黑风藤中一个新的降桉叶烷型倍半萜

贾瑶瑶[1], 冯 好[1], 刘 艺[1], 岳晓峰[1], 郭鑫鑫[1], 支燕乐[2], 冯卫生[1], 胡春月[1*], 薛金凤[1*], 薛贵民[1,3*]

(1. 河南中医药大学药学院, 河南 郑州 450046; 2. 河南中医药大学中医药科学院, 河南 郑州 450046; 3. 豫药全产业链研发河南省协同创新中心, 河南 郑州 450046)

摘要: 运用硅胶、MCI、ODS和Sephadex LH-20等柱色谱以及制备型HPLC等各种现代分离技术, 从黑风藤(*Fissistigma polyanthum*)中分离纯化得到12个化合物。利用波谱学方法确定化合物结构, 分别为fissistigmaoid A (**1**)、(10*S*)-11-hydroxy-*β*-cyperone (**2**)、11-hydroxy-8-oxo-*β*-cyperone (**3**)、(4*S*,5*E*,10*R*)-7-oxo-tri-*nor*-eudesm-5-en-4*β*-ol (**4**)、oxyphyllanene B (**5**)、teuhetone (**6**)、teuhetenone A (**7**)、*trans*-4,5-dihydroxycorocalane (**8**)、4-hydroxy-4,7-dimethyl-1-tetralone (**9**)、epicatechin (**10**)、dihydroquercetin (**11**)、piperolactam C (**12**)。其中化合物**1**是一个新的降桉叶烷型倍半萜, 化合物**1**～**9**为首次从黑风藤中分离得到。化合物**8**和**12**在LPS诱导的RAW 264.7小鼠巨噬细胞炎症模型上显示NO抑制活性, 其IC_{50}值分别为30.5 ± 1.5、10.5 ± 1.0 μmol·L^{-1}。

关键词: 黑风藤; 化学成分; 倍半萜; 结构鉴定; 抗炎活性

中图分类号: R284 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-4870(2025)09-2858-05

A new *nor*-eudesmane-type sesquiterpene from *Fissistigma polyanthum*

JIA Yao-yao[1], FENG Hao[1], LIU Yi[1], YUE Xiao-feng[1], GUO Xin-xin[1], ZHI Yan-le[2], FENG Wei-sheng[1], HU Chun-yue[1*], XUE Jin-feng[1*], XUE Gui-min[1,3*]

(*1. College of Medicine, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China; 2. Academy of Chinese Medical Sciences, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China; 3. Collaborative Innovation Center of Research and Development on the Whole Industry Chain of Yuyao, Zhengzhou 450046, China*)

Abstract: Twelve compounds were isolated and purified from *Fissistigma polyanthum* by using various modern separation techniques such as silica gel, MCI, ODS, and Sephadex LH-20 column chromatography, as well as preparative HPLC. The structures of these compounds were determined by spectroscopic methods and identified as fissistigmaoid A (**1**), (10*S*)-11-hydroxy-*β*-cyperone (**2**), 11-hydroxy-8-oxo-*β*-cyperone (**3**), (4*S*,5*E*,10*R*)-7-oxo-tri-*nor*-eudesm-5-en-4*β*-ol (**4**), oxyphyllanene B (**5**), teuhetone (**6**), teuhetenone A (**7**), *trans*-4,5-dihydroxycorocalane (**8**), 4-hydroxy-4, 7-dimethyl-1-tetralone (**9**), epicatechin (**10**), dihydroquercetin (**11**), and piperolactam C (**12**). Among them, compound **1** is a new *nor*-eudesmane-type sesquiterpene, while compounds **1**−**9** were isolated from *F. polyanthum* for the first time. Compounds **8** and **12** exhibited NO inhibitory activity in an LPS-induced RAW 264.7 murine macrophage inflammation model, with IC_{50} values of 30.5 ± 1.5 and 10.5 ± 1.0 μmol·L^{-1} respectively.

