

缬草水提取物的化学成分研究

吴肸乐¹, 李冉¹, 李世伟¹, 张丽花¹, 韩立峰¹, 张祎¹, 王涛¹, 王少峡², 吴红华^{1*}

1. 天津中医药大学中医药研究院 组分中药国家重点实验室, 天津 301617

2. 天津中医药大学中西医结合学院, 天津 301617

摘要: 目的 对缬草 *Valeriana officinalis* 水提取物中的化学成分进行研究。方法 运用正相硅胶柱色谱、ODS 反相柱色谱、制备高效液相色谱等分离手段进行分离纯化, 采用核磁共振、质谱等多种波谱学技术鉴定化合物的化学结构, 并采用 Griess 法评价其对脂多糖诱导的小胶质细胞 BV-2 神经炎症的抑制活性。结果 从缬草水提取物中分离得到了 12 个化合物, 分别为 tinnevellin-8-O-β-D-glucopyranoside (1)、大黄素-8-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (2)、(2R,3S)-肥牛木素 (3)、左旋橄榄素-9'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (4)、左旋马尾松树脂醇-3a-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (5)、金色酰胺醇乙酸酯 (6)、松脂素 (7)、8-羟基松脂素 (8)、松脂素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (9)、8,8'-二羟基松脂素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (10)、(2S)-橙皮苷 (11) 和香蜂草苷 (12)。结论 化合物 1~4 和 6 均为首次从缬草属植物中分离得到。其中, 化合物 3~4、6、9、11~12 在不影响 BV-2 的细胞活力前提下, 可以抑制脂多糖诱导的 BV-2 细胞神经炎症因子一氧化氮 (NO) 的产生。

关键词: 缬草; 萘酚苷; 木脂素; 大黄素-8-O-β-D-吡喃葡萄糖苷; (2R,3S)-肥牛木素; 左旋橄榄素-9'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷; 金色酰胺醇乙酸酯

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2022)23-7331-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.23.003

Chemical constituents from water-soluble extract of *Valeriana officinalis*

WU Xi-le¹, LI Ran¹, LI Shi-wei¹, ZHANG Li-hua¹, HAN Li-feng¹, ZHANG Yi¹, WANG Tao¹, WANG Shao-xia², WU Hong-hua¹

1. State Key Laboratory of Component-based Chinese Medicine, Institute of Traditional Chinese Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

2. School of Integrative Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of the water-soluble extract of *Valeriana officinalis*. **Methods** Silica gel and ODS column chromatography, preparative high-performance liquid chromatography were applied for isolation of constituents from the water-soluble extract. NMR, MS and other related spectroscopic analyses were used to identify their structures, and a Griess method was used to evaluate their inhibitory activity on lipopolysaccharide-induced inflammation of BV-2 cells. **Results** Twelve compounds were isolated and identified as tinnevellin-8-O-β-D-glucopyranoside (1), emodin-8-O-β-D-glucopyranoside (2), (2R,3S)-ceplignan (3), (-)-olivil-9'-O-β-D-glucopyranoside (4), (-)-massoniresinol-3a-O-β-D-glucopyranoside (5), aurantiamide acetate (6), pinosresinol (7), 8-hydroxypinosresinol (8), pinosresinol-4-O-β-D-glucopyranoside (9), prinsepiol-4-O-β-D-glucopyranoside (10), (2S)-hesperidin (11) and didymine (12). **Conclusion** Compounds 1~4 and 6 are firstly isolated from the genus *Valeriana*. Compound 3~4, 6, 9, 11~12 showed inhibition on the production of neuroinflammatory factor NO induced by LPS in BV-2 cells, without any detectable influence on the cell viabilities.

Key words: *Valeriana officinalis* L.; naphthol glycoside; lignans; emodin-8-O-β-D-glucopyranoside; (2R,3S)-ceplignan; (-)-olivil-9'-O-β-D-glucopyranoside; aurantiamide acetate

收稿日期: 2022-06-15

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1707904); 国家“重大新药创制”科技重大专项 (2018ZX09735-002); 天津市中央引导地方科技发展专项 (21ZYJJC00080)

作者简介: 吴肸乐 (1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为中药化学药效物质基础。E-mail: 1154986475@qq.com

*通信作者: 吴红华 (1983—), 男, 硕士生导师, 副研究员。Tel: (022)59791833 E-mail: wuhonghua2011@tjutc.edu.cn

缬草 *Valeriana officinalis* L. 为忍冬科 (Caprifoliaceae) 缬草属 *Valeriana* Linn. 多年生草本植物^[1], 主要分布于我国东北、西南及西北地区^[2]。缬草以干燥根及根茎入药, 根茎呈头状或短柱状, 质坚实, 不易折断, 有特殊气味, 一般秋季采挖, 去除地上部分及泥沙, 洗净, 闷润, 切厚片, 干燥后即可药用^[3]。缬草是全世界范围内被广泛应用的传统草药之一, 最早被古希腊人用于治疗泌尿及胃肠道紊乱, 至 19 世纪被广泛用于治疗女性神经系统疾病, 有“19 世纪的安定”之称^[4]。在我国, 早在唐朝《新修本草》中就有缬草的记载, 其味辛、苦, 性温, 归心、肝经, 具有安神、理气、止痛之功效, 中医临床多配伍诸药用于治疗神经衰弱、失眠、瘰病、脘腹胀痛、腰腿痛和跌打损伤等^[5]。此外, 缬草是一种温和的镇静剂和促睡眠剂, 安全, 不良反应小, 在欧洲等地区一直作为镇静剂使用, 已有多个世纪的历史。缬草干燥根或根的提取物制成片剂或软胶囊, 可作为膳食补充剂使用^[6]。缬草富含挥发油成分, 植物化学研究发现缬草除含环烯醚萜等主要成分之外, 还含有木脂素、黄酮、生物碱及氨基酸等其他类成分^[5]。现代药理研究表明缬草在镇静、抗抑郁、抗癫痫、改善认知能力、解痉、调节血脂、抗脂质过氧化、保护肾脏以及防治胆囊结石和心脑血管系统疾病等方面均有显著作用^[7]。

