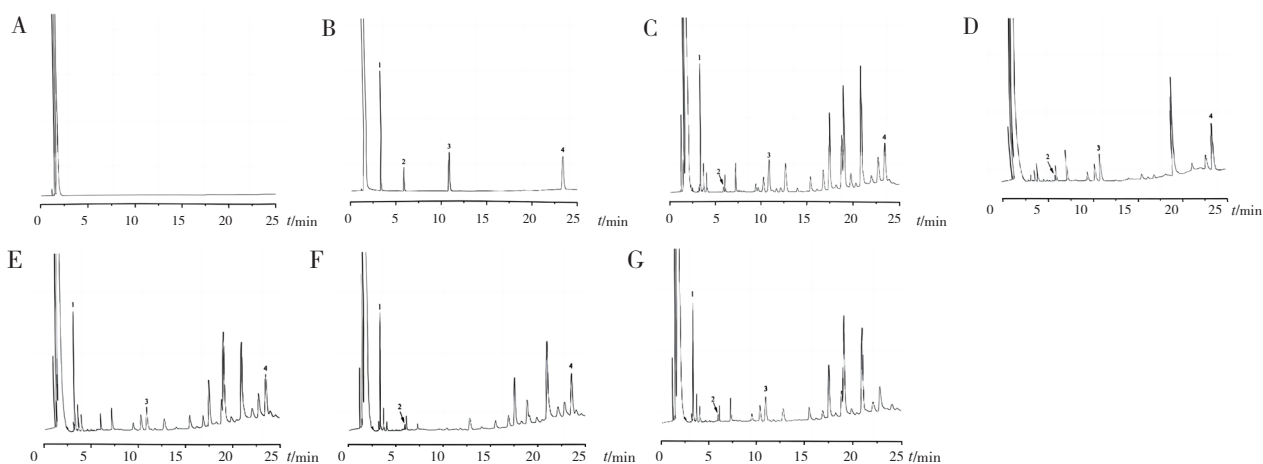


图 1 GC 色谱图

Figure 1. GC chromatograms

注：A. 空白溶液；B. 混合对照品溶液；C. 供试品溶液；D. 缺乳香阴性样品溶液；E. 缺沉香阴性样品溶液；F. 缺肉豆蔻阴性样品溶液；G. 缺木香阴性样品溶液；1. 乙酸辛酯；2. 苜基丙酮；3. 肉豆蔻醚；4. 去氢木香内酯。

2.3.2 线性关系考察

分别取“2.1”项下混合对照品溶液 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL，置于 5 mL 量瓶中，加甲醇稀释成系列浓度的混合对照品溶液，分别进样

测定，以浓度为横坐标 (X , $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)、峰面积为纵坐标 (Y) 绘制标准曲线。另取混合对照品溶液逐级稀释，以信噪比 3:1、10:1 时的浓度作为测定检测限和定量限。结果见表 2。

表2 线性范围、检测限和定量限结果

Table 2. Linearity range, limit of detection and limit of quantification results

成分	回归方程	线性范围 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	r	检测限 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	定量限 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
乙酸辛酯	$Y=505.36X+3132.2$	12.44~124.43	0.999 5	0.029	0.099
苜基丙酮	$Y=759.01X+534.22$	2.90~29.01	0.999 6	0.116	0.290
肉豆蔻醚	$Y=597.78X+762.35$	15.95~159.45	0.999 8	0.038	1.595
去氢木香内酯	$Y=738.62X+485.43$	15.62~156.15	0.999 6	0.037	1.562

2.3.3 精密度试验

取“2.1.3”项下供试品溶液，连续进样 6 次，测得乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯峰面积的 RSD 分别为 0.94%、1.06%、0.63%、0.79% ($n=6$)，表明仪器精密度良好。

内酯的平均含量分别为 0.917、0.104、1.210、1.234 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ， RSD 分别为 0.99%、0.74%、0.91%、0.84% ($n=6$)，表明该方法重复性良好。