Key words: *Fissistigma polyanthum*; chemical constituent; sesquiterpenoid; structural identification; anti-inflammatory activity

收稿日期: 2025-04-25; 修回日期: 2025-06-21.

基金项目: 河南省优秀青年基金 (252300421137); 河南省科学技术研究发展计划联合基金项目 (242301420109); 河南大学科技创新团队计划 (24IRTSTHN039); 河南省科技攻关项目 (242102310520); 河南省高校重点科研项目 (25A360024); 大学生创新创业训练计划项目 (202410471008).

*通讯作者 E-mail: xueguimin123@126.com; 1101470045@126.com; 13633810506@163.com

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2025-0482

黑风藤是番荔枝科瓜馥木属常绿攀援灌木, 主要生长在越南、缅甸、印度和中国南方[1]。根和茎可入药, 民间主要用于治疗跌打损伤、风湿性关节炎等[1]。以前的工作在黑风藤中发现一系列生物碱和呋喃酮等[2]。为进一步研究黑风藤的化学成分和生物活性, 本课题对其进行分离鉴定, 从中得到9个倍半萜、2个黄酮以及1个生物碱, 包括一个新的降桉叶烷型倍半萜, 结构见图1。

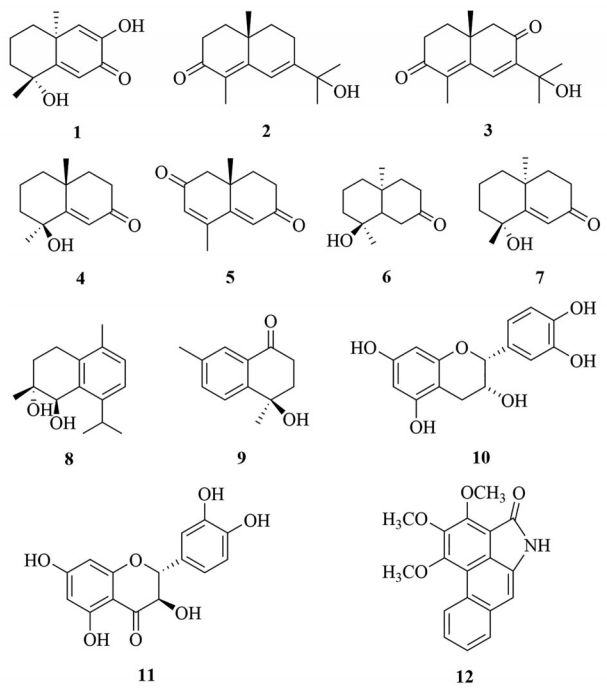


Figure 1 Chemical structures of compounds **1**−**12**

结果与讨论

1 化合物1结构鉴定

无色油状; HR-ESI-MS图谱显示其存在一个$[M+Na]^+$的准分子离子峰为*m*/*z* 231.098 4 (calcd. for $C_{12}H_{16}O_3Na^+$ 231.098 8), 确定其分子式为$C_{12}H_{16}O_3$, 不饱和度为5。化合物**1**的^{1}H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz)谱 (表1) 中可以看到其存在两个甲基特征峰 [δ_H 1.52 (6H, s, Me-11, Me-12)], 两个环内双键氢信号 [δ_H 6.42 (1H, s)和6.04 (1H, s)]。化合物**1**的^{13}C NMR ($CDCl_3$, 125 MHz) 谱 (表1) 和HSQC谱显示其含有12个碳信号, 包括一个羰基碳信号 [δ_C 183.3 (C-7)], 四个烯碳信号 [δ_C 169.6 (C-5), 145.1 (C-8), 129.4 (C-9) 和121.7 (C-6)], 两个甲基碳信号 [δ_C 29.5 (C-11), 26.1 (C-12)], 三个亚甲基碳信号 [δ_C 41.6 (C-3), 39.6 (C-1), 17.3 (C-2)] 和两个季碳信号 [δ_C 72.6 (C-4), 42.3 (C-10)]。根据该属植物已报道的化学成分, 提示化合物**1**为一个降倍半萜[3]。

