

苍术挥发油化学成分及药理作用研究进展

秦聪聪，杜沁圆，张义敏，孙美灵，展照双^{*}，王加锋
(山东中医药大学中医学院，山东 济南 250355)

摘要：苍术为菊科茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 或北苍术 *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz. 的干燥根茎。苍术挥发油为苍术的关键活性部位群。迄今已从苍术挥发油中分离鉴定得到二百多个化合物，以烯烃、醇类、酯类、酮类酸类化合物为其主要类型，其中苍术酮、苍术素、β-桉叶醇、茅术醇为其主要活性成分。通过现代中药化学和药理学研究，苍术挥发油广泛的药理活性陆续被发现，其在消化系统、神经系统、抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤等方面发挥着重要的作用。本文对近十年来国内外有关苍术挥发油的研究报道进行归纳，对其药理作用和临床应用现状进行梳理，并对其发展前景进行展望，以期为进一步开发苍术挥发油的药用价值提供参考。

关键词：苍术挥发油；烯烃；醇类；酯类；抗肿瘤；抗炎；抗氧化

中图分类号：R284.1；R285.5 文献标志码：A

文章编号：1001-1528(2023)06-1944-09

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2023.06.032

苍术为菊科植物茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 或北苍术 *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz. 的干燥根茎。茅苍术，也称南苍术，主要分布于江苏、湖北河南等省，江苏茅山地区是茅苍术道地药材的产区；北苍术又名山苍术，主产于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西等地^[1]。现代研究发现，苍术挥发油是苍术的主要有效部位，具有良好的抗肿瘤、抗氧化、抗炎抑菌、保肝等作用^[2]。苍术挥发油化学成分复杂，其中烯烃类化合物为其主要成分^[3]。目前，国内各大制药厂用苍术为主要原料开发的各种药品达数十种，其用量逐年增加，不但药用，在健康食品、饲料、兽药、农药、保健食品等方面多有应用。苍术市场货源紧张，已有一百二十多个国家和地区使用苍术，苍术价格逐年上升，据业内人士统计每年苍术社会总需求量在 5 000 吨左右，尚缺 1 000 吨以上^[4]。虽有学者对其栽培技术、化学成分、药理作用等方面进行了研究，但较为杂乱，本文从提取工艺、化学成分、药理作用等方面对苍术挥发油进行总结，以期为该植物未来研发提供参考。

1 提取方法

植物挥发油是天然药物化学产品的重要资源，有效的挥发油提取方法是更好地开发利用植物精油的前提。挥发油的提取方法包括水蒸气蒸馏法、有机溶剂萃取法、超临界流体萃取法、微波辅助萃取法、超声波辅助萃取法等^[5]。水蒸气蒸馏法是苍术挥发油的传统提取方法，该法具有工艺简单、设备成本低等优势，能够用于大规模生产，

但提取率低，且成分易于损失^[6]。孟利娜等^[7]通过直接蒸馏法与酶解辅助蒸馏法分别鉴定得到苍术挥发油中的 25、22 种成分。唐裕芳等^[8]研究发现，索氏提取法中苍术挥发油的颜色和微波提取法中提取的颜色相近，两者提取率均高于传统的水蒸气蒸馏法，然而通过水蒸气蒸馏法所提取的苍术挥发油对各供试菌体的抑制作用强于微波萃取法与索氏提取法。溶剂提取法是通过有机溶剂进行连续回流或冷浸、热浸提取的一种方法，提取液蒸馏或减压蒸馏除去溶剂即可得粗制苍术精油。郭素侠^[9]采用溶剂提取法、水蒸气蒸馏法、超声提取法、浸泡提取法提取苍术的挥发油中 β-桉叶醇并测定其含量，结果表明，水蒸气蒸馏法所提取的苍术挥发油中 β-桉叶醇含量最高。超临界流体萃取是从植物中萃取各种成分的快速有效方法，CO₂ 暴露于大气中会立即蒸发，因此其所提取的提取物不含热降解化合物，陈琴华等^[10]采用超临界 CO₂ 流体萃取法从苍术中提取挥发油，应用 GC-MS 分析共鉴定出 30 个色谱峰，大部分为烯、酮、醇、烷类。微波辅助萃取法是基于微波对萃取体系中不同组分具有选择性加热的能力，使被萃取物从体系中分离的方法。微波的细胞穿透能力很强，能快速破坏天然产物的细胞壁，有利于目标物的提取，与传统的提取方法相比，该方法省时、试剂用量少、节能且产量大^[11]。于威威^[12]采用微波辅助及超声波辅助提取法同时对苍术中挥发油进行提取分析，同时应用 GC-MS 法检测分析苍术挥发油提取物，共分离得到 88 个化合物，鉴定得到 74 种挥发油

收稿日期：2022-07-20

基金项目：齐鲁温病流派通腑辨治热病中医药特色技术项目（2022-041）；齐鲁道地药材炮制存性中医药特色技术项目（2021-001）；山东省研究生教育优质课程和专业学位研究生教学案例库项目（SDYAL20053）；山东省研究生教育质量提升计划（SDYKC21047）；第五批全国中医临床优秀人才研修项目（2022-239）

作者简介：秦聪聪（1997—），女，硕士生，从事温病学理论研究。Tel：19862121297，E-mail：2603099242@qq.com

*通信作者：展照双（1973—），女，副教授，研究生导师，从事温病学理论研究。Tel：（531）89628077，E-mail：zzhuang2000@126.com

成分。超声波辅助提取技术基于物质中有效成分的存在状态、极性及溶解性在超声波作用下快速地进入溶剂中, 得到多成分混合的提取液, 再将提取液以相应方法分开、精制、提纯, 最后得到相应化学成分。戈振凯等^[13]采用超声-微波协同提取工艺提取苍术素, 并与单一的超声提取、微波提取法进行比较, 结果发现, 超声-微波双辅助协同提取工艺具有效率高、时间短、能耗低、环保等优点。

综上所述, 不同方法提取到的苍术挥发油成分有一定差异, 但是主要成分大致相同, 水蒸气蒸馏法操作简单, 无需化学溶剂, 但耗时长, 得油率低; 超临界 CO₂萃取法耗能小, 得油率高, 但成本较高; 固相萃取法操作简单, 但较费时, 而需大量有机溶剂, 成本高。在实际生产过程中, 应结合实验室设备情况综合考虑, 针对性地选择合适的苍术挥发油的提取方法, 在不影响有效成分活性的条件下, 多种提取方法联用, 可显著增加苍术挥发油提取率。

2 化学成分

对于茅苍术、北苍术干燥根茎的挥发油成分研究众多, 北苍术挥发油以 β-桉叶油醇、茅术醇、2, 3-二氢-3-羰基-1H-非那烯、α-水芹烯等为主要成分^[14]。茅苍术挥发油以苍术酮、苍术素、茅术醇、β-桉叶油醇、愈创醇等为主要成分^[15]。茅苍术、北苍术挥发油化学成分大致相同, 均以烯烃、醇、酮、酯、酸类为其主要成分, 这也解释了为何《中国植物志》将茅苍术、北苍术合成一种苍术。总结苍术挥发油化学成分的相关研究报告发现, 目前从苍术挥发油中已鉴定出的化学成分达二百多种, 烯烃、醇、酮、酯、酸、醛、烷烃、醚、芳香族化合物等为其主要类型, 此外, 亦含括吡啶、呋喃、吲哚等化合物。苍术挥发油中数量较多的组分为烯烃成分, 共计 71 种, 其中酯类 42 种, 醇类 40 种, 酮类 26 种, 酸类 22 种, 这 5 种占苍术挥发油已鉴定出化学成分的主要部分。但是整理文献可见, 化合物种类及其相对含量差异明显。

