

紫玉兰树皮中的生物碱类成分

孔令涛, 赵超越, 夏璐瑶, 贾献慧, 白著双, 唐文照*

山东第一医科大学药学院(药物研究所); 先进药物递释系统全国重点实验室; 国家卫健委生物技术药物重点实验室; 山东省罕见病重点实验室, 山东 济南 250117

摘要:目的 研究紫玉兰 *Magnolia liliflora* 树皮的生物碱类化学成分。方法 采用硅胶柱色谱、ODS 柱色谱、Sephadex LH-20 柱色谱以及制备 HPLC 等分离方法进行分离纯化, 根据波谱数据鉴定化合物结构。利用 MTT 法测试化合物对人肺癌 A549 细胞的细胞毒活性。结果 从紫玉兰树皮中分离得到 6 个生物碱类化合物, 分别鉴定为(Z)-N-(4'-(4''-formyl-1''-(hydroxymethyl)-1H-pyrrol)butyl)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)acrylamide (1)、magnolamide (2)、N-trans-feruloyltyramine (3)、dicentrinone (4)、liriodenine (5)、lysicamine (6)。其中化合物 1~3 属于有机胺类生物碱, 4~6 属于阿朴菲类生物碱。生物活性测试结果表明化合物 4~6 可明显抑制 A549 细胞增殖, 半数抑制浓度(median inhibition concentration, IC₅₀)分别为 8.17、15.33 与 11.05 $\mu\text{mol/L}$ 。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为紫玉兰碱, 化合物 5 为首次从木兰属植物中分离得到, 化合物 2、4~6 为首次从该植物中分离得到。3 个阿朴菲类生物碱(4~6)对 A549 细胞具有较强的细胞毒活性。

关键词: 紫玉兰; 有机胺生物碱; 阿朴菲生物碱; 细胞毒活性; 紫玉兰碱; liriodenine

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)20-6587-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.20.003

Alkaloids from stem barks of *Magnolia liliflora*

KONG Ling-tao, ZHAO Chao-yue, XIA Lu-yao, JIA Xian-hui, BAI Zhu-shuang, TANG Wen-zhao

School of Pharmaceutical Sciences & Institute of Materia Medica, Shandong First Medical University & Shandong Academy of Medical Sciences, National Key Laboratory of Advanced Drug Delivery System, Key Laboratory for Biotechnology Drugs of National Health Commission (Shandong Academy of Medical Sciences), Key Lab for Rare & Uncommon Diseases of Shandong Province, Jinan 250117, China

Abstract: Objective To study alkaloids from the stem barks of *Magnolia liliflora* with their cytotoxicity on lung cancer cells A549.

Methods Compounds were isolated and purified by various chromatographic techniques, including silica gel, ODS, Sephadex LH-20 and preparative HPLC. Their structures were elucidated via spectroscopic data analysis. Cytotoxicity on lung cancer cells A549 was evaluated by MTT experiment. **Results** Three organic amine alkaloids (1—3) and three apophenoid alkaloids (4—6) were isolated. They were identified as magnolilamide (1), magnolamide (2), N-trans-feruloyltyramine (3), dicentrinone (4), liriodenine (5) and lysicamine (6). Bioactive results showed that compounds 4, 5 and 6 had good inhibitory activity on A549 cell line with IC₅₀ values of 8.17, 15.33 and 11.05 $\mu\text{mol/L}$. **Conclusion** Compound 1 is a new compound and named magnolilamide, compound 5 is isolated from the genus of *Magnolia* for the first time, and compounds 2, 4, 5 and 6 are firstly obtained from this plant. Three aporphine alkaloids (4—6) have strong cytotoxicity on the proliferation of A549 cells.

