

莪术挥发性成分的 GC – MS 分析*

黄廓均^{1,2}

(1. 湖北省中医院, 湖北 武汉 430061; 2. 湖北省中医药研究院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:目的 对莪术挥发性成分进行定性分析,探究莪术挥发油的主要组成。方法 采用气相 – 质谱联用色谱法进行定性分析,使用 Agilent 19091S – 433:93.92873 HP – 5MS 5% Phenyl Methyl silox – 60℃ – 325℃ (325℃) (0.25μm × 0.25 mm × 30 m) 色谱柱;程序升温:初始温度 68℃,保持 3 min,以 5℃/min 升至 160℃,以 7℃/min 升至 220℃,保持 15 min;载气流量 2.0 mL/min;分流进样,进样口温度:250℃,进样量 1 μL;GC – MS 用载气为高纯氦气(≥99.999%),质谱条件为 EI 源,轰击电压 70eV,正离子模式,质量扫描范围 50 ~ 550 amu,离子源温度 230℃。结果 分析 5 个批次的莪术挥发油样品后,鉴定出了 44 种成分。结论 莪术挥发油成分复杂,其中主要组成为烯酮、烯烃、芳香烃类物质,其中表莪术呋喃烯酮、莪术二酮、吉马酮、莪术烯、β – 榄香烯含量较为丰富,可为莪术挥发油及其相关制剂的质量控制研究提供科学基础。

关键词:莪术;挥发油;气相色谱 – 质谱联用;定性分析;质量控制

中图分类号:R277 文献标识码:A 文章编号:2096 – 1340(2020)01 – 0069 – 07

DOI:10.13424/j.cnki.jsctcm.2020.01.018

GC – MS Analysis of Volatile Components in Curcuma Zedoary

Huang Kuojun^{1,2}

(1. Hubei TCM Hospital, Wuhan China, 430061; 2. Hubei TCM Institute, Wuhan China, 430074)

Abstract: **Objective** To analyze the volatile components of curcuma zedoaria and explore the main components of the volatile oil. **Methods** Qualitative analysis was performed by GC – MS with Agilent 19091S – 433: 93.92873 HP – 5MS 5% Phenyl Methyl silox – 60℃ – 325℃ (325℃) (0.25μm × 0.25 mm × 30 m) column; program temperature increase: initial temperature was 68℃, holding for 3 min, then increased to 160℃ at 5℃ / min, 220℃ at 7℃ / min, holding for 15 min; the carrier gas flow was 2.0 mL/min; split injection; injection Inlet temperature was 250℃, injection volume was 1 μL; the carrier gas for GC – MS is high purity helium (≥ 99.999%), the mass spectrum is EI source, the bombardment voltage is 70ev, the positive ion mode, the mass scanning range is 50 – 550 amu, and the ion source temperature is 230℃. **Results** after analyzing 5 batches of curcuma zedoaria volatile oil samples, 44 components were identified. **Conclusion** The composition of volatile oil is complicated. The main components are ketene, olefin, and aromatic hydrocarbons. Among them, the content of epicurzerenone, curdione, germacrone, curzerene, β – elemene are abundant, which can provide scientific basis for the quality control research of curcuma zedoaria volatile oil and its related preparations.

Keywords: curcuma zedoaria; volatile oil; GC – MS; qualitative analysis; quality control

莪术为姜科植物蓬莪术 *Curcuma phaeocaulis* Val.、广西莪术 *Curcuma Kwangsiensis* S. G. Lee et

C. F. Liang 或温郁金 *Curcuma wenyujin* Y. H. Chen et C. Ling 的干燥根茎,性味辛、苦、温,归脾、

* 基金项目:湖北省食品药品监督管理局《湖北省中药材质量标准》《湖北省中药饮片炮制规范》新版编写项目 (鄂食药监办文[2015]28号)