2.1 烯烃类 苍术挥发油中烯烃化合物成分数量最多, 共鉴定得到 71 个烯烃化合物。据报道, γ-芹子烯、γ-榄香烯、β-芹子烯、α-芹子烯、β-倍半水芹烯、δ-杜松烯、香叶烯 A、α-石竹烯、β-桉叶烯、β-芹子烯、8, 9-脱氢-9-甲酸基-环异长叶烯、α-水芹烯、反-丁香烯、呋喃二烯的含量相对较高, 其相对含量均大于 1%^[14, 16-17], 其中呋喃二烯为治疗宫颈癌、喉癌、白血病、脑胶质瘤、腹水癌、肺癌、胃癌、前列腺癌、肝癌的主要活性成分^[18]。苍术挥发油烯烃化合物相对含量的差别较大, 范围较广, 推测与其检测方法和药材产地相关^[19]。此外, 针对苍术烯烃化合物的药效研究较少。苍术挥发油中烯烃化合物见表 1。

2.2 酯类 酯类化合物在香料、挥发油中占有特别重要的地位, 大多具有花香、果香、酒香或蜜香香气, 广泛存在于自然界中。苍术挥发油中已发现的酯类化合物数量仅次于烯烃类化合物, 目前共鉴定得到 42 个, 其中乙酸龙脑酯具有杀虫、抗炎、抗肿瘤、保胎、止痛、改善记忆、心血管活性、止泻等药理作用^[26]。宋洁等^[27]研究发现, 木香

表 1 苍术挥发油中烯烃化合物

| 编号 | 化合物 | 分子式 | 文献 |
|----|--|--|------|
| 1 | 环壬烯 | C ₅ H ₈ | [16] |
| 2 | 1-甲基-4-异丙基环己烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [20] |
| 3 | 1R,4R,7R,11R-1,3,4,7-四甲基三环[5,3,1,0(4,11)]十一碳-2-烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [20] |
| 4 | 石竹烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 5 | 雅槛蓝烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [12] |
| 6 | 2-蒎烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [7] |
| 7 | 呋喃二烯 | C ₁₅ H ₂₀ O | [21] |
| 8 | 3-蒈烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [16] |
| 9 | 4-蒈烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [20] |
| 10 | α-荜澄茄烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [20] |
| 11 | α-广藿香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [20] |
| 12 | α-姜毕烯 | C ₁₀ H ₁₂ O ₂ | [22] |
| 13 | α-姜黄烯 | C ₁₅ H ₂₂ | [22] |
| 14 | α-绿叶烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [17] |
| 15 | α-葎草烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 16 | α-蒎烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [16] |
| 17 | α-芹子烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 18 | α-愈创木烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 19 | α-石竹烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 20 | α-水芹烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [7] |
| 21 | α-香橙烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [17] |
| 22 | α-雪松烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [23] |
| 23 | α-异松油烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [22] |
| 24 | β-桉叶烯 | C ₁₀ H ₁₈ O | [17] |
| 25 | β-香叶烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [22] |
| 26 | γ-榄香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 27 | α-水芹烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [7] |
| 28 | β-花柏烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [23] |
| 29 | β-桉叶烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [17] |
| 30 | β-倍半水芹烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 31 | β-古芸烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [24] |
| 32 | β-红没药烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [24] |
| 33 | 双环[3.1.1]-2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-2-庚烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [17] |
| 34 | β-榄香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 35 | β-蒎烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [17] |
| 36 | β-芹子烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 37 | β-水芹烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [16] |
| 38 | β-松油烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [24] |
| 39 | γ-荜澄茄烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 40 | γ-广藿香烯 | C ₁₅ H ₂₆ O | [20] |
| 41 | γ-榄香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 42 | γ-芹子烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 43 | γ-松油烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [20] |
| 44 | δ-3-蒈烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [23] |
| 45 | δ-毕澄茄烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [20] |
| 46 | δ-杜松烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 47 | δ-榄香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 48 | 大香叶烯 D | C ₁₅ H ₂₄ | [22] |
| 49 | 丁香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 50 | 反-丁香烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [7] |
| 51 | 反式-β-罗勒烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [22] |
| 52 | (Z,Z)-1-甲基-2-羟基-5,9-环十二二烯 | C ₁₃ H ₂₂ O | [17] |
| 53 | 罗汉柏烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [24] |

续表1

| | | | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| 54 | 马兜铃烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 55 | 柠檬烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [7] |
| 56 | [s-(E,E)]-1-亚甲基-8-(1-甲基)-1,6-环癸二烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [17] |
| 57 | 顺式-β-罗勒烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [22] |
| 58 | 脱氢香橙烯 | C ₁₅ H ₁₂ | [9] |
| 59 | 香桧烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [9] |
| 60 | 香桦烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [9] |
| 61 | α-布藜烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 62 | 瓦伦烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [16] |
| 63 | 长叶烯-I2 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 64 | β-瑟林烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 65 | β-月桂烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [25] |
| 66 | 长叶烯-V4 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 67 | 10S,11S-雪松烷-3(12),4-二烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [9] |
| 68 | 桉叶二烯 | C ₁₅ H ₂₄ | [25] |
| 69 | (Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯 | C ₁₀ H ₁₆ | [23] |
| 70 | 香叶烯 A | C ₁₅ H ₂₄ | [20] |
| 71 | 8,9-脱氢-9-甲酸基-环异长叶烯 | C ₁₆ H ₂₂ O | [17] |

烃内酯能够调节 Th1/Th2 细胞因子平衡，抑制 TLR4/NF-κB 的激活，改善肠道菌群状态，改善溃疡性结肠炎小鼠肠道免疫炎症反应。苍术挥发油中酯类化合物见表 2。

2.3 醇类 目前，苍术挥发油中共鉴定得到 40 个醇类化合物，其数量微低于烯烃和酯类化合物，是苍术挥发油中重要的活性成分。苍术醇是苍术挥发油的主要化学成分，该成分是由 β-桉叶醇和茅术醇以约 6:4 的含量比相混合而成^[15]。不同产地苍术中茅术醇和 β-桉叶醇的差别含量较大，湖北英山产的苍术中两者含量均最高^[36]。苍术挥发油中醇类成分含量较高的为茅术醇、α-红没药醇、β-桉叶醇、榄香醇、β-松油醇^[37]。王金华等^[38]研究表明，茅术醇与 β-桉叶醇可以改善脾虚模型小鼠的体征，使脾虚模型小鼠的胃肠运动趋向于正常，进而使小鼠体质量增加，两者为苍术健脾燥湿作用的有效化学成分之一。苍术挥发油中醇类化合物见表 3。