HMBC图谱显示, H-1与C-2/C-3/C-5/C-9相关, H-2与C-1/C-4/C-10相关, H-3与C-1/C-2/C-4/C-5/C-12相关, H-6与C-4/C-5/C-7/C-8/C-10相关, H-9与C-1/C-5/C-7/C-8//C-10相关, H-11与C-1/C-9/C-10相关, H-12与C-3/C-4/C-5相关 (图2)。^{1}H-^{1}H COSY图谱显示, H-2a [δ_H 2.12 (1H, qt, *J* = 13.8, 3.8 Hz)] 和H-2b [δ_H 1.60 (1H, m)] 与H-1a [δ_H 1.89 (1H, dq, *J* = 13.0, 3.0 Hz)]/1b [δ_H 1.40 (1H, m)]/3a [δ_H 2.00 (1H, dd, *J* = 13.8, 3.0 Hz)]/3b [δ_H 1.36 (1H, m)] 存在相关, 表明该化合物含有三个亚甲基相连的耦合片段。以上信号说明化合物**1**为降3个碳的桉叶烷型倍半萜结构[4]。HMBC图谱显示, H-12/H-2/H-3/H-6均与C-4位存在相关, 且C-4是化学位移为δ_C 72.6的季碳, 表明C-4位连有甲基和羟基; 烯氢质子H-9与烯碳C-8以及羰基碳C-7相关, 烯氢质子H-6与烯碳C-5及羰基碳C-7相关, 表明存在两个双键与羰基形成的*α*,*β*-不饱和酮结构片段。另外, C-8向低处位移至δ_C 145.1, 表明该位置连接有羟基。综上确定化合物**1**的平面构型如图2所示。

Table 1 ^{1}H (500 MHz) and ^{13}C NMR (125 MHz) data of compound **1** in $CDCl_3$

No.	δ_H (*J* in Hz)	δ_C
1	1.89, dq (13.0, 3.0)	39.6
	1.40, m	
2	2.12, qt (13.8, 3.8)	17.3
	1.60, m	
3	2.00, dd (13.8, 3.0)	41.6
	1.36, m	
4		72.6
5		169.6
6	6.42, s	121.7
7		183.3
8		145.1
9	6.04, s	129.4
10		42.3
11	1.52, s	29.5
12	1.52, s	26.1

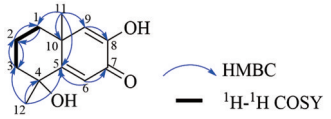


Figure 2 Key HMBC and ^{1}H-^{1}H COSY correlations of compound **1**

通过DP4+概率分析证实, C_4和C_{10}连接的两个甲基位于分子骨架两侧的概率为100%, 即为*α*,*β*或*β*,*α*构型。同时, 通过在B3LYP/6-311+G(d,2p)水平上, 比较化合物**1**的实验ECD光谱与含时密度泛函 (TDDFT)理论计算预测的光谱, 结果显示实验ECD光谱与构型为4*R*,10*S*的计算ECD光谱非常一致 (图3)。因此, 最终确定化合物**1**的绝对构型为4*R*,10*S*, 是一个新的降桉叶烷型倍半萜, 并命名为fissistigmaoid A。