肝经;有行气破血,消积止痛之效;可用于瘀血经闭、食积胀痛、早期宫颈癌、肝纤维化等症^[1-3]。莪术挥发油是莪术的生物活性成分,主要包括榄香烯、吉马酮、莪术烯、莪术二酮、新莪术二酮等化合物^[4-6],其中的莪术二酮具有较好的抗凝血效果^[7]、吉马酮具有良好的杀虫抗病毒作用^[8-9]、 β -榄香烯也具有一定的杀虫抗肿瘤作用^[10-11];此外,莪术中的姜黄素、莪术醇、樟脑等均具有一定的生理活性。可见,莪术作为临床常用的姜科中药,有着巨大的药用价值,值得我们深入开发利用。故而,本研究拟采用气相色谱-质谱联用方法表征莪术挥发油中的化学成分,为探索各物质潜在生理活性、深入开发利用莪术提供依据,同时也为莪术其相关产品的质量控制提供科学基础。

1 仪器与材料

1.1 仪器 Agilent 气相色谱-质谱联用仪(7890B-5977B 型,配有电子轰击离子源(EI)及 G4513A 自动进样器),真空机械泵(购自德国 Pfeiffer Vacuum 公司),Agilent 19091S-433:93.92873 HP-5MS 5% Phenyl Methyl silox-60℃-325℃(325℃)(0.25 μ m \times 0.25mm \times 30m)色谱柱,Agilent Masshunter Qualitative Analysis 定性工作及 NIST17 质谱数据库;BT25S 十万分之一分析天平(购自赛多利斯科学仪器有限公司)。

1.2 材料 高纯氦气($\geq 99.999\%$)(购自武汉华星工业技术有限公司),无水乙醇、无水硫酸钠、甲醇为分析纯(均购自国药集团化学试剂有限公司);乙醚(AR,购自天津市天力化学试剂有限公司)。

实验用的 5 批莪术药材详细信息见表 1,经湖北省中医院药事部主任药师陈树和鉴定均为广西莪术 *Curcuma Kwangsiensis* S. G. Lee et C. F. Li-

ang 的干燥根茎。

表 1 莪术药材信息

| 编号 | 批号 | 产地来源 |
|----|-------|------|
| S2 | 16091 | 广西 |
| S3 | 17101 | 广西 |
| S4 | 17074 | 广西 |
| S5 | 18022 | 广西 |

2 方法与结果

2.1 GC-MS 定性条件

2.1.1 色谱条件 采用 Agilent 气相色谱-质谱联用仪进行定性分析,使用 Agilent 19091S-433:93.92873 HP-5MS 5% Phenyl Methyl silox-60℃-325℃(325℃)(0.25 μ m \times 0.25mm \times 30m)色谱柱;程序升温:初始温度 68℃,保持 3 min,以 5℃/min 升至 160℃,以 7℃/min 升至 220℃,保持 15 min;载气流量 2.0 mL/min;分流进样,进样口温度:250℃,进样量 1 μ L。

2.1.2 质谱条件 质谱为 EI 源,轰击电压 70eV,正离子模式,质量扫描范围 50~550 amu,离子源温度 230℃,四级杆温度 150℃,采用全扫描模式获得样品的总离子流色谱图。

2.2 挥发油的提取制备 称取莪术药材粗粉约 80g,精密称定,置于 2000 mL 圆底烧瓶中,加 500 mL 蒸馏水,按《中国药典》2015 年版挥发油测定法(通则 2204 甲法)测定^[12]。持续提取 5 h 后停止加热,将水放出,读取挥发油测定器刻度,得到各批次挥发油含量(见表 2)。将得到的莪术挥发油,以无水硫酸钠脱水干燥后,精密量取 0.1 mL 挥发油,以乙醚定容至 2 mL,0.22 μ m 微孔滤膜滤过,即得。

表 2 五批莪术挥发油含量

| 样品编号 | 称样量(g) | 挥发油量(mL) | 挥发油含量(mL \cdot g ⁻¹) |
|------|--------|----------|------------------------------------|
| S1 | 80.448 | 1.20 | 0.015 |
| S2 | 80.383 | 1.10 | 0.014 |
| S3 | 80.998 | 0.90 | 0.011 |
| S4 | 80.225 | 0.80 | 0.009 |
| S5 | 81.003 | 1.10 | 0.013 |