本研究报道缬草水提取物的化学成分分离及结构鉴定, 从中分离并鉴定出 12 个化合物, 分别为 tinnevellin-8-O- β -D-glucopyranoside (1)、大黄素-8-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 (emodin-8-O- β -D-glucopyranoside, 2)、(2R,3S)-肥牛木素 [(2R,3S)-ceplignan, 3]、左旋橄榄素-9'-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 [(-)-olivil-9'-O- β -D-glucopyranoside, 4]、左旋马尾松树脂醇-3a-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 [(-)-massoniresinol-3a-O- β -D-glucopyranoside, 5]、金色酰胺醇乙酸酯 (aurantiamide acetate, 6)、松脂素 (pinoresinol, 7)、8-羟基松脂素 (8-hydroxy-pinoresinol, 8)、松脂素-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 (pinoresinol-4-O- β -D-glucopyranoside, 9)、8,8'-二羟基松脂素-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 (prinsepiol-4-O- β -D-glucopyranoside, 10)、(2S)-橙皮苷 [(2S)-hesperidin, 11] 和香蜂草苷 (didymin, 12)。其中, 化合物 1~4 和 6 均为首次从缬草属植物中分离得到。化合物 3~4、6、9、11~12 在不影响小胶质

细胞 BV-2 的细胞活力前提下, 能够抑制脂多糖诱导的 BV-2 细胞神经炎性因子一氧化氮 (NO) 的产生。

1 仪器与材料

MS105DU/A 十万分之一电子天平 (上海梅特勒-托利多有限公司); DLSB 型低温冷却液循环泵 (巩义市英峪予华仪器有限责任公司); EYELA-DPE-2150 旋转蒸发仪 (日本 EYELA 公司); BUCH-R-215 旋转蒸发仪 (瑞士步琪有限公司); SHZ-(DIII) 循环水式多用真空泵 (上海亚荣生化仪器厂); HHS 型电热恒温水浴锅 (上海博迅实业有限公司医疗设备厂); TH-II 型薄层加热器 (上海科哲生化科技有限公司); ZF-20D 型暗箱式紫外分析仪 (上海顾村电光仪器厂); Agilent 1260 II 型分析高效液相 (美国 Agilent 公司); 岛津 Prominence 制备型高效液相色谱仪 (日本岛津公司); SHIM-PACK PRC-ODS(H) 制备型色谱柱 (20.0 mm $\times$ 25 cm, 日本岛津公司); Bruker AV-III 600 MHz/500 MHz 核磁共振波谱仪 (瑞士 Bruker 公司); 静电场轨道阱超高分辨液质联用仪 UPLC-Q-Exactive Orbitrap-MS (美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 二氯甲烷、正丁醇、醋酸乙酯、甲醇等试剂的色谱及分析级 (天津市康科德化学试剂厂); 柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); GF₂₅₄ 薄层色谱硅胶板 (10 cm $\times$ 20 cm) 和 GF₂₅₄ 薄层制备硅胶板 (20 cm $\times$ 20 cm, 于成化工有限公司); 反相 ODS C₁₈ 柱填料 (日本 YMC 公司); D101 大孔吸附树脂 (天津海光化工有限公司); Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (瑞士 GE Healthcare 公司)。小鼠 BV-2 小胶质细胞株 (中国医学科学院基础研究所); DMEM 培养基、胰酶、胎牛血清、青霉素、链霉素、脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS, 美国 Gibco 公司); CCK-8 试剂盒 (北京同仁化学公司); NO 检测试剂盒 (上海碧云天公司); 米诺环素 (北京索莱宝公司); Forma 3111 型 CO₂ 恒温培养箱、酶标仪 (美国 Thermo 公司); 低温高速离心机 (德国 Eppendorf 公司)。

本课题研究用缬草药材购自河北安国药材市场 (样本编号 201907140185), 经天津中医药大学中药学院李天祥教授鉴定为忍冬科缬草属植物缬草 *V. officinalis* L. 的干燥根及根茎。该药材的水提取物粉末 (批号 ZDV190418) 由西安正东生物科技有限公司代提取并干燥获得。所有标本及样本现存放于天津中医药大学中医药研究院药学部。

2 方法

2.1 提取与分离

缬草水提取物 800.0 g, 4 L 纯水复溶后用等体积的醋酸乙酯萃取 4 次, 合并 4 次萃取液, 减压浓缩回收溶剂后干燥得醋酸乙酯萃取部位 8.2 g。剩余水溶液减压浓缩后经冷冻干燥得水溶性部位 786.0 g。醋酸乙酯萃取部位进一步经硅胶 (200~300 目) 柱色谱分离, 二氯甲烷-甲醇 (100:0、50:50、30:70、0:100) 洗脱, 薄层色谱检识合并, 得到 15 个精细组分 (E1~E15)。水溶性部位通过 D101 大孔树脂 (水、95%乙醇洗脱) 得到水洗脱类组分 513.0 g 和 95%乙醇洗脱类组分 111.4 g。95%乙醇洗脱类组分用纯水 (600 mL) 溶解后, 调 pH 至 4.05, 等体积正丁醇萃取 3 次, 浓缩干燥得到正丁醇萃取物 7.4 g, 进一步经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (85% 甲醇) 分离, 获得 11 个精细组分 B1~B11。精细组分 E11 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (甲醇)、ODS 开放柱色谱 (甲醇-纯水 10:90、30:70、50:50、70:30、100:0), 再经制备型 HPLC (25%、36% 和 25% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 纯化得化合物 1 (1.1 mg, t_R =10.6 min)、2 (1.1 mg, t_R =18.2 min) 和 9 (1.0 mg, t_R =18.5 min)。精细组分 E9 (0.2 g) 经 ODS 开放柱色谱, 甲醇-纯水 (10:90、30:70、50:50、70:30、100:0) 洗脱后经制备薄层色谱 (二氯甲烷-甲醇 10:1) 进一步纯化得到化合物 3 (1.5 mg)。精细组分 B5 (560.0 mg) 经 ODS 开放柱色谱甲醇-纯水 (10%、30%、50%、70%和 100%) 洗脱后经制备型 HPLC (56% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 得化合物 4 (1.0 mg, t_R =40.0 min)、5 (20.0 mg, t_R =48.0 min) 和 10 (14.0 mg, t_R =52.0 min)。精细组分 B3 (1.5 g) 经 ODS 开放柱色谱甲醇-纯水 (10%、30%、50%、70%和 100%) 洗脱后经制备型 HPLC (55% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 得化合物 6 (2.2 mg, t_R =24.7 min)。精细组分 E6 (0.4 g) 经 ODS 开放柱色谱, 甲醇-纯水 (10:90、30:70、50:50、70:30、100:0) 洗脱后通过制备型 HPLC (40% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 得到化合物 7 (1.0 mg, t_R =11.5 min)。精细组分 E5 (2.6 g), 采用硅胶 (200~300 目) 开放柱色谱二氯甲烷-甲醇 (100:0、50:50、30:70、0:100) 洗脱后经制备型 HPLC (42% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 制备得化合物 8 (3.2 mg, t_R =15.2 min)。精细组分 E13 (0.5 g) 和 E14 (1.1 g) 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱甲醇洗