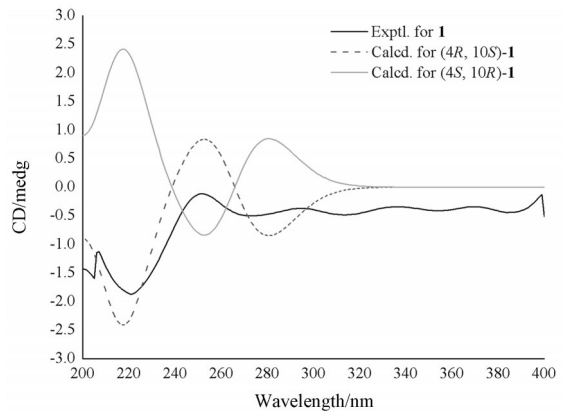


Figure 3 Experimental and calculated ECD spectra of compound **1**

2 NO抑制活性实验

采用LPS诱导小鼠巨噬细胞RAW 264.7炎症模型, 评价了分离得到的12个化合物的抑制NO生成活性, 以*L*-单甲基精氨酸 (N^G-monomethyl-*L*-arginine, *L*-NMMA) 为阳性对照药。实验结果显示, 在50 μmol·L^{-1}浓度下, 化合物**1**～**7**、**9**～**11**未显示明显活性, 但化合物**8**、**12**具有NO抑制活性, 并对二者进一步进行活性测试, 根据在6、12、25、50 μmol·L^{-1}四个浓度下细胞的NO抑制率计算得到其半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC_{50}) 值, 结果显示化合物**8**和**12**具有潜在NO抑制作用, 其IC_{50}值分别为30.5 ± 1.5、10.5 ± 1.0 μmol·L^{-1}, 阳性对照组的IC_{50}值为24.5 ± 2.1 μmol·L^{-1} (n = 3, $\bar{x} \pm s$)。

实验部分

Bruker DRX-500型超导核磁共振仪 (以TMS作内标, 德国Bruker公司); Agilent 1260 Infinity II型高效液相色谱仪 (美国安捷伦科技公司); TripleTOF 6600型高效液相色谱−高分辨质谱联用仪 (美国AB SCIEX公司); 赛普瑞斯LC50型高压制备液相色谱仪 (赛普瑞斯北京科技有限公司); YMC-Pack ODS-A色谱柱 (日本YMC有限公司); MCI GEL (日本三菱化学株式会社); 硅胶 (200～300目, 青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20凝胶 (40～70 μm, 瑞典乌普萨拉Amersham Pharmacia Biotech AB公司); 小鼠巨噬细胞RAW 264.7 (中国科学院上海生命科学研究院细胞资源中心); 分析纯和色谱纯试剂 (天津市富宇精细化工有限公司); DMSO-d_6 (上海泰坦科技股份有限公司); LPS (北京索莱宝科技有限公司, 818E035); N^G-甲基-*L*-精氨酸乙酸盐 (*L*-NMMA, S0011) 和Griess试剂 (S0021S), 碧云天生物技术有限公司; 胎牛血清 (美国Hyclone公司, SH30406.05); DMEM培养基 (美国Gibco公司, 812557); 显色剂: 10%硫酸乙醇。

药材于2022年10月采摘于广东省肇庆市德庆县, 经河南中医药大学杨琳琳博士鉴定为瓜馥木属黑风藤 (*Fissistigma polyanthum*) 的根部位, 标本 (No.202210) 存放于河南中医药大学天然产物实验室BS630。

