

• 化学成分 •

箭叶淫羊藿正丁醇部位黄酮类化学成分研究

张靖柯^{1,2}, 王 彬¹, 魏俊俊^{1,2}, 解双双^{1,2}, 李 孟^{1,2}, 孙彦君^{1,2}, 郑晓珂^{1,2*}, 冯卫生^{1,2*}

1. 河南中医药大学药学院, 河南 郑州 450046

2. 河南省中药开发工程技术研究中心, 河南 郑州 450046

摘要: 目的 研究箭叶淫羊藿 *Epimedium sagittatum* 正丁醇部位黄酮类化学成分及其潜在抗肺纤维化活性。方法 运用硅胶、凝胶 Sephadex LH-20、MCI、大孔吸附树脂等多种柱色谱技术分离得到单体化合物, 根据其理化性质结合波谱学技术对其结构进行鉴定。采用 MTT 法检测化合物对转化生长因子- $\beta 1$ (transforming growth factor $\beta 1$, TGF- $\beta 1$) 诱导 BEAS-2B 细胞损伤的保护作用, 初步探讨其潜在抗肺纤维化活性。结果 从箭叶淫羊藿正丁醇部位分离得到了 16 个化合物, 分别鉴定为 5,7-二羟基-4'-甲氧基-黄酮-[3-*O*- α -L-鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-鼠李糖苷](**1**)、8-异戊烯基山柰酚(**2**)、淫羊藿次苷-I(**3**)、sagittasine C(**4**)、5-hydroxy-4'-methoxy-8-(2-hydroxy-3-methyl-3-butenyl) flavone 3-*O*- α -L-rhamnopyranosyl-7-*O*- β -D-glucopyranoside(**5**)、anhydroicaritin-3-*O*-glucosyl 7-*O*-glucoside(**6**)、hexandraside E(**7**)、箭藿苷 B(**8**)、sutchuenmedin B(**9**)、二叶淫羊藿苷 B(**10**)、朝藿定 C(**11**)、槲皮素(**12**)、金丝桃苷(**13**)、myricitrin(**14**)、(+)-儿茶素(**15**)、(-)-表儿茶素(**16**)。结论 化合物 **1** 为新化合物, 命名为箭藿苷 D; 化合物 **2**、**5**~**7**、**9**、**14**~**16** 均首次从箭叶淫羊藿中分离得到, 其中化合物 **8** 和 **16** 能显著提高 TGF- $\beta 1$ 诱导的 BEAS-2B 损伤细胞的活力, 具有潜在抗肺纤维化活性。

关键词: 箭叶淫羊藿; 黄酮类化合物; 抗肺纤维化活性; 箭藿苷 D; 8-异戊烯基山柰酚; 箭藿苷 B; (-)-表儿茶素

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2025)17-6085-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.17.001

Flavonoids compounds of *n*-butanol fraction from *Epimedium sagittatum*ZHANG Jingke^{1,2}, WANG Bin¹, WEI Junjun^{1,2}, XIE Shuangshuang^{1,2}, LI Meng^{1,2}, SUN Yanjun^{1,2}, ZHENG Xiaoke^{1,2}, FENG Weisheng^{1,2}

1. School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

2. Engineering and Technology Research Center for Chinese Medicine Development of Henan Province, Zhengzhou 450046, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of *n*-butanol part of *Epimedium sagittatum* and their anti-pulmonary fibrosis activity. **Method** The chemical components were isolation and purification by modern column chromatography, and their structures were identified by spectrography techniques. The anti-pulmonary fibrosis activity of these compounds from *E. sagittatum* were evaluated by MTT on BEAS-2B cell damage induced by TGF- $\beta 1$. **Result** Sixteen compounds were obtained from the *E. sagittatum*, which were identified as 5,7-dihydroxy-4'-methoxyflavone 3-*O*- α -L-rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-rhamnoside (**1**), 8-prenylkaempferol (**2**), icaritin (**3**), sagittasine C (**4**), 5-hydroxy-4'-methoxy-8-(2-hydroxy-3-methyl-3-butenyl) flavone 3-*O*- α -L-rhamnopyranosyl-7-*O*- β -D-glucopyranoside (**5**), anhydroicaritin-3-*O*-glucosyl 7-*O*-glucoside (**6**), hexandraside E (**7**), sagittoside B (**8**), sutchuenmedin B (**9**), diphyllside B (**10**), epimedin C (**11**), quercetin (**12**), hyperoside (**13**), myricitrin (**14**), (+)-catechin (**15**), (-)-epicatechin (**16**). **Conclusion** Compound **1** is a new compound, named epimedin D. Compounds **2**, **5**—**7**, **9**, **14**—**16** were isolated from *E. sagittatum* for the first time, and compounds **7** and **15** significantly increased the viability of BEAS-2B cells induced by TGF- $\beta 1$.

Key words: *Epimedium sagittatum* (Sieb. et Zucc.) Maxim.; flavonoids; anti-pulmonary fibrosis activity; epimedin D; 8-prenylkaempferol; sagittoside B; (-)-epicatechin

收稿日期: 2025-05-14

基金项目: 国家重点研发计划 (中医药现代化研究重大专项) (2019YFC1708800); 河南省自然科学基金资助项目 (252300420701); 河南省高等学校重点科研项目 (24A360017)

