

黄山栝楼果皮挥发油成分分析及抑菌抗癌活性探究*

徐礼英, 郝 箐, 陈 钊, 伍 卉, 顾 鑫**

(芜湖职业技术学院 园林园艺学院, 安徽 芜湖 241000)

【摘 要】栝楼果皮具有多种药理作用。由于产地条件的差异, 黄山栝楼与栽培种相比, 其质量、活性成分和功效存在显著差异。为了深入研究其活性成分、作用机制及进一步的临床验证, 采用气相色谱-质谱联用技术对黄山栝楼果皮的挥发油进行化学成分分析, 通过测定 A 值的方法评估黄山栝楼果皮挥发油对几种常见微生物的抑制作用, 并利用噻唑蓝比色法 (3- (4, 5-dimethylthiazol-2-yl) -2, 5-diphenyltetrazolium bromide, MTT) 探究了挥发油对胃癌细胞系 SCC-7901 的潜在抗肿瘤效果。结果显示, 从黄山栝楼果皮的挥发油中可鉴定出 36 种化合物。挥发油对 4 种人类常见的致病菌均显示出超过 80% 的抑制效果, 在体外对胃癌细胞 SCC-7901 的生长也表现出了显著的抑制作用。挥发油成分中新发现的柠檬醛、白果新酸、香兰素 3 种化学物质具有抑制肿瘤、消炎的作用。这些发现为黄山栝楼果皮的抗菌和抗肿瘤潜力提供了科学依据, 表明其可能在医药和食品保健领域具有应用价值。

【关键词】黄山栝楼; 挥发油; 抑菌活性; 抗肿瘤活性

【中图分类号】R284.1 【文献标志码】A 【文章编号】1674-5639 (2025) 03-0109-07

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2025.03.016

栝楼 (*Trichosanthes kirilowii* Maxim.) 成熟果实由种子和果皮组成, 分别约占总质量的 50% 和 25%, 其余部分为果瓢。近年来的研究表明, 栝楼在心血管健康、抗氧化、抗肿瘤等方面, 以及在冠心病、糖尿病和气管炎等疾病的治疗中, 展现出显著的药理功效^[1-3]。在化学成分方面, 栝楼含有多种活性成分, 包括萜类、黄酮类、甾醇类、糖类、苯丙素类、生物碱、油脂、有机酸、蛋白质、氨基酸和微量元素等^[4-8]。在抗癌活性方面, 于栝楼皮醚浸出液内提取的类白色非晶态粉末具备体外抗癌能力, 相较而言, 其抗癌效能优于栝楼仁, 而栝楼子壳与脂肪油在抗癌方面却未呈现出明显作用^[9]。国内外临床研究发现这些成分对心血管系统具有保护作用, 能够改善心脏疾病症状, 并且有抗血小板聚集的特性, 有助于降低血清胆固醇和血糖水平。尽管栝楼的药用价值已被认可多年, 但关于其药效的指标性成分尚未明确。因此, 需要进一步探索栝楼中与药效密切相关的活性成分, 并建立相应的质量控制指标。

我国栝楼皮药材主要产自华东、华北的部分地区, 由于自然条件的不同, 导致不同产地、不同品种的栝楼皮质量参差不齐、有效成分含量也大相径庭。研究表明, 不同产地和品系的栝楼果皮中鸟苷、游离氨基酸和黄酮类化合物的含量存在显著差异, 其中产自安徽南部高海拔处的黄山栝楼 (*Trichosanthes rosthornii* Harms var. *huangshanensis* S. K. Chen) 黄酮类化合物含量颇为可观, 是安徽特有的野生药用植物^[10,11]。黄山栝楼由于其生长环境的不确定性和自然繁殖的特点, 产量相对较低且不稳定。其药用成分含量可能会因生长年份、环境等因素而有所波动, 但由于其在自然环境中生长, 未受到过多的人工干预,