1 提取分离

将黑风藤 (12.0 kg) 用95%乙醇加热回流提取3 h, 重复3次, 合并提取液并浓缩, 得总浸膏 (1.2 kg)。用水将总浸膏分散均匀, 依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 得到5个部位Fr.1～Fr.5。将Fr.3部位 (30.9 g) 与相同质量的聚酰胺拌匀, 装载于MCI柱色谱上, 采用甲醇−水系统梯度10%、30%、60%、80%、100%洗脱, 得五个部位Fr.3.1～Fr.3.5。将Fr.3.2 (8.9 g) 进行硅胶柱层析, 采用二氯−甲醇系统梯度50∶1、30∶1、20∶1、10∶1、5∶1、0∶1洗脱, 得21个组分Fr.3.2.1～Fr.3.2.21。选取Fr.3.2.3进行制备 (乙腈−水, 5%→50%, 0→50 min, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**10** (t_R = 24.3 min, 292.7 mg), 化合物**11** (t_R = 33.5 min, 9.2 mg)。将Fr.2 (180.0 g) 进行硅胶柱层析, 采用石油醚−乙酸乙酯系统梯度5∶1、2∶1-I、2∶1-II、1∶1、0∶1洗脱, 得6个组分Fr.2.1～Fr.2.6。将Fr.2.2 (13.5 g) 过凝胶, 采用甲醇−二氯甲烷 (1∶1) 系统洗脱, 得3个组分Fr.2.2.1～Fr.2.2.3。将Fr.2.2.3 (3.9 g) 过ODS, 采用甲醇−水系统梯度洗脱, 共得44个组分。选取Fr.2.2.3.31进行制备 (乙腈−水, 52%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**12** (t_R = 46.1 min, 16.7 mg)。选取Fr.2.2.3.10进行制备 (乙腈−水, 35%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**4** (t_R = 18.8 min, 136.4 mg), 化合物**9** (t_R = 17.2 min, 16.4 mg)。选取Fr.2.2.3.21进行制备 (乙腈−水, 37%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**2** (t_R = 40.4 min, 30.8 mg)。选取Fr.2.2.3.8进行制备 (乙腈−水, 32%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**1** (t_R = 11.4 min, 3.4 mg), 化合物**5** (t_R = 14.9 min, 11.7 mg)。将Fr.2.3部位 (11.7 g) 过凝胶, 采用甲醇系统洗脱, 得4个组分Fr.2.3.1～Fr.2.3.4。将Fr.2.3.2 (7.5 g) 过ODS, 采用甲醇−水系统梯度洗脱, 共得64个组分。选取Fr.2.3.2.18进行制备 (乙腈−水, 35%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**3** (t_R = 19.6 min, 11.9 mg), 化合物**8** (t_R = 30.8 min, 3.3 mg)。选取Fr.2.3.2.1进行制备 (甲醇−水, 50%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**7** (t_R = 23.2 min, 2.3 mg)。选取Fr.2.3.2.10进行制备 (甲醇−水, 30%等度, 流速3 mL·min^{-1}), 得化合物**6** (t_R = 10.0 min, 3.6 mg)。

2 波谱数据

化合物**1**, 无色油状; HR-ESI-MS *m*/*z* 231.098 4 $[M+Na]^+$ (calcd. 231.098 8); ECD (MeOH) λ_{max} ($\Delta\varepsilon$) 217

(−2.41), 253 (+0.84), 281 (−0.85) nm; $[\alpha]_D^{25}$ +17.524 (*c* 0.024, MeOH); UV (MeOH) λ_{max} 211, 248 nm; IR (MeOH) ν_{max}/cm^{-1} 3 415, 2 931, 2 854, 1 636, 1 461, 1 428, 1 378, 1 303, 1 231, 1 146, 966, 899; ^{1}H NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 和 ^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$) 见表1。

化合物**2**, 无色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 235 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{15}H_{22}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[5]对比, 确定化合物**2**为(10*S*)-11-hydroxy-*β*-cyperone。

化合物**3**, 浅黄色晶体, HR-ESI-MS *m*/*z* 271 [M+Na]$^+$, 分子式为$C_{15}H_{20}O_3$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[6]对比, 确定化合物**3**为11-hydroxy-8-oxo-*β*-cyperone。

化合物**4**, 无色晶体, HR-ESI-MS *m*/*z* 195 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{12}H_{18}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[6]对比, 确定化合物**4**为(4*S*,5*E*,10*R*)-7-oxo-tri-*nor*-eudesm-5-en-4*β*-ol。

化合物**5**, 黄色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 191 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{12}H_{14}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[7]对比, 确定化合物**5**为oxyphyllanene B。

化合物**6**, 无色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 219 [M+Na]$^+$, 分子式为$C_{12}H_{20}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[8]对比, 确定化合物**6**为teuhetone。

化合物**7**, 无色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 195 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{12}H_{18}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[9]对比, 确定化合物**7**为teuhetenone A。

化合物**8**, 无色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 257 [M+Na]$^+$, 分子式为$C_{15}H_{22}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[10]对比, 确定化合物**8**为*trans*-4,5-dihydroxycorocalane。