作者简介: 张靖柯, 女, 博士研究生, 中药药效物质基础研究。E-mail: 18137802812@163.com

***通信作者:** 郑晓珂, 二级教授, 中药及活性单体成分作用机制研究。E-mail: ZhengXK2006@163.com

冯卫生, 二级教授, 中药药效物质基础研究。E-mail: fwsh@hactcm.edu.cn

淫羊藿为小檗科植物淫羊藿 *Epimedium brevicornu* Maxim.、箭叶淫羊藿 *E. sagittatum* (Sieb. et Zucc.) Maxim.、柔毛淫羊藿 *E. pubescens* Maxim. 或朝鲜淫羊藿 *E. koreanum* Nakai 的干燥叶^[1]。始载于《神农本草经》，味辛、甘，性温，归肝、肾经，具有补肾阳、强筋骨、祛风湿等功效^[2]。现代药理学研究表明淫羊藿具有抗肿瘤、抗骨质疏松、抗炎、增强免疫功能、改善生殖功能等多种药理活性^[3-6]。作为中药淫羊藿的药源植物之一，箭叶淫羊藿具有分布广泛，使用量大的特点，为淫羊藿药材的主流品种，被历代药典所收录，且是最早被药典收录的品种^[7-8]。本课题对箭叶淫羊藿正丁醇部位的化学成分进行系统的分离纯化，从中分离得到 16 个化合物，且均为黄酮及其苷类成分，通过波谱数据和文献数据对比，分别鉴定为箭藿苷 D (epimedin D, **1**)、8-异戊烯基山柰酚 (8-prenylkaempferol, **2**)、淫羊藿次苷-I (icariside, **3**)、sagittasine C (**4**)、5-hydroxy-4'-methoxy-8-(2-hydroxy-3-methyl-3-butenyl) flavone 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-7-O- β -D-glucopyranoside (**5**)、anhydroicaritin-3-O-glucosyl 7-O-glucoside (**6**)、hexandraside E (**7**)、箭藿苷 B (sagittatoside B, **8**)、sutchenmedin B (**9**)、二叶淫羊藿苷 B (diphyllside B, **10**)、朝藿定 C (epimedin C, **11**)、槲皮素 (quercetin, **12**)、金丝桃苷 (hyperoside, **13**)、myricitrin (**14**)、儿茶素 (catechin, **15**)、(-)-表儿茶素 (epicatechin, **16**)。采用 MTT 法检测分离得到的化合物对转化生长因子- β 1 (transforming growth factor β 1, TGF- β 1) 诱导 BEAS-2B 细胞损伤的影响，结果显示化合物 **8** 和 **16** 可显著提高 BEAS-2B 细胞损伤的活力，推测其可能具有潜在的抗肺纤维化活性。

1 仪器与材料

Bruker AVANCE III 500 型核磁共振仪 (德国布鲁克公司); Bruker maxis HD 型飞行时间质谱 (德国布鲁克公司); 赛谱锐思 LC-52 型高压制备液相色谱仪 (赛谱锐思北京科技有限公司); OSB-21000 型旋转蒸发仪 (上海爱朗仪器有限公司); YMC-Pack ODS-A 色谱柱 (250 mm $\times$ 20 mm, 5 μ m, 日本 YMC 有限公司); 柱色谱填料 Sephadex LH-20 (GE Healthcare 公司); Toyopearl HW-40C/F (日本 TOSOH 公司); ODS (50 μ m, 日本 YMC 有限公司); 大孔树脂 Diaion HP-20、MCI gel CHP-20 (日本三菱化学公司); 薄层色谱硅胶 GF₂₅₄、柱色谱硅

胶 (100~200、200~300 目, 青岛海洋化工厂); 3111 型二氧化碳培养箱 (Thermo 公司, 美国); AB204-N 万分之一精密分析天平; Multiskan MK3 酶标仪 (Thermo Fisher 公司, 美国); Advantage A10 型超纯水仪 (Sartorius 公司, 德国); Centrifuge-5804R 型高速离心机 (Eppendorf 公司, 德国); 超净工作台 (江苏苏净集团); ECTGF-B1E TS100 型倒置显微镜 (Nikon 公司, 日本)。氨苄青霉素、链霉素 (Sigma 公司); TGF- β 1 (美国, PeproTech); MTT (北京索莱宝科技有限公司); DMEM 高糖培养基 (Gibco Invitrogen 公司); 胎牛血清 (杭州四季青公司); 二甲基亚砜 (上海麦克林生物科技有限公司)。

箭叶淫羊藿采自河南省驻马店市平舆丰惠淫羊藿种植基地, 经河南中医药大学药学院董诚明教授鉴定为淫羊藿属箭叶淫羊藿 *E. sagittatum* (Sieb. et Zucc.) Maxim.。植物标本 (20200960) 保存于河南中医药大学中药化学提取分离实验室。

2 方法

2.1 提取分离

箭叶淫羊藿 (80 kg) 粉碎后, 用 70%乙醇加热回流提取 2 次, 减压浓缩得到浸膏。浸膏加等量水溶解, 依次用石油醚、二氯甲烷、醋酸乙酯、正丁醇萃取, 依次得到各萃取部位。其中正丁醇部位 (4 kg) 上大孔吸附树脂柱 Diaion HP-20, 依次用水及 10%、20%、30%、40%、50%、70%、95%乙醇洗脱, 依次得到对应的各个洗脱组分 Fr. 1~8。

Fr. 2 (271 g) 加水溶解, 上 Sephadex LH-20 凝胶柱, 以甲醇-水 (0:100 $\rightarrow$ 100:0) 梯度洗脱, 通过薄层色谱检识, 合并相同流分得到 5 个组分 (Fr. 2-1~2-5)。Fr. 2-2 上 ODS 反相硅胶柱, 甲醇-水 (5:95~50:50) 梯度洗脱后半制备高效液相 (甲醇-水 55:45) 等度洗脱, 得到化合物 **10** (t_R =18.2 min, 4.11 mg) 和 **11** (t_R =21.5 min, 35.5 mg)。

Fr. 2-4 (56 g) 上硅胶柱, 用二氯甲烷-甲醇 (20:1、10:1、5:1、2:1、1:1) 梯度洗脱, 得到 8 个组分 (Fr. 2-4-1~2-4-8), 其中 Fr. 2-4-2 上 Sephadex LH-20 凝胶柱 (甲醇-水 60:40) 以及经半制备液相 (乙腈-水 25:75) 分离得到化合物 **7** (t_R =19.7 min, 4.42 mg) 和 **15** (t_R =23.8 min, 5.42 mg); Fr. 2-4-4 上 MCI 柱用甲醇-水 (5:95、10:90、20:80、30:70、40:60、50:50) 梯度洗脱, 得到 5 个组分 (Fr. 2-4-4-1~2-4-4-5), Fr. 2-4-4-2 经半制备高效液相 (乙

