

## • 化学成分 •

## 香附中 2 个新的二苯醚类化合物

胡雅丽, 刘青云, 汪汝渊

云南大学附属医院, 云南 昆明 650021

**摘要:** **目的** 研究香附 *Cyperus rotundus* 的化学成分及其抗肿瘤活性。**方法** 采用硅胶柱色谱、反相 C<sub>18</sub> 柱色谱、凝胶柱色谱、半制备高效液相色谱等技术进行分离纯化, 再通过核磁共振、质谱等波谱学手段鉴定结构, 最后通过 MTT 法对分离的化合物进行抗肿瘤细胞毒性测定。**结果** 从中药香附中分离得到了 2 个新的二苯醚类化合物, 分别鉴定为 2,3'-二羟基-5,2',5'-三甲氧基二苯醚 (1) 和 2,3'-二羟基-4,2',5'-三甲氧基二苯醚 (2); 二者对人源结肠癌细胞 HCT116 表现出一定的抑制作用, 半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC<sub>50</sub>) 值分别为 (24.20±0.77) μmol/L 和 (25.26±0.65) μmol/L。**结论** 化合物 1 和 2 均为新化合物, 分别命名为香附二苯醚 A (1) 和香附二苯醚 B (2), 并具有一定的抗肿瘤潜力。二苯醚类为首次从香附中分离得到的新结构类群化合物。

**关键词:** 莎草科; 香附; 二苯醚; 抗肿瘤; 香附二苯醚 A; 香附二苯醚 B

**中图分类号:** R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2026)13-4964-05

**DOI:** 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.13.002

Two new diphenyl ethers from *Cyperus rotundus*

HU Yali, LIU Qingyun, WANG Ruyuan

The Affiliated Hospital of Yunnan University, Kunming 650021, China

**Abstract: Objective** To investigate the chemical constituents and their antitumor activities isolated from *Cyperus rotundus*. **Methods** The isolates were isolated and purified by silica gel, Sephadex gel, reversed-phase C<sub>18</sub> column chromatography, and semi-preparative high-performance liquid chromatography (HPLC). The structures of the obtained compounds were elucidated by spectroscopic methods such as nuclear magnetic resonance (NMR) and mass spectrometry (MS). Finally, all compounds were subjected to MTT assays to evaluate their anti-tumor activities. **Results** Two new diphenyl ethers were obtained from *C. rotundus*, specifically as 2,3'-dihydroxy-5,2',5'-trimethoxy diphenyl ether (1) and 2,3'-dihydroxy-4,2',5'-trimethoxy diphenyl ether (2). Both compounds exhibited moderate inhibitory effects on human colon cancer cell line HCT116, with median inhibition concentration (IC<sub>50</sub>) values of (24.20 ± 0.77) and (25.26 ± 0.65) μmol/L, respectively. **Conclusion** Compounds 1 and 2 are new compounds with anti-tumor potential, named cydipethers A (1) and B (2). Diphenyl ethers were identified from *C. rotundus* for the first time.

**Key words:** Cyperaceae; *Cyperus rotundus* L.; diphenyl ether; antitumor; cydipethers A; cydipethers B

香附为莎草科多年生草本植物莎草 *Cyperus rotundus* L. 的干燥根茎<sup>[1]</sup>。本品味辛甘, 微苦, 芳香性平, 入肝、三焦经<sup>[2]</sup>。其辛味甚烈, 香气颇浓。辛香能散肝气之郁, 苦能降肝气之逆, 甘能缓肝气之急, 性平而无寒热之偏, 故为疏肝解郁、理气止痛之要药<sup>[3]</sup>, 如《本草纲目》所云: “气病之总司, 女科之主帅”。适用于肝气郁滞所致的胁肋作痛、脘腹胀痛及疝痛等证, 还可用于治疗月经不调、经闭痛

经等症状<sup>[2-3]</sup>。据文献报道<sup>[4-14]</sup>, 香附中主要含有单萜、倍半萜等挥发性物质, 以及黄酮类、酚类、糖类、生物碱类、三萜和甾醇等成分, 具有镇痛消炎、抗抑郁、调节糖脂代谢、抗氧化、抗肿瘤等作用。

天然二苯醚类 (diphenyl ethers, DPEs) 主要来源于微生物<sup>[15]</sup>和植物<sup>[16]</sup>, 具有相同的二苯醚核心骨架, 苯环上取代基的不同赋予了它们广泛且良好的