Key words: *Magnolia liliflora* Desr.; organic amine alkaloids; aporphine alkaloids; cytotoxicity; magnolilamide; liriodenine

紫玉兰 *Magnolia liliflora* Desr. 为木兰科木兰属 *Magnolia* Linn. 植物, 落叶灌木, 产于福建、湖北、四川、云南等省份, 现已被作为观赏花卉树种或行道树广泛引种。紫玉兰的树皮、叶、花蕾均可

入药, 其花蕾民间用于治疗鼻塞、风寒头痛等症, 在多地当作中草药辛夷使用^[1]。目前紫玉兰化学成分的研究主要集中在花蕾和叶部位, 发现了多种木脂素类以及挥发油成分^[2-3], 但是, 对该植物树皮中

收稿日期: 2023-07-21

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(21907059); 山东第一医科大学学术提升计划(2019LJ003)

作者简介: 孔令涛(1998—), 男, 硕士研究生, 从事天然药物化学研究。E-mail: 3107575997@qq.com

*通信作者: 唐文照(1973—), 男, 教授, 研究生导师, 从事天然活性成分研究与中药质量标准研究。E-mail: twzsd@sina.com

的化学成分研究未见报道。本实验对紫玉兰树皮部位的化学成分进行系统研究,运用多种色谱分离手段,从紫玉兰树皮的 95%乙醇和酸水提取物中首次分离得到 6 个生物碱类成分,分别鉴定为 (*Z*)-*N*-(4'-(4''-formyl-1''-(hydroxymethyl)-1*H*-pyrrol) butyl)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)acrylamide (**1**)、magnolamide (**2**)、*N*-*trans*-feruloyltyramine (**3**)、dicentrinone (**4**)、liriodenine (**5**)、lysicamine (**6**),包括 3 个有机胺类生物碱(**1**~**3**)和 3 个阿朴菲类生物碱(**4**~**6**),其中化合物 **1** 为新化合物(图 1),命名为紫玉兰碱;化合物 **5** 为首次从木兰属植物中分离得到,化合物 **2**、**4**~**6** 为首次从该植物中分离得到。采用 MTT 法测定 6 个化合物对人肺癌 A549 细胞的细胞毒活性,结果显示 3 个阿朴菲类生物碱抑制 A549 细胞增殖的活性较好,半数抑制浓度(median inhibition concentration, IC₅₀)值分别为 8.17、15.33 与 11.05 μmol/L。

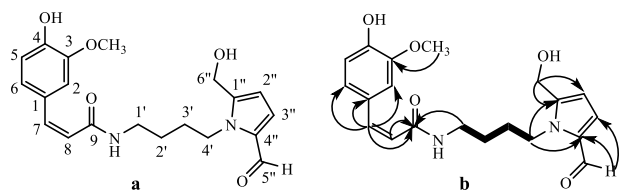


图 1 化合物 **1** 的结构 (a) 及其关键性的 HMBC (b, 曲线) 与 ¹H-¹H COSY (b, 粗线)

Fig. 1 Structure (a) and key HMBC (b, curve) and ¹H-¹H COSY (b, bold line) of compound **1**

1 仪器与材料

Bruker Avance 800 MHz (Bruker 公司, 瑞士); SCIEX AB X500R 型液-质联用仪; Thermo ultimate 3000 分析型高效液相色谱仪, 色谱柱为 (250 mm×4.6 mm, 5 μm, GLScience); SPD-20A 制备型高效液相色谱仪 (日本岛津公司), 色谱柱为 (250 mm×4.6 mm, 5 μm, GLScience); 柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂, 200~300 目); GF₂₅₄ 薄层色谱硅胶板 (临沂市海洋化工厂); Sephadex LH-20 (Amersham Biosciences 公司, 瑞典); ODS 柱色谱填料 (50~75 μm, YMC 公司) 色谱级甲醇 (美国天地有限公司); 分析级甲醇 (天津市永大化学试剂有限公司)。

紫玉兰 *M. liliflora* Desr. 树皮于 2021 年 10 月采自山东临沂, 药材经由山东中医药大学辛义周主任药师进行鉴定, 标本 (20211003m) 存放在山东第一医科大学药学院药材标本室。

2 提取与分离

紫玉兰树皮 13 kg, 干燥, 粉碎后用 95%乙醇冷浸提取 3 次, 每次 3 d, 合并提取液, 减压蒸馏, 除去有机溶剂, 将提取物分散于水中, 再用二氯甲烷萃取。二氯甲烷部位回收溶剂后得二氯甲烷部位 (35.7 g)。将 95%乙醇提取完的药渣浸泡于 1% (30 L) 的盐酸溶液中, 浸泡 48 h 后将酸水提取液调节 pH=10, 再用二氯甲烷萃取, 合并二氯甲烷提取液, 减压回收溶剂后得酸水部位 (18.0 g)。