腈-水 26:74) 分离纯化得到化合物 **16** ($t_R=17.3$ min, 2.20 mg); Fr. 2-4-4-3 经半制备高效液相 (乙腈-水 28:72) 分离纯化得到化合物 **8** ($t_R=16.3$ min, 2.20 mg) 和 **2** ($t_R=24.3$ min, 5.47 mg); Fr. 2-4-4-5 上 ODS 反向硅胶柱 (甲醇-水 25:75) 分离得到 4 个组分 (Fr. 2-4-4-5-1~2-4-4-5-4)。Fr. 2-4-4-5-1 经半制备高效液相 (乙腈-水 19:81) 分离纯化得到化合物 **14** ($t_R=18.5$ min, 2.91 mg); Fr. 2-4-4-5-3 经半制备高效液相 (乙腈-水 21:79) 分离纯化得到化合物 **13** ($t_R=22.8$ min, 3.65 mg); Fr. 2-4-4-5-4 经半制备高效液相 (乙腈-水 23:77) 分离纯化得到化合物 **12** ($t_R=25.6$ min, 4.31 mg)。

Fr. 3 (413 g) 上硅胶柱, 用二氯甲烷-甲醇 (15:1、10:1、5:1、3:1、2:1、1:1) 梯度洗脱, 经薄层检识得到 3 个组分 (Fr. 3-1~3-3), Fr. 3-1 上 MCI 色谱柱, 采用甲醇-水 (5:70、15:75、20:80、25:75、30:70、50:50) 进行梯度洗脱, 得到 5 个组分 (Fr. 3-1-1~3-3-5), Fr. 3-1-1 采用半制备高效液相色谱 (甲醇-水 53:47) 洗脱, 得到化合物 **1** ($t_R=12.6$ min, 3.95 mg)、**4** ($t_R=19.8$ min, 12.67 mg) 和 **5** ($t_R=25.6$ min, 16.02 mg)。

Fr. 5 (664 g) 上硅胶色谱柱分离, 用二氯甲烷-甲醇 (20:1~1:1) 梯度洗脱得到 8 个组分 (Fr. 5-1~5-8)。Fr. 5-6 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 以甲醇-水 (20:80、30:70、35:65、40:60、45:55、50:50、100:0) 梯度洗脱, 得到 11 个组分 (Fr. 5-6-1~5-6-11)。Fr. 5-6-6 经 ODS 柱色谱分离, 以甲醇-水 (10:90、20:80、30:70、40:60、50:50、100:0) 梯度洗脱, 得到 15 个组分 (Fr. 5-6-6-1~5-6-6-15)。其中 Fr. 5-6-6-10 运用半制备高效液相色谱 (甲醇-水 68:32) 等度洗脱, 得到化合物 **3** ($t_R=17.7$ min, 3.05 mg); Fr. 5-6-6-15 经半制备高效液相 (甲醇-水 80:20) 等度洗脱, 得到化合物 **9** ($t_R=19.2$ min, 4.10 mg); Fr. 5-7 经半制备高效液相 (乙腈-水 27:73) 等度洗脱, 得到化合物 **6** ($t_R=23.9$ min, 6.31 mg)。

2.2 糖苷类化合物酸水解

称取化合物 1.0~2.0 mg, 加入 2 mL 的 HCl 溶液 (2 mol/L), 密闭, 水浴加热 (80 °C), 反应 3 h; 反应完毕后, 静置放冷, 加入 2 mL 醋酸乙酯萃取, 萃取 3 次, 合并水相层, 减压浓缩干燥。水解后的溶液经 HPLC 分析 [CHIRALPAK AD-H 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 以正己烷-乙醇-三氟乙

酸 (750:250:0.25) 为流动相 (0.5 mL/min), 蒸发光散射检测器 (ELSD)]。通过与相同液相条件下单糖标准品的保留时间相比较, 确定所含糖基的结构。

2.3 活性检测

将 BEAS-2B 细胞置于 37 °C、5% CO₂ 培养箱中培养至对数生长期, 按照细胞密度为 2×10^4 个/mL, 每孔 200 μL 接种于 96 孔板中, 24 h 后分为对照组、模型组 (TGF-β1, 1 ng/mL) 及各给药组 (10 μmol/L 药物+TGF-β1, 1 ng/mL), 培养 24 h 后, 每孔加入 MTT 溶液 (5 mg/mL) 20 μL, 继续培养 4 h, 小心吸净培养液, 每孔加入 DMSO 150 μL, 振荡 10 min 使孔内蓝紫色结晶完全溶解。酶标仪 490 nm 测定各孔吸光度 (*A*) 值, 计算细胞活力。

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色粉末, HR-ESI-MS m/z : 615.170 2 [$M+Na$]⁺ (理论值 615.168 4), 提示化合物的分子式为 C₂₈H₃₂O₁₄, 不饱和度为 13。UV λ_{max}^{MeOH} (nm): 204, 264, 339; IR ν_{max}^{KBr} (cm⁻¹): 3 390, 1 655, 1 508, 838; 在 ¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) 图谱中, 低场区存在 δ_H 7.84 (2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2', 6') 和 7.08 (2H, d, $J=8.5$ Hz, H-3', 5') 1 组氢信号, 提示有 1 个 AA'BB' 取代系统的苯环; 低场区 δ_H 6.38 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-8) 和 6.20 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-6) 为苯环上间位耦合的 2 个氢质子信号; δ_H 5.54 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-1'), 5.00 (1H, d, $J=1.6$ Hz, H-1'') 结合高场区 δ_H 1.22 (3H, d, $J=6.1$ Hz, H-6''), 0.99 (3H, d, $J=5.7$ Hz, H-6''') 提示分子中可能存在 2 个鼠李糖的结构片段; δ_H 3.89 (3H, s) 提示结构中存在 1 个甲氧基结构片段。在 ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) 谱中, 共有 28 个碳信号。其中 δ_C 179.5 (C-4) 为黄酮 C-4 位羰基碳信号; δ_C 99.9 (C-6), 94.8 (C-8) 为黄酮 A 环 C-6 和 C-8 的特征信号; δ_C 103.7 (C-1'''), 102.3 (C-1'') 为糖的端基碳信号; δ_C 17.8 (C-1'), 17.9 (C-1'') 为 2 个甲基信号; 根据化合物一维核磁共振图谱与 kaempferol 3-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1 → 2)-α-*L*-rhamnopyranoside^[9] 结构相似, 不同之处在于多了 1 个甲氧基的信号。在 HMBC 谱 (图 1) 中, 存在 δ_H 3.89 (-OCH₃)/ δ_C 163.4 (C-4') 相关关系, δ_H 5.54 (H-1')/ δ_C 136.5 (C-3), δ_H 5.00 (H-1'')/ δ_C 78.9 (C-2'') 存在相关关系, 提示糖基连在黄酮母核 3 位上, δ_H 5.00 (H-1'') 与 δ_C 78.9 (C-2'') 有相关信号, 2 个糖通过