脱除色素后合并, 再经 ODS 开放柱色谱, 甲醇-水 (10:90、30:70、50:50、70:30、100:0) 洗脱, 最后经制备型 HPLC (29%、33% 乙腈, 体积流量 6 mL/min) 纯化得化合物 11 (10.1 mg, t_R =13.5 min) 和 12 (6.5 mg, t_R =28.1 min)。

2.2 LPS 诱导的小胶质细胞炎症的评价

缬草为忍冬科缬草属多年生草本植物, 药理研究报道其具有一定的抗抑郁作用^[8]。抑郁症可能是一种“小胶质细胞疾病”, 因为小胶质细胞激活是神经炎症的特征性改变, 与抑郁症的发生、发展密切相关^[9-10]。因此, 本研究利用 LPS 诱导的小胶质细胞炎症模型, 使用 Griess 法^[11]考察所分离得到的化合物对 LPS 诱导的 BV-2 细胞炎症因子 NO 含量的影响, 评价其抑制神经炎症的活性。取缬草化合物适量溶于 DMSO 中 (储存浓度 10 mmol/L) 待用。BV-2 细胞于 DMEM+10%FBS+1%双抗培养液中, 置于 5%CO₂、95%空气、37 °C 饱和湿度的培养箱中, 每隔 1 d 用胰酶消化传代 (1:6) 培养。

2.2.1 待测化合物对 LPS 诱导 BV-2 细胞活力的影响 设对照组、模型组、阳性药组及药物处理组。取对数期生长细胞, 接种在 48 孔板中 (4×10^5 个/mL, 400 μ L/孔) 于 37 °C, 5% CO₂ 培养箱过夜, 对照组加入含 0.1% DMSO 的基础培养基, 模型组加入 LPS (终质量浓度为 0.1 μ g/mL), 阳性药组同时加入 LPS 和米诺环素 (终浓度为 10 μ mol/L), 药物处理组同时加入 LPS 和配制好的待测化合物 (终浓度为 10 μ mol/L), 24 h 后弃去上清加入含 10% CCK-8 的培基 (400 μ L/孔), 37 °C 孵育 30 min, 用酶标仪于 450 nm 处读取吸光度 (A) 值, 考察待测化合物对 LPS 诱导小胶质细胞活力的影响。

2.2.2 待测化合物对 LPS 诱导小胶质细胞分泌 NO 的影响 设对照组、模型组、阳性药组及药物处理组。取对数生长期细胞, 接种在 48 孔板中 (4×10^5 个/mL, 400 μ L/孔) 于 37 °C、5% CO₂ 培养箱孵育过夜, 过夜后对照组和模型组用基础培养基孵育, 阳性药组和药物处理组用相应药物处理, 各组均先预孵育 30 min, 30 min 后对照组加入 0.1% 的 DMSO, 模型组加入 LPS (终质量浓度为 0.1 μ g/mL), 阳性药组同时加入 LPS 和米诺环素 (终浓度为 10 μ mol/L), 药物处理组同时加入 LPS 和配制好的待测化合物 (终浓度为 10 μ mol/L), 24 h 后按照 NO 试剂盒说明书进行操作, 测定 540 nm 波长处 A 值, 代入相应标准曲线 ($Y=128.19X-6.7995$, $R^2=0.998$) 计算 NO 浓度。

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物 **1**: 无色油状物, 10%硫酸-乙醇溶液显绿色。 $[\alpha]_D^{25} -39.2$ (c 0.05, MeOH); CD (c 0.05, MeOH) $\lambda(\Delta\epsilon)$: 194.8 (+3.61), 202.8 (+2.60), 230.5 (+6.89); HR-ESI-MS 在 m/z 409.148 5 $[M+H]^+$ (计算值 409.149 3, $C_{20}H_{25}O_9$) 处给出准分子离子峰, 结合 1D-NMR 数据, 提示其分子式为 $C_{20}H_{24}O_9$, 不饱和度为 9。红外光谱显示有甲基 (ν_{C-H} 2919 cm^{-1} 和 2854 cm^{-1})、芳环 (1594 cm^{-1} 和 1628 cm^{-1}) 和糖上醚键 (ν_{C-O-C} 1076 cm^{-1}) 的特征吸收峰。UV λ_{max} (MeOH) nm (log ϵ): 238.3 (2.80)、250.0 (1.60)、280.0 (0.40)、336.9 (0.60)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.04 (1H, s, H-4), 6.97 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-5), 6.77 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-7), 5.03 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 4.08 (3H, s, H₃-1'), 3.95 (1H, dd, $J = 12.0, 2.2$ Hz, H-6'a), 3.71 (1H, dd, $J = 12.1, 6.2$ Hz, H-6'b), 3.54 (1H, m, H-5''), 3.50 (2H, m, H-2'', 3''), 3.39 (1H, ddd, $J = 9.2, 6.3, 2.8$ Hz, H-4''), 2.59 (3H, s, H₃-10), 2.29 (3H, s, H₃-11); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 207.9 (C=O), 159.2 (C-8), 158.5 (C-6), 154.2 (C-1), 139.0 (C-4a), 135.7 (C-3), 124.0 (C-2), 120.5 (C-4), 110.6 (C-8a), 105.0 (C-5), 102.3 (C-1''), 99.3 (C-7), 78.4 (C-5''), 78.0 (C-3''), 74.9 (C-2''), 71.5 (C-4''), 62.6 (C-6''), 57.0 (C-1'), 32.5 (C-10), 20.2 (C-11)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **1** 为 tinnevellin-8-O- β -D-glucopyranoside。