二氯甲烷部位 (35.7 g) 进行硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (100:0→7:3) 梯度洗脱, 经薄层色谱分析, 合并相同组分得 Fr. 1~5。Fr. 5 (19.6 g) 经 ODS 柱色谱, 以甲醇-水 50%~100%梯度洗脱, 得 Fr. 5.1~5.8。Fr. 5.5 (201 mg) 经硅胶柱色谱, 以石油醚-醋酸乙酯 (8:2→1:1) 梯度洗脱得 Fr. 5.5.1~5.5.6。Fr. 5.5.3 经 HPLC 制备 (甲醇-水 52:48), 得到化合物 **1** (15.14 mg, *t_R*=23 min) 和 **2** (120.7 mg, *t_R*=40 min)。Fr. 5.5.4 经 HPLC 制备 (甲醇-水 53:47), 得到化合物 **3** (38.02 mg, *t_R*=35 min)。

酸水部位用硅胶 (200~300 目) 拌样进行硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (100:0→6:4) 梯度洗脱, 经薄层色谱分析, 合并相同组分, 得 Fr. 1~5。Fr. 4 (423 mg) 经硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (50:1) 洗脱, 再经 ODS 柱色谱, 以甲醇-水 40%~100%梯度洗脱, 得化合物 **6** (8.0 mg)。剩下的部分用甲醇溶解, 经 HPLC 制备 (甲醇-水 60:40), 得化合物 **4** (6.1 mg, *t_R*=35 min)。Fr. 5 (1 g) 经硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (100:0→30:1) 梯度洗脱, 经 TLC 检测合并相同部分, 得 Fr. 5.1~5.9。Fr. 5.9 经反复硅胶柱色谱, 以环己烷-醋酸乙酯 (8:2) 洗脱, 甲醇溶解后经 HPLC 制备 (甲醇-水 70:30), 得到化合物 **5** (10 mg, *t_R*=25 min)。

3 活性测试

采用 MTT 法对分离得到的化合物进行抑制肺癌细胞增殖的活性评价, 以顺铂为阳性对照药, 取 A549 指数生长期细胞经洗涤后, 用 0.25%胰蛋白酶消化后计数, 调整细胞数为 1×10⁵/mL, 将细胞接种于 96 孔板中, 每孔 1×10⁴ 个, 置 37 ℃、CO₂ 培养箱内培养过夜。培养 24 h 后弃去原培养液, 加入含有不同浓度样品的培养基, 样品依次用 DMEM 完全培养基稀释, 每个浓度设 3 个复孔。空白对照组加入与给药组相对应浓度 DMSO 的完全培养基, 用顺铂作为阳性对照组。在 37 ℃、CO₂ 培养箱内

培养 48 h 后, 向每孔加入 MTT 储备液 (质量浓度为 0.5 mg/mL), 37 °C 继续孵育 3~4 h, 倾去孔内的液体并向每孔加入 150 μ L DMSO, 避光于温室下充分振荡, 使蓝紫色甲瓚结晶溶解, 10 min 内用全自动酶标仪检测 570 nm 处各孔的吸光度 (A) 值, 以对照组为参考, 计算不同浓度药物的抑制率, 并计算 IC₅₀。