化合物**9**, 黄色油状, HR-ESI-MS *m*/*z* 213 [M+Na]$^+$, 分子式为$C_{12}H_{14}O_2$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[11]对比, 确定化合物**9**为4-hydroxy-4,7-dimethyl-1-tetralone。

化合物**10**, 白色晶体, HR-ESI-MS *m*/*z* 291 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{15}H_{14}O_6$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, DMSO-d_6) 数据与参考文献[12]对比, 确定化合物**10**为epicatechin。

化合物**11**, 白色晶体, HR-ESI-MS *m*/*z* 303 [M−H]$^-$, 分子式为$C_{15}H_{12}O_7$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, DMSO-d_6) 数据与参考文献[13]对比, 确定化合物**11**为dihydroquercetin。

化合物**12**, 浅黄色粉末, HR-ESI-MS *m*/*z* 310 [M+H]$^+$, 分子式为$C_{18}H_{15}NO_4$。其^{1}H和^{13}C NMR (500 MHz, $CDCl_3$) 数据与参考文献[14]对比, 确定化合物**12**为piperolactam C。

3 NMR和ECD计算

化合物**1**的相对构型是通过NMR计算来确定的。使用Gaussian软件进行NMR计算, 采用MMFF的分子立场水平使用7 kcal·mol^{-1}的能量窗对4*R*,10*S*和4*R*,10*R*两种可能构型进行构象搜索, 运用密度泛函理论, 在B3LYP/6-31G(d,p)的水平下, 将这些构象投入优化和振动分析计算, 并在此基础上计算各优势构象的玻尔兹曼分布占比。将这些优势构象进行NMR计算, 通过密度泛函理论, 采用GIAO (gauge invariant atomic orbitals)方法在MPW1PW91/6-311G(d,p)水平下进行计算, 得到各个碳氢原子的磁屏蔽值, 根据玻尔兹曼分布占比得到化合物**1**两种构型的所有构象磁屏蔽平均值; 同时以四甲基硅烷(TMS)为参照, 在上述条件下计算各个原子的磁屏蔽值。用四甲基硅烷碳氢原子磁屏蔽平均值减去化合物**1**两个构型包含的所有优势构象的碳氢原子磁屏蔽平均值, 得到化合物**1**的两种构型各个碳氢原子的理论化学位移值。最后将NMR计算得到的各碳氢原子的理论化学位移值与实际测得的化学位移值采用DP4+进行概率分析。

化合物**1**的绝对构型是通过计算ECD与实验ECD对比来确定的。在MMFF94s力场下, 通过波函数spartan 14软件进行构象搜索。在Gaussian 09程序包中, 在B3 LYP/6-31 G(d,p)水平上, 通过DFT计算对所选构象进行了优化。在B3LYP/6-31 G(d,p)水平上, 采用CPCM分子动力学模型, 对优化后的构象进行了含时密度泛函ECD计算。通过SpecDis软件模拟并生成计算的ECD光谱, 其中半带宽为0.25 eV。在UV校正后, 通过Boltzmann分布进一步加权ECD光谱。

4 抗炎活性实验

LPS诱导RAW 264.7细胞建立细胞炎症模型[15]。Griess法测定RAW 264.7细胞NO释放量。用含10%胎牛血清的DMEM培养基, 于37 ℃、5% CO_2条件下培养RAW264.7至对数期, 调整细胞密度为每毫升4×10^{7}个并接种于96孔板上, 继续培养24 h。对细胞进行分组, 即空白组、模型组、样品组、阳性对照组*L*-NMMA, 每孔50 μL, 样品组加入终浓度为5.0、10.0、25.0、50.0和100.0 μmol·L^{-1}, 同一浓度设3个复孔(各组平行3次), 除空白组外其余各组每孔加LPS刺激(终浓度为1.0 μg·mL^{-1}), 继续培养24 h, 取50 μL细胞上清液, 每孔加入50 μL Griess I试剂, 再加入等量的Griess II试剂, 混匀, 于540 nm波长处测定吸光度(*A*)值, 计算出