* [收稿日期] 2024-12-24

【作者简介】徐礼英, 女, 安徽潜山人, 芜湖职业技术学院副教授, 研究方向为中草药生理与栽培。

** [通信作者] 顾鑫, 男, 黑龙江佳木斯人, 芜湖职业技术学院副教授, 研究方向为作物耕作与栽培, E-mail: guxin1111@163.com.

【基金项目】安徽高校自然科学研究项目 (2022AH040297, 2022AH052205); 安徽高校质量工程研究项目 (2022jnds064); 安徽省科技创新平台培育项目 (Kjcxpt202007); 芜湖职业技术学院创新团队项目 (wzykytd202201); 2022 年芜湖职业技术学院校级质量工程项目 (2022zyq03)。

可能被认为具有更“纯正”的药用价值^[12]。在较高海拔地区生长的黄山栝楼可能具有更高浓度的药用成分,更强的抗病毒、抗肿瘤作用,以及更好的抗氧化功效。

从目前的研究看,有关黄山栝楼的化学成分研究较少。为探明其药用价值和食用价值,本研究采用气-质联用法对黄山栝楼果皮的提取物进行分析,进一步探寻安徽黄山栝楼果皮的有效成分,尝试探索活性成分抗肿瘤、抗病菌的效果,挖掘黄山栝楼果皮的临床新用途,进而为开发新药提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 挥发油的提取

采用水蒸气蒸馏法从安徽黄山采集的野生栝楼果皮中提取挥发油^[13]。从直径约 10 cm 的黄山栝楼鲜果中取 50 g 果皮,在常压下进行 8 h 水蒸气蒸馏,得到的馏出液用乙醚萃取 3 次。合并萃取液后,使用 Rotary Evaporator Vilsom-R-100 旋转蒸发仪在常压下浓缩,并用无水 Na_2SO_4 进行干燥。最终获得的淡黄色透明油状物质量为 0.873 5 g,挥发油的得率为 1.75%。产物需低温密封保存^[14]以备后续分析检测。

1.2 提取物主要成分的测定

使用美国安捷伦公司 (Agilent) 生产的 6890 型气相色谱仪和 HP-5MS 弹性石英毛细管柱,毛细管长度为 30 m,内径为 0.25 mm,固定相为 5% 脂肪烯硅烷 (Phenyl) 和 95% 甲基硅烷 (Methyl-silicone),以高纯氮气作为载气,设定特定的柱流量为 60 mL/min,及温度程序为 280 °C。采用 Agilent 5973N 质谱仪进行分析,鉴定提取物中的关键化学成分并计算了相对百分含量^[15],根据气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 的分析结果,采用了一种结合标准谱图对照与仪器自检的方法来鉴定所提取物质的结构。这一过程首先通过与已知标准谱图进行比较,以确认样品中主要组成成分的存在。同时,辅助使用仪器自检功能对谱图的质量和准确性进行验证。通过这样的综合方法,能够更加全面地了解样品的化学组成以及其可能的化学结构,从而为后续的研究和应用提供可靠的数据基础。为了确保分析结果的准确性和可信度,进行 3 次实验以验证结果的一致性。

1.3 挥发油抑菌活性的测定

供试菌株为枯草杆菌 (*Bacillus Subtilis*)、红酵母 (*Rhodotorula sp.*)、大肠杆菌 (*Escherichia coli*) 以及金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)。具体操作如下:称取 160 mg 样品挥发油置于 1 号离心管中,用 N, N-二甲基甲酰胺 (DMF) 进行稀释并定容至 1 mL,配制成浓度为 160 mg/mL 的母液。从母液中吸取 0.5 mL 放入 2 号离心管,再加入 0.5 mL DMF,配置成浓度为 80 mg/mL 的溶液。以此类推,采用二倍比稀释法配置出 160, 80, 40, 20, 10, 5 mg/mL, 6 个浓度。

首先,取待测试的菌株,并将其均匀地接种到含有牛肉膏和蛋白胨成分的固体培养基表面。随后,在 37 °C 的条件下进行 24 h 的培养。经过这段时间的培养,将已成功活化的菌株从固体培养基上转移至液体牛肉膏蛋白胨 (NB) 培养基中。在 37 °C、250 r/min 的振荡条件下培养 12 h,随后进行梯度稀释,制备出细胞密度为 10^6 /mL 的菌悬液以备后续使用。