收稿日期: 2026-04-30

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金项目-青年人才基础研究专项 (2025J0009); 云南大学医学科研基金-青年项目 (YDYXJJ2024-0050)

作者简介: 胡雅丽 (1993—), 女, 博士, 主管药师, 研究方向为天然药物化学。E-mail: 807478014@qq.com

生物活性。研究表明<sup>[17]</sup>, DPEs 具有抗菌、抗氧化、抗阿尔茨海默病和细胞毒性等作用。为探究中药香附的药效物质基础, 提高该植物的利用价值, 本研究在针对香附 70%乙醇提取物的化学成分研究中, 从其醋酸乙酯洗脱部位分离得到了 2 个新的 DPEs, 分别鉴定为 2,3'-二羟基-5,2',5'-三甲氧基二苯醚 (2,3'-dihydroxy-5,2',5'-trimethoxy diphenyl ether, **1**) 和 2,3'-二羟基-4,2',5'-三甲氧基二苯醚 (2,3'-dihydroxy-4,2',5'-trimethoxy diphenyl ether, **2**), 命名为香附二苯醚 A (**1**) 和香附二苯醚 B (**2**)。该类型化合物为首次从香附中分离得到。化合物 **1** 和 **2** 具有潜在的抗肿瘤作用。

## 1 仪器与材料

Bruker AV III-600MHz 超导核磁共振仪 (德国 Bruker 公司), Agilent 1290 UPLC/6540 Q-TOF 质谱仪 (美国安捷伦公司), Shimadzu UV-2401A 光谱仪 (日本 Shimadzu 公司), Bruker Tensor-27 光谱仪 (德国 Bruker 公司), MCI (日本三菱化学公司), 柱色谱用硅胶 (80~100、200~300 目) 及薄层色谱硅胶板 (青岛海洋化工厂), 反相硅胶 RP-18 (40~63  $\mu\text{m}$ , 德国 Merck 公司), 聚酰胺 (14~30 目, 浙江省台州市路桥四甲生化塑料厂), 凝胶 Sephadex LH-20 (GE Healthcare), 分析和半制备 HPLC 为 Agilent 1100, 色谱柱为 Zorbax SB-C<sub>18</sub>, 250 mm $\times$ 4.6 mm, 5  $\mu\text{m}$  和 250 mm $\times$ 9.4 mm, 5  $\mu\text{m}$ , 检测器为二极管阵列检测器 (DAD)。常规柱色谱所用溶剂石油醚、氯仿、丙酮、醋酸乙酯、乙醇、甲醇均为工业级溶剂, 经重蒸后使用。用于 HPLC 的溶剂均为色谱级 (德国 Merck 公司)。

香附样品采集于云南省元江县曼来镇, 由中国科学院昆明植物研究所向春雷研究员鉴定为莎草科植物莎草 *C. rotundus* L. 的干燥根茎。凭证标本 (KIB-CE00297) 存放于中国科学院昆明植物研究所植物化学与天然药物全国重点实验室。

实验所用细胞株人源食道癌细胞 EC109、人源乳腺癌细胞 MDA-MB-231、人源结肠癌细胞 HCT116 均来自美国组织培养库 (American Tissue Culture Collection)。EC109 和 MDA-MB-231 所用培养基为 RPMI-1640, HCT116 为 McCoy's 5A。所有培养基都按体积比加入 10% 的胎牛血清 (fetal bovine serum, FBS) 以及 1% 的青霉素和链霉素溶液 (penicillin/streptomycin, PS)。所有培养基和补充剂均购自 Thermo Fisher Scientific (Waltham, MA,

美国)。噻唑蓝 [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide, MTT], 德国 Merck 公司。氟尿嘧啶 (5-fluorouracil, 5-FU) 购自日本 FUJIFILM Wako。