2.4 酮类 苍术挥发油中的酮类化合物主要是苍术酮、3, 5, 6, 7, 8α-六氢-4, 8α 二甲基-6- (1-甲基乙烯基) -2-

表 2 苍术挥发油中酯类化合物

| 编号 | 化合物 | 分子式 | 文献 |
|-----|--|---|------|
| 72 | 叔戊酸-3,5-氟哌利多-6-甲氧基-胆甾基-22-烯-21-酯 | C ₃₃ H ₅₄ O ₃ | [28] |
| 73 | 牛儿醇甲酸酯 | C ₁₁ H ₁₈ O ₂ | [29] |
| 74 | (4E,6E,12E)-十四碳三烯-8,10-二炔-1,3-二乙酸酯 | — | [30] |
| 75 | (R,S)-四乙酸赤藓醇酯 | C ₁₃ H ₂₈ O ₁₂ | [30] |
| 76 | 1-(2-呋喃基)-(1Z,7E)-壬二烯-3,5-二炔-9-基乙酸酯 | — | [31] |
| 77 | 1,3,3-三甲基-内-双环 2,2,1-庚烷-2-醇乙酸酯 | — | [32] |
| 78 | (Z)-戊酸-2-戊烯-1-酯 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | [33] |
| 79 | 2-甲基丁酸-1,7,7-三甲基-二环[2.2.1]庚-2-酯 | C ₁₅ H ₂₆ O ₂ | [33] |
| 80 | 3-甲基丁酸-2-甲基丙酯 | C ₉ H ₁₈ O ₂ | [33] |
| 81 | 3,7-二甲基-6-辛烯-1-醇乙酸酯 | — | [32] |
| 82 | 3-甲基丁酸乙酯 | C ₇ H ₁₄ O ₂ | [33] |
| 83 | 4-(3-环己酮)丁酸甲酯 | C ₁₁ H ₁₈ O | [34] |
| 84 | 冰片醋酸酯 | C ₁₂ H ₂₀ O ₂ | [25] |
| 85 | 5,8,11-十七碳三炔酸甲酯 | C ₁₈ H ₂₄ O ₂ | [33] |
| 86 | 5-苯并呋喃乙酸,6 乙烯基-4,5,6,7-四氢-3,6-二甲基-α-亚甲基,甲酯 | C ₁₆ H ₂₀ O ₃ | [35] |
| 87 | 8β,9α-二羟基白术内酯 II | — | [35] |
| 88 | L-抗坏血酸-2,6-二棕榈酸酯 | C ₃₈ H ₆₈ O ₈ | [33] |
| 89 | (+)-乙酸桧萜醇酯 | — | [35] |
| 90 | (3Z,5E,11E)-十三癸三烯-7,9-二炔基-1-O-(E)-阿魏酯 | — | [30] |
| 91 | 苍术素醇乙酸酯 | C ₁₅ H ₁₂ O ₃ | [34] |
| 92 | 苍术烯内酯丙 | C ₁₅ H ₂₆ O | [35] |
| 93 | 橙花醇乙酸酯 | C ₁₂ H ₂₀ O ₂ | [35] |
| 94 | 赤-(3Z,11E)-十三癸三烯-7,9-二炔-5,6-二基二乙酸酯 | — | [34] |
| 95 | 己酸乙酯 | C ₈ H ₁₆ O ₂ | [33] |
| 96 | 邻苯二甲酸二丁酯 | C ₁₆ H ₂₂ O ₄ | [35] |
| 97 | 牻牛儿醇乙酸酯 | C ₁₃ H ₂₂ O ₂ | [29] |
| 98 | 木香烃内酯 | C ₁₅ H ₂₀ O ₂ | [16] |
| 99 | 牛儿醇乙酸酯 | C ₁₂ H ₂₀ O ₂ | [29] |
| 100 | 蒲公英萜醇乙酸酯 | C ₃₂ H ₅₂ O ₂ | [35] |
| 101 | 去氢木香内酯 | C ₁₅ H ₁₈ O ₂ | [33] |
| 102 | (1R)-2, 6, 6-三甲基-2-环[3.1.1]庚-2-酯 | C ₁₀ H ₁₆ | [33] |
| 103 | 戊酸-2-烯丙酯 | C ₈ H ₁₄ O ₂ | [33] |
| 104 | 戊酸-3-十三酯 | C ₁₈ H ₃₆ O ₂ | [33] |
| 105 | 戊酸-4-甲基戊酯 | C ₁₁ H ₂₂ O ₂ | [33] |
| 106 | 戊酸-4-十三酯 | C ₁₈ H ₃₆ O ₂ | [33] |
| 107 | 戊酸-4-十五酯 | C ₂₀ H ₄₀ O ₂ | [33] |
| 108 | 香茅醇乙酸酯 | C ₁₂ H ₂₂ O ₂ | [35] |
| 109 | 香叶基戊酸酯 | C ₁₅ H ₂₆ O ₂ | [35] |
| 110 | 乙酸 2,3,4,4a,5,6,7,8-H-1,4a-二甲基-7-异丙烯基-3-羟基-2-萘酚酯 | C ₁₇ H ₂₆ O ₃ | [12] |
| 111 | (-) -乙酸桉树酯 | C ₂₁ H ₂₀ O ₆ | [25] |
| 112 | 乙酸香叶酯 | C ₁₂ H ₂₀ O ₂ | [9] |
| 113 | 草酸异壬酯 | C ₁₅ H ₂₈ O ₄ | [12] |

(1H) -萘酮和异炔诺酮，目前共鉴定出 26 个酮类化合物，其总含量约占挥发油成分的 1%^[33]。研究表明，苍术酮通过降低 CCDC12、PI3K、p-Akt、mTOR 表达，可抑制结直肠癌 HT29 细胞的增殖，并能介导其凋亡，主要潜在靶点有二肽基肽酶IV、维甲酸β受体、细胞维甲酸结合蛋白 2，具有抗糖尿病、抗癌等药理作用^[44]。苍术挥发油中酮类化合物见表 4。

2.5 酸类 苍术挥发油中还含有少量酸类化合物，其数量与酮类化合物相当（目前已鉴定出 22 个）。亚油酸和异绿原酸 A 为苍术挥发油中含量较高的酸类成分^[48]。研究发现，亚油酸能够降低炎症因子 TNF-α、IL-1β、NO 水平，进而对急、慢性炎症均有改善作用^[49]。异绿原酸 A 能够抑制 MH7A 人成纤维细胞样滑膜细胞的迁移、增殖和侵袭，进而促进其凋亡^[50]。苍术挥发油中酸类化合物见表 5。