在 5 mL 的培养瓶中先加入 3 mL 的培养基 (对于红酵母使用马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA)^[16],其他菌株使用 NB 培养基^[17]),经高温灭菌后,在无菌操作台上向培养瓶中加入 30 μL 的挥发油稀释液,然后加入 30 μL 的菌液,以形成不同浓度的测试溶液 (1 600, 800, 400, 200, 100, 50 μg /mL)。将培养瓶置于恒温摇床中,温度设定为 37 °C (红酵母为 28 °C),转速设为 120 r/min,并以未添加挥发油的培养基作为空白对照组。经过 48 h 培养后,使用酶标仪在 660 nm 波长下测定各培养瓶的吸光度 (OD 值),每个处理组设定 3 个重复。最终,根据吸光度值,使用下列公式计算各浓度下挥发油对菌株生长的抑制率,评估其生物活性。

$$\text{抑制率} = \left(1 - \frac{\text{实验组吸光度值}}{\text{对照组吸光度值}} \right) \times 100\% .$$

1.4 挥发油抗肿瘤活性的测定

将胃癌细胞株 SGC-7901 培养于 RPMI 1640 培养基中,添加 10% 灭活胎牛血清、100 U/mL 青霉素和

100 U/mL 链霉素,并用 1 mol/L HCl 调整 pH 至 7.2. 细胞在 37 ℃、5% CO₂ 培养箱中培养至对数生长期. 进行 MTT 比色法检测时^[18],以每孔 8×10^4 个细胞的密度接种于 96 孔培养板. 培养 24 h 后,加入 100 μg/mL 挥发油,继续培养 48 h. 培养结束后,弃去培养液,使用 200 μL 预热的的基本培养基清洗每孔一次. 每孔添加 50 μL 预热至 37 ℃ 的 MTT 溶液 (2 mg/mL),再培养 4 h. 弃去培养基后,用 PBS 清洗,并添加 200 μL 二甲基亚砷 (DMSO),加入不含细胞的培养基的孔做空白值,加细胞液不加药的孔做对照值,在平板摇床振荡 30 min 以充分溶解结晶物. 最后,使用酶标仪在 490 nm 波长下测量吸光度值,每组实验重复 3 次,计算抑制率同上.

2 实验结果与分析

2.1 挥发油成分及相对含量

通过质谱分析、数据库检索及文献对比,成功鉴定出黄山栝楼果皮挥发油中的 36 种化合物 (见表 1),其总面积占色谱图的 81.72%. 对已鉴定出的 36 种化合物进行归类分析,发现其中主要含长链脂肪酸酯 (19.152%),醛、酮及其衍生物 (6.896%). 醇和烯醇 (8.81%)、不饱和脂肪酸 (1.38%)、二元低级脂肪酸酯 (19.16%)、芳香酯 (12.49%)、芳香族化合物 (5.59%)、烷 (4.58%). 其中柠檬醛 (C₁₀H₁₆O)、白果新酸 (C₂₀H₃₂O₃) 和香兰素 (C₈H₈O₃) 在黄山栝楼中均首次发现. 柠檬醛具有强大的抗菌、抗感染力,特别针对微菌及病毒有较好的效果. 白果新酸对变形链球菌 (*S. mutans*) 及抑制结核杆菌的生长均有较好的效果. 香兰素还能保护心脑血管,预防心血管疾病和脑血管疾病的发生,更为重要的是,它还具有防癌抗癌的作用,可以促进人体免疫力,抵抗癌细胞的侵害,有助于防止肝癌、肺癌、胃癌等癌症的发生. 红没药醇 (α-Bisabolol, C₁₅H₂₆O)、十二烷二酸一乙酯 (C₁₄H₂₆O₄)、C₁₆H₃₀、C₂₂H₄₂O 等化合物也具有抑制肿瘤生长或诱导肿瘤细胞凋亡的潜力.