2.3.6 加样回收试验

取已知成分含量的八味沉香散样品约 1.0 g，共 6 份，精密称定，置具塞锥形瓶中，加入各对照品储备液适量，制备供试品溶液，分别进样测定，计算得乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯的平均加样回收率分别为 100.40%、97.80%、99.50%、99.50%， RSD 分别为 1.55%、1.41%、0.77%、0.85% ($n=6$)。

2.3.4 稳定性试验

取供试品溶液，分别于 0、2、4、6、8、10、12、24 h 进样测定，测得乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯峰面积的 RSD 分别为 1.40%、0.59%、1.18%、1.24% ($n=8$)，表明溶液 24 h 内稳定性良好。

2.3.7 样品含量测定

取 3 批样品，每批 2 份，分别按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，再按“2.2”项下色谱条件进样测定，按外标法计算各成分含量，结果见表 3。

2.3.5 重复性试验

取同一批八味沉香散样品 (批号: 20220601) 6 份，分别制备供试品溶液，再进样测定，计算得乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香

表3 样品中主要挥发性成分含量测定结果 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $n=4$)

Table 3. Results of determination of primary volatile components in the sample ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $n=4$)

批号	乙酸辛酯	苜基丙酮	肉豆蔻醚	去氢木香内酯
20220901	0.911 5	0.104 6	1.204 5	1.214 6
20230301	0.916 5	0.102 8	1.218 3	1.243 0
20230501	0.914 0	0.104 9	1.204 8	1.240 1

3 讨论

3.1 供试品溶液制备

本研究首先考察了不同提取溶剂以及提取方式对指标成分检出及含量的影响。采用同样的超声提取方式，通过比较甲醇、无水乙醇、乙酸乙酯、三氯甲烷、正己烷作为提取溶剂制备的供试品溶液的色谱图，结果发现甲醇、无水乙醇、乙酸乙酯作为提取溶剂制备的供试品溶液色谱图的 4 个特征峰面积均明显小于三氯甲烷作为提取溶剂制备的供试品溶液，正己烷作为提取溶剂制备的供

试品溶液色谱图中未见苜基丙酮、去氢木香内酯特征峰，最终选择三氯甲烷作为提取溶剂；采用三氯甲烷为提取溶剂，通过比较超声波提取法、水蒸气蒸馏法制备的供试品溶液的色谱图，结果发现两种方法制备的供试品溶液中乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚峰面积相近，但水蒸气蒸馏法制备的供试品溶液的色谱图中未见去氢木香内酯特征峰，因此选择操作更为简便的超声波提取法作为提取方式。

在确定提取溶剂和提取方式的前提下，本研究通过单因素试验比较了提取时间与料液比对供

试品溶液中 4 种指标成分的影响。结果表明, 超声 10、20、30、40 min, 供试品溶液中指标成分含量变化不显著, 但超声 60 min, 供试品溶液中指标成分的含量有减少趋势, 其可能原因为超声时间过长, 导致其他非指标成分溶出, 影响目标成分的检出, 故选择超声 10 min; 在同等条件下, 提取溶剂的用量与供试品溶液中 4 个指标成分含量在一定范围内呈正相关, 当料液比为 1:20、1:50、1:100 时, 供试品中溶液中指标成分含量变化不显著, 因此选择料液比 1:20。

3.2 色谱条件的研究

乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯的沸点范围较宽, 因此采取程序升温的方法进行分离。本研究结合文献^[26-28], 尝试将初始温度设为 80℃, 以 25℃·min⁻¹ 升温至 200℃, 发现乙酸辛酯与溶剂峰不能很好分离, 苜基丙酮与肉豆蔻醚出峰温度集中于 175℃左右, 去氢木香内酯在 200℃前后出峰, 并且苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯峰均受到严重的干扰。因此, 为确保 4 个指标成分的良好分离, 选择降低初始温度和中间温度的升温操作方式。本研究将初始温度降至 40℃, 以 40℃·min⁻¹ 升温至 150℃以分离乙酸辛酯与溶剂峰, 而后设置 175、180、200、220℃4 个中间温度, 以便更好地分离苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯。