## 2 方法

### 2.1 提取与分离

香附 8 kg 粉碎后用 70%乙醇溶液室温下浸提 3 次, 每次 2 d, 合并提取液, 滤过, 减压浓缩, 得粗提物浸膏 820.0 g。将浸膏用 80~100 目的硅胶拌样, 依次用氯仿和醋酸乙酯洗脱, 得到醋酸乙酯段浸膏 273.9 g。取醋酸乙酯段浸膏用聚酰胺 (14~30 目) 拌样, 在 MCI 柱上经甲醇-水 (70:30~100:0) 梯度洗脱, 得到 6 个组分 Fr. A~F。Fr. F 经硅胶柱色谱分离, 以石油醚-丙酮 (10:1~0:100) 梯度洗脱, 通过 TLC 检测合并, 得到 9 个流分 Fr. F1~F9。Fr. F9 经中压反相色谱用甲醇-水 (60:40~100:0) 梯度洗脱, 得到 7 个流分 Fr. F9.1~F9.7。Fr. F9.2 通过凝胶色谱柱由甲醇洗脱得到 5 个亚组分 Fr. F9.2.1~F9.2.5。Fr. F9.2.5 通过半制备 HPLC 得到化合物 **1** ( $t_{\text{R}}=3.9$  min, 70%甲醇; 2.3 mg) 和 **2** ( $t_{\text{R}}=4.2$  min, 70%甲醇; 3.8 mg)。

### 2.2 抗肿瘤活性测试

采用 MTT 法<sup>[18]</sup>对所得化合物及阳性对照 5-FU 进行抗肿瘤活性测试与评价。所用细胞株分别为 EC109、MDA-MB-231 和 HCT116。配制浓度为  $5 \times 10^4$  个/mL 的细胞混悬液, 接种到 96 孔板, 每孔体积 100  $\mu\text{L}$ , 在 37  $^{\circ}\text{C}$  恒温箱里培养过夜。细胞贴壁后加入检测化合物, 以最高浓度 20  $\mu\text{mol/L}$  设置 5 个浓度梯度筛选 (5-FU 则以 50  $\mu\text{mol/L}$  为最高浓度), 每种处理均设 4 个复孔, 孵育 48 h 后加入 MTT 溶液 (5 mg/mL、10  $\mu\text{L}$ /孔); 继续孵育 4 h 后, 吸弃培养液, 加入 DMSO, 100  $\mu\text{L}$ /孔; 随后用酶联免疫检测仪在 570 nm 的波长处测定吸光度 ( $A$ ) 值, 以浓度为横坐标 ( $X$ ), 细胞存活率为纵坐标 ( $Y$ ) 绘制曲线, 应用两点法计算化合物的半数抑制浓度 (median inhibition concentration,  $\text{IC}_{50}$ ) 值。体外实验所有数据均以  $\bar{x} \pm s$  表示, 在软件 GraphPad Prism 9.0 上完成分析。

### 3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色无定型粉末。UV  $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$  (nm): 288 (3.86), 255 (3.39); IR  $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3 405, 1 594, 1 507, 1 441, 1 152, 1 049, 824, 提示化合物中含有羟基 (3 405  $\text{cm}^{-1}$ ) 和苯环 (1 594、1 507  $\text{cm}^{-1}$ ); HRESIMS 图

谱显示准分子离子峰  $[M-H]^-$   $m/z$  291.087 9 (计算值 291.087 4), 结合其  $^{13}\text{C-NMR}$  和 DEPT 数据确定其分子式为  $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_6$ , 不饱和度为 8。 $^1\text{H-NMR}$  谱图 (表 1) 显示 3 个甲氧基信号、1 个 1,2,4-三取代苯环信号 [ $\delta_{\text{H}}$  6.96 (1H, d,  $J = 8.8$  Hz), 6.60 (1H, dd,  $J = 8.8, 2.8$  Hz), 6.49 (1H, d,  $J = 2.8$  Hz)]、1 个 1,2,3,5-四取代苯环信号 [ $\delta_{\text{H}}$  6.35 (1H, d,  $J = 2.8$  Hz), 6.05 (1H, d,  $J = 2.8$  Hz)]、3 个甲氧基质子信号 [ $\delta_{\text{H}}$  3.88 (3H, s), 3.71 (3H, s), 3.68 (3H, s)]、2 个羟基活泼氢

信号 [ $\delta_{\text{H}}$  5.83 (1H, s), 5.40 (1H, s)]。  $^{13}\text{C-NMR}$  和 DEPT 谱图显示该化合物共有 15 个碳信号, 结合 HSQC 谱图可知包括 2 个苯环信号, 其中 7 个季碳 [ $\delta_{\text{C}}$  156.5 (C-2'), 153.5 (C-5), 150.3 (C-3'), 148.9 (C-1'), 143.8 (C-1), 141.0 (C-2), 131.9 (C-5')] 和 5 个次甲基 [ $\delta_{\text{C}}$  116.3 (C-3), 109.4 (C-4), 105.0 (C-6), 97.6 (C-6'), 97.0 (C-4')]; 3 个甲氧基碳信号 [ $\delta_{\text{C}}$  62.2 (5'-OCH<sub>3</sub>), 55.8 (5-OCH<sub>3</sub>), 55.7 (2'-OCH<sub>3</sub>)].