表 1 黄山栝楼果皮挥发油化学成分及质量分数

序号	保留时间/min	分子式	挥发油成分	质量分数/%
1	3.530	C ₁₀ H ₂₂ O ₂	2-(1-仲丁氧基已氧基)丁烷	0.911
2	3.684	C ₉ H ₁₄ O	2-烯-9-羟基双环[3.3.1]壬烷	0.288
3	4.045	C ₁₂ H ₂₆	2-(1-仲丁氧基已氧基)丁烷	0.461
4	4.727	C ₈ H ₈ O ₃	3-甲氧基-4-羟基苯甲醛(甲基香兰素)	1.666
5	6.648	C ₉ H ₁₆ O ₃	(2E)-5-羟基-3,4,4-三甲基-2-己烯酸	0.338
6	7.199	C ₁₀ H ₁₆ O	柠檬醛 3,7-Dimethyl-2,6-octadienal	0.665
7	9.121	C ₁₀ H ₁₈ O ₄	己二酸二乙酯 Diethyl adipate	1.807
8	9.227	C ₁₃ H ₁₈ O	大柱三烯酮 Tabanone	0.159
9	10.016	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	癸二酸二乙酯 Diethyl sebacate	0.380
10	10.289	C ₁₂ H ₂₂ O ₄	十二碳二元酸 Dodecanedioic acid	0.871
11	10.887	C ₁₂ H ₂₂ O	环十二酮 Cyclododecanone	2.768
12	11.166	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	4,4,7a-三甲基-5,6,7,7a-四氢-2(4H)-香豆酮	0.259
13	11.314	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	环氧泽泻烯 Alismoxide	1.037
14	11.445	C ₁₆ H ₃₀	1,1,4a,6-四甲基-8a-乙基十氢萘	0.324
15	11.498	C ₁₃ H ₂₄ O ₄	戊二酸二丁酯	6.232
16	11.581	C ₂₉ H ₅₄	9-(4'-aS-十氢茛)十七烷	0.414
17	11.794	C ₁₅ H ₂₆ O	红没药醇 α-Bisabolol	0.243
18	12.725	C ₁₄ H ₂₆ O ₄	己二酸异丁酯	13.584
19	12.868	C ₁₇ H ₃₆	2,6,10-三甲基十四烷	0.387

续表 1

序号	保留时间/min	分子式	挥发油成分	质量分数/%
20	13.318	C ₁₅ H ₁₈	1, 6 - 二甲基 - 4 - 异丙基萜	1.666
21	13.953	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	油酸 Oleic acid	1.112
22	14.059	C ₂₀ H ₁₈ O ₂	9, 10 - 二氢 - 9, 10 - 二乙基蒽 - 11, 12 - 丁二酮	0.713
23	14.907	C ₁₆ H ₂₆ O ₃	十二烯基丁二酸酐	0.505
24	15.239	C ₂₀ H ₃₄ O	香叶基芳樟醇 Geranyl linalool	1.536
25	15.500	C ₂₀ H ₃₂ O ₃	白果新酸 (Ginkgolic acid)	0.798
26	15.625	C ₃₈ H ₆₈ O ₈	1 - (+) - 抗坏血酸 2, 6 - 二十六烷酸酯	6.568
27	15.714	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	邻苯二甲酸二丁酯	14.495
28	16.603	C ₁₆ H ₁₄	2 - 甲基 - 4 - 苯基茚	1.433
29	16.917	C ₂₂ H ₄₂ O	顺 5 - 甲基 - 6 - 二十一烯 - 11 - 酮	1.791
30	17.119	C ₁₅ H ₂₀ O ₅	倍半萜内酯 APsilostachyin A	1.765
31	17.279	C ₃₇ H ₇₆ O	1 - 三十七烷醇	1.783
32	17.380	C ₃₀ H ₄₆ O ₂	麦角甾乙酸酯 Ergosteryl acetate	1.918
33	17.818	C ₃₉ H ₇₆ O ₃	十八烯酸, 3 - (十八烷氧基) 丙酯	2.920
24	17.913	C ₃₆ H ₇₀ O ₂	9 - 十六碳烯酸二十酯	2.168
35	21.233	C ₂₂ H ₂₂ O	2, 4 - 二 (1 - 苯乙基) 苯	1.751
36	22.704	C ₂₇ H ₅₆	二十七烷 Heptacosane	2.732
	18.737			3.271