细胞上清液中NO浓度。NO抑制率 = ($A_{模型}-A_{实验}$)/($A_{模型}-A_{空白}$)。

作者贡献: 贾瑶瑶负责黑风藤的提取分离和稿件撰写; 冯好、刘艺负责协助提取分离; 岳晓峰负责计算ECD; 郭鑫鑫负责计算碳谱; 冯卫生和支燕乐负责实验的设计; 薛金凤和胡春月负责稿件修改; 薛贵民负责结构鉴定和实验指导。

利益冲突: 作者声明本研究内容无任何利益冲突。

References

[1] Wu YC, Sureshbabu M, Fang YC, et al. Potent inhibition of human neutrophil activations by bractelactone, a novel chalcone from *Fissistigma bracteolatum* [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2013, 266: 399-407.

[2] Jiang K, Liu X, Liu YM, et al. Bioactive isoquinoline alkaloids with diverse skeletons from *Fissistigma polyanthum* [J]. J Nat Prod, 2023, 86: 2162-2170.

[3] Wang X, Tang CP, Meng S, et al. Noreudesmane sesquiterpenoids from *Artemisia hedinii* and their anti-inflammatory activities [J]. Fitoterapia, 2021, 153: 104961.

[4] Wu JL, Lu YS, Wong HNC, et al. Synthetic studies toward lindenane-type dimers *via* Diels-Alder reaction [J]. Tetrahedron, 2018, 74: 6749-6760.

[5] Zhao XY, Wang G, Wang Y, et al. Chemical constituents from *Alisma plantago-aquatica* subsp. *orientale* (Sam.) Sam and their anti-inflammatory and antioxidant activities [J]. Nat Prod Res, 2018, 32: 2749-2755.

[6] Mahmoud AH, Zidan SAH, Samy MN, et al. New sesquiterpenes from the soft coral *Litophyton arboreum* [J]. J Nat Med, 2025, 79: 162-169.

[7] Xu J, Ji C, Zhang Y, et al. Inhibitory activity of eudesmane sesquiterpenes from *Alpinia oxyphylla* on production of nitric oxide [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2012, 22: 1660-1663.

[8] Fraga BM, Hernández MG, Mestres T, et al. *Nor*-sesquiterpenes from *Teucrium heterophyllum* [J]. Phytochemistry, 1995, 39: 617-619.

[9] Hou L. Studies on the Chemical Constituents of *Alpinia oxyphylla* (益智化学成分的研究) [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2013.

[10] Guo N, Wu HQ, Shu RG. A new guaiane-sesquiterpenoid from the leaves of *Chimonanthus nitens* Oliv. [J]. Acta Pharm Sin (药学学报), 2022, 57: 3168-3172.

[11] Mulholland DA, McFarland K, Randrianarivelojosia M. Sesquiterpenoid derivatives from *Cipadessa boiviniana* (Meliaceae) [J]. Biochem Syst Ecol, 2006, 34: 365-369.

[12] Dong LH, Zhu YY, Zhang ZL, et al. Chemical constituents of *Polygonum divaricatum* herb [J]. J Chin Med Mater (中药材), 2019, 42: 1059-1061.

[13] Ragab EA, Raafat M. A new monoterpene glucoside and complete assignments of dihydroflavonols of *Pulicaria jaubertii*: potential cytotoxic and blood pressure lowering activity [J]. Nat Prod Res, 2015, 30: 1280.

[14] Olsen CE, Tyagi OD, Boll PM, et al. An aristolactam from *Piper acutisleginum* and revision of the structures of piperolactam B and D [J]. Phytochemistry, 1993, 33: 518-520.

[15] Xue GM, Xue JF, Zhao CG, et al. Sesquiterpenoids from *Artemisia argyi* and their NO production inhibitory activity in RAW 264.7 cells [J]. Nat Prod Res, 2021, 35: 2887-2894.