表 3 苍术挥发油中醇类化合物

| 编号 | 化合物 | 分子式 | 文献 |
|-----|---|--|------|
| 114 | 2,3-二甲基-3-丁烯-2-醇 | C ₆ H ₁₂ O | [28] |
| 115 | 4,4,11,11-四甲基-7-四环[6.2.1.0(3.8)0(3.9)]-十一烷醇 | C ₁₅ H ₂₄ O | [28] |
| 116 | β-松油醇 | C ₁₀ H ₁₆ O | [20] |
| 117 | 反式-1-甲基-4-异丙基-2-环己烯-1-醇 | C ₁₀ H ₁₆ O | [20] |
| 118 | 顺式-1-甲基-4-异丙基-2-环己烯-1-醇 | C ₁₀ H ₁₆ O | [20] |
| 119 | 4-甲基-1-异丙基-3-环己烯-1-醇 | C ₁₀ H ₁₆ O | [20] |
| 120 | α-松油醇 | C ₁₀ H ₁₆ O | [20] |
| 121 | 榄香醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [20] |
| 122 | 3,7,11-三甲基-1,6,10-十二碳三烯-3-醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [20] |
| 123 | 愈创醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [20] |
| 124 | β-桉叶油醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [24] |
| 125 | α-红没药醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [39] |
| 126 | γ-桉叶油醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [24] |
| 127 | α-桉叶油醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [24] |
| 128 | 3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [23] |
| 129 | 芳樟醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [39] |
| 130 | α,α,4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [23] |
| 131 | 反-薄荷醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [23] |
| 132 | 松油烯-4-醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [39] |
| 133 | 衣兰油醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [23] |
| 134 | 苍术醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [24] |
| 135 | 匙叶桉油烯醇 | C ₁₅ H ₂₄ O | [23] |
| 136 | 扁枝醇 | C ₂₀ H ₃₄ O | [23] |
| 137 | 榄香油醇 | C ₁₅ H ₂₄ | [40] |
| 138 | 胡萝卜烯醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [41] |
| 139 | 苍术素醇 | C ₁₃ H ₁₀ O ₂ | [40] |
| 140 | 乙酰苍术素醇 | C ₁₅ H ₁₄ O ₄ | [40] |
| 141 | α-麦角甾烯醇 | C ₂₈ H ₄₈ O | [42] |
| 142 | 菜油甾醇 | C ₂₈ H ₄₈ O | [42] |
| 143 | β-谷甾醇 | C ₃₀ H ₅₂ O | [40] |
| 144 | α,4α-三甲基-8-亚甲基[2R-(2α,4α,8α,β)]-2-十氢萘甲醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [43] |
| 145 | 茅术醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [40] |
| 146 | 4α,5-二甲基-3-(丙-1-烯-2-基)-1,2,3,4,4α,5,6,7-八氢萘-1-醇 | C ₁₅ H ₂₄ O | [43] |
| 147 | β-桉油醇 | C ₁₀ H ₁₈ O | [42] |
| 148 | γ-桉叶醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [23] |
| 149 | β-桉叶醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [41] |
| 150 | α-桉叶醇 | C ₁₅ H ₂₆ O | [41] |
| 151 | 叔戊酸-3,5-氟哌利多-6-甲氨基-胆甾基-22-烯-21-醇 | C ₃₃ H ₅₄ O ₃ | [28] |
| 152 | 2,6-二甲基-8-(四氢吡喃-2-氧基)辛-2,6-二烯-1-醇 | C ₁₅ H ₂₆ O ₃ | [28] |
| 153 | 2-乙基-二环[2.1.1]己-2-醇 | C ₈ H ₁₂ O | [43] |

表4 苍术挥发油中酮类化合物

| 编号 | 化合物 | 分子式 | 文献 |
|-----|--|--|------|
| 154 | 芹烷二烯酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [45] |
| 155 | 桉叶-4(15),7-二烯-11-醇-9-酮 | C ₁₅ H ₂₂ O ₂ | [45] |
| 156 | (E)-3-丁叉基-4,5-二氢异苯并呋喃-1(3H)-酮 | C ₁₂ H ₁₄ O ₂ | [43] |
| 157 | 香芹烯酮 | C ₁₀ H ₁₆ O | [23] |
| 158 | 努特卡酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [23] |
| 159 | 2-月桂酮 | C ₂₀ H ₃₂ O | [23] |
| 160 | 石竹二烯酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [20] |
| 161 | 马兜铃酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [20] |
| 162 | 4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基)-3-烯-2-丁酮 | C ₁₃ H ₂₀ O | [33] |
| 163 | 1-甲基-9-(1-甲基亚乙基)-二环[3.3.1]壬-2-酮 | C ₁₃ H ₂₀ O | [33] |
| 164 | 3,5,6,7,8α-六氢-4,8α-二甲基-6-(1-甲基乙烯基)-2(1H)-萘酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [33] |
| 165 | 异炔诺酮 | C ₂₀ H ₂₆ O ₂ | [33] |
| 166 | 3-二十烷酮 | C ₂₀ H ₄₀ O | [33] |
| 167 | 7-氯-1,3-二氢-5-苯-1-(三甲基硅烷基)-3-[(三甲基硅烷基) 氧基]-2H-1,4-苯并二氮杂卓-2-酮 | C ₂₁ H ₂₇ C ₁ N ₂ O ₂ Si ₂ | [33] |
| 168 | 3,5,6,7,8,8α-六氢-4,8α-二甲基-6-(1-甲基乙烯基)-2(1H)-萘酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [33] |
| 169 | 反式-玉米赤霉烯酮 | C ₂₄ H ₃₈ O ₅ Si ₂ | [33] |
| 170 | 3β-羟基苍术酮 | C ₁₅ H ₂₀ O | [44] |
| 171 | 3β-乙酰氧基苍术酮 | C ₁₇ H ₂₂ O ₃ | [44] |
| 172 | 苍术酮 | C ₁₅ H ₂₀ O | [20] |
| 173 | 芹烷二烯酮 | C ₁₅ H ₂₂ O ₂ | [46] |
| 174 | 6-乙烯基-4,5,6,7-四氢-3,6-二甲基-5-异丙烯基-(S)-香豆酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [33] |
| 175 | 3,5二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮 | C ₆ H ₈ O ₄ | [47] |
| 176 | 1-羟基-2-丙酮 | C ₃ H ₆ O ₂ | [47] |
| 177 | 2,5-二甲基-3-己酮 | C ₈ H ₁₆ O | [47] |
| 178 | 薁-2-酮 | C ₁₅ H ₂₂ O | [43] |
| 179 | 14-羟基-异紫檀醇酮 | C ₁₅ H ₂₄ O ₃ | [45] |

表5 苍术挥发油中酸类化合物

| 编号 | 化合物 | 分子式 | 文献 |
|-----|---------------|---|------|
| 180 | 异绿原酸A | C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂ | [48] |
| 181 | 香草酸 | C ₈ H ₈ O ₄ | [51] |
| 182 | 十六烷酸 | C ₁₆ H ₃₂ O ₂ | [37] |
| 183 | 4-羟基-1,2-苯二羧酸 | — | [37] |
| 184 | 棕榈酸 | C ₁₆ H ₃₂ O ₂ | [29] |
| 185 | 亚油酸 | C ₁₈ H ₃₂ O ₂ | [29] |
| 186 | 咖啡酸 | C ₉ H ₈ O ₄ | [52] |
| 187 | 阿魏酸 | C ₁₀ H ₁₀ O ₄ | [52] |
| 188 | 对甲氧基肉桂酸 | C ₁₀ H ₁₀ O ₃ | [52] |
| 189 | 十七烷酸 | C ₁₇ H ₃₄ O ₂ | [52] |
| 190 | 二十八烷酸 | C ₂₇ H ₅₅ COOH | [52] |
| 191 | 十八碳-9-烯酸 | C ₁₈ H ₃₄ O ₂ | [51] |
| 192 | 十六碳烯酸 | C ₁₆ H ₃₀ O ₂ | [51] |
| 193 | 十八碳-9,12-二烯酸 | C ₁₈ H ₃₂ O ₂ | [51] |
| 194 | L-苯丙氨酸 | C ₉ H ₁₁ NO ₂ | [53] |
| 195 | 异绿原酸B | C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂ | [48] |
| 196 | 异绿原酸C | C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂ | [48] |
| 197 | 肉豆蔻酸 | C ₁₄ H ₂₈ O ₂ | [51] |
| 198 | 壬二酸 | C ₉ H ₁₆ O ₄ | [51] |
| 199 | 齐墩果酸 | C ₃₀ H ₄₈ O ₃ | [51] |
| 200 | 奎宁酸 | C ₇ H ₁₂ O ₆ | [51] |
| 201 | β-苯丙氨酸 | C ₉ H ₁₁ NO ₂ | [34] |