2.2 挥发油抑菌活性结果分析

黄山栝楼果皮的挥发油对多种细菌及真菌的生长具有显著的抑制效果 (图 1)。当挥发油质量浓度达到 1 600 $\mu\text{g/mL}$ 时, 其对枯草杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌以及红酵母菌的抑制率均超过了 80%。这一结果说明, 黄山栝楼果皮的挥发油在较高质量浓度下能有效抑制这些微生物的生长。但挥发油在较低浓度对金黄色葡萄球菌有一定的促进作用。进一步分析不同质量浓度梯度 (1 600, 800, 400, 200, 100, 50 $\mu\text{g/mL}$) 对上述菌株的抑制作用发现, 随着质量浓度的增加, 抑制效果也相应增强。特别是在质量浓度超过 100 $\mu\text{g/mL}$ 后, 抑制作用更为明显。由表 2 可见, IC_{50} 最低的为红酵母菌, 达到 123.5 $\mu\text{g/mL}$, 其次为大肠杆菌、枯草杆菌、金黄色葡萄球菌。在所有测试的菌株中, 红酵母菌受到的抑制最为显著, 这表明黄山栝楼果皮的挥发油对红酵母菌具有特别的抑制效果。综上所述, 黄山栝楼果皮的挥发油表现出了良好的抗菌性, 尤其是对于红酵母菌的抑制效果最佳。这一发现为开发新型天然抗菌剂提供了有力的支持, 同时也为进一步研究该植物的其他潜在

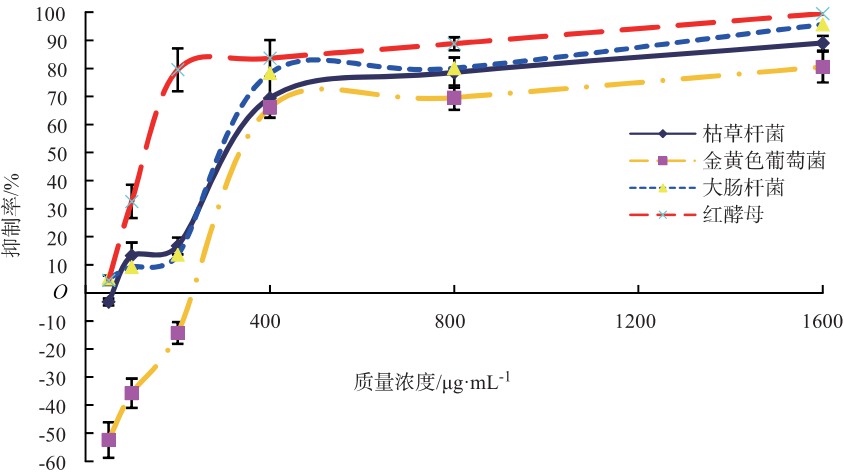


图 1 黄山栝楼果皮挥发油对菌株抑制率的影响

用途奠定了基础。

表 2 黄山栝楼果皮挥发油抑菌活性 (IC_{50})

			$\mu\text{g/mL}$
枯草杆菌	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌	红酵母
293.1	321.8	284.3	123.5

2.3 挥发油抗肿瘤活性分析

根据表 3 数据, 黄山栝楼果皮挥发油对胃癌细胞 SGC-7901 展现出显著的抗肿瘤活性。在 $100 \mu\text{g/mL}$ 质量浓度下, 其抑制率达到 99.43%, 几乎完全抑制了癌细胞的生长。当质量浓度为 $50 \mu\text{g/mL}$ 时, 黄山栝楼抑制率在 93.10%, 两者差异不显著。在质量浓度为 $25 \mu\text{g/mL}$ 或 $12.5 \mu\text{g/mL}$ 时, 抑制率显著低于 $50 \sim 100 \mu\text{g/mL}$ 。这说明在体外, 胃癌细胞对栝楼皮挥发油物质药物敏感质量浓度在 $50 \sim 100 \mu\text{g/mL}$ 。根据回归曲线计算 IC_{50} 为 $23.59 \mu\text{g/mL}$ 。