化合物 **2**: 黄色无定形粉末, 分子式为 $C_{21}H_{20}O_{10}$ 。(-)-HR-ESI-MS m/z 431.098 3 $[M-H]^-$ (计算值 431.098 4, $C_{21}H_{19}O_{10}$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.52 (1H, s, H-4), 7.30 (1H, s, H-5), 7.07 (1H, s, H-2), 7.01 (1H, s, H-7), 4.95 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 3.95 (1H, dd, $J = 12.0, 1.8$ Hz, H-6'a), 3.77 (1H, dd, $J = 12.0, 4.8$ Hz, H-6'b), 3.64 (1H, dd, $J = 9.0, 7.8$ Hz, H-2'), 3.53 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-3'), 3.51 (1H, m, H-5'), 3.47 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-4'), 2.42 (3H, s, H-11); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 188.4 (C-9), 184.5 (C-10), 163.7 (C-1), 163.5 (C-6), 163.5 (C-8), 148.2 (C-3), 138.1 (C-10a), 134.2 (C-4a), 125.2 (C-2), 120.6 (C-4), 116.3 (C-9a), 113.5 (C-8a), 113.4 (C-5), 112.2 (C-7), 104.4 (C-1'), 78.7 (C-5'), 77.4 (C-3'), 74.8 (C-2'), 71.2 (C-4'), 62.5 (C-6'), 21.9 (C-11)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定

化合物 **2** 为大黄素-8-O- β -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **3**: 白色无定形粉末, 分子式为 $C_{18}H_{18}O_7$ 。 $[\alpha]_D^{25} +32.0$ (c 0.05, MeOH); CD (c 0.01, MeOH) $\lambda(\Delta\epsilon)$: 213.7 (+3.02), 228.6 (-5.70), 259.3 (+4.00), 277.8 (+1.31), 293.2 (+2.35)。(+) -HR-ESI-MS m/z 347.111 8 $[M+H]^+$ (计算值 347.112 5, $C_{18}H_{19}O_7$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.57 (1H, d, $J = 1.1$ Hz, H-6), 7.52 (1H, s, H-4), 6.95 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2'), 6.83 (1H, dd, $J = 8.2, 1.9$ Hz, H-6'), 6.77 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 5.61 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-2), 3.89 (3H, s, 7-OCH₃), 3.87 (2H, m, H-9), 3.81 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.52 (1H, dt, $J = 11.2, 5.9$ Hz, H-3); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 174.4 (C-8), 151.5 (C-7a), 149.1 (C-3'), 147.6 (C-4'), 144.6 (C-7), 134.6 (C-1'), 132.8 (C-5), 129.0 (C-3a), 119.80 (C-4), 119.77 (C-6'), 116.2 (C-5'), 115.2 (C-6), 110.5 (C-2'), 89.8 (C-2), 64.9 (C-9), 56.5 (7-OCH₃), 56.4 (3'-OCH₃), 55.1 (C-3)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **3** 为 (2R,3S)-肥牛木素。

化合物 **4**: 黄色无定形粉末, 分子式为 $C_{26}H_{34}O_{12}$ 。 $[\alpha]_D^{25} -12.0$ (c 0.05, MeOH)。(-)-HR-ESI-MS m/z 537.198 0 $[M-H]^-$ (计算值 537.197 8, $C_{26}H_{33}O_{12}$)。 1H -NMR (600 MHz, D_2O) δ : 7.20 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2''), 7.00 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-6'), 6.97 (1H, s, H-2'), 6.89 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5'), 6.88 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5), 6.83 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-6), 4.81 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-7'), 4.44 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-1''), 4.11 (1H, m, H-9'a), 3.97 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9a), 3.91 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-6''a), 3.90 (1H, dd, $J = 12.6, 7.2$ Hz, H-9'b), 3.88 (3H, s, 3-OCH₃), 3.87 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.71 (1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-9b), 3.70 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-6''b), 3.48 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-3''), 3.43 (1H, m, H-5''), 3.38 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-4''), 3.29 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-2''), 3.07 (1H, d, $J = 14.0$ Hz, H-7a), 2.99 (1H, d, $J = 14.0$ Hz, H-7b), 2.61 (1H, q, $J = 6.8$ Hz, H-8'); ^{13}C -NMR (150 MHz, D_2O) δ : 150.7 (C-3), 150.1 (C-3'), 148.9 (C-4), 146.9 (C-4'), 135.4 (C-1), 132.2 (C-1'), 126.1 (C-6), 123.4 (C-6'), 118.4 (C-5), 118.3 (C-5'), 117.7 (C-2), 114.2 (C-2'), 105.6 (H-1'), 87.2 (C-7'), 84.2 (C-8), 79.2 (C-9), 78.8 (C-3''), 78.5 (C-5''), 76.0 (C-2''), 72.6 (C-4''), 70.6 (C-9'), 63.6 (C-6''), 60.3 (C-8), 58.9 (3'-OCH₃), 58.8 (3-OCH₃), 41.7 (C-7)。以上数据与文