$$\text{抑制率} = 1 - A_{\text{给药}} / A_{\text{对照}}$$

4 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色油状物, UV $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$ (nm): 296 (4.76)。根据 HRESIMS m/z : 373.177 6 $[M+H]^+$, 395.147 0 $[M+Na]^+$ 和 767.335 3 $[2M+Na]^+$ 分子离子峰信息和 ^{13}C -NMR 数据推测其分子式为 C₂₀H₂₄N₂O₅, 不饱和度为 8。该化合物的 ^{13}C -NMR (表 1) 给出 20 个碳信号, 在低场区显示有 2 个羰基碳信号 δ_{C} 179.2 (C-5''), 167.8 (C-9), 其中 1 个为醛基信号 (δ_{C} 179.4, δ_{H} 9.42)。结合 ^1H -NMR (表 1) 与 HMQC, 其余的碳信号分别归类为 12 个不饱和碳, 4 个亚甲基碳 δ_{C} 38.2 (C-1'), 26.2 (C-2'), 28.0 (C-3'), 45.5 (C-4'), 1 个甲氧基碳 δ_{C} 55.9 (C-OMe) 与 1 个羟甲基碳信号 δ_{C} 56.2 (C-6'')。在 ^1H -NMR 中, 3 个芳香氢信号 δ_{H} 7.26 (1H, d, J = 1.6 Hz, H-2), 6.81 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-5), 6.92 (1H, dd, J = 8.2,

1.6 Hz, H-6) 显示出 1 个 1,3,4-三取代苯环的结构, 它与 1 个环外双键相连 (δ_{C} 137.1, 122.3), 该双键又与 1 个羰基碳相连 (δ_{C} 167.8), 再与 1 个羟基和 1 个甲氧基 δ_{C} 55.9 (C-OMe) 构成 1 个阿魏酰基结构片段, HMBC 证明了这个结构片段的推断, 该结构片段具有 5 个不饱和度。此外, 环外双键的 2 个氢信号之间的偶合常数 J = 12.6 Hz, 显示为顺式构型 (图 2)。结合 ^1H -NMR 和 HMBC, 其余的 4 个不饱和碳 (δ_{C} 141.7, 132.2, 124.7, 110.4) 与 1 个氮原子组成 1 个吡咯环结构片段 (3 个不饱和度), 而醛基与羟甲基分别连在吡咯环上 (图 1)。 ^1H - ^1H COSY 显示剩余的 4 个亚甲基连成 1 个 -CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-结构片段, HMBC 显示它一端与吡咯环的氮原子相连, 另一端与另外 1 个氮原子相连, 然后再与阿魏酰基的羰基组成 1 个酰胺结构 (图 1), 化合物 **1** 的结构确定为 (*Z*)-*N*-(4'-(4''-formyl-1''-(hydroxymethyl)-1*H*-pyrrol)butyl)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)acrylamide。经文献检索, 化合物 **1** 的波谱数据 (表 1) 以及结构与 magnolamide (**2**) 的非常相似^[4], 但 magnolamide 结构中的阿魏酰基为反式构型 ($J_{\text{H-7,8}}$ = 15.7 Hz), 二者互为顺反异构体。化合物 **1** 为 1 个新化合物, 命名为紫玉兰碱 (magnolilamide)。

表 1 化合物 **1** 与 **2** 的 ^1H -和 ^{13}C -NMR 数据 (800/200 MHz, CDCl₃)

Table 1 ^1H - and ^{13}C -NMR data of compounds **1** and **2** (800/200 MHz, CDCl₃)

碳位	1		2	
	δ_{H}	δ_{C}	δ_{H}	δ_{C}
1		127.2		128.0
2	7.26 (1H, d, J = 1.6 Hz)	111.7	7.12 (1H, d, J = 2.0 Hz)	111.2
3		146.2		149.1
4		146.8		149.7
5	6.81 (1H, d, J = 8.2 Hz)	114.3	6.80 (1H, d, J = 8.2 Hz)	116.2
6	6.92 (1H, dd, J = 8.2, 1.6 Hz)	123.4	7.03 (1H, dd, J = 8.2, 2.0 Hz)	123.0
7	6.64 (1H, d, J = 12.6 Hz)	137.1	7.43 (1H, d, J = 15.7 Hz)	141.8
8	5.84 (1H, d, J = 12.6 Hz)	122.3	6.42 (1H, d, J = 15.7 Hz)	118.5
9		167.8		168.9
1'	3.28 (2H, q, J = 6.6 Hz)	38.2	3.30 (2H, t, J = 7.2 Hz)	39.8
2'	1.53 (2H, m)	26.2	1.58 (2H, m)	27.5
3'	1.68 (2H, m)	28.0	1.81 (2H, m)	29.6
4'	4.24 (2H, t, J = 7.9 Hz)	45.5	4.63 (2H, t, J = 7.2 Hz)	46.1
1''		141.7		144.3
2''	6.19 (1H, d, J = 4.0 Hz)	110.4	6.26 (1H, d, J = 3.8 Hz)	111.3
3''	6.86 (1H, d, J = 4.0 Hz)	124.7	6.98 (1H, d, J = 3.8 Hz)	126.3
4''		132.2		133.3
5''	9.42 (1H, s)	179.2	9.41 (1H, s)	180.7
6''	4.60 (2H, brs)	56.2	4.61 (2H, s)	56.3
-OMe	3.84 (3H, s)	55.9	3.85 (3H, s)	56.1