2.6 其他 此外, 苍术挥发油还包括醛类、烷烃、醚类、吡啶、胺类、薁类、呋喃、吲哚、酚类化合物等。如茴香脑、2-甲基苯酚、1-甲氧基-2-(1-甲基-2-亚甲基环戊基)

苯、呋喃-2-亚甲基(1H-嘌呤-6基)、1-溴-8-十七烷^[17]、黄樟素^[51]、4-苯乙烯基哒嗪、呋喃亚甲基、2-甲基苯酚^[20]、对-聚伞花素、苍术素、十氢-4α-甲基-1-亚甲基-7-(1-甲基亚乙基)萘^[22]、桧樟脑、2,4-二(1,1-二甲基乙基)苯酚^[17]、1-甲基-3-(甲乙基)-苯^[54]、5α-螺甾烷、3-羟基-6β-环丙烷-5β-胆甾烷等^[42]。

3 药理作用

苍术作为传统中草药中的一种, 在临床中应用历史悠久, 被我国医学广泛收载并一直沿用至今。在我国的中医古籍文献中, 苍术被广泛应用于咳嗽、头痛、呕吐、腹泻、水肿、小便不利、大便溏泄、黄水疮等疾病的治疗中^[55]。苍术挥发油具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎抑菌、保肝、降糖等作用。

3.1 抗肿瘤 苍术酮为苍术挥发油的重要化学成分, 具有较好的肿瘤抑制作用。通过Autodesk分子对接技术预测苍术酮的抗肿瘤靶点, 结果发现, 苍术酮通过结合MMP-9、Akt、Bcl-xL, 并与其功能区域相互作用, 发挥抗肿瘤作用^[56]。郭楠楠^[57]研究发现, 苍术酮对肝癌细胞HepG2生长具有抑制作用, 并推测其抑制作用与细胞周期的调控异常和线粒体膜电位的下降有关。

3.2 抗氧化 研究表明, 衰老、癌症或其他疾病大都与自由基产生过量有关联, 抗氧化能够有效抑制其所带来的不良反应^[58]。王金梅等^[59]采用清除二苯代苦味酰基(DPPH)自由基和清除铁离子还原/抗氧化能力(FRAP)

等测定法对苍术挥发油和不同提取物进行抗氧化测试，结果表明，生苍术挥发油乙酸乙酯部位具有较强的抗氧化活性，麸炒之后该活性降低。李育浩等^[60]研究发现，苍术的抗缺氧主要活性成分为β-桉叶醇。于艳等^[61]研究发现，茅苍术挥发油对缺氧/复氧损伤心肌细胞具有抗氧化和抗凋亡的作用，其中麸炒茅苍术挥发油作用优于生茅苍术挥发油。

3.3 抗炎抑菌 炎症是机体生物组织受到如外伤、感染等某种刺激所引发的一种以防御性反应为主的基本病理过程^[62]。于艳等^[63]研究发现，茅苍术生品和麸炒品挥发油均能升高抑炎因子IL-4水平，降低促炎因子TNF-α、IL-1β、IL-6水平，以及IL-6、IL-8、TNF-α mRNA和蛋白表达，具有抗脂多糖诱导人结肠上皮细胞炎症损伤的作用。郭金鹏等^[64]研究发现，苍术挥发油对大肠埃希菌、伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌有灭活和抑制作用。王喆等^[65]研究发现，苍术挥发油通过改变菌体细胞膜通透性，破坏菌体完整结构，能够抑制大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌和白假丝酵母菌的生长。

3.4 保肝 麸炒苍术与苍术挥发油成分均具有保肝作用，麸炒苍术挥发油能有效降低血清AST、ALT水平，麸炒苍术挥发油成分的保肝作用明显优于苍术^[63]。研究表明，苍术挥发油对D-氨基半乳糖和CCl₄肝损伤模型有较好的肝细胞保护作用^[55]。王玉良^[66]研究发现，北苍术挥发油的乙酸乙酯提取物能够促进胆汁分泌量，有效保护肝损害。杨雪丽等^[67]将苍术酮分为高、中、低剂量组，以相同体积的DMSO为对照组，观察苍术酮对肝癌的影响及其作用机制，结果表明，与对照组比较，各剂量苍术酮均能够显著诱导肝癌HepG2细胞迁移，进而引发HepG2细胞自噬、凋亡。

3.5 降糖 糖尿病以高血糖为特征的代谢性疾病，是一种慢性终身性疾病，目前尚无根治方法，但经过多种治疗手段可以有效防控糖尿病。调查发现，糖尿病影响的心理痛苦发生率高达18%~45%^[68]。王金梅等^[59]通过水蒸气蒸馏法联合气相色谱-质谱技术分析发现，苍术麸炒前后挥发油的降血糖活性发生变化，生苍术经过麸炒挥发油含量降低，苯类、烯类、萘类、环己烯类成分含量降低，联苯甲酯、[2R-(2α,4α,8α)-十氢-α,α,4a-三甲基-8-亚甲基-2-萘甲醇含量升高，能够抑制α-葡萄糖苷酶活性，这表明生苍术挥发油可有效抑制α-葡萄糖苷酶活性，且其药效优于麸炒苍术。

3.6 对胃肠的作用 研究表明，采用酶解-微波辅助水蒸馏法提取苍术挥发油能够恢复胃IGF-1表达，升高SCF表达，恢复ICCs数量，促进胃肠运动^[69]。刘芬等^[70]研究发现，苍术挥发油能够通过调控胃肠道-神经肌肉调节系统，增强胃黏膜TFF1表达，改善机体及胃黏膜的防御机制，修复胃黏膜组织细胞的超微结构，改善胃黏膜的病理性损伤，进而促进胃肠道疾病的痊愈。刘晓兰等^[71]研究表明，苍术挥发油能够升高Beclin-1、P62 mRNA表达和LC3Ⅱ/I蛋白表达，降低结肠组织IL-6、TNF-α水平，进而改善溃疡性结肠炎模型大鼠结肠组织病理损伤。