HMBC 谱图中 5-OCH<sub>3</sub> 与 C-5, 5'-OCH<sub>3</sub> 与 C-

表 1 化合物 1 和 2 的  $^1\text{H}$ -和  $^{13}\text{C}$ -NMR 数据 (600/150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )

Table 1  $^1\text{H}$ - and  $^{13}\text{C}$ -NMR data of compounds compounds 1 and 2 (600/150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )

碳位	1		2	
	$\delta_{\text{H}}$	$\delta_{\text{C}}$ , type	$\delta_{\text{H}}$	$\delta_{\text{C}}$ , type
1		143.8, C		136.9, C
2		141.0, C		148.3, C
3	6.96 (d, $J = 8.8$ Hz)	116.3, CH	6.60 (d, $J = 3.2$ Hz)	102.2, CH
4	6.60 (dd, $J = 8.8, 2.8$ Hz)	109.4, CH		157.3, C
5		153.5, C	6.42 (dd, $J = 8.5, 3.2$ Hz)	105.9, CH
6	6.49 (d, $J = 2.8$ Hz)	105.0, CH	6.91 (d, $J = 8.5$ Hz)	120.2, CH
1'		148.9, C		150.4, C
2'		131.9, C		131.3, C
3'		150.3, C		150.2, C
4'	6.35 (d, $J = 2.8$ Hz)	97.0, CH	6.30 (d, $J = 3.0$ Hz)	96.1, CH
5'		156.5, C		156.5, C
6'	6.05 (d, $J = 2.8$ Hz)	97.6, CH	5.97 (d, $J = 3.0$ Hz)	96.6, CH
2-OH	5.40 (s)		5.85 (s)	
3'-OH	5.83 (s)		5.79 (s)	
4-OCH <sub>3</sub>			3.78 (s)	55.6, CH <sub>3</sub>
5-OCH <sub>3</sub>	3.71 (s)	55.8, CH <sub>3</sub>		
2'-OCH <sub>3</sub>	3.88 (s)	61.9, CH <sub>3</sub>	3.93 (s)	61.9, CH <sub>3</sub>
5'-OCH <sub>3</sub>	3.68 (s)	55.6, CH <sub>3</sub>	3.66 (s)	55.6, CH <sub>3</sub>

5', 2'-OCH<sub>3</sub> 与 C-2', 2-OH 与 C-1/C-2/C-3/C-4, 3'-OH 与 C-2'/C-3'/C-4'/C-5' 的相关信号, 分别确定了 3 个甲氧基和 2 个羟基的连接位置 (图 1)。以上结构片段中, 2 个苯环结构单元已满足该化合物的 8 个不饱和度, 分子式中还剩余 1 个氧原子尚未连接。综合化学位移等因素考虑, 推断 2 个苯环片段通过 C-1 和 C-1' 位经由醚键相连。至此, 化合物 1 的结构确定为 2,3'-二羟基-5,2',5'-三甲氧基二苯醚 (图 1), 并命名为香附二苯醚 A (cydipether A)。

化合物 2: 白色无定型粉末。UV  $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$  (nm): 280 (3.88), 258 (3.63); IR  $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3 391, 1 599, 1 505, 1 052, 825。结合 HRESIMS ( $m/z$  291.087 2  $[M-H]^-$ , 计算值为 291.087 4) 以及  $^{13}\text{C-NMR}$  和 DEPT

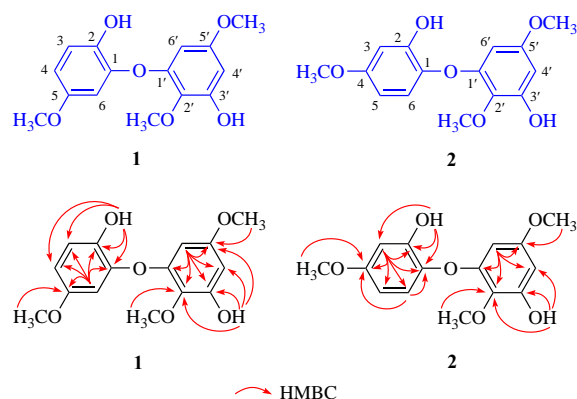
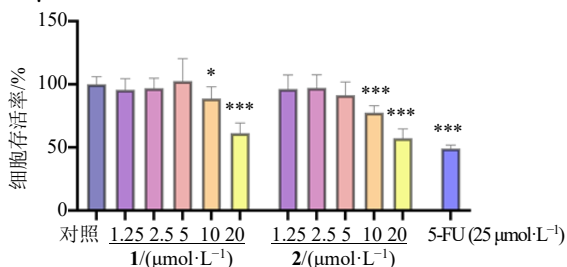