献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **4** 为左旋橄榄素-9'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **5**: 黄色无定形粉末, 分子式为 $C_{26}H_{34}O_{13}$ 。 $[\alpha]_D^{25} -11.8$ (c 0.78, MeOH)。 (+)-HR-ESI-MS m/z 555.207 0 $[M+H]^+$ (计算值 555.207 2, $C_{26}H_{35}O_{13}$)。 1H -NMR (600 MHz, D_2O) δ : 7.08 (1H, s, H-2'), 7.01 (1H, d, $J = 1.3$ Hz, H-2''), 6.93 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.92 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-5''), 6.91 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-6'), 6.85 (1H, dd, $J = 8.2, 1.3$ Hz, H-6''), 5.16 (1H, s, H-2), 4.50 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-1'''), 4.18 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-3aa), 3.97 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-5a), 3.94 (1H, dd, $J = 9.0, 1.8$ Hz, H-3ab), 3.92 (1H, m, H-6'''a), 3.89 (3H, s, 3''-OCH₃), 3.88 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.76 (1H, m, H-5b), 3.74 (1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-6'''b), 3.53 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-3'''), 3.48 (1H, ddd, $J = 8.2, 6.0, 2.1$ Hz, H-5'''), 3.41 (1H, t, $J = 9.6$ Hz, H-4'''), 3.36 (1H, t, $J = 9.6$ Hz, H-2'''), 3.03 (1H, d, $J = 14.4$ Hz, H-4aa), 2.95 (1H, d, $J = 14.4$ Hz, H-4ab); ^{13}C -NMR (150 MHz, D_2O) δ : 150.0 (C-3''), 149.99 (C-3'), 147.8 (C-4'), 146.7 (C-4''), 132.3 (C-1'), 131.9 (C-1''), 126.3 (C-6''), 123.7 (C-6'), 118.2 (C-5''), 117.9 (C-5'), 117.8 (C-2''), 115.0 (C-2'), 105.6 (C-1'''), 87.4 (C-2), 84.3 (C-4), 83.5 (C-3), 78.9 (C-5'''), 78.5 (C-3'''), 76.0 (C-2'''), 75.1 (C-5), 73.9 (C-3a), 72.6 (C-4'''), 63.6 (C-6'''), 58.8 (3', 3''-OCH₃), 41.5 (C-4a)。 以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **5** 为左旋马尾松树脂醇-3a-O-β-D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **6**: 白色无定形粉末, 分子式为 $C_{27}H_{28}N_2O_4$ 。 (+)-HR-ESI-MS m/z 445.211 2 $[M+H]^+$ (计算值 445.212 2, $C_{27}H_{29}N_2O_4$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.72 (2H, dd, $J = 8.3, 1.2$ Hz, H-3'', 7''), 7.53 (1H, t, $J = 7.2, 1.2$ Hz, H-5''), 7.44 (2H, t, $J = 7.7$ Hz, H-4'', 6''), 7.11~7.26 (10H, overlapped, H-5, 6, 7, 8, 9, 5'~9'), 4.78 (1H, m, H-2), 4.31 (1H, m, H-2'), 3.98 (1H, dd, $J = 11.2, 4.4$ Hz, H-1'a), 3.91 (1H, dd, $J = 11.2, 6.1$ Hz, H-1'b), 3.13 (1H, dd, $J = 13.7, 6.8$ Hz, H-3a), 2.99 (1H, dd, $J = 13.7, 8.4$ Hz, H-3b), 2.85 (1H, dd, $J = 13.8, 6.7$ Hz, H-3'a), 2.79 (1H, dd, $J = 13.8, 7.9$ Hz, H-3'b), 2.01 (3H, s, 1'-OCOCH₃); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 173.3 (1'-OCO), 172.6 (C-1), 169.9 (C-1'), 138.9 (C-4), 138.5 (C-4'), 135.3 (C-2''), 132.9 (C-5'), 130.4 (C-6, 8), 130.3

(C-6', 8'), 129.51 (C-4'', 6''), 129.48 (C-5, 9, 5', 9'), 128.5 (C-3'', 7''), 127.8 (C-7''), 127.5 (C-7), 66.1 (C-1'), 56.6 (C-2), 51.2 (C-2'), 39.0 (C-3), 38.1 (C-3'), 20.7 (1'-OCOCH₃)。 以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **6** 为金色酰胺醇乙酸酯。

化合物 **7**: 白色无定形粉末, 分子式为 $C_{20}H_{22}O_6$ 。 (-)-HR-ESI-MS m/z 357.133 3 $[M-H]^-$ (计算值 357.134 4, $C_{20}H_{21}O_6$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.05 (2H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2, 2'), 6.85 (2H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-6, 6'), 6.78 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5, 5'), 4.97 (2H, s, H-7, 7'), 4.10 (2H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9, 9'), 3.98 (2H, d, $J = 9.6$ Hz, H-8, 8'), 3.86 (6H, s, -OCH₃); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 148.7 (C-3, 3'), 147.5 (C-4, 4'), 129.6 (C-1, 1'), 121.6 (C-6, 6'), 116.3 (C-8, 8'), 115.6 (C-5, 5'), 112.9 (C-2, 2'), 89.1 (C-7, 7'), 76.7 (C-9, 9'), 56.4 (-OCH₃)。 以上数据与文献报道基本一致^[18-19], 故鉴定化合物 **7** 为松脂素。

化合物 **8**: 白色无定形粉末, 分子式为 $C_{20}H_{22}O_7$ 。 $[\alpha]_D^{25} +33.0$ (c 0.10, MeOH)。 (+)-HR-ESI-MS m/z 375.142 9 $[M+H]^+$ (计算值 375.143 8, $C_{20}H_{23}O_7$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.05 (2H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2, 2'), 6.87 (1H, dd, $J = 8.4, 2.0$ Hz, H-6'), 6.85 (1H, dd, $J = 8.4, 2.0$ Hz, H-6), 6.78 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5, 5'), 4.84 (1H, s, H-7'), 4.68 (1H, s, H-7), 4.46 (1H, dd, $J = 9.1, 8.2$ Hz, H-8'), 4.04 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9a), 3.87 (3H, s, -OCH₃), 3.86 (3H, s, -OCH₃), 3.86 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9b), 3.76 (1H, dd, $J = 9.0, 6.0$ Hz, H-9'a), 3.04 (1H, dt, $J = 8.2, 5.8$ Hz, H-9'b); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 149.1 (C-3), 148.7 (C-3'), 147.5 (C-4), 147.4 (C-4'), 133.6 (C-1'), 129.1 (C-1), 121.6 (C-6), 120.5 (C-6'), 116.0 (C-5), 115.7 (C-5'), 112.8 (C-2), 111.3 (C-2'), 92.8 (C-8'), 89.3 (C-7), 87.8 (C-7'), 76.1 (C-9'), 72.0 (C-9), 62.4 (C-8), 56.39 (-OCH₃), 56.38 (-OCH₃)。 以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **8** 为 8-羟基松脂素。