1→2 位相连。综合以上数据, 该化合物为黄酮苷类成分, 2 个糖基连接在母核的 C-3 位上。化合物 **1** 酸水解后, 通过与相同液相条件下标准品 α -L-鼠李糖 ($t_R=17.514$ min) 的保留时间相比较, 确定化合物 **1**

中所含糖基为 α -L-鼠李糖。综合以上数据分析可确定该化合物的结构为 5,7-二羟基-4'-甲氧基-黄酮-[3-O- α -L-鼠李糖基-(1→2)- α -L-鼠李糖苷], 经检索为新化合物, 命名为箭藿苷 D。其 NMR 数据归属见表 1。

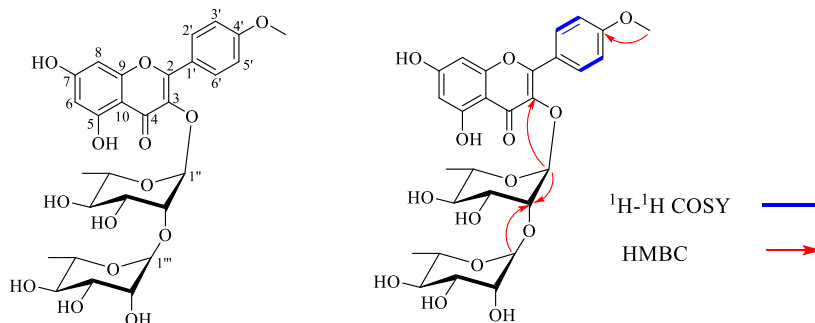


图 1 化合物 **1** 主要的 HMBC 相关、 ^1H - ^1H COSY 相关

Fig. 1 ^1H - ^1H COSY and HMBC key correlations of compound **1**

表 1 化合物 **1** 的 ^1H -NMR (500 MHz) 和 ^{13}C -NMR (125 MHz) 数据 (in CD_3OD)

Table 1 ^1H -NMR (500 MHz) and ^{13}C -NMR spectroscopic data (125 MHz) of compound **1**

碳位	δ_{H}	δ_{C}	碳位	δ_{H}	δ_{C}
2		158.8	1''	5.54 (1H, d, $J = 1.8$ Hz)	102.3
3		136.5	2''	4.29 (1H, m)	78.9
4		179.5	3''	3.82 (1H, m)	72.0
5		163.2	4''	3.34 (1H, m)	73.5
6	6.20 (1H, d, $J = 2.1$ Hz)	99.9	5''	3.60 (1H, m)	72.0
7		165.9	6''	1.22 (3H, d, $J = 6.1$ Hz)	17.8
8	6.38 (1H, d, $J = 2.1$ Hz)	94.8	1'''	5.00 (1H, d, $J = 1.6$ Hz)	103.7
9		158.5	2'''	3.94 (1H, m)	71.9
10		106.0	3'''	3.61 (1H, m)	70.3
1'		123.8	4'''	3.37 (1H, m)	74.0
2', 6'	7.84 (2H, d, $J = 8.5$ Hz)	131.8	5'''	3.28 (1H, m)	72.0
3', 5'	7.08 (2H, d, $J = 8.5$ Hz)	115.2	6'''	0.99 (3H, d, $J = 5.7$ Hz)	17.9
4'		163.4	-OCH ₃	3.89 (3H, s)	56.0

化合物 **2**: 黄色粉末, $\text{C}_{20}\text{H}_{18}\text{O}_6$, ESI-MS m/z : 355.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$. ^1H -NMR (500 MHz, Acetone- d_6) δ : 8.18 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2', 6'), 7.03 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.37 (1H, s, H-6), 5.28 (1H, t, $J = 6.9$ Hz, H-2''), 3.56 (2H, d, $J = 6.9$ Hz, H-1''), 1.81 (3H, s, H-4''), 1.66 (3H, s, H-5''); ^{13}C -NMR (125 MHz, Acetone- d_6) δ : 146.9 (C-2), 136.4 (C-3), 176.8 (C-4), 160.1 (C-5), 98.8 (C-6), 162.2 (C-7), 107.2 (C-8), 155.1 (C-9), 104.1 (C-10), 123.6 (C-1'), 130.4 (C-2', 6'), 116.3 (C-3', 5'), 159.7 (C-4'), 22.2 (C-1''), 123.7 (C-2''), 132.1 (C-3''), 25.8 (C-4''), 18.1 (C-5''). 根据以上数据分析并结合文献报道^[10], 确定化合物 **2** 为 8-异戊烯基山柰酚。

化合物 **3**: 黄色粉末, $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$, ESI-MS m/z : 465.0 $[\text{M}+\text{H}]^+$. ^1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.88 (2H, s, H-2', 6'), 6.37 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.20 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6), 5.19 (1H, brs, H-1''), 0.84 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-6''); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 157.5 (C-2), 134.3 (C-3), 177.8 (C-4), 161.3 (C-5), 98.7 (C-6), 164.2 (C-7), 93.5 (C-8), 156.4 (C-9), 104.0 (C-10), 119.6 (C-1'), 107.9 (C-2', 6'), 145.8 (C-3', 5'), 136.5 (C-4'), 101.9 (C-1''), 70.6 (C-2''), 70.4 (C-3''), 71.3 (C-4''), 70.0 (C-5''), 17.5 (C-6''). 根据以上数据分析并结合文献报道^[11], 确定化合物 **3** 为 myricitrin。

化合物 **4**: 黄色粉末, $\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{11}$, ESI-MS m/z :