3.7 神经系统作用 苍术所含的苍术醇和β-桉叶醇具有抑制中枢神经作用。据报道，苍术醇和β-桉叶油醇具有较强的镇痛作用。苍术醇具有抗胆碱和钙离子拮抗作用，β-桉叶油醇能够降低骨骼肌乙酰胆碱受体的敏感性，可用于治疗因新斯的明诱导的动物神经肌肉功能不全^[72]，200 μmol/L β-桉叶醇能够抑制因神经兴奋引发的骨骼肌抽搐张力，100~200 μmol/L β-桉叶醇可持续降低乙酰胆碱动作电位幅度^[73]。苍术丙酮提取物能促进胃肠运动，苍术醇提取液对弛张后的胃平滑肌有增强收缩作用。苍术通过胆碱能N、M受体和Ca²⁺通道介导可增高胃体、胃底的肌条张力^[74]。

综上所述，苍术具有广泛的药理作用，其抗炎、抑菌、保肝、降糖、抗肿瘤等作用已成为相关领域研究的热点，作用机理经大量的实验研究后不断有所揭示。这表明苍术具有广阔的药用前景。其次，苍术显著且广泛的药理活性与苍术中所含有的醇类、酯类、酮类等化学成分呈显著相关性。现阶段有关苍术挥发油化学成分的研究尚不完整，尤其对于烯烃类、酸类化合物，其药理活性仍存在较多可能性，值得进一步研究探索。

4 影响挥发油合成因素

苍术为我国传统大宗药材，临床应用广泛，影响其挥发油合成及积累的因素包括遗传因素和环境因素两大类。基因是影响苍术挥发油合成的内在遗传因素，基因通过调控编码使苍术中挥发油成分具有多样性。一般来说，基因的过量表达可以使相应苍术挥发油成分积累增加。陆奇杰等^[75]观察发现苍术根茎中所含的FPPS基因表达影响苍术素、苍术酮、β-桉叶醇的占比。环境因素是影响苍术挥发油的外在因素，温度、光照、水分、肥料、生物影响等因素均会影响苍术挥发油的合成，谢景^[76]研究表明，高温气候适宜苍术挥发油的合成及累积。顾永华等^[77]研究表明，不同生长期茅苍术挥发油成分含量对土壤水分的条件反应不同，生殖生长期对水分胁迫较敏感，干旱可导致苍术挥发油含量降低，水分胁迫亦会引起苍术根茎生长量降低，进而使其挥发油含量下降，对根茎生长量影响不显著的水分条件则有利于苍术挥发油成分的积累。因此在果后期进行适当的涝渍胁迫有利于茅苍术根茎生长和挥发油含量的提高。

5 临床应用现状

苍术挥发油作为苍术的主要药用成分，擅于治疗胃肠道疾患，包括急性胃炎、慢性萎缩性胃炎、慢性肠炎以及其他类型的肠胃疾患。近年来，名老中医常用苍术及其挥发油与其它药材联用治疗腹痛、泄泻、感冒、眩晕、纳呆等疾病。如肖淑珍^[78]擅用苍术配薄荷、乌梅，使其散中有收，治疗鼻腔浊涕及鼻息肉；夏桂成提出“补肾调周法”，擅用苍术配伍红花、山药、丹参、熟地黄，以化瘀通络、健脾温肾，治疗不孕症、多囊卵巢综合征、原发性痛经、经间期出血等^[79]；朱良春善用大量苍术配伍土茯苓、萆薢、威灵仙以宣化湿浊、升阳举陷，治疗湿瘀互结型类风湿关节炎、痛风性关节炎^[80]；徐经世提出“注重理脾”的观点，擅用苍术配伍山药、香附、陈皮以疏肝健脾治疗

慢性胃病^[81]; 张志远擅用苍术配伍当归、陈皮以健脾化痰、活血调经治疗瘀痰内停的不孕、郁证等^[82]。李悦等^[83]通过中医传承辅助平台整理发现中药成方制剂中含苍术方剂共229首, 苍术高频药对为苍术-陈皮、苍术-厚朴, 高频疾病为痹病、积滞、感冒。2020年版《中国药典》收载的54个苍术成方制剂中, 检索到34个苍术成方制剂相关的临床应用报道共计440篇, 主要用于消化系统疾病的治疗^[84], 如香砂和中丸可促进肛门排气排便, 减少胃肠反应的并发症, 促进术后康复; 胃复春片用于湿热互结所致胃脘疼痛, 胃酸过多, 腹闷嗳气, 泛酸嘈杂, 食欲不振, 大便秘结等症, 胃复春片和复方田七胃痛片治疗难治性消化性溃疡41例, 总有效率达95.1%^[85]。

6 苍术资源开发思路

随着中药产业的迅速发展, 苍术野生资源日渐枯竭, 为了缓解市场紧张, 多地开始规模化栽培, 而盲目引种后由于环境因素差异可导致种源的优良性状逐年退化。研究表明, 野生苍术挥发油中苍术素的含量高于栽培品, 这与其逐年分株繁殖导致品质退化相关^[86]。为缓解苍术资源匮乏及苍术品质退化情况, 建议①根据光照、水分等因素选择适宜的野生苍术引种区域, 统一规划种植区域, 筛选野生苍术的引种类型, 选育优质品种, 淘汰落后品种, 避免品种混杂; ②建立标准化苍术种植基地, 以基地建设为中心, 完善基础设施建设, 引进先进种植技术及收割设备, 培养具有专业知识的苍术养殖人才; ③计算野生苍术种子成熟时期, 掌握好采种时期, 如果直接采集种子难度较大, 可尝试采取挖掘引种, 将整株野生苍术挖掘后, 修剪去除地面部分, 对根系部位进行包裹, 减少水分蒸发, 保证引种后的成活率。

7 结语

近年来, 苍术挥发油广泛用于医疗、保健、饲料、兽药、农药、化妆品等领域, 带来了巨大的经济效益, 且其种类多样, 是对生态有益的中草药。苍术挥发油有着保肝、降糖、抗炎、抗菌、抗氧化、抗肿瘤、神经系统等药理作用, 但大部分还没有更深层次的机制探究, 严重阻碍了临床应用。国外已有许多关于苍术挥发油在非医学方面的应用, 但国内主要侧重于临床药用制剂及保健品的研发, 其挥发性成分所作的香精、化妆品等领域的研发较为匮乏。另外, 苍术挥发油是芳香疗法的主要药物之一, 在2020年版《中国药典》及各地药用标准中尚未完善, 建议国家制定统一的苍术挥发油质量标准。在化学成分方面, 虽然有了较多的研究, 但还是未能全部鉴别出来, 提取分离方法也需作进一步改进。此外, 应提高苍术挥发油的稳定性, 稳定的提取质量是发挥药理作用和临床疗效的保证, 在日后研究中应注意科研与生产相结合, 探寻成本低廉、操作简单、绿色环保的萃取技术, 以减少提取时间, 提高提取率, 同时也要在多学科、多水平上对苍术挥发油的药效物质基础和作用机制深入挖掘, 进一步提升其质量监控及研究开发。

参考文献:

- [1] 沈晓婧, 杨文国, 石莹, 等. 茅苍术与北苍术挥发油的统计分析[J]. 科技创新导报, 2013(34): 67-68.
- [2] 吴佳新. 茅苍术挥发油成分及药理活性综述[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 28-30.
- [3] 邹小兴, 黄璐琦, 郭兰萍, 等. 鄂西苍术挥发油成分GC-MS分析[J]. 中药材, 2009, 32(9): 1404-1406.
- [4] 张雪峰. 浅析关苍术的应用价值及市场前景[J]. 农民致富之友, 2017(10): 33.
- [5] 张淑雅, 李勇慧, 李佳, 等. 五种方法提取的牡丹皮挥发油成分比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 103-110.
- [6] 喻芬, 万娜, 伍振峰, 等. 减压提取及其联合技术在中药挥发油中的研究进展[J]. 中草药, 2020, 51(13): 3561-3568.
- [7] 孟利娜, 于敬, 许静, 等. 酶法辅助提取北苍术挥发油的工艺及成分分析[J]. 中成药, 2013, 35(4): 844-847.
- [8] 唐裕芳, 张妙玲, 陶能国, 等. 苍术挥发油的提取及其抑菌活性研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(3): 588-594.
- [9] 郭素侠. 苍术β-桉叶醇不同提取方法效果比较[J]. 食品工业, 2012, 33(8): 64-66.
- [10] 陈琴华, 李鹏, 朱军. 苍术超临界CO₂流体萃取脂溶性成分的GC-MS分析[J]. 中南药学, 2012, 10(11): 819-822.
- [11] 吴晟, 张旭. 离子液体微波辅助萃取天然产物的研究进展[J]. 甘肃科技, 2021, 37(13): 47-50.
- [12] 于威威. 苍术挥发油、脂肪酸的提取及分析[D]. 长春: 长春工业大学, 2012.
- [13] 戈振凯, 赵永恒, 杨彩霞, 等. 超声-微波协同提取苍术中苍术素的工艺[J]. 医药导报, 2018, 37(4): 470-472.
- [14] 李涵, 金香环, 赵百慧, 等. 北苍术的化学成分及药理活性的研究进展[J]. 吉林农业, 2019(3): 72-73.
- [15] 吴佳新. 茅苍术挥发油成分及药理活性综述[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 28-30.
- [16] 黄昌全, 雷正杰, 张忠义, 等. 苍术超临界CO₂萃取物化学成分分析[J]. 中药材, 2001, 24(10): 726-727.
- [17] 王道武, 于威威, 陈志敏, 等. 微波辅助提取及气相色谱-质谱联用分析苍术挥发油成分[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(11): 3020-3024.
- [18] 江莹, 密玉帅, 王小琴, 等. 呋喃二烯酮对结直肠癌RKO细胞的促凋亡作用[J]. 中国新药与临床杂志, 2018, 37(4): 223-228.
- [19] 陈克克, 呼伟, 黄紫彤, 等. 三种不同产地苍术种子的质量评价研究[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(11): 21-23.
- [20] 贾春晓, 毛多斌, 张文叶, 等. 大别山野生苍术挥发油化学成分研究[J]. 中药材, 2004, 27(8): 571-574.
- [21] 单晨啸, 崔小兵, 柴川, 等. 基于UFLC/Q-TOF-MS分析麸炒北苍术的成分变化[J]. 中成药, 2013, 35(12): 2703-2707.
- [22] 吉力, 敖平, 潘炯光, 等. 苍术挥发油的气相色谱-质

- 谱联用分析[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(3): 38-41.
- [23] 王锡宁, 郭明才. 茅苍术挥发油化学成分的分析研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(3): 295-297.
- [24] 李迎春, 曾健青, 刘莉玲, 等. 北苍术超临界 CO₂ 萃取产物的成分[J]. 分析测试学报, 2001, 20(1): 46-48.
- [25] 郭方遒, 黄兰芳, 梁逸曾, 等. HS-SPME-GC-MS 用于苍术中挥发性成分的分析[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(3): 452-457.
- [26] 李晓花, 金玲钰, 岳建军, 等. 砂仁活性成分乙酸龙脑酯药理活性研究进展[J]. 中医药导报, 2021, 27(5): 131-134.
- [27] 宋洁, 郭瑞芳, 聂虹, 等. 木香烃内酯对溃疡性结肠炎小鼠肠道免疫炎症的影响及其机制[J]. 广西医科大学学报, 2021, 38(12): 2300-2305.
- [28] 玄淑华, 张善玉, 朴惠善. 气相色谱-质谱法分析关苍术化学成分[J]. 延边大学医学学报, 2010, 33(2): 114-117.
- [29] 刘晓冬, 阎雪, 卫永第, 等. 苍术挥发油成分的分析[J]. 分析测试学报, 1998(3): 58-59.
- [30] 隋晓恒. CO₂-超临界流体萃取根茎类药材中挥发性成分的共性技术研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2011.
- [31] Resch M, Heilmann J, Steigl A, et al. Further phenols and polyacetylenes from the rhizomes of *Atractylodes lancea* and their anti-inflammatory activity [J]. *Planta Med*, 2001, 67(5): 437-442.
- [32] 高岩, 王知斌, 杨春娟, 等. GC-MS 联用法分析不同产地茅苍术挥发油成分[J]. 中医药学报, 2017, 45(3): 35-38.
- [33] 玄淑华, 张善玉, 朴惠善. 气相色谱-质谱法分析关苍术化学成分[J]. 延边大学医学学报, 2010, 33(2): 114-117.
- [34] 李运, 张晓萍, 邵长春, 等. 北苍术挥发油与燃烧烟雾化学成分的 GC-MS 分析[J]. 中国药学杂志, 2021, 56(8): 688-693.
- [35] 绪扩. 茅苍术化学成分及药理活性研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2017.
- [36] 陈佳, 刘欣, 刘合刚. 湖北英山茅苍术药材最佳采收期的研究[J]. 湖北中医药大学学报, 2012, 14(4): 32-33.
- [37] 姚发业, 刘文英, 邱琴. 北苍术挥发油的 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2001, 24(9): 643-645.
- [38] 王金华, 薛宝云, 梁爱华, 等. 苍术有效成分 β-桉叶醇对小鼠小肠推进功能的影响[J]. 中国药学杂志, 2002, 37(4): 28-30.
- [39] 毛坤, 向丽娟, 张虎, 等. 湖北茅苍术挥发性化学成分的研究[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(11): 2622-2624.
- [40] 陈炎明, 陈静, 翁桂新. 苍术化学成分和药理活性研究进展[J]. 上海中医药大学学报, 2006, 20(4): 95-98.
- [41] 肖增丽, 梁慧, 康晖, 等. 五类新药苍术总萜醇的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(13): 100-102.
- [42] 姚慧娟, 姚慧敏, 卜书红, 等. 朝鲜苍术挥发油成分 GC-MS 分析[J]. 中国药物警戒, 2013, 10(3): 148-151.
- [43] 张翼, 张硕, 谭永红, 等. 4 种不同方法提取苍术挥发油的比较研究[J]. 西南国防医药, 2018, 28(3): 201-204.
- [44] 周域, 陆建图, 张小丁, 等. 苍术酮潜在靶点预测及正向分子对接验证[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2019, 16(1): 98-104.
- [45] Endo K, Taguchi T, Taguchi F, et al. Antiinflammatory principles of *Atractylodes rhizomes* [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 1979, 27(12): 2954-2958.
- [46] Rosquete C, Del Olmo E, Del Corral J M M, et al. Eudesmanolides and other terpenoids from *Trattinickia rhoifolia* [J]. *Avances en Química*, 2010, 5(2): 123-129.
- [47] 王喜习, 刘建利, 刘竹兰. 苍术属植物化学成分研究进展[J]. 中成药, 2008, 30(7): 1039-1043.
- [48] 曹清华. 白术抗氧化活性成分的提取及鉴定研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2018.
- [49] 赵敏. 亚油酸及亚油酸甲酯的抗炎作用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- [50] 刘杨, 王永萍, 刘明, 等. 异绿原酸 A 抑制 TNF-α 引起的 MH7A 人成纤维细胞样滑膜细胞的增殖和迁移并促进其凋亡[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2020, 36(8): 693-698.
- [51] 周洁, 汤维维, 陈君. 基于 UPLC-QTOF-MS/MS 法的茅苍术与北苍术化学成分分析[J]. 药学与临床研究, 2020, 28(5): 321-328.
- [52] 王悦. 野生与栽培关苍术的化学成分及抗氧化活性比较研究[D]. 延吉: 延边大学, 2020.
- [53] 梁雪飞, 唐梦君, 吕立新, 等. 三种丛枝菌根真菌对茅苍术的生长、生理及主要挥发油成分的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(6): 1871-1879.
- [54] 李霞, 杨静玉, 孟大利, 等. 麸炒北苍术挥发油成分的分析和镇痛活性的研究[J]. 中草药, 2003, 34(10): 25-26.
- [55] 窦增娥, 姚惠青, 赵永祥, 等. 基于“肺与大肠相表里”复方苍术方治疗慢性阻塞性肺疾病[J]. 世界中医药, 2021, 16(1): 137-141.
- [56] 胡翠英, 郭伟强, 臧帅, 等. 利用 Autodock 预测苍术酮的潜在抗肿瘤靶点[J]. 生物技术, 2014, 24(6): 60-63.
- [57] 郭楠楠. 苍术酮诱导人肝癌细胞(HepG₂)凋亡的实验研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2015.
- [58] Kattoor A J, Pothineni N V K, Palagiri D, et al. Oxidative stress in atherosclerosis [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2017, 19(11): 42.
- [59] 王金梅, 张旭, 康文艺. 苍术及其麸炒品抗氧化活性研究[J]. 精细化工, 2010, 27(7): 664-666.
- [60] 李育浩, 梁颂名, 山原条二. 苍术的抗缺氧作用及其活性成分[J]. 中药材, 1991, 14(6): 41-43.
- [61] 于艳, 贾天柱, 魏新智, 等. 麸炒前后茅苍术挥发油对缺氧/复氧损伤心肌细胞的抗氧化与抗凋亡作用[J]. 中药药理与临床, 2022, 38(1): 124-130.
- [62] Singh N, Baby D, Rajguru J P, et al. Inflammation and cancer[J]. *Ann Afr Med*, 2019, 18(3): 121-126.
- [63] 于艳, 贾天柱, 吴振起, 等. 麸炒茅苍术挥发油抗 LPS