图 1 化合物 1 和 2 的化学结构以及 HMBC 相关信号  
Fig. 1 Structures of compounds 1 and 2 and their key HMBC correlations

数据确定化合物 2 的分子式为  $C_{15}H_{16}O_6$ 。与化合物 1 的一维谱图 (表 1) 相对比, 发现化合物 2 具有相同的 1,2,4-三取代 [ $\delta_H$  6.91 (1H, d,  $J = 8.5$  Hz); 6.60 (1H, d,  $J = 3.2$  Hz); 6.42 (1H, dd,  $J = 8.5, 3.2$  Hz)] 和 1,2,3,5-四取代 [ $\delta_H$  6.30 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz); 5.97 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz)] 苯环单元, 3 个甲氧基 ( $\delta_H$  3.93, 3H, s; 3.78, 3H, s; 3.66, 3H, s) 以及 2 个羟基 ( $\delta_H$  5.85, 1H, s; 5.79, 1H, s) 信号, 推测二者均属于二苯醚类化合物, 其区别主要体现在甲氧基与羟基的取代位置。根据 HMBC 谱图 (图 1), 5'-OCH<sub>3</sub> 与 C-5', 4-OCH<sub>3</sub> 与 C-4, 2'-OCH<sub>3</sub> 与 C-2', 2-OH 与 C-1/C-2/C-3, 3'-OH 与 C-2'/C-3'/C-4' 存在相关信号, 并与同类型化合物结构对比<sup>[19-20]</sup>, 最终确定了化合物 2 的结构为 2,3'-二羟基-4,2',5'-三甲氧基二苯醚 (图 1), 命名为香附二苯醚 B (cydipether B)。

#### 4 活性评价结果

通过 MTT 法对分离的化合物进行抗肿瘤细胞毒性测定。测定结果 (图 2) 显示, 对于 EC109 和 MDA-MB-231, 化合物 1 和 2 均没有表现出明显的抑制作用; 化合物 1 和 2 在 10  $\mu\text{mol/L}$  浓度下开始对 HCT116 细胞表现出一定细胞毒活性, 进一步测定其 IC<sub>50</sub> 值分别为 (24.20 $\pm$ 0.77) 和 (25.26 $\pm$ 0.65)  $\mu\text{mol/L}$ 。5-FU 对 HCT116 细胞的 IC<sub>50</sub> 值为 (22.74 $\pm$ 1.76)  $\mu\text{mol/L}$ 。



与对照组比较: \* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$  \*\*\* $P < 0.001$ 。  
\* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$  \*\*\* $P < 0.001$  vs control group.

图 2 化合物 1 和 2 对 HCT116 细胞生长的抑制作用 ( $\bar{x} \pm s, n = 4$ )

Fig. 2 Inhibitory effects of compounds 1 and 2 on cell viability in HCT116 ( $\bar{x} \pm s, n = 4$ )

#### 5 讨论

挥发油是香附的主要有效成分之一, 主要包括倍半萜类、单萜类及其他; 除此之外, 还含有黄酮、生物碱、三萜及甾醇等成分。本研究从中药香附中分离鉴定了 2 个 DPEs, 二者均为新化合物, 且该类型化合物为首次从该植物中分离得到。该结果进

一步丰富了香附中所含化学成分的结构类群。

中医理论认为, 肝郁气滞是肿瘤形成的重要病因之一。香附作为莎草科植物莎草的干燥根茎, 辛味甚烈, 香气颇浓, 皆以气用事, 专治气结为病。已有现代研究表明, 香附及其活性成分主要通过诱导肿瘤细胞凋亡与自噬、抑制肿瘤细胞增殖、血管生成、迁移和侵袭, 以及调节免疫功能等多种机制发挥抗肿瘤活性。本研究中, 化合物 1 和 2 对 HCT116 表现出一定的抗肿瘤活性 (IC<sub>50</sub> 值分别为 24.20、25.26  $\mu\text{mol/L}$ ), 为香附相关化学成分在抗肿瘤方面的活性研究提供了科学依据。

