

酸藤子的化学成分研究

李婉亭¹, 李志强¹, 曾祥昊¹, 余惠敏¹, 钟国跃^{1,2}, 冯育林^{1,2*}, 何明珍^{1,2*}

1. 江西中医药大学, 江西 南昌 330006

2. 中药固体制剂制造技术国家工程研究中心, 江西 南昌 330006

摘要: 目的 研究酸藤子 *Embelia laeta* 的化学成分。方法 利用硅胶、Sephadex LH-20、HP-20 大孔吸附树脂、半制备高效液相等各种方法进行分离纯化, 通过核磁共振波谱、质谱等对化合物的结构进行表征和解析。结果 从酸藤子 70% 乙醇提取物的正丁醇萃取部位中分离得到 19 个化合物, 分别鉴定为淫羊藿次苷 D₂ (1)、山柰酚-3-*O*-β-*D*-葡萄糖-7-*O*-α-*L*-鼠李糖苷 (2)、反式对羟基桂皮酸 (3)、咖啡酸 (4)、槲皮素-3-*O*-α-*L*-鼠李糖吡喃糖基-7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷 (5)、4-(β-吡喃葡萄糖基氧基)-苯甲醛 (6)、1-*O*-对羟基肉桂酰单甘油酯 (7)、山柰酚-3-*O*-β-*D*-(2''-*O*-β-*D*-呋喃糖基)-吡喃葡萄糖苷-7-*O*-α-*L*-鼠李糖吡喃糖苷 (8)、绿原酸 (9)、反式咖啡酸 (10)、对羟基肉桂酸甲酯 (11)、反式-3-*O*-香豆酰奎宁酸 (12)、5-对反式香豆酰奎宁酸甲酯 (13)、1-(3',4'-二羟基肉桂酰基)-环戊二烯二醇 (14)、槲皮素-3-*O*-β-*D*-呋喃糖基-(1→2)-β-*D*-吡喃葡萄糖-7-*O*-α-*L*-吡喃鼠李糖苷 (15)、槲皮素-3-*O*-吡喃葡萄糖苷 (16)、桉柳黄素 3-*O*-β-*D*-葡萄糖-7-*O*-α-*L*-鼠李糖苷 (17)、*N*-(3-(4,5-三羟基-6-(羟甲基)四氢-2*H*-吡喃-2-基)氧基)丙基)肉桂酰胺 (18)、*D*-去氢南天竹啡碱 (19)。结论 其中化合物 18 为新化合物, 命名为酸藤子碱苷, 化合物 1~3、5~8、11~15、17 和 19 首次从酸藤子植物中分离得到。

关键词: 酸藤子; 淫羊藿次苷 D₂; 反式对羟基桂皮酸; 槲皮素-3-*O*-α-*L*-鼠李糖吡喃糖基-7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷; *D*-去氢南天竹啡碱

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2024)09-2868-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.09.002

Chemical constituents of *Embelia laeta*

LI Wanting¹, LI Zhiqiang¹, ZENG Xianghao¹, YU Huimin¹, ZHONG Guoyue^{1,2}, FENG Yulin^{1,2}, HE Mingzhen^{1,2}

1. Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330006, China

2. National Engineering Research Center for Manufacturing Technology of Chinese Medicine Solid Preparation, Nanchang 330006, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from *Embelia laeta*. **Methods** The compounds were separated and purified by various methods such as silica gel, Sephadex LH-20, HP-20 macroporous resin adsorption, semi-preparative high-performance liquid phase, and the structure of the compounds were identified and analyzed by nuclear magnetic resonance spectrometry and mass spectrometry. **Results** A total of nineteen compounds were isolated from the n-butanol extraction site of 70% ethanol extract of *E. laeta* and identified as icaraside D₂ (1), kaempferol-3-*O*-β-*D*-glucose-7-*O*-α-*L*-rhamnoside (2), *trans*-hydroxycinnamic acid (3), caffeic acid (4), quercetin-3-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-7-*O*-β-*D*-glucopyranoside (5), 4-(β-glucopyranosyloxy)-benzaldehyde (6), 1-*O*-*p*-hydroxycinnamyl monoglycerides (7), kaempferol-3-*O*-β-*D*-(2''-*O*-β-*D*-apiofuranosyl)-glucopyranoside-7-*O*-α-*L*-rhamnopyranoside (8), chlorogenic acid (9), *trans*-caffeic acid (10), methyl-*p*-coumarate (11), *trans*-3-*O*-coumaroylquinic acid (12), methyl 5-*trans*-coumaroylquinic acid (13), 1-(3',4'-dihydroxycinnamoyl)-cyclopenta-2,5-diol (14), quercetin-3-*O*-β-*D*-furanocelery-(1→2)-β-*D*-glucopyranos-7-*O*-α-*L*-rhamnopyranoside (15), quercetin-3-*O*-glucopyranoside (16), tamarixetin 3-*O*-β-*D*-glucoside-7-*O*-α-*L*-rhamnoside (17), *N*-(3-(4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)tetrahydro-2*H*-pyran-2-yl)oxy)propyl)cinnamamide (18), *D*-

收稿日期: 2024-03-25

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2019YFC1712302); 国家重点研发计划课题 (2019YFC1712304); 中央引导地方科技发展专项项目 (20221ZDD02007); 江西中医药大学科技创新团队 (CXTD22001)

作者简介: 李婉亭 (1999—), 女, 硕士研究生, 从事中药活性成分研究。E-mail: 1556242497@qq.com

*通信作者: 冯育林, 男, 博士, 教授, 从事中药药效物质及新药研究。E-mail: fengyulin2003@126.com

何明珍, 女, 博士, 副教授, 从事中药活性成分研究工作。E-mail: hzm07@163.com

dehydronantenine (19). **Conclusion** Among them, compound 18 is a new compound, named embelia alkali glycoside, and compounds 1—3, 5—8, 11—15, 17 and 19 were isolated from *E. laeta* for the first time.

Key words: *Embelia laeta* (L.) Mez.; icariside D₂; *trans*-hydroxycinnamic acid; quercetin-3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-7-*O*- β -*D*-glucopyranoside; *D*-dehydronantenine

酸藤子 *Embelia laeta* (L.) Mez 为紫金牛科酸藤子属植物, 是一种常用的民族药材。它广泛分布于中国、印度、越南、老挝、泰国和柬埔寨等地。酸藤子可用于治疗喉咙痛、消化不良、肠炎、月经不调、子宫出血、睾丸炎、类风湿性关节炎和外伤^[1-2]。现代药理学研究表明, 酸藤子具有多种生物活性, 如抗肿瘤、抗氧化和抗炎活性。近年研究报道已从酸藤子中分离出多种类型的化合物, 包括黄酮类、蒽醌类、木脂素、倍半萜类和酚酸类等^[3]。