- [63] 诱导 HCoEpiC 炎症损伤的作用 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(5): 1134-1139.
- [64] 郭金鹏, 王萍, 孙如宝, 等. 苍术挥发油化学成分及其抗菌活性的研究 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22(3): 566-568.
- [65] 王皓, 蒋圆婷, 靳羽含, 等. 苍术挥发油杀菌活性评价及抑菌机制 [J]. 食品与生物技术学报, 2020, 39(12): 21-27.
- [66] 王玉良. 苍术、白术的药理学研究 [J]. 日本医学介绍, 1984(12): 30-31.
- [67] 杨雪丽, 薛建华, 陈天阳, 等. 苍术酮对肝癌 HepG2 细胞活性、凋亡的影响及其相关机制 [J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37(11): 2589-2594.
- [68] 张红梅. 1型糖尿病困扰量表的汉化及其应用研究 [D]. 南京: 南京大学, 2020.
- [69] 王一彤. 苍术挥发油对糖尿病肾轻瘫大鼠的干预研究及其微囊的制备 [D]. 青岛: 青岛科技大学 2021.
- [70] 刘芬, 刘艳菊, 田春漫. 苍术提取物对实验性脾虚证大鼠胃肠动力及免疫功能的影响 [J]. 吉林大学学报 (医学版), 2015, 41(2): 255-260; 438.
- [71] 刘晓兰, 张永忠, 张俊玲, 等. 苍术挥发油对溃疡性结肠炎大鼠的改善作用 [J]. 天津医药, 2020, 48(10): 956-960.
- [72] 周德文, 周立勇, 尹玲豫. 术类的药理和药效 [J]. 国外医药 (植物药分册), 1996, 11(3): 120-122.
- [73] Kimura M, Nojima H, Muroi M, et al. Mechanism of the blocking action of-eudesmol on the nicotinic acetylcholine receptor channel in mouse skeletal muscles [J]. *Neuropharmacology*, 1991, 30(8): 835-841.
- [74] 李伟, 郑天珍, 瞿颂义, 等. 苍术对大鼠离体胃平滑肌条运动的影响 [J]. 中药药理与临床, 1999, 15(6): 29-30.
- [75] 陆奇杰, 巢建国, 谷巍, 等. 铜胁迫对茅苍术 3 种药效成分积累及其生物合成 2 种关键酶基因表达的影响 [J]. 中草药, 2019, 50(3): 710-715.
- [76] 谢景. 产地和种源因素对黄芩苍术生长及药材质量的影响研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2015.
- [77] 顾永华, 冯煦, 夏冰. 水分胁迫对茅苍术根茎生长及挥发油含量的影响 [J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(3): 23-27.
- [78] 肖淑珍. 干祖望蒸气吸入法治鼻息肉 [J]. 中医杂志, 1998, 39(3): 188.
- [79] 徐波, 殷燕云, 谈勇. 国医大师夏桂成调周法治疗排卵障碍性不孕症经验摘要 [J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(7): 2983-2985.
- [80] 卢晓峰, 张迎峰. 朱良春痛风方加味治疗痛风性关节炎临床观察 [J]. 中医学报, 2010, 25(6): 1080-1081.
- [81] 张国梁, 李艳, 李永攀, 等. 徐经世“调节内环法”治疗 HP 相关性胃炎思路初探 [J]. 中医药临床杂志, 2012, 24(10): 925-927.
- [82] 潘琳琳, 王润春, 孙辉, 等. 张志远辨治不孕症的临床经验——附验案四则 [J]. 辽宁中医杂志, 2016, 43(11): 2390-2392.
- [83] 李悦, 刘施, 高越. 基于中医传承辅助平台分析含苍术方剂用药规律 [J]. 中国中医药图书情报杂志, 2022, 46(3): 19-23.
- [84] 马伟丽, 靳晓峰. 含苍术成方制剂归类及其临床应用分析 [C] // 甘肃省中医药学会 2020 年学术年会论文集. 兰州: 甘肃省中医药学会, 2020: 68-74.
- [85] 司志英, 李有才, 靳英. 胃复春片和复方田七胃痛片治疗难治性消化性溃疡 41 例 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(4): 175-179.
- [86] 吴小强. 苍术种质资源研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2019.