2.3 GC – MS 分析 按照“2.2”项下之方法,制备各批挥发油供试品,再按“2.1”项下 GC – MS 条件进样分析检测,得到总离子流图(见图 1)。经

NIST17 质谱数据库对照分析,结合相关文献^[13-16],共鉴定出了 44 种成分,结果详见表 3。

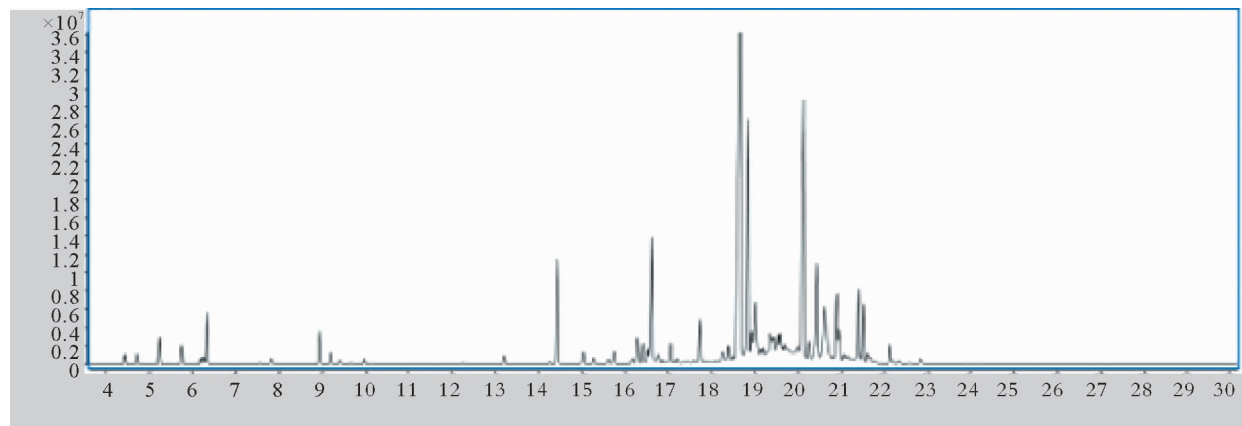
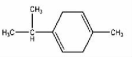
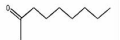
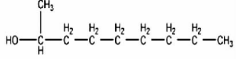
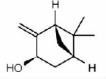


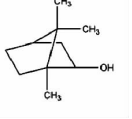
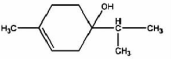
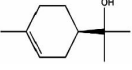
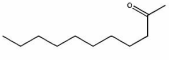






图 1 莪术挥发油总离子流图

表 3 莪术挥发油中化合物信息

| 编号 | 保留时间 (min) | 化合物信息 | 结构 |
|----|------------|---|----|
| 1 | 4.420 | Name: α - Pinene(α - 蒎烯) Formula: C10H16 | |
| 2 | 4.709 | Name: Camphene(莰烯) Formula: C10H16 | |
| 3 | 5.231 | Name: β - Pinene(β - 蒎烯) Formula: C10H16 | |
| 4 | 5.453 | Name: β - Myrcene(月桂烯) Formula: C10H16 | |
| 5 | 5.742 | Name: α - Phellandrene(α - 水芹烯) Formula: C10H16 | |
| 6 | 5.864 | Name: 3 - Carene(3 - 萜烯) Formula: C10H16 | |
| 7 | 6.175 | Name: p - Cymene(对甲基异丙基苯) Formula: C10H14 | |
| 8 | 6.253 | Name: D - Limonene(D - 柠檬烯) Formula: C10H16 | |
| 9 | 6.342 | Name: Eucalyptol(桉油精) Formula: C10H18O | |