课题组对酸藤子 70%乙醇提取物的正丁醇部位进行化学成分研究, 共分离得到了 19 个化合物包括 6 个黄酮类化合物, 11 个苯丙素类化合物, 1 个苯丙醇类化合物, 1 个未见报道的生物碱类化合物, 分别鉴定为淫羊藿次苷 D₂ (icariside D₂, 1)、山柰酚-3-*O*- β -*D*-葡萄糖-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷 (kaempferol-3-*O*- β -*D*-glucose-7-*O*- α -*L*-rhamnoside, 2)、反式对羟基桂皮酸 (*trans*-hydroxycinnamic acid, 3)、咖啡酸 (caffeic acid, 4)、槲皮素-3-*O*- α -*L*-鼠李糖吡喃糖基-7-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷 (quercetin-3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-7-*O*- β -*D*-glucopyranoside, 5)、4-(β -吡喃葡萄糖基氧基)-苯甲醛 [4-(β -glucopyranosyloxy)-benzaldehyde, 6]、1-*O*-对羟基肉桂酰单甘油酯 (1-*O*-*p*-hydroxycinnamyl monoglycerides, 7)、山柰酚-3-*O*- β -*D*-(2''-*O*- β -*D*-呋喃糖基)-吡喃葡萄糖苷-7-*O*- α -*L*-鼠李糖吡喃糖苷 (kaempferol-3-*O*- β -*D*-(2''-*O*- β -*D*-apiofuranosyl)-glucopyranoside-7-*O*- α -*L*-rhamnopyranoside, 8)、绿原酸 (chlorogenic acid, 9)、反式咖啡酸 (*trans*-caffeic acid, 10)、对羟基肉桂酸甲酯 (methyl-*p*-coumarate, 11)、反式-3-*O*-香豆酰奎宁酸 (*trans*-3-*O*-coumaroylquinic acid, 12)、5-对反式香豆酰奎宁酸甲酯 (methyl 5-*trans*-coumaroylquinic acid, 13)、1-(3',4'-二羟基肉桂酰基)-环戊二烯二醇 [1-(3',4'-dihydroxycinnamoyl)-cyclopenta-2,5-diol, 14]、槲皮素-3-*O*- β -*D*-呋喃糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- β -*D*-吡喃葡萄糖-7-*O*- α -*L*-吡喃鼠李糖苷 (quercetin-3-*O*- β -*D*-furanocelery-(1 $\rightarrow$ 2)- β -*D*-glucopyranos-7-*O*- α -*L*-rhamnopyranoside, 15)、槲皮素-3-*O*-吡喃葡萄糖苷 (quercetin-3-*O*-glucopyranoside, 16)、槲柳黄素 3-*O*- β -*D*-葡萄糖苷-

7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷 (tamarixetin 3-*O*- β -*D*-glucoside-7-*O*- α -*L*-rhamnoside, 17)、*N*-(3-((3,4,5-三羟基-6-(羟甲基)四氢-2*H*-吡喃-2-基)氧基)丙基)肉桂酰胺 [*N*-(3-((3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl) tetrahydro-2*H*-pyran-2-yl)oxy)propyl)cinnamamide, 18]、*D*-去氢南天竹啡碱 (*D*-dehydronantenine, 19)。其中, 化合物 18 为新化合物, 命名为酸藤子碱苷, 并且化合物 1~3、5~8、11~15、17 和 19 首次从该植物中分离得到。本研究为酸藤子进一步的开发和利用提供了依据。

1 仪器与材料

Bruker avance 600 型核磁共振仪 (德国 Bruker 公司); Triple TOF 5600 型高分辨质谱仪 (美国 AB Sciex 公司); LC-XR20 型高效 HPLC 色谱仪 (日本 Shimadzu 公司); 汉邦科技 NP7005C 型制备 HPLC 色谱仪 (江苏汉邦科技有限公司); EYALA 旋转蒸发仪 (日本 EYALA 公司); MS304S 分析天平 [梅特勒-托利多仪器 (上海) 有限公司]; 柱色谱硅胶 (100~200、200~300、300~400 目); GF₂₅₄ 薄层色谱硅胶板 (青岛海洋化工有限公司)。高效液相色谱和半制备液相色谱所使用的试剂均为色谱级, 其他为分析级。

酸藤子药材于 2014 年 9 月购自安徽亳州药材市场, 由江西中医药大学钟国跃教授鉴定为紫金牛科植物酸藤子 *E. laeta* (L.) Mez 的干燥成熟果实。标本 (20141001) 保存在江西中医药大学。

2 提取与分离

酸藤子干燥果实 10 kg, 粉碎, 用体积分数 70% 乙醇提取 3 次, 每次 1.5 h, 合并乙醇提取液, 滤过, 减压浓缩溶剂至无醇味, 干燥后, 得粗提取物 1178 g。将粗提取物加入适量水分散, 依次用石油醚、二氯甲烷、醋酸乙酯、正丁醇萃取, 萃取液减压浓缩、干燥得各部位提取物, 其中石油醚部位 112.9 g、二氯甲烷部位 162.4 g、醋酸乙酯部位 78.3 g、正丁醇部位 180.6 g。