表 3 不同质量浓度的挥发油对胃癌细胞 SGC-7901 的抑制率

质量浓度/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	100	50	25	12.5
抑制率/%	99.43 ± 5.32^A	93.10 ± 2.98^A	47.13 ± 1.96^B	11.49 ± 3.42^C

注: 同行数据后不同大写字母表示在浓度因素下差异极显著 ($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

在对栝楼属植物的研究中, 不同品种的挥发油成分展示了明显的差异。例如, 从湖北栝楼的水蒸汽蒸馏提取物中鉴定出了 38 种化合物, 这些化合物在挥发油的中性部分占比高达 76.01%。其主要成分包括长链脂肪酸的甲酯和乙酯类, 此外还涵盖了如十六醛和六氢法呢基丙酮等其他结构类型的化合物^[19]。对大方油栝楼果皮提取物研究鉴定出的化合物是 26 种, 占挥发油总含量的 79.02%。分析结果显示, 有机酸酯类 (特别是长链脂肪酸的甲酯和乙酯) 以及酮类和醛类化合物组合构成了已鉴定成分的 96.19%^[20]。而从双边栝楼果皮的挥发油成分中鉴定出 61 种化合物, 其中主要成分包括邻苯二甲酸二丁酯、棕榈酸甲酯、菲、萤薹及 3-甲基菲等^[21]。这些研究表明, 栝楼属植物在挥发油成分上存在显著的种间差异, 从长链脂肪酸的甲酯和乙酯到各类醛、酮以及香气成分, 这些差异可能与植物的生长环境、基因构成以及提取方式密切相关。因此, 深入理解这些成分的变化及其生物活性, 将有助于探讨栝楼属植物在药用及芳香产业中的潜在应用。与以上栽培栝楼皮提取物相比, 本研究的黄山栝楼皮中主要物质为长链脂肪酸酯、醛、酮及其衍生物, 醇和烯醇、二元低级脂肪酸酯、芳香酯、芳香族化合物等, 有着一定的区别。推测造成差异的原因, 主要为不同品种的栝楼由于遗传物质的差异, 其体内的合成代谢途径有所不同, 导致了挥发油中化合物种类的不同。其次, 环境因素中的气候、光照时长与强度、温度波动以及降水情况等, 均会影响挥发油成分的组成。此外, 提取方法的差异也是不可忽视的因素。当前提取挥发油的常用方法包括水蒸汽蒸馏法、有机溶剂提取法、超临界流体萃取法等。水蒸汽蒸馏法基于挥发油的挥发性, 利用水蒸气带出挥发油, 但对于高沸点、难挥发以及与植物组织紧密结合的成分, 提取效果欠佳; 有机溶剂提取法虽能获取更多类型的化合物, 但有机溶剂的引入可能会在后续分析中产生杂质干扰, 影响成分的准确鉴定。综上所述, 不同的提取方法会导致所获取的挥发油成分存在明显差异。

本研究首次在黄山栝楼果皮的提取物中, 发现了一种萜类化合物柠檬醛 (citral, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$), 这种化合物主要存在于柠檬草和山苍子中^[22]。研究发现, 其能通过激活多种分子途径促进 B 细胞淋巴瘤细胞的凋亡。此外, 柠檬醛能够诱导细胞凋亡相关蛋白的表达, 对头颈癌细胞、乳腺癌、肺癌及结肠癌的生长和增殖具有显著的抑制作用^[23]。本研究在栝楼皮中还发现了香兰素, 香兰素与柠檬醛一样能够通过激活

Caspase-3 这一关键的凋亡执行者, 触发癌细胞程序性死亡. 此外, 香兰素还显示出抑制肿瘤细胞迁移和侵袭的能力, 这一效果可能与其对细胞信号传导途径的干预有关^[24]. 这些物质的共同作用, 使得栝楼皮具有成为一种潜在抗癌药物的潜力.