续表 3

| 编号 | 保留时间(min) | 化合物信息 | 结构 |
|----|-----------|---|---|
| 10 | 6.897 | <p><u>Name:</u> γ-Terpinene(γ-松油烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₆</p> |  |
| 11 | 7.664 | <p><u>Name:</u> 2-Nonanone(2-壬酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₉H₁₈O</p> |  |
| 12 | 7.808 | <p><u>Name:</u> 2-Nonanol(2-壬醇)</p> <p><u>Formula:</u> C₉H₂₀O</p> |  |
| 13 | 8.786 | <p><u>Name:</u> 6,6-dimethyl-2-methylene-, [1S-(1α,3α,5α)]-Bicyclo[3.1.1]heptan-3-ol, ((-)-反式-松香芹醇)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₆O</p> |  |
| 14 | 8.931 | <p><u>Name:</u> (+)-2-Bornanone((+)-樟脑)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₆O</p> |  |
| 15 | 9.197 | <p><u>Name:</u> Isoborneol(异龙脑)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₈O</p> |  |
| 16 | 9.408 | <p><u>Name:</u> endo-Borneol(冰片)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₈O</p> |  |
| 17 | 9.664 | <p><u>Name:</u> Terpinen-4-ol(松油烯-4-醇)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₈O</p> |  |
| 18 | 9.975 | <p><u>Name:</u> (+)-α-松油醇</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₁₈O</p> |  |
| 19 | 12.252 | <p><u>Name:</u> 2-Undecanone(2-十一酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₁H₂₂O</p> |  |
| 20 | 13.208 | <p><u>Name:</u> 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-1-(1-methylethyl)-, (3R-trans)-Cyclohexene, (δ-榄香烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> |  |
| 21 | 14.430 | <p><u>Name:</u> 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1α,2β,4β)]-Cyclohexane, (β-榄香烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> |  |
| 22 | 15.041 | <p><u>Name:</u> Caryophyllene(β-石竹烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> |  |
| 23 | 15.274 | <p><u>Name:</u> γ-Elemene(γ-榄香烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> |  |

续表 3

| 编号 | 保留时间 (min) | 化合物信息 | 结构 |
|----|------------|--|----|
| 24 | 15. 752 | <p><u>Name:</u> Humulene(α - 石竹烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> | |
| 25 | 16. 296 | <p><u>Name:</u> Germacrene D(大牛儿烯 D)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> | |
| 26 | 16. 396 | <p><u>Name:</u> decahydro - 4a - methyl - 1 - methylene - 7 - (1 - methylethenyl) - , [4aR - (4aα, 7α, 8aβ)] - Naphthalene, ((+) - β - 芹子烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> | |
| 27 | 16. 519 | <p><u>Name:</u> 1,3 - Cyclohexadiene, 5 - (1,5 - dimethyl - 4 - hexenyl) - 2 - methyl - , [S - (R * , S *)] - (5 - (1,5 - 二甲基 1 - 4 - 己烯基) - 2 - 甲基 - 1,3 - 环己二烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₀H₂₄</p> | |
| 28 | 16. 607 | <p><u>Name:</u> Benzofuran, 6 - ethenyl - 4,5,6,7 - tetrahydro - 3,6 - dimethyl - 5 - isopropenyl - , trans - (莜术烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₀⁰</p> | |
| 29 | 17. 152 | <p><u>Name:</u> Caryophyllene oxide(石竹素)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄⁰</p> | |
| 30 | 17. 196 | <p><u>Name:</u> β - Guaiene(愈创木烯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> | |
| 31 | 17. 730 | <p><u>Name:</u> 1,5 - dimethyl - 8 - (1 - methylethylidene) - , (E,E) - 1,5 - Cy-clodecadiene (大根香叶烯 B)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄</p> | |
| 32 | 18. 263 | <p><u>Name:</u> (-) - Globulol((-) - 蓝桉醇)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₆⁰</p> | |
| 33 | 19. 363 | <p><u>Name:</u> 2 - Naphthalenemethanol, decahydro - α, α, 4a - trimethyl - 8 - methylene - , [2R - (2α, 4aα, 8aβ)] -</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₆⁰(β - 桉叶醇)</p> | |
| 34 | 19. 540 | <p><u>Name:</u> aR - Turmerone(芳姜黄酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₀⁰</p> | |
| 35 | 20. 1181 | <p><u>Name:</u> 3,7 - dimethyl - 10 - (1 - methylethylidene) - , (E,E) - 3,7 - Cy-clodecadien - 1 - one (吉马酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₂⁰</p> | |
| 36 | 20. 240 | <p><u>Name:</u> Furanodienone(莜术呋喃二烯酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₁₈⁰²</p> | |
| 37 | 20. 440 | <p><u>Name:</u> Curdione (莜二酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₄⁰²</p> | |
| 38 | 20. 618 | <p><u>Name:</u> Curcumenol(莜术醇)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₂⁰²</p> | |