本研究成果丰富了香附的化学成分库, 并对其抗肿瘤潜力进行初步探索, 为后续香附的相关研究提供一定的参考。

志谢: 中国科学院昆明植物研究所植物化学与天然药物全国重点实验室公共仪器平台给予的帮助。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 林永水. 中国植物志 (第四十卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 278.
- [3] 王凤霞, 钱琪, 李葆林, 等. 香附化学成分和药理作用研究进展及质量标志物 (Q-Marker) 预测分析 [J]. 中草药, 2022, 53(16): 5225-5234.
- [4] 张玉萱, 李医明. 基于 UPLC-Q-Exactive Orbitrap-MS 分析香附化学成分 [J]. 中华中医药杂志, 2025, 40(6): 3111-3117.
- [5] 韩建卫, 孙延平, 杨炳友, 等. 香附的化学成分及其体外抗炎活性研究 [J]. 中南药学, 2024, 22(2): 322-328.
- [6] 付琳, 王伟明. 香附化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中医药学报, 2025, 53(8): 120-124.
- [7] 许娜, 梁媛媛, 李文兵, 等. 香附挥发油研究进展 [J]. 中成药, 2022, 44(6): 1882-1888.
- [8] 王培辰, 陈飞翔, 马双双, 等. 香附抗肿瘤作用机制研究进展 [J]. 中成药, 2025, 47(9): 3011-3020.
- [9] Wang F K, Song X, Ma S S, et al. The treatment role of *Cyperus rotundus* L. to triple-negative breast cancer cells [J]. *Biosci Rep*, 2019, 39(6): BSR20190502.
- [10] Mohamed A I, Beseni B K, Msomi N Z, et al. The antioxidant and antidiabetic potentials of polyphenolic-rich extracts of *Cyperus rotundus* (Linn.) [J]. *J Biomol Struct Dyn*, 2022, 40(22): 12075-12087.
- [11] Babiaka S B, Moumbock A F A, Günther S, et al. Natural products in *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae): An update of the chemistry and pharmacological activities [J]. *RSC*

- Adv*, 2021, 11(25): 15060-15077.
- [12] 陈元惠, 罗霄, 廖婉, 等. 基于 CiteSpace 可视化图谱分析香附的研究动态及热点 [J]. *中草药*, 2025, 56(5): 1717-1730.
- [13] 乔俊昊, 杨颜溶, 孙静洋, 等. 基于 HPLC 指纹图谱结合化学模式识别及多指标成分定量评价香附质量 [J]. *中草药*, 2024, 55(17): 5999-6008.
- [14] Dechakhamphu A, Wongchum N, Chumroenphat T, *et al.* *In vitro* and *in vivo* evaluation for antioxidant and anti-diabetic properties of *Cyperus rotundus* L. kombucha [J]. *Foods*, 2023, 12(22): 4059.
- [15] Wang Y N, Mou Y H, Dong Y, *et al.* Diphenyl ethers from a marine-derived *Aspergillus sydowii* [J]. *Mar Drugs*, 2018, 16(11): 451.
- [16] 张梦雨, 刘娇, 刘畅, 等. 穿心草全草中两个新的二苯醚类化合物 [J]. *药学学报*, 2024, 59(12): 3335-3341.
- [17] Liu B, Wang Y X, Chen N, *et al.* Diphenyl ethers: Isolation, bioactivities and biosynthesis [J]. *Mini Rev Org Chem*, 2024, 21(6): 590-598.
- [18] Hu Y L, Yue G G, Li X R, *et al.* Structurally diverse spirocyclic polycyclic polyprenylated acylphloroglucinols from *Hypericum ascyron* Linn. and their anti-tumor activity [J]. *Phytochemistry*, 2023, 212: 113727.
- [19] Yan X T, An Z, Tang D, *et al.* Hyperelatosides A–E, biphenyl ether glycosides from *Hypericum elatoides*, with neurotrophic activity [J]. *RSC Adv*, 2018, 8(47): 26646-26655.
- [20] 吴正治, 魏江春, 金星漂, 等. 一种异戊烯基间苯三酚醚类化合物及其制备方法和应用: 中国, CN119143699B [P]. 2025-05-16.

[责任编辑 王文倩]