不同产地栝楼皮药材总黄酮含量差异显著, 其中安徽产栝楼皮总黄酮含量较高^[25], 但本实验检测的挥发油成分以不饱和化合物为主, 未发现典型黄酮类结构, 推测与提取及鉴定方法差异相关 (需通过核磁共振 NMR、质谱 MS 等技术进一步验证). 栝楼果皮中尚存大量未被深入研究的活性成分, 如三萜类化合物等. 通过系统性成分分离、结构鉴定及靶向药理实验, 可精准解析其药理活性物质基础, 这对深化栝楼药用价值认知、开发新型药物及提高药材综合利用效率具有双重意义.

[参考文献]

- [1] ZHANG H Q, LIU P, DUAN J A, et al. Comparative analysis of carbohydrates, nucleosides and amino acids in different parts of *Trichosanthes kirilowii* maxim. by (ultra) high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry and evaporative light scattering detector methods [J]. *Molecules*, 2019, 24 (7): 1440.
- [2] ZHANG Y H, WANG Y, YUSUFALI A H, et al. Cytotoxic genes from traditional Chinese medicine inhibit tumor growth both in vitro and in vivo [J]. *Journal of Integrative Medicine*, 2014, 12 (6): 483-494.
- [3] NG T B, LIU W K, SZE S F, et al. Action of alpha-momorcharin, a ribosome inactivating protein, on cultured tumor cell lines [J]. *General Pharmacology*, 1994, 25 (1): 75-77.
- [4] AKIHISA T, KOKKE W C M C, TAMURA T, et al. 7-Oxodihydrokarounidiol [7-oxo-D: C-friedo-olean-8-ene-3 α , 29-diol], a novel triterpene from *Trichosanthes kirilowii* [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1992, 40 (5): 1199-1202.
- [5] AKIHISA T, KOKKE W C M C, KRAUSE J A, et al. 5-Dehydrokarounidiol [D: C-Friedo-oleana-5, 7, 9 (11) -triene-3 α , 29-diol], a novel triterpene from *Trichosanthes kirilowii* maxim [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1992, 40 (12): 3280-3283.
- [6] AKIHISA T, KOKKE W C M C, KIMURA Y, et al. Isokarounidiol [D: C-Friedooleana-6, 8-diene-3 α , 29-diol]: The first-naturally occurring triterpene with a Δ 6, 8-conjugated diene system. IodinE-mediated dehydrogenation and isomerization of its diacetate [J]. *Journal of Organic Chemistry*, 1993, 58 (7): 1959-1962.
- [7] AKIHISA T, YASUKAWA K, KIMURA Y, et al. 7-oxo-10 α -cucurbitadienol from the seeds of *Trichosanthes kirilowii* and its anti-inflammatory effect [J]. *Phytochemistry*, 1994, 36 (1): 153-157.
- [8] AKIHISA T, YASUKAWA K, KIMURA Y, et al. Five D: C-friedo-oleanane triterpenes from the seeds of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. and their anti-inflammatory effects [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1994, 42 (5): 1101-1105.
- [9] TAKAHASHI N, YOSHIDA Y, SUGIURA T, et al. Cucurbitacin D isolated from *Trichosanthes kirilowii* induces apoptosis in human hepatocellular carcinoma cells in vitro [J]. *International Immunopharmacology*, 2009, 9 (4): 508-513.
- [10] ZHANG H Q, LIU P, DUAN J A, et al. Hierarchical extraction and simultaneous determination of flavones and triterpenes in different parts of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. by ultra-high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2019, 167: 114-122.
- [11] 王德群. 安徽省特有植物的分类、分布和药用类群 [J]. *中国中药杂志*, 1999, 24 (8): 3-6.
- [12] 徐礼英, 张小平, 蒋继宏. 黄山栝楼挥发油的成分分析及其生物活性的初步研究 [J]. *中国中药杂志*, 2009, 34 (8): 1047-1049.
- [13] 施璐, 雷鸣, 方振峰, 等. 河南鹤壁瓜蒌子和瓜蒌皮中挥发油成分分析 [J]. *食品工业*, 2020, 41 (4): 338-340.
- [14] 何招斌. 栝楼皮有效成分提取分离及其生物活性研究 [D]. 杭州: 浙江工业大学硕士学位论文, 2016.
- [15] ZHANG C, ZHOU C Z, XU K, et al. A comprehensive investigation of macro-composition and volatile compounds in spring-picked and autumn-picked white tea [J]. *Foods*, 2022, 11 (22): 3628.
- [16] TAEK G C, JIN S K. Strain improvement and statistical medium optimization for enhanced production of itaconic acid by the recombinant PD mutants of *Aspergillus terreus* [J]. *American Chemical Society*, 2014, 111 (8): 1497-1505.
- [17] WANG H, GUO J, CHEN X, et al. The metabolomics changes in luria-bertani broth medium under different sterilization methods and their effects on bacillus growth [J]. *Metabolites*, 2023, 13 (8): 958.