531.1 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 8.15 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'), 7.14 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.60 (1H, s, H-6), 5.21 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-2''), 5.00 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, H-1'''), 3.85 (3H, s), 1.77 (3H, s, H-4''), 1.63 (3H, s, H-5''); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 146.9 (C-2), 136.2 (C-3), 176.5 (C-4), 160.1 (C-5), 97.4 (C-6), 160.6 (C-7), 108.0 (C-8), 152.7 (C-9), 104.5 (C-10), 122.3 (C-1'), 129.4 (C-2', 6'), 114.2 (C-3', 5'), 158.6 (C-4'), 21.4 (C-1''), 123.4 (C-2''), 131.1 (C-3''), 25.5 (C-4''), 17.9 (C-5''), 100.4 (C-1'''), 73.4 (C-1'''), 76.6 (C-1'''), 69.6 (C-1'''), 77.2 (C-1'''), 60.6 (C-6'''), 55.4 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[12], 确定化合物 **4** 为淫羊藿次苷-I。

化合物 **5**: 黄色固体粉末, C₃₃H₄₀O₁₆, ESI-MS m/z : 693.2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.42 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 7.37 (1H, s, H-2'), 7.07 (1H, dd, $J = 8.4, 3.3$ Hz, H-6'), 6.64 (1H, s, H-6), 5.37 (1H, brs, H-1'''), 5.19 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-2''), 5.07 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1'''), 3.86 (3H, s, -OCH₃), 1.74 (3H, s, H-4''), 1.65 (3H, s, H-5''), 0.93 (3H, d, $J = 5.8$ Hz, H-6'''); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 159.4 (C-2), 136.5 (C-3), 180.1 (C-4), 161.0 (C-5), 99.3 (C-6), 162.0 (C-7), 110.5 (C-8), 155.0 (C-9), 107.5 (C-10), 124.3 (C-1'), 116.8 (C-2'), 147.8 (C-3'), 151.8 (C-4'), 112.3 (C-5'), 22.7 (C-1''), 122.8 (C-6'), 123.5 (C-2''), 32.8 (C-3''), 25.9 (C-4''), 18.3 (C-5''), 103.5 (C-1'''), 71.9 (C-2'''), 72.1 (C-3'''), 73.2 (C-4'''), 72.1 (C-5'''), 17.7 (C-6'''), 101.9 (C-1'''), 74.9 (C-2'''), 78.2 (C-3'''), 71.1 (C-4'''), 78.3 (C-5'''), 62.4 (C-6'''), 56.5 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **5** 为 sagittasine C。

化合物 **6**: 黄色粉末, C₃₃H₄₀O₁₆, ESI-MS m/z : 693.2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.89 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2', 6'), 7.07 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3', 5'), 6.66 (1H, s, H-6), 5.36 (1H, brs, H-1'''), 4.98 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'''), 4.93 (1H, s, H-1''a), 4.80 (1H, s, H-1''b), 4.33 (1H, m, H-2''), 3.89 (3H, s, -OCH₃), 1.80 (3H, s, H-5''), 0.93 (3H, d, $J = 5.8$ Hz, H-6''); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 159.0 (C-2), 136.6 (C-3), 180.1 (C-4), 161.5 (C-5), 99.4 (C-6), 163.2 (C-7), 108.0 (C-8), 155.2 (C-9), 107.6 (C-10), 123.8 (C-1'), 131.8 (C-2', 6'), 115.2 (C-3', 5'), 163.6 (C-4'), 30.0

(C-1''), 76.3 (C-2''), 149.3 (C-3''), 111.0 (C-4''), 18.1 (C-5''), 103.7 (C-1'''), 71.9 (C-2'''), 72.1 (C-3'''), 73.2 (C-4'''), 72.1 (C-5'''), 17.7 (C-6'''), 102.8 (C-1'''), 75.1 (C-2'''), 78.4 (C-3'''), 71.2 (C-4'''), 77.9 (C-5'''), 62.4 (C-6'''), 55.5 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[14], 确定化合物 **6** 为 5-hydroxy-4'-methoxy-8- (2-hydroxy-3-methyl-3-butenyl)flavone 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-7-O- β -D-glucopyranoside。

化合物 **7**: 黄色粉末, C₃₃H₄₀O₁₆, ESI-MS m/z : 693.2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 8.15 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'), 7.10 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.63 (1H, s, H-6), 5.52 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, H-1'''), 5.20 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-1''), 5.01 (1H, d, $J = 7.3$ Hz, H-1'''), 3.86 (3H, s, -OCH₃), 1.72 (3H, s, H-4''), 1.63 (3H, s, H-5''); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 156.7 (C-2), 134.0 (C-3), 178.5 (C-4), 160.9 (C-5), 98.6 (C-6), 161.8 (C-7), 108.6 (C-8), 153.4 (C-9), 106.0 (C-10), 122.7 (C-1'), 131.2 (C-2', 6'), 114.3 (C-3', 5'), 159.5 (C-4'), 21.9 (C-1''), 123.1 (C-2''), 131.6 (C-3''), 26.0 (C-4''), 18.4 (C-5''), 101.3 (C-1'''), 74.7 (C-2'''), 78.0 (C-3'''), 70.3 (C-4'''), 77.1 (C-5'''), 61.3 (C-6'''), 100.9 (C-1'''), 73.8 (C-2'''), 77.6 (C-3'''), 70.1 (C-4'''), 76.9 (C-5'''), 61.1 (C-6'''), 55.9 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[15], 确定化合物 **7** 为 anhydroicaritin-3-O-glucosyl 7-O-glucoside。

化合物 **8**: 黄色粉末, C₃₂H₃₈O₁₆, ESI-MS m/z : 679.2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 8.06 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2', 6'), 6.89 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.62 (1H, s, H-6), 5.49 (1H, d, $J = 7.3$ Hz, H-1'''), 5.20 (1H, t, $J = 6.7$ Hz, H-2''), 5.00 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, H-1'''), 1.72 (3H, s, H-4''), 1.62 (3H, s, H-5''); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 156.7 (C-2), 133.3 (C-3), 177.9 (C-4), 159.0 (C-5), 98.1 (C-6), 160.4 (C-7), 108.1 (C-8), 152.9 (C-9), 105.4 (C-10), 121.0 (C-1'), 130.9 (C-2', 6'), 115.2 (C-3', 5'), 160.1 (C-4'), 21.4 (C-1''), 122.3 (C-2''), 131.1 (C-3''), 25.5 (C-4''), 17.9 (C-5''), 100.8 (C-1'''), 74.2 (C-2'''), 76.6 (C-3'''), 69.9 (C-4'''), 77.5 (C-5'''), 60.8 (C-6'''), 100.5 (C-1'''), 73.4 (C-2'''), 76.4 (C-3'''), 69.7 (C-4'''), 77.2 (C-5'''), 60.6 (C-6''')。根据以上数据分析并结合文献报道^[16], 确定化合物 **8** 为 hexandraside E。