3.3 小结

本研究建立了 GC 法测定八味沉香散中主要挥发性成分乙酸辛酯、苜基丙酮、肉豆蔻醚、去氢木香内酯含量的方法, 通过方法学验证表明该方法准确、稳定可行, 为藏药八味沉香散的质量控制以及提升和完善《中国药典》收载的质量标准提供参考。

参考文献

- 1 中华人民共和国卫生部药品标准·藏药第一册[S]. 1992: 4.
- 2 中国药典 2020 年版·一部[S]. 2020: 481.
- 3 王倩, 杨建鑫, 刘贵琴, 等. 藏药治疗脑缺血疾病的研究进展[J]. 药学研究, 2021, 40(2): 97-102, 109. [Wang Q, Yang JX, Liu GQ, et al. Research progress of Tibetan medicine on cerebral ischemic diseases[J]. Journal of Pharmaceutical Research, 2021, 40(2): 97-102, 109.] DOI: 10.13506/j.cnki.jpr.2021.02.008.

- 4 马春秀, 李彩霞, 宫佰会, 等. 藏药八味沉香散血清对 H9c2 心肌细胞缺氧/复氧损伤的保护作用[J]. 中国高原医学与生物学杂志, 2022, 43(2): 121-126. [Ma CX, Li CX, Gong BH, et al. Protective effects of serum of Tibetan medicine Bawei Chenxiang Powder on the hypoxia/reoxygenation injury of H9c2 myocardial cells[J]. Chinese High Altitude Medicine and Biology, 2022, 43(2): 121-126.] DOI: 10.13452/j.cnki.jqmc.2022.02.007.
- 5 李永慧, 朱琳, 寇毅英, 等. 八味沉香散对大鼠心肌缺血再灌注损伤的保护作用[J]. 中成药, 2022, 44(9): 3027-3030. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.09.053.
- 6 朱琳, 李永芳, 李向阳. 藏药八味沉香散的有效成分及药理作用研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(14): 73-76. [Zhu L, Li YF, Li XY. Advances in the analysis of active ingredients and pharmacological effects of Tibetan medicine Bawei Chenxiang Powder[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2019, 28(14): 73-76.] DOI: CNKI:SUN:MZMJ.0.2019-14-020.
- 7 王佳铭, 曹境洳, 高小力, 等. 八味沉香散的化学和药理研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(9): 2063-2072. [Wang JM, Cao JR, Gao XL, et al. Chemical and pharmacological progress on a Tibetan folk medicine formula Bawei Chenxiang powders[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(9): 2063-2072.] DOI: 10.19540/j.cnki.cjmm.20200224.201.
- 8 白发平, 靳若宁, 唐硕, 等. 中药沉香化学成分、药理作用及其应用研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(12): 61-66. [Bai FP, Jin RN, Tang S, et al. Research and development of chemical constituents and application of Chinese medicine Agarwood[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2022, 41(12): 61-66.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-9690.2022.12.012.
- 9 Hashim YZ, Kerr PG, Abbas P, et al. *Aquilaria spp.* (agarwood) as source of health beneficial compounds: a review of traditional use, phytochemistry and pharmacology[J]. J Ethnopharmacol, 2016, 189: 331-360. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.055.
- 10 田燕泽, 秘效媛, 朴香兰. 沉香的化学成分、药理活性与临床应用研究进展[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2010, 19(1): 77-81. [Tian YZ, Bi XY, Piao XL. Studies on chemical constituents, pharmaceutical effects and clinical application of *Aquilaria sinensis*[J]. Journal of Minzu University of China (Natural Sciences Edition), 2010, 19(1):