续表 3

| 编号 | 保留时间(min) | 化合物信息 | 结构 |
|----|-----------|---|----|
| 39 | 20. 943 | <p><u>Name:</u> (4aR,5S) - 1 - Hydroxy - 4a,5 - dimethyl - 3 - (propan - 2 - ylidene) - 4,4a,5,6,7,8 - hexahydronaphthalen - 2(3H) - one((4aR,5S) - 4a,5 - 二甲基 - 3 - 丙 - 2 - 亚基 - 5,6,7,8 - 四氢 - 4H - 萘 - 2 - 酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₂O₂</p> | |
| 40 | 21. 518 | <p><u>Name:</u> β - Cyclocostunolide((+) - β - 环木香烯内酯)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₀O₂</p> | |
| 41 | 22. 140 | <p><u>Name:</u> Curcumenone(莪术双环烯酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₂₂O₂</p> | |
| 42 | 22. 840 | <p><u>Name:</u> 1,3 - di - iso - propylnaphthalene(1,3 - 二异丙基萘)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₆H₂₀</p> | |
| 43 | 22. 218 | <p><u>Name:</u> Zederone(蓬莪术环氧酮)</p> <p><u>Formula:</u> C₁₅H₁₈O₃</p> | |
| 44 | 25. 673 | <p><u>Name:</u> Coronarin E(狗牙花碱 E)</p> <p><u>Formula:</u> C₂₀H₂₈O</p> | |

3 讨论

实验伊始,为了优化色谱峰分离效果,对无水乙醇、甲醇、乙醚、环己烷等溶剂进行了考察,同时对程序升温条件也进行了多次调整,最终确定以乙醚作为溶剂、以“2.1”项下条件进行气质联用分析可得到较为理想的结果。

中药化学成分是治病、防病的物质基础,中药化学成分的研究是中药现代化研究的重要组成部分,特别是中药中有效成分的研究,是探究药效作用机制的重要手段。莪术中的挥发性成分是其主要的有效物质部位,对莪术挥发性成分的定性研究是建立良好质量控制体系、探究其药效物质基础、阐释药效作用机制、深入开发药用资源的基础性工作。而 GC - MS 联用技术已兴起多年,用于挥发性成分的定性定量分析灵敏可靠,本实验采用此技术在 5 批莪术油中均分离出近 70 个左右的色谱峰,根据数据库对照及相关文献共鉴定出 44 种化学成分,物质信息较为丰富,其中相对含量较高的共有成分均为表莪术呋喃烯酮、莪术二酮、吉马酮、莪术烯、β - 榄香烯等。其中,莪术二酮能明显抑制人乳腺癌 HCC1937 细胞的迁移和侵袭能力,其机制可能与通过下调 MAPK 和 Akt 信号通路上关键蛋白 ERK,JNK,Akt 的磷酸化水平,进而使 MMP - 2,MMP - 9 表达量下降有关;同时,莪术二

酮还能下调 PI3K/Akt/m TOR 及 TGF - β1/Smads 信号传导通路,从而明显抑制人源增生性瘢痕成纤维细胞的增殖分化^[17-18]。吉马酮能改善支气管哮喘小鼠外周血 T 淋巴细胞、IL - 6、TNF - α 的表达水平,并对人大细胞肺癌细胞的增殖具有明显抑制作用,此外,吉马酮还具有改善脐静脉血管内皮细胞氧化应激损伤的作用^[19-20]。莪术烯除了具有抗氧化能力外,也具有一定的抗肺癌能力,目前对其抗肺癌作用机制的研究也取得了相应进展^[21]。β - 榄香烯是一种活性非常好的三萜类化合物,除具有显著的体外抗疟活性外,对非小细胞肺癌、宫颈癌细胞均具有显著的抑制作用^[22-24]。可见,莪术挥发油具有十分重要的生物学活性,其药理活性值得进一步深入研究。本实验中,从众多物质中筛选出的相对含量较高的共有成分可为莪术药材及其产品的质量研究提供科学依据,也可丰富莪术的化合物信息库,为对其药理活性的研究作铺垫。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京:中国医药科技出版社,2015:74.

[2] 何科,梁槲. 莪术多糖对猪血清所致肝纤维化大鼠的保护作用[J]. 中药药理与临床,2014,30(1):64 - 66.