化合物 **9**: 黄色结晶 (甲醇), C₃₂H₃₈O₁₄, ESI-

MS m/z : 647.2 $[M+H]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.88 (2H, d, $J=8.9$ Hz, H-2', 6'), 7.11 (2H, d, $J=8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.27 (1H, s, H-6), 5.46 (1H, d, $J=1.4$ Hz, H-1'''), 5.19 (1H, t, $J=6.8$ Hz, H-2''), 4.30 (1H, d, $J=7.6$ Hz, H-1'''), 3.90 (3H, s), 1.71 (3H, s, H-4''), 1.66 (3H, s, H-5''), 0.97 (3H, d, $J=6.2$ Hz, H-6'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD_3OD) δ : 158.7 (C-2), 136.8 (C-3), 180.0 (C-4), 163.2 (C-5), 99.4 (C-6), 160.8 (C-7), 108.0 (C-8), 155.8 (C-9), 105.9 (C-10), 124.0 (C-1'), 131.8 (C-2', 6'), 115.2 (C-3', 5'), 163.4 (C-4'), 22.4 (C-1''), 123.7 (C-2''), 32.5 (C-3''), 25.9 (C-4''), 18.2 (C-5''), 103.1 (C-1'''), 82.6 (C-2'''), 71.8 (C-3'''), 71.9 (C-4'''), 73.6 (C-5'''), 17.7 (C-6'''), 107.7 (C-1'''), 75.2 (C-2'''), 77.8 (C-3'''), 71.0 (C-4'''), 67.1 (C-5'''), 56.0 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[17], 确定化合物 **9** 为箭藿昔 B。

化合物 **10**: 黄色粉末, $\text{C}_{33}\text{H}_{36}\text{O}_{14}$, ESI-MS m/z : 657.2 $[M+H]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 8.01 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-2', 6'), 7.15 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-3', 5'), 7.27 (1H, brs, H-1''), 7.04 (1H, s, H-6), 5.68 (1H, s, H-4'a), 5.25 (1H, s, H-4'b), 5.44 (1H, brs, H-1'''), 4.99 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-1'''), 3.87 (3H, s, -OCH₃), 2.11 (3H, s, H-5''), 1.12 (3H, d, $J=6.1$ Hz, H-6'''), 0.84 (3H, d, $J=5.2$ Hz, H-6'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 157.1 (C-2), 135.5 (C-3), 178.8 (C-4), 158.3 (C-5), 109.8 (C-6), 158.1 (C-7), 94.5 (C-8), 148.4 (C-9), 107.2 (C-10), 121.8 (C-1'), 130.8 (C-2', 6'), 114.2 (C-3', 5'), 161.6 (C-4'), 100.5 (C-1''), 155.9 (C-2''), 132.0 (C-3''), 113.3 (C-4''), 18.9 (C-5''), 100.8 (C-1'''), 75.5 (C-2'''), 70.8 (C-3'''), 71.9 (C-4'''), 70.1 (C-5'''), 17.7 (C-6'''), 101.6 (C-1'''), 70.2 (C-2'''), 70.5 (C-3'''), 71.3 (C-4'''), 68.8 (C-5'''), 17.5 (C-6'''), 55.5 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[18], 确定化合物 **10** 为 sutchuenmedin B。

化合物 **11**: 黄色固体粉末, $\text{C}_{38}\text{H}_{48}\text{O}_{19}$, ESI-MS m/z : 809.2 $[M+H]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.80 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-2', 6'), 6.95 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-3', 5'), 6.65 (1H, s, H-6), 5.53 (1H, brs, H-1'''), 5.21 (1H, t, $J=7.0$ Hz, H-2''), 5.07 (1H, d, $J=7.3$ Hz, H-1'''), 5.00 (1H, brs, H-1'''), 1.73 (3H, s, H-4''), 1.65 (3H, s, H-5''), 1.22 (3H, d, $J=6.2$ Hz, H-6'''), 0.94 (3H, d, $J=6.0$ Hz, H-6'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD_3OD) δ : 159.7 (C-2), 136.3 (C-3), 180.0 (C-4),

161.9 (C-5), 99.3 (C-6), 161.0 (C-7), 110.6 (C-8), 155.0 (C-9), 107.5 (C-10), 122.5 (C-1'), 132.0 (C-2', 6'), 116.6 (C-3', 5'), 162.0 (C-4'), 22.7 (C-1''), 123.6 (C-2''), 132.6 (C-3''), 25.9 (C-4''), 18.3 (C-5''), 101.9 (C-1'''), 78.3 (C-2'''), 71.9 (C-3'''), 73.5 (C-4'''), 73.9 (C-5'''), 17.8 (C-6'''), 103.7 (C-1'''), 72.0 (C-2'''), 72.1 (C-3'''), 72.2 (C-4'''), 71.2 (C-5'''), 17.9 (C-6'''), 102.4 (C-1'''), 74.9 (C-2'''), 78.3 (C-3'''), 70.4 (C-4'''), 78.9 (C-5'''), 62.4 (C-6''')。根据以上数据分析并结合文献报道^[19], 确定化合物 **11** 为二叶淫羊藿昔 B。