化合物 **9**: 白色无定形粉末, 分子式为 $C_{26}H_{32}O_{11}$ 。 (+)-HR-ESI-MS m/z 521.203 2 $[M+H]^+$ (计算值 521.201 7, $C_{26}H_{33}O_{11}$)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.15 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6'), 7.03 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.95 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2), 6.92 (1H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-5'), 6.81 (1H, dd, $J = 8.1, 1.8$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 4.88 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1''), 4.76 (1H, d, $J = 4.0$ Hz, H-7),

4.71 (1H, d, $J = 4.0$ Hz, H-7'), 4.23~4.27 (2H, m, H-9), 3.85~3.88 (2H, m, H-9'), 3.87 (3H, s, 3-OCH₃), 3.86 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.69 (1H, dd, $J = 11.5, 3.6$ Hz, H-6''a), 3.52~3.44 (2H, m, H-2'', 3''), 3.39 (1H, m, H-6''b), 3.39 (1H, d, $J = 6.8$ Hz, H-8), 3.14 (1H, d, $J = 4.4$ Hz, H-8'), 3.14 (2H, m, H-4'', 5''); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 151.0 (C-3'), 149.1 (C-3), 147.5 (C-4'), 147.4 (C-4), 137.5 (C-1'), 133.8 (C-1), 120.1 (C-5), 119.8 (C-5'), 118.0 (C-6), 116.1 (C-6'), 111.6 (C-2), 111.0 (C-2'), 102.9 (C-1''), 87.5 (C-7), 87.1 (C-7'), 74.9 (C-3''), 55.5 (C-8'), 55.4 (C-8), 78.2 (C-2''), 77.9 (C-4''), 72.73 (C-9'), 72.68 (C-9), 71.3 (C-5''), 62.5 (C-6''), 56.7 (-OCH₃), 56.4 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **9** 为松脂素-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **10**: 白色无定形粉末, 分子式为 C₂₆H₃₂O₁₃。[α]_D²⁵ -60.0 (c 0.73, MeOH)。(-)-HR-ESI-MS m/z 551.177 0 [M-H]⁻ (计算值 551.177 0, C₂₆H₃₁O₁₃)。¹H-NMR (600 MHz, D₂O) δ : 7.22 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 7.16 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2'), 7.10 (1H, s, H-2), 7.04 (1H, dd, $J = 8.4, 1.6$ Hz, H-6'), 6.95 (2H, s, H-5, 6), 5.20 (1H, s, H-7), 5.16 (1H, s, H-7'), 5.15 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1''), 4.27 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9a), 4.26 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9b), 4.05 (2H, d, $J = 9.6$ Hz, H-9'), 3.93 (1H, dd, $J = 12.0, 2.4$ Hz, H-6''b), 3.91 (3H, d, $J = 12.8$ Hz, 3'-OCH₃), 3.89 (3H, d, $J = 12.8$ Hz, 3-OCH₃), 3.76 (1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-6''a), 3.61~3.65 (3H, m, H-3''~5''), 3.52 (1H, t, $J = 9.0$ Hz, H-2''); ¹³C-NMR (150 MHz, D₂O) δ : 151.4 (C-3'), 150.3 (C-3), 148.3 (C-4'), 148.2 (C-4), 134.0 (C-1), 130.7 (C-1'), 123.3 (C-6), 122.9 (C-6'), 118.5 (C-5'), 118.2 (C-5), 114.6 (C-2'), 114.5 (C-2), 103.3 (C-1''), 90.8 (C-8), 90.7 (C-8'), 90.0 (C-7), 89.8 (C-7'), 79.0 (C-3''), 78.4 (C-5''), 77.4 (C-9'), 77.3 (C-9), 75.7 (C-4''), 72.2 (C-2''), 63.4 (C-6''), 58.80 (3-OCH₃), 58.76 (3'-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **10** 为 8,8'-二羟基松脂素-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **11**: 黄色无定形粉末, 分子式为 C₂₈H₃₄O₁₅。[α]_D²⁵ -37.2 (c 0.50, MeOH); CD (c 0.02, MeOH) $\lambda(\Delta\epsilon)$: 331.9 (-1.71), 238.8 (+0.50), 209.9 (+4.50), 193.2 (+7.29), 289.8 (+3.62), 222.3 (-1.42), 202.6 (+0.19)。(+)-HR-ESI-MS m/z 611.195 7

[M+H]⁺ (计算值 611.197 0, C₂₈H₃₅O₁₅)。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.01 (1H, s, 5-OH), 9.09 (1H, s, 3'-OH), 6.95 (1H, d, $J = 8.3$ Hz, H-6'), 6.93 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2'), 6.90 (1H, d, $J = 8.3, 1.9$ Hz, H-5'), 6.14 (1H, m, H-6), 6.12 (1H, m, H-8), 5.49 (1H, dd, $J = 12.3, 3.0$ Hz, H-2), 4.98 (1H, t, $J = 7.7$ Hz, H-1''), 4.51 (1H, s, H-1'''), 3.77 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.14 (1H, dd, $J = 18.3, 5.2$ Hz, H-3a), 2.76 (1H, dd, $J = 17.0, 3.0$ Hz, H-3b), 1.09 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-6''); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 197.1 (C-4), 165.1 (C-7), 163.0 (C-5), 162.6 (C-9), 148.0 (C-4'), 146.5 (C-3'), 131.0 (C-1'), 118.0 (C-6'), 114.2 (C-5'), 112.1 (C-2'), 103.3 (C-10), 100.6 (C-1'''), 99.4 (C-1''), 96.4 (C-6), 95.6 (C-8), 78.4 (C-2), 76.3 (C-3'), 75.5 (C-5''), 73.0 (C-2''), 72.1 (C-4'''), 70.7 (C-3'''), 70.3 (C-2''), 69.6 (C-4''), 68.3 (C-5'''), 66.1 (C-6''), 55.6 (-OCH₃), 42.2 (C-3), 17.8 (C-6'')。以上数据与文献报道基本一致^[22-25], 故鉴定化合物 **11** 为 (2S)-橙皮苷。