[3] 曾建红,黄凤香,廖迎. 莪术油的含量测定和抗肿瘤作

- 用的新进展[J]. 肿瘤药学, 2012, 2(1): 19-22.
- [4] 黄辉锋, 郑彩娟, 陈光英, 等. 莪术油与药渣残油的化学成分和抗菌活性比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(20): 67-71.
- [5] 张贵杰, 黄克斌. 广西莪术化学成分和药理作用研究进展[J]. 广州化工, 2015, 43(11): 24-26.
- [6] 崔源源, 刘剑刚, 赵福海, 等. 莪术主要化学成分预防支架后再狭窄药理作用的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(7): 1230-1234.
- [7] 王秀, 夏泉, 许杜娟, 等. 莪术中莪术二酮抗凝血和抗血栓作用的实验研究[J]. 中成药, 2012, 34(3): 550-553.
- [8] Benelli G, Pavela R, Canale A, et al. Isofuranodiene and germacrone from *Smyrniolum olusatrum* essential oil as acaricides and oviposition inhibitors against *Tetranychus urticae*; impact of chemical stabilization of isofuranodiene by interaction with silver triflate[J]. Journal of Pest Science, 2017, 90(2): 693-699.
- [9] Wu H, Liu Y, Zu S, et al. In vitro antiviral effect of germacrone on feline calicivirus[J]. Archives of virology, 2016, 161(6): 1559-1567.
- [10] Govindarajan M, Benelli G. α -Humulene and β -elemene from *Syzygium zeylanicum* (Myrtaceae) essential oil: highly effective and eco-friendly larvicides against *Anopheles subpictus*, *Aedes albopictus*, and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) [J]. Parasitology research, 2016, 115(7): 2771-2778.
- [11] Hu Z, Wu H, Li Y, et al. β -Elemene inhibits the proliferation of esophageal squamous cell carcinoma by regulating long noncoding RNA-mediated inhibition of hTERT expression[J]. Anti-cancer drugs, 2015, 26(5): 531-539.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 四部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 203.
- [13] 王柳萍, 梁灿明, 李月儿, 等. 广西莪术化学成分研究[J]. 广西中医药, 2016, 39(2): 78-80.
- [14] 王颖. 中药郁金、姜黄、莪术的化学成分比较研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [15] 陈旭, 曾建红, 戴平, 等. 广西莪术挥发油化学成分的分析[J]. 药物生物技术, 2008, 15(4): 293-295.
- [16] 冯磊, 陶文沂, 敖宗华, 等. 莪术挥发油的提取工艺和主要成分测定[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(1): 90-92.
- [17] 孙学然, 杨克, 吕玲玲, 等. 莪术二酮对乳腺癌 HCC1937 细胞迁移和侵袭的影响及机制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(3): 66-73.
- [18] 张浩, 林川, 周建敏, 等. 莪术二酮对增生性瘢痕成纤维细胞的作用及机制探讨[J]. 中草药, 2018, 49(8): 1854-1859.
- [19] 张洪海. 吉马酮对人大细胞肺癌 NCI-H460 细胞系增殖、凋亡的影响[J]. 实用药物与临床, 2018, 21(10): 1112-1114.
- [20] 陈琼芳, 王钢, 唐丽清, 等. 吉马酮改善 H₂O₂ 诱导的脐静脉血管内皮细胞氧化应激损伤的作用[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3564-3571.
- [21] 李佳虹. 新型靶向性化合物 ZT-18 与莪术烯的抗肺癌作用与机制研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2016.
- [22] 宣郁婷, 俞忠婷, 赵佳瑶, 等. β -榄香烯对体外培养恶性疟原虫生长抑制作用的实验研究[J]. 抗感染药学, 2019, 2(5): 748-750.
- [23] 程吕欢, 邹海, 于新慧, 等. β -榄香烯对非小细胞肺癌 A549 细胞增殖的影响[J]. 中国临床药理学杂志, 2019, 35(13): 1340-1342.
- [24] 曹爱玲, 周剑, 章永, 等. β -榄香烯联合多西紫杉醇对宫颈癌 HeLa 细胞增殖和凋亡的影响[J]. 肿瘤药学, 2019, 9(3): 400-405.

(收稿日期: 2019-01-05 编辑: 巩振东)