化合物 **12**: 黄色固体粉末, $\text{C}_{39}\text{H}_{20}\text{O}_{19}$, ESI-MS m/z : 523.2 $[M+H]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.83 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-2', 6'), 7.05 (2H, d, $J=8.8$ Hz, H-3', 5'), 6.64 (1H, s, H-6), 5.52 (1H, brs, H-1'''), 5.18 (1H, brs, H-2''), 5.07 (1H, d, $J=7.2$ Hz, H-1'''), 5.00 (1H, brs, H-1'''), 3.87 (3H, s, -OCH₃), 1.71 (3H, s, H-4''), 1.63 (3H, s, H-5''), 1.20 (3H, d, $J=6.1$ Hz, H-6'''), 0.91 (3H, d, $J=5.1$ Hz, H-6'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD_3OD) δ : 159.1 (C-2), 136.5 (C-3), 179.9 (C-4), 160.9 (C-5), 99.4 (C-6), 162.0 (C-7), 110.5 (C-8), 154.9 (C-9), 107.5 (C-10), 123.6 (C-1'), 131.8 (C-2', 6'), 115.2 (C-3', 5'), 163.3 (C-4'), 22.7 (C-1''), 123.7 (C-2''), 132.6 (C-3''), 25.9 (C-4''), 18.4 (C-5''), 102.3 (C-1'''), 78.2 (C-2'''), 72.1 (C-3'''), 73.9 (C-4'''), 71.8 (C-5'''), 17.8 (C-6'''), 103.7 (C-1'''), 72.2 (C-2'''), 71.1 (C-3'''), 71.9 (C-4'''), 73.4 (C-5'''), 17.9 (C-6'''), 101.9 (C-1'''), 74.9 (C-2'''), 78.2 (C-3'''), 70.3 (C-4'''), 78.9 (C-5'''), 62.4 (C-6'''), 56.1 (-OCH₃)。根据以上数据分析并结合文献报道^[20], 确定化合物 **12** 为朝藿定 C。

化合物 **13**: 黄色粉末, $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$, ESI-MS m/z : 303.0 $[M+H]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.73 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-2'), 7.63 (1H, dd, $J=8.5, 2.1$ Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, $J=8.5$ Hz, H-5'), 6.39 (1H, d, $J=1.9$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J=1.9$ Hz, H-6); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD_3OD) δ : 148.0 (C-2), 137.3 (C-3), 177.4 (C-4), 162.5 (C-5), 99.2 (C-6), 165.6 (C-7), 94.4 (C-8), 158.2 (C-9), 104.5 (C-10), 121.7 (C-1'), 116.2 (C-2'), 146.2 (C-3'), 148.8 (C-4'), 116.0 (C-5'), 124.1 (C-6')。根据以上数据分析并结合文献报道^[21], 确定化合物 **13** 为槲皮素。

化合物 **14**: 黄色粉末, $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$, ESI-MS m/z :

465.0 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ: 7.84 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-2'), 7.59 (1H, dd, *J* = 8.2, 2.2 Hz, H-6'), 6.87 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-5'), 6.41 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-8), 6.21 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-6), 5.17 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, H-1''); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ: 158.8 (C-2), 135.8 (C-3), 179.6 (C-4), 163.0 (C-5), 99.9 (C-6), 166.1 (C-7), 94.7 (C-8), 158.5 (C-9), 105.6 (C-10), 123.0 (C-1'), 117.8 (C-2'), 145.8 (C-3'), 150.0 (C-4'), 116.1 (C-5'), 122.9 (C-6'), 105.4 (C-1''), 73.2 (C-2''), 75.1 (C-3''), 70.0 (C-4''), 77.2 (C-5''), 62.0 (C-6'')。根据以上数据分析并结合文献报道^[22], 确定化合物为金丝桃苷。

化合物 **15**: 白色粉末, C₁₅H₁₄O₆, ESI-MS *m/z*: 291.0 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ: 6.84 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2'), 6.76 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-5'), 6.72 (1H, dd, *J* = 8.2, 2.0 Hz, H-6'), 5.93 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-8), 5.83 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-6), 4.56 (1H, d, *J* = 7.5 Hz, H-2), 3.97 (1H, m, H-3), 2.85 (1H, dd, *J* = 16.1, 5.4 Hz, H-4α), 2.50 (1H, dd, *J* = 16.1, 8.1 Hz, H-4β); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ: 87.2 (C-2), 68.8 (C-3), 28.5 (C-4), 157.5 (C-5), 96.3 (C-6), 157.8 (C-7), 95.5 (C-8), 156.9 (C-9), 100.8 (C-10), 132.2 (C-1'), 115.2 (C-2'), 146.2 (C-3'), 146.2 (C-4'), 116.1 (C-5'), 120.0 (C-6')。根据以上数据分析并结合文献报道^[23], 确定化合物 **15** 为 (+)-儿茶素。

化合物 **16**: 白色粉末, C₁₅H₁₄O₆, ESI-MS *m/z*: 291.0 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ: 6.97 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2'), 6.80 (1H, dd, *J* = 8.1, 2.0 Hz, H-6'), 6.76 (1H, d, *J* = 8.1 Hz, H-5'), 5.94 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-8), 5.91 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-6), 4.82 (1H, brs, H-2), 4.18 (1H, m, H-3), 2.86 (1H, dd, *J* = 16.8, 4.6 Hz, H-4α), 2.73 (1H, dd, *J* = 16.8, 3.0 Hz, H-4β); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ: 79.9 (C-2), 67.5 (C-3), 29.3 (C-4), 158.0 (C-5), 96.4 (C-6), 157.7 (C-7), 95.9 (C-8), 157.4 (C-9), 100.1 (C-10), 132.3 (C-1'), 115.9 (C-2'), 145.9 (C-3'), 145.8 (C-4'), 115.3 (C-5'), 119.4 (C-6')。根据以上数据分析并结合文献报道^[24], 确定化合物 **16** 为 (-)-表儿茶素。

3.2 活性检测结果

16 个化合物 (10 μmol/L) 的体外细胞活力检测结果显示, 化合物 **8** 和 **16** 能显著提高 TGF-β1 诱导的肺纤维化细胞损伤的活力, 表明可能具有潜在抗肺纤维化活性, 结果见表 2。

表 2 化合物 1~16 对 TGF-β1 诱导的肺纤维化细胞活力作用

Table 2 Effect of compounds 1—16 on TGF-β1-induced pulmonary fibrosis cell viability