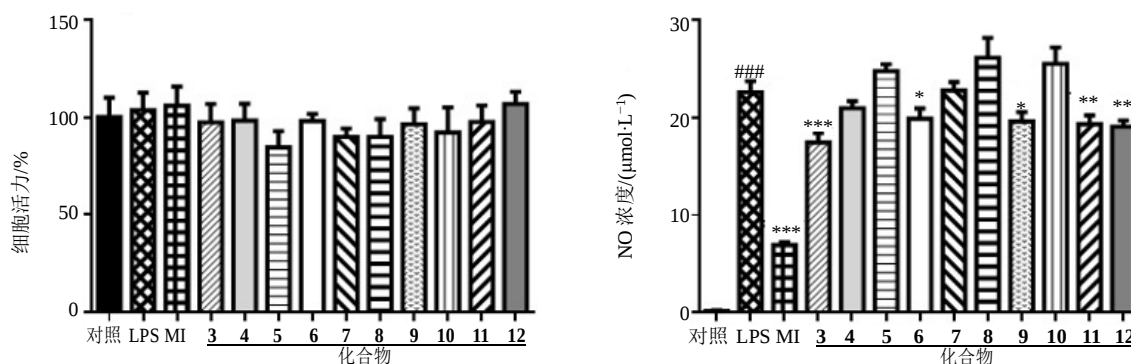
化合物 **12**: 黄色无定形粉末, 分子式为 C₂₈H₃₄O₁₄。[α]_D²⁵ -42.7 (c 0.52, MeOH); CD (c 0.06, MeOH) $\lambda(\Delta\epsilon)$: 305.0 (-0.12), 244.0 (-0.02), 224.2 (+0.48), 203.5 (+0.17), 286.0 (-0.58), 235.6 (-0.18), 216.0 (+0.54), 195.1(+0.84)。(+)-HR-ESI-MS m/z 595.2013 [M+H]⁺ (计算值 595.202 1, C₂₈H₃₅O₁₄)。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.01 (1H, s, 5-OH), 7.47 (2H, m, H-2', 6'), 6.99 (2H, dd, $J = 8.9, 2.7$ Hz, H-3', 5'), 6.14 (2H, s, H-6, 8), 5.58 (1H, m, H-2), 4.98 (1H, t, $J = 8.1$ Hz, H-1''), 4.52 (1H, s, H-1'''), 3.77 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.12 (1H, m, H-3a), 2.78 (1H, ddd, $J = 17.0, 10.2, 2.9$ Hz, H-3b), 1.09 (3H, dd, $J = 6.3, 3.9$ Hz, H-6''); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 197.1 (C-4), 165.1 (C-7), 163.0 (C-5), 162.6 (C-9), 159.5 (C-4'), 130.5 (C-1'), 128.5 (C-6'), 128.3 (C-2'), 113.95 (C-5'), 113.91 (C-3'), 103.3 (C-10), 100.6 (C-1''), 99.3 (C-1'''), 96.5 (C-6), 95.5 (C-8), 78.4 (C-2), 76.3 (C-5'), 75.6 (C-3''), 73.0 (C-2''), 72.1 (C-4'''), 70.7 (C-4''), 70.3 (C-3'''), 69.6 (C-2'''), 68.3 (C-5'''), 66.0 (C-6''), 55.2 (4'-OCH₃), 42.3 (C-3), 17.85 (C-6'')。以上数据与文献报道基本一致^[26], 故鉴定化合物 **12** 为香蜂草苷。

3.2 抗神经炎症活性评价

化合物 **3**、**4**、**6**、**9**、**11**、**12** 在不影响 BV-2 细胞的细胞活力情况下, 可以一定程度上抑制 LPS 诱

导的 BV-2 细胞神经炎性因子 NO 的产生 (图 2), 抑制率分别为 23.01%、7.35%、12.12%、13.37%、14.60%和 15.75%(表 1), 其中化合物 3 [(2R,3S)- 肥

牛木素]的活性最强, 而化合物 5、7~8、10 在 10 $\mu\text{mol/L}$ 的浓度下不能显著抑制 LPS 诱导的 BV-2 细胞神经炎性因子 NO 的产生。



MI-阳性对照米诺环素; 与对照组比较: ### $P < 0.001$; 与模型组比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$
MI-minocycline used as a positive control; ### $P < 0.001$ vs control group; * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$ vs model group

图 2 化合物 3~12 对 LPS 诱导的 BV-2 细胞活力和炎症的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 6$)

Fig. 2 Effects of compounds 3–12 on cell viability and inflammation induced by LPS in BV-2 cells ($\bar{x} \pm s, n = 6$)

表 1 化合物 3~12 对 LPS 诱导的 BV-2 细胞神经炎性因子 NO 的抑制率

Table 1 Inhibition activities of compounds 3–12 on production of neuroinflammatory factor NO induced by LPS in BV-2 cells

化合物	抑制率%	化合物	抑制率%
3	23.01	9	13.37
4	7.35	10	-13.00
5	-9.65	11	14.60
6	12.12	12	15.75
7	-1.00	米诺环素	69.88
8	-15.73		

4 讨论

本实验从缬草水提取物萃取得到的醋酸乙酯部位和水溶性部位中共分离得到 12 个化合物, 主要包括木脂素 7 个、黄酮 2 个、二肽 1 个、蒽醌 1 个和萘酚糖苷 1 个, 其中化合物 1~4 和 6 为 5 个首次从缬草属植物分离得到的化合物。神经炎症活性评价结果发现, 其中化合物 3~4、6、9、11~12 均有不同程度抑制 LPS 诱导的 BV-2 细胞神经炎症的作用。本研究丰富了缬草属植物的化学成分, 为该属植物的综合开发利用提供科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 植物科学数据中心. 植物物种名录数据集元数据 [DB/OL]. [2022-02-18]. <https://www.plantplus.cn/cn/>

datas/4.