- 77–81.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-8036.2010.01.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-8036.2010.01.013).
- 11 秦宇仙, 徐琳, 余冯萍, 等. 纤维素酶辅助水蒸气蒸馏提取肉豆蔻挥发油的品质及其活性评价[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(10): 112–118. [Qin YX, Xu L, Yu FP, et al. Quality and activity of nutmeg volatile oil extracted by cellulase assisted steam distillation[J]. Food and fermentation industries, 2022, 48(10): 112–118.] DOI: [10.13995/j.cnki.11-1802/ts.029070](https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.029070).
 - 12 刘润润, 孙爱清, 于小钧, 等. 肉豆蔻化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 中草药, 2023, 54(14): 4682–4700. [Liu RR, Sun AQ, Yu XJ, et al. Research progress on chemical composition and pharmacological effects of *Myristicae semen* and predictive analysis on its quality marker[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2023, 54(14): 4682–4700.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2023.14.029](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2023.14.029).
 - 13 张子英, 伊乐, 爱民, 等. 肉豆蔻挥发油对大鼠心肌的保护作用[J]. 内蒙古中医药, 2013, 32(13): 123–124. DOI: [10.16040/j.cnki.cn15-1101.2013.13.060](https://doi.org/10.16040/j.cnki.cn15-1101.2013.13.060).
 - 14 马可, 南星梅, 苏姗姗, 等. 肉豆蔻挥发油对低氧诱导肺动脉平滑肌细胞增殖的抑制作用及其抗氧化活性[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2018, 32(7): 535–542. [Ma K, Nan XM, Su SS, et al. Inhibitory effect of volatile oil from *Myristica fragrans* on hypoxia induced proliferation of pulmonary artery smooth muscle cells and its antioxidant activity[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2018, 32(7): 535–542.] DOI: [10.3867/j.issn.1000-3002.2018.07.004](https://doi.org/10.3867/j.issn.1000-3002.2018.07.004).
 - 15 Seneme EF, Dos Santos DC, de Lima CA, et al. Effects of myristicin in association with chemotherapies on the reversal of the multidrug resistance (MDR) mechanism in cancer[J]. Pharmaceuticals(Basel), 2022, 15(10): 1233. DOI: [10.3390/ph15101233](https://doi.org/10.3390/ph15101233).
 - 16 赵金凤, 周春兰, 周凤琴, 等. 乳香挥发性成分GC-MS分析[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(8): 1050–1053. [Zhao JF, Zhou CL, Zhou FQ, et al. GC-MS analysis of volatile oil of olibanum[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2011, 36(8): 1050–1053.] DOI: [10.4268/cjcm20110824](https://doi.org/10.4268/cjcm20110824).
 - 17 夏华玲, 赵新杰. 乳香挥发油化学成分的GC-MS分析[J]. 中草药, 2003, 34(2): 119. DOI: [10.3321/j.issn.0253-2670.2003.02.010](https://doi.org/10.3321/j.issn.0253-2670.2003.02.010).
 - 18 谢梦蝶, 王衬衬, 李冰涛, 等. 基于体外细胞实验和网络药理学研究乳香挥发油抗心脏肥大的作用机制[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2022, 27(3): 241–252. [Xie MD, Wang CC, Li BT, et al. Analysis on mechanism of frankincense volatile oil in prevention and treatment of cardiac hypertrophy based on *in vitro* cell experiment and network pharmacology[J]. Chinese Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics, 2022, 27(3): 241–252.] DOI: [10.12092/j.issn.1009-2501.2022.03.001](https://doi.org/10.12092/j.issn.1009-2501.2022.03.001).
 - 19 汪莹, 赵焰焰, 闫凯莉, 等. GC-MS结合网络药理学与分子对接探讨乳香挥发油镇痛的活性成分及作用机制[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(11): 4180–4191. [Wang Y, Zhao YY, Yan KL, et al. Active components and mechanism of action of Olibanum volatile oil for analgesia explored by GC-MS combined with network pharmacology and molecular docking[J]. World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2021, 23(11): 4180–4191.] DOI: [10.11842/wst.20210119010](https://doi.org/10.11842/wst.20210119010).
 - 20 叶琪, 苏宏娜, 杨艺, 等. 乳香有效成分治疗冠心病的作用机制研究进展[J]. 中草药, 2023, 54(16): 5379–5389. [Ye Q, Su HN, Yang Y, et al. Research progress on mechanisms of effective components from Olibanum in treatment of coronary heart disease[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2023, 54(16): 5379–5389.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2023.16.027](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2023.16.027).
 - 21 郑加梅, 尚明越, 王嘉乐, 等. 木香的化学成分、药理作用、临床应用研究进展及质量标志物预测[J]. 中草药, 2022, 53(13): 4198–4213. [Zheng JM, Shang MY, Wang JL, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects and clinical applications of *Aucklandiae radix* and prediction analysis on Q-Marker[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(13): 4198–4213.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2022.13.033](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2022.13.033).
 - 22 侯鹏飞, 陈文星, 赵新慧, 等. 木香挥发性成分气质联用分析及其抑制血小板聚集作用的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2008, (7): 26–30. [Hou PF, Chen WX, Zhao XH, et al. Analysis of chemical composition of the essential oil from *Radix aucklandiae* by GC-MS and the effect on platelet aggregation[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2008, (7): 26–30.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfx.2008.07.013](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfx.2008.07.013).
 - 23 金清. 云木香中降糖活性成分的分离及降糖机制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012. DOI: [10.7666/d.y2087047](https://doi.org/10.7666/d.y2087047).