将正丁醇部位溶解后经 HP-20 大孔吸附树脂分离, 依次以 5 倍柱体积的水、20%乙醇溶液、40%乙醇溶液、60%乙醇溶液、95%乙醇溶液梯度洗脱, 得水部位 35.64 g、20%乙醇部位 92.51 g、40%乙醇

部位 79.52 g、60%乙醇部位 102.80 g、95%乙醇部位 30.40 g。

取 20%乙醇部位 (92.51 g) 经 MCI 柱分离, 依次以 10%甲醇溶液、30%甲醇溶液、50%甲醇溶液、70%甲醇溶液、100%甲醇梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 1-1~1-5。组分 Fr. 1-3 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 1-3-1~1-3-5, 组分 Fr. 1-3-3 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (23:77) 为流动相, 得到化合物 **1** (7.0 mg); 组分 Fr. 1-3-4 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (25:75) 为流动相, 得到化合物 **3** (8.6 mg)。组分 Fr. 1-4 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 1-4-1~1-4-5, 组分 Fr. 1-4-2 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (25:75) 为流动相, 得到化合物 **2** (317.3 mg); 组分 Fr. 1-4-4 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (30:70) 为流动相, 得到化合物 **4** (15.6 mg)。组分 Fr. 1-5 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 6 个组分 Fr. 1-5-1~1-5-6, 组分 Fr. 1-5-2 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (30:70) 为流动相, 得到化合物 **5** (5.6 mg); 组分 Fr. 1-5-3 经半制备高效液相色谱分离, 以甲醇-水 (31:69) 为流动相, 得到化合物 **6** (6.3 mg)。

取 40%乙醇部位 (79.52 g) 经正向硅胶柱色谱分离, 以二氯甲烷-甲醇梯度洗脱, 得到 9 个组分 Fr. 2-1~2-9。组分 Fr. 2-1 经半制备高效液相色谱, 以甲醇-水 (30:70) 为流动相进行分离, 得到化合物 **7** (8.6 mg); 组分 Fr. 2-3 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 2-3-1~2-3-5, 组分 Fr. 2-3-3 经半制备高效液相色谱, 以甲醇-水 (33:67) 为流动相进行分离, 得到化合物 **8** (7.3 mg); 组分 Fr. 2-3-4 经半制备高效液相色谱, 以甲醇-水 (36:64) 为流动相进行分离, 得到化合物 **9** (6.5 mg)。组分 Fr. 2-5 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 2-5-1~2-5-5, 组分 Fr. 2-5-4 经半制备高效液相色谱, 以甲醇-水 (35:65) 为流动相进行分离, 得到化合物 **10** (6.4 mg)。组分 Fr. 2-6 经半制备高效液相色谱, 以甲醇-水 (34:66) 为流动相进行分离, 得到化合物 **11** (8.5 mg)。组分 Fr. 2-7 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 5 个组分 Fr. 2-7-1~2-7-5, 组分 Fr. 2-7-3 经半制备高效液相色谱, 以乙腈-水

(15:85) 为流动相进行分离, 得到化合物 **12** (7.2 mg)。组分 Fr. 2-8 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 甲醇-水梯度洗脱, 得到 4 个组分 Fr. 2-8-1~2-8-4, 组分 Fr. 2-8-3 经半制备高效液相色谱, 以乙腈-水 (17:83) 为流动相进行分离, 得到化合物 **13** (11.8 mg)。组分 Fr. 2-9 经半制备高效液相色谱, 以乙腈-水 (19:81) 为流动相进行分离, 得到化合物 **14** (6.9 mg)。