化合物 **2**: 淡黄色油状液体, 分子式 $C_{20}H_{24}N_2O_5$, HRESIMS m/z : 373.143 0 $[M+H]^+$, 1H - 与 ^{13}C -NMR 数据见表 1。以上数据与文献报道一致^[4], 故鉴定化合物 **2** 为 magnolamide。

化合物 **3**: 淡黄色油状液体, HRESIMS m/z : 373.143 0 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (800 MHz, CD_3OD) δ : 6.55 (1H, s, H-2), 6.24 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.46 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6), 6.89 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7), 5.86 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8), 4.39 (3H, s, 3-OCH₃), 6.17 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 6.50 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 2.20 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-7'), 2.92 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'); ^{13}C -NMR (200 MHz, CD_3OD) δ : 128.2 (C-1), 111.5 (C-2), 149.3 (C-3), 150.0 (C-4), 116.5 (C-5), 123.3 (C-6), 142.1 (C-7), 118.7 (C-8), 169.2 (C-9), 131.3 (C-1'), 130.8 (C-2', 6'), 116.3 (C-3', 5'), 156.9 (C-4'), 35.8 (C-7'), 42.6 (C-8'), 56.4 (3-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **3** 为 *N-trans-feruloyltyramine*。

化合物 **4**: 橙色针状结晶 (甲醇), HRESIMS m/z : 276.052 0 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (800 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 7.21 (1H, s, H-3), 8.06 (1H, d, $J = 5.1$ Hz, H-4), 8.82 (1H, d, $J = 5.1$ Hz, H-5), 8.57 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-8), 7.66 (1H, t, $J = 7.7$ Hz, H-9), 7.75 (1H, t, $J = 8.1$ Hz, H-10), 8.66 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-11), 6.32 (2H, s, -OCH₂O-); ^{13}C -NMR (200 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 148.3 (C-1), 151.5 (C-2), 103.0 (C-3), 124.4 (C-4), 145.0 (C-5), 182.3 (C-7), 128.3 (C-8), 128.8 (C-9), 133.9 (C-10), 126.7 (C-11), 108.2 (C-1a), 145.6 (C-3a), 122.3 (C-1b), 136.0 (C-6a), 131.3 (C-7a), 132.8 (C-11a), 103.1 (-OCH₂O-)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **4** 为 dicentrinone。

化合物 **5**: 橙色针状结晶 (甲醇), 分子式 $C_{19}H_{13}NO_5$, HRESIMS m/z : 336.082 6 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (800 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 7.54 (1H, s, H-3), 7.71 (1H, d, $J = 5.1$ Hz, H-4), 8.81 (1H, d, $J = 5.1$ Hz, H-5), 7.81 (1H, s, H-8), 8.14 (1H, s, H-11), 6.36 (2H, s, -OCH₂O-), 4.01 (3H, s, 9-OCH₃), 3.97 (3H, s, 10-OCH₃); ^{13}C -NMR (200 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 147.3 (C-2), 102.8 (C-3), 124.4 (C-4), 144.9 (C-5), 180.9 (C-7), 108.6 (C-8), 148.8 (C-9), 153.6 (C-10), 109.3 (C-11), 108.2 (C-1a), 135.8 (C-3a), 122.9 (C-1b), 145.5 (C-6a), 127.6 (C-7a), 125.6 (C-11a), 102.4 (-OCH₂O-), 56.1 (9-OCH₃), 56.3 (10-OCH₃)。以上数