- [18] BENNY D, PRASANA J C, KHALED J M, et al. Experimental, computational investigations and biological evaluation on 1-(3-acetamidophenyl)-5-mercaptopotrazole-cytotoxicity MTT assay [J]. Journal of Molecular Liquids, 2023, 389: 122903.
- [19] 巢志茂, 刘静明. 湖北栝楼果皮挥发油化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 1996, 31 (3): 140-141.
- [20] 周涛, 黄璐琦, 吉力. 贵州特有植物大方油栝楼果皮挥发油的化学成分分析 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32 (4): 344-345.
- [21] 巢志茂, 刘静明. 双边栝楼皮挥发油的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 1996, 21 (6): 37-39.
- [22] ZHAO W, WANG J, LI Y, et al. Citral protects against LPS-induced endometritis by inhibiting ferroptosis through activating Nrf2 signaling pathway [J]. Inflammopharmacology, 2023, 31 (3): 1551-1558.
- [23] 王瑜, 朱明了, 何施燕, 等. 紫云英苷诱导 DLBCL 细胞系 OCI-LY8 凋亡 [J]. 中国病理生理杂志, 2021, 37 (5): 885-890.
- [24] BEZERRA D P, SOARES A K N, DE SOUSA D P. Overview of the role of vanillin on redox status and cancer development [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2016: 9734816.
- [25] 李丹, 刘培, 张黄琴, 等. 不同产地不同品系瓜蒌皮中多类型资源性化学成分分析与品质评价研究 [J]. 南京中医药大学学报, 2020, 36 (5): 607-614.

Analysis and Exploration of Volatile Oil in *Trichosanthes rosthornii* var. *huangshanensis* Pericarp: Antibacterial & Anticancer Activities

XU Liying, HAO Jing, CHEN Zhao, WU Hui, GU Xin

(College of Landscape Gardening and Horticulture, Wuhu Institute of Technology, Wuhu, Anhui, China 241003)

Abstract: The pericarp of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. exhibits a variety of pharmacological effects. Due to differences in habitat conditions, significant disparities exist in the quality, active components, and efficacy between Huangshan *Trichosanthes* and cultivated varieties. To conduct in-depth research on its active components, action mechanisms, and further clinical verification, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was employed to analyze the chemical components of the volatile oil from the pericarp of Huangshan *Trichosanthes*. The inhibitory effect of the volatile oil from the pericarp of Huangshan *Trichosanthes* on several common microorganisms was evaluated by measuring the A value, and the thiazolyl blue tetrazolium bromide (MTT) assay was utilized to explore the potential anti-tumor effect of the volatile oil on the gastric cancer cell line SGC-7901. The results demonstrated that 36 compounds were identified from the volatile oil of the pericarp of Huangshan *Trichosanthes*. The volatile oil exhibited an inhibitory effect of over 80% against four common human pathogenic bacteria and also showed a significant inhibitory effect on the growth of gastric cancer cells SGC-7901 in vitro. Among the volatile oil components, three newly discovered chemical substances, citral, ginkgolic acid, and vanillin, possess anti-tumor and anti-inflammatory properties. These findings provide a scientific basis for the antibacterial and anti-tumor potential of the pericarp of Huangshan *Trichosanthes*, indicating its potential application value in the fields of medicine and food preservation.

Key words: Huangshan *Trichosanthes*; volatile oil; antibacterial activity; antitumor activity

(责任编辑: 陈伟超)