组别	细胞活力指数	组别	细胞活力指数
对照	1.000±0.027	8	0.916±0.031*
模型	0.857±0.034 ^{##}	9	0.758±0.035
1	0.718±0.032	10	0.812±0.055
2	0.796±0.030	11	0.845±0.020
3	0.755±0.014	12	0.742±0.071
4	0.825±0.036	13	0.831±0.057
5	0.693±0.048	14	0.782±0.031
6	0.819±0.017	15	0.868±0.076
7	0.848±0.060	16	0.918±0.089*

与对照组比较: ^{##}*P* < 0.01; 与模型组比较: **P* < 0.05。

^{##}*P* < 0.01 vs control group; **P* < 0.05 vs model group。

4 讨论

箭叶淫羊藿作为我国传统中药, 含有黄酮类、多糖类、木脂素类、生物碱类等成分, 以异戊烯基黄酮类成分居多, 也是其主要生物活性成分。目前箭叶淫羊藿的研究多集中在阿可拉定相关临床研究, 缺乏系统的化学成分研究。本研究采用现代光谱手段以及高效液相色谱技术, 对箭叶淫羊藿中正丁醇部位黄酮及其苷类成分进行了系统研究, 共分离鉴定了 16 个化合物, 其中化合物 **1** 为新化合物, 化合物 **2**、**5**~**7**、**9**、**14**~**16** 均首次从箭叶淫羊藿中分离得到, 其中化合物 **8** 和 **16** 能显著提高 TGF-β1 诱导的 BEAS-2B 细胞损伤的活力, 具有潜在抗肺纤维化活性。本研究首次对淫羊藿进行抗肺纤维化活性筛选, 但是研究还未深入到分子层面。课题组也对箭叶淫羊藿总提物进行了抗肺纤维化活性研究^[25], 未来可结合分子对接以及相关药理活性实验, 对所含化学成分中抗肺纤维化药理作用规律以及构效关系进行深入探讨, 补充和完善淫羊藿植物的化学成分和药理作用, 为进一步的开发和临床应用奠定了理论基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 李远栋, 王世坤, 杨东元, 等. 淫羊藿苷防治膝骨性关节炎作用机制的研究进展 [J]. 中草药, 2023, 54(8): 2652-2658.
- [2] 孟宁, 孔凯, 李师翁. 淫羊藿属植物化学成分及药理活性研究进展 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(5): 1063-1073.
- [3] 古炽明, 詹嫣然, 陈艳芬, 等. 淫羊藿含药血清中淫羊藿苷的分析及其体外抗肿瘤作用研究 [J]. 广东药科大学学报, 2020, 36(4): 499-503.

- [4] 刘琪, 李林臻, 张君涛. 淫羊藿苷促进关节软骨损伤修复作用机制研究进展 [J]. 药物评价研究, 2024, 47(6): 1393-1399.
- [5] 刘颖, 柴丽娟, 黄菊阳, 等. 朝藿定 A 对破骨细胞及骨质疏松雄性小鼠的作用 [J]. 中国兽医学报, 2021, 41(7): 1359-1364.
- [6] 蔡雨春. 淫羊藿素对脂多糖诱导小鼠急性肺损伤的保护作用研究 [D]. 桂林: 桂林医学院, 2021.
- [7] 徐艳琴, 李仁清, 张华雁, 等. 箭叶淫羊藿的资源分布及质量特征研究进展 [J]. 中草药, 2020, 51(23): 6119-6132.
- [8] 沈宝明, 谭著明, 申爱荣, 等. 箭叶淫羊藿文献综述 [J]. 湖南林业科技, 2020, 47(5): 96-109.
- [9] 许旭东, 杨峻山. 偏斜淫羊藿的化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2005(3): 18-21.
- [10] 杨瑞云, 兰艳素, 何瑞杰, 等. 广豆根中黄酮类成分研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(6): 1350-1351.
- [11] 郑训海, 孔令义. 朝鲜淫羊藿化学成分研究 [J]. 中草药, 2002, 33(11): 7-10.
- [12] Yamamoto H, Yan K, Ieda K, *et al.* Flavonol glycosides production in cell suspension cultures of *Vancouveria hexandra* [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33(4): 841-846.
- [13] Kim E S, Kim M K, Kang H K, *et al.* Flavonol glycosides with antioxidant activity from the aerial parts a of *Epimedium koreanum* Nakai [J]. *Nat Prod Sci*, 2008, 14(4): 233-238.
- [14] Han F B, Lee I S. A new flavonol glycoside from the aerial parts of *Epimedium koreanum* Nakai [J]. *Nat Prod Res*, 2017, 31(3): 320-325.
- [15] Wang G J, Tsai T H, Lin L C. Prenylflavonol, acylated flavonol glycosides and related compounds from *Epimedium sagittatum* [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(19): 2455-2464.
- [16] Yu C Y, Song L N, Chen G. Two new prenylflavonoids from *Epimedium sutchuenense* [J]. *Chin Chemical Lett*, 2009, 20(7): 842-844.
- [17] 杨云, 张寒娟, 贺海花, 等. 心叶淫羊藿化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(7): 1026-1030.
- [18] Su X D, Li W, Ma J Y, *et al.* Chemical constituents from *Epimedium koreanum* Nakai and their chemotaxonomic significance [J]. *Nat Prod Res*, 2018, 32(19): 2347-2351.
- [19] 李先霞, 黄明菊, 李妍岚, 等. 肿节风中抗氧化活性成分的研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2010, 20(1): 57-60.
- [20] Qu G Z, Si C L, Wang M H. Antioxidant Constituents from *Leonurus japonicas* [J]. *Nat Prod Sci*, 2006, 12 (4): 197-200.
- [21] 吴斌, 林文辉. 昙花化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 2010, 45(7): 496-499.
- [22] Kil H W, Rho T, Yoon K D. Phytochemical study of aerial parts of *Leea asiatica* [J]. *Molecules*, 2019, 24(9): 1733.
- [23] 李杏翠, 王洪庆, 刘超, 等. 儿茶化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(11): 1425-1427.
- [24] 李鑫, 徐浩南, 李世兴, 等. “太白七药”朱砂七化学成分研究 [J]. 中草药, 2023, 54(4): 1043-1050.
- [25] 王茹, 侯飞跃, 曾梦楠, 等. 箭叶淫羊藿水提物对肺纤维化模型小鼠干预作用研究 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(20): 5612-5622.

[责任编辑 王文倩]