据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **5** 为 liriodenine。

化合物 **6**: 绿色针状结晶 (甲醇), 分子式: $C_{18}H_{13}NO_3$, HRESIMS m/z : 292.082 2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (800 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 7.66 (1H, s, H-3), 8.12 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-4), 8.87 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-5), 8.48 (1H, dd, $J = 8.4, 1.2$ Hz, H-8), 7.65 (1H, t, $J = 8.4, 1.2$ Hz, H-9), 7.89 (1H, t, $J = 8.4, 1.2$ Hz, H-10), 9.15 (1H, dd, $J = 8.4, 1.2$ Hz, H-11), 4.11 (3H, s, 1-OCH₃), 4.04 (3H, s, 2-OCH₃); ^{13}C -NMR (200 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 145.2 (C-1), 157.8 (C-2), 108.4 (C-3), 125.6 (C-4), 145.0 (C-5), 182.2 (C-7), 128.8 (C-8), 129.6 (C-9), 135.3 (C-10), 129.6 (C-11), 157.6 (C-3a), 155.3 (C-6a), 123.0 (C-6b), 132.6 (C-7a), 135.5 (C-11a), 118.7 (C-11b), 61.1 (1-OCH₃), 57.0 (2-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **6** 为 lysicamine。

5 细胞毒活性

对活性数据进行分析, 结果显示化合物 **4~6** 对 A549 细胞的增殖具有明显的抑制活性, IC_{50} 值分别为 8.17、15.33 与 11.05 $\mu\text{mol/L}$, 活性稍弱于阳性对照药顺铂 (IC_{50} 为 6.05 $\mu\text{mol/L}$), 其余化合物 (**1~3**) 没有抑制 A549 细胞增殖的活性 ($IC_{50} > 50 \mu\text{mol/L}$)。

6 讨论

本研究采用多种色谱方法从紫玉兰树皮中分离得到 6 个生物碱类成分, 包括 3 个有机胺类生物碱和 3 个阿朴菲类生物碱, 其中化合物 **1** 为新化合物, 除化合物 **3** 外, 其余化合物都是首次从紫玉兰中分离得到, 丰富了该植物中化学成分的结构类型。通过活性筛选, 发现其代谢产生的阿朴菲类生物碱具有显著的细胞毒活性, 为进一步研究紫玉兰的药效物质, 促进该植物资源的综合利用提供了科研基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 江苏省植物研究所. 新华本草纲要 (第一册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 58.
- [2] 刘婷婷, 武海波, 王文蜀, 等. 畚药紫玉兰花蕾化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(11): 1397-1399.
- [3] 丁林芬, 刘佳, 宋京凤, 等. 紫玉兰叶中木脂素类成分及抗炎活性研究 [J]. 中草药, 2022, 53(13): 3912-3919.
- [4] Yu H J, Chen C C, Shieh B J. Two new constituents from the leaves of *Magnolia coco* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(8): 1017-1019.

- [5] Othman A, Sayed A M, Amen Y, *et al.* Possible neuroprotective effects of amide alkaloids from *Bassia indica* and *Agathophora alopecuroides*: *In vitro* and *in silico* investigations [J]. *RSC Adv*, 2022, 12(29): 18746-18758.
- [6] Guo Z F, Wang X B, Luo J G, *et al.* A novel aporphine alkaloid from *Magnolia officinalis* [J]. *Fitoterapia*, 2011, 82(4): 637-641.
- [7] Barbosa H, da Silva R L C G, Costa-Silva T A, *et al.* Interaction of dicentrinone, an antitrypanosomal aporphine alkaloid isolated from *Ocotea puberula* (Lauraceae), in cell membrane models at the air-water interface [J]. *Bioorg Chem*, 2020, 101: 103978.
- [8] Malebo H M, Wenzler T, Cal M. *et al.* Anti-protozoal activity of aporphine and protoberberine alkaloids from *Annickia kummeriae* (Engl. & Diels) Setten & Maas (Annonaceae) [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2013, 13: 48.

[责任编辑 王文倩]

• 公益广告 •