- 24 魏华, 彭勇, 马国需, 等. 木香有效成分及药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2012, 43(3): 613–620. [Wei H, Peng Y, Ma GX, et al. Advances in studies on active components of *Saussurea lappa* and their pharmacological actions[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2012, 43(3): 613–620.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670).
- 25 吴剑涓, 李文明, 李腾飞. HPLC–DAD 法同时测定八味沉香散中的 6 种成分 [J]. 中草药, 2014, 45(24): 3569–3572. [Wu JJ, Li WM, Li TF. Simultaneous determination of six components in Bawei Chenxiang powders by HPLC–DAD[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2014, 45(24): 3569–3572.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2014.24.013](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2014.24.013).
- 26 汪莹, 张玉珊, 孙丽平, 等. 乳香炮制后挥发性成分的变化及含量测定 [J]. 中国药房, 2022, 33(10): 1172–1176. [Wang Y, Zhang YS, Sun LP, et al. Changes of volatile components and their content determination of *Olibanum* after processing[J]. China Pharmacy, 2022, 33(10): 1172–1176.] DOI: [10.6039/j.issn.1001-0408.2022.10.04](https://doi.org/10.6039/j.issn.1001-0408.2022.10.04).
- 27 杨彩静, 曹人邴, 赵颖, 等. 气相色谱法同时测定扎冲十三药材中 6 种挥发性成分的含量 [J]. 中国药房, 2019, 30(12): 1650–1654. [Yang CJ, Cao RL, Zhao Y, et al. Simultaneous determination of the contents of 6 volatile components in Zhachong Shisan by GC[J]. China Pharmacy, 2019, 30(12): 1650–1654.] DOI: [10.6039/j.issn.1001-0408.2019.12.13](https://doi.org/10.6039/j.issn.1001-0408.2019.12.13).
- 28 王丽丽, 饶伟文, 周文杰. GC 法同时测定枫香精油中 4 个主要成分的含量 [J]. 中国药师, 2022, 25(10): 1836–1840. [Wang LL, Rao WW, Zhou WJ. Simultaneous determination of four components in essential oil of *Liquidambaris resin* by GC[J]. China Pharmacist, 2022, 25(10): 1836–1840.] DOI: [10.19962/j.cnki.issn1008-049X.2022.10.030](https://doi.org/10.19962/j.cnki.issn1008-049X.2022.10.030).

收稿日期: 2024 年 03 月 05 日 修回日期: 2024 年 04 月 25 日
本文编辑: 周璐敏 洗静怡