[2] 孟繁旭, 李美阳. 缬草挥发油的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 农业与技术, 2022, 42(1): 28-30.
[3] 王俊. 六盘山药用植物原色图谱 (上册) [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2007: 105.
[4] 段雪云, 方颖, 周颖, 等. 缬草属植物综合研究概况 [J]. 中国药师, 2008, 11(7): 793-796.
[5] 祖先鹏, 张卫东, 韩竹箴, 等. 宽叶缬草水溶性化学成分研究 [J]. 第二军医大学学报, 2014, 35(2): 161-170.
[6] Patočka J, Jakl J. Biomedically relevant chemical constituents of *Valeriana officinalis* [J]. *J Appl Biomed*, 2010, 8(1): 11-18.
[7] 郅建坤, 屈会化, 栾新慧. 缬草属植物化学成分及药理研究概况 [J]. 中国药理学杂志, 2002, 37(10): 729-733.
[8] Neamati A, Chaman F, Hosseini M, et al. The effects of *Valeriana officinalis* L. hydro-alcoholic extract on depression like behavior in ovalbumin sensitized rats [J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2014, 6(2): 97-103.
[9] 欧雯雯, 张燕, 刘帮杉, 等. 抑郁症神经炎症机制的研究进展 [J]. 中南大学学报: 医学版, 2020, 45(11): 1372-1377.
[10] 孙颖哲, 郭颖, 高扬, 等. 中医治疗抑郁症的治则 [J]. 世界中医药, 2021, 16(18): 2747-2750.
[11] Tsikas D. Analysis of nitrite and nitrate in biological fluids by assays based on the Griess reaction: Appraisal of the Griess reaction in the L-arginine/nitric oxide area of research [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2007, 851(1/2): 51-70.
[12] Lemli J, Toppet S, Cuveele J, et al. Naphthalene

- glycosides in *Cassia senna* and *Cassia angustifolia* [J]. *Planta Med*, 1981, 43(1): 11-17.
- [13] 向兰, 郑俊华, 果德安, 等. 窄叶大黄蒽醌类化学成分研究 [J]. 中草药, 2001, 32(5): 395-396.
- [14] Liang S, Ying S S, Wu H H, *et al*. A novel sesquiterpene and three new phenolic compounds from the rhizomes of *Acorus tatarinowii* Schott [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2015, 25(19): 4214-4218.
- [15] Choi H, Lee J, Chang Y S, *et al*. Isolation of (-)-olivil-9'-O- β -D-glucopyranoside from *Sambucus williamsii* and its antifungal effects with membrane-disruptive action [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2013, 1828(8): 2002-2006.
- [16] 冯卫生, 郝志友, 郑晓珂, 等. 哥兰叶化学成分的研究 [J]. 药学学报, 2007, 42(6): 625-630.
- [17] 郑俊霞, 郑扬, 张磊, 等. 翠云草中酸酯类成分研究 [J]. 中成药, 2013, 35(4): 750-753.
- [18] 陈彩娟, 沈舒, 肖同书, 等. 杜仲化学成分研究 [J]. 亚太传统医药, 2012, 8(3): 25-26.
- [19] Brenes M, Hidalgo F J, García A, *et al*. Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, two new phenolic compounds identified in olive oil [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2000, 77(7): 715-720.
- [20] 张建, 杨婷婷, 李国强, 等. 川山橙枝叶的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(10): 1548-1551.
- [21] Kim M R, Moon H T, Lee D G, *et al*. A new lignan glycoside from the stem bark of *Styrax japonica* S. et Z [J]. *Arch Pharm Res*, 2007, 30(4): 425-430.
- [22] Sun Y S, Gu S B, Guo L L, *et al*. Preparative separation of five flavones from flowers of *Polygonum cuspidatum* by high-speed countercurrent chromatography [J]. *J Sep Sci*, 2014, 37(13): 1703-1709.
- [23] 王培培, 罗俊, 杨鸣华, 等. 半边莲的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 794-797.
- [24] Rachineni K, Kakita V M R, Hosur R V. Multiple homonuclear band-selective decoupling NMR: Fast and unambiguous determination of diastereomeric excess [J]. *Magn Reson Chem*, 2018, 56(10): 1037-1042.
- [25] Miyashita T, Adhikari-Devkota A, Hori K, *et al*. Flavonoids from the flowers of *Citrus 'hebesu'* [J]. *Nat Prod Commun*, 2018, 13(7): 845-847.
- [26] Liu R M, Kong L Y, Li A F, *et al*. Preparative isolation and purification of saponin and flavone glycoside compounds from *Clinopodium chinensis* (Benth) O. Kuntze by high-speed countercurrent chromatography [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 2007, 30: 521-532.

[责任编辑 王文倩]

• 封面图片介绍 •

佛 手



佛手为芸香科植物佛手 *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle 的干燥果实。常绿灌木或小乔木，高达丈余，新枝三棱形，单叶互生，长椭圆形，有透明油点，皮鲜黄色，皱而有光泽，顶端分歧，常张开如手指状，故名佛手，肉白，无种子。

佛手根、茎、叶、花、果均可入药，其果实味辛、苦，性温，归肝、脾、肺经，具有舒肝理气、和胃化痰的功效。主治肝气郁结之胁痛、胸闷，肝胃不和、脾胃气滞之脘腹胀痛、噯气、恶心，久咳痰多。

佛手手指状肉条形，质量可达 2 kg，果皮淡黄色，粗糙，果皮甚厚，难剥离，内皮白色或略淡黄色，棉质，松软，瓢囊 10~15 瓣，果肉无色，近透明或淡乳黄色，爽脆，味酸或略甜，有香气；种子小，平滑，子叶乳白色，多或单胚。通常无种子。花期 4~5 月，果期 10~11 月。