取 60%乙醇部位浸膏 (102.80 g) 经正向硅胶柱色谱分离, 以二氯甲烷-甲醇梯度洗脱, 得到 8 个组分 Fr. 3-1~3-8。组分 Fr. 3-3 经半制备高效液相色谱乙腈-水 (20:80) 分离, 得到化合物 **15** (18.6 mg); 组分 Fr. 3-4 经半制备高效液相色谱乙腈-水 (25:75) 分离, 得到化合物 **16** (15.4 mg); 组分 Fr. 3-6 经半制备高效液相色谱乙腈-水 (23:77) 分离, 得到化合物 **17** (9.5 mg); 组分 Fr. 3-7 经半制备高效液相色谱乙腈-水 (23:77) 分离, 得到化合物 **18** (8.6 mg); 组分 Fr. 3-8 经半制备高效液相色谱乙腈-水 (26:74) 分离, 得到化合物 **19** (18.5 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色片晶 (甲醇); HR-ESI-MS m/z : 299.113 6 $[M-H]^-$ (理论值 299.113 1 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{14}H_{20}O_7$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.12 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2, 6), 6.93 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3, 5), 4.80 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 4.56 (2H, d, $J = 2.8$ Hz, H-6'), 3.56 (2H, t, $J = 7.2$ Hz, H- α), 3.12~3.34 (4H, m, H-2'~5'), 2.67 (2H, t, $J = 7.2$ Hz, H- β); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 156.2 (C-4), 133.2 (C-1), 130.1 (C-2, 6), 116.5 (C-3, 5), 101.1 (C-1'), 77.5 (C-3'), 77.1 (C-5'), 73.7 (C-2'), 70.2 (C-4), 62.9 (C- α), 61.2 (C-6'), 38.7 (C- β)。以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[4], 故鉴定化合物 **1** 为淫羊藿次苷 D₂。

化合物 **2**: 黄色针状晶体 (甲醇); HR-ESI-MS m/z : 593.151 2 $[M-H]^-$ (理论值 593.150 6 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{27}H_{30}O_{15}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.61 (1H, s, 5-OH), 10.28 (1H, s, 4'-OH), 8.10 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.84 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.46 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-6'), 5.56 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, Rha-H-1), 5.49 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, Glc-H-1), 1.12 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, Rha-H-6); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 178.1 (C-4), 162.0 (C-7), 161.3 (C-5), 160.6 (C-4'), 157.2 (C-2), 156.5 (C-9), 133.9 (C-3), 131.5 (C-2', 6'), 121.3 (C-1'), 115.6 (C-3', 5'), 106.1 (C-10), 101.2

(Glc-C-1), 99.9 (C-6), 98.8 (Rha-C-1), 95.0 (C-8), 78.8 (Glc-C-5), 76.9 (Glc-C-3), 74.7 (Glc-C-2), 72.1 (Rha-C-4), 70.7 (Glc-C-4), 70.5 (Rha-C-3), 70.4 (Rha-C-2), 70.3 (Rha-C-5), 61.3 (Glc-C-6), 20.4 (Rha-C-6)。根据以上波谱数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **2** 为山柰酚-3-*O*- β -*D*-葡萄糖-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 **3**: 淡黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 163.040 1 $[M-H]^-$ (理论值 163.039 5 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_9H_8O_3$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.57 (1H, d, $J = 16.5$ Hz, H-7), 7.54 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2, 6), 6.81 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-3, 5), 6.35 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.6 (C-9), 160.1 (C-4), 144.5 (C-7), 130.6 (C-2, 6), 125.7 (C-1), 116.3 (C-3, 5), 115.7 (C-8)。根据以上波谱数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **3** 为反式对羟基桂皮酸。

化合物 **4**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 179.035 0 $[M-H]^-$ (理论值 179.034 4 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_9H_8O_4$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.48 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7), 7.03 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2), 6.99 (1H, dd, $J = 2.1, 8.2$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 6.22 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.5 (C-9), 148.7 (C-4), 146.0 (C-7), 145.0 (C-9), 126.1 (C-1), 121.6 (C-6), 116.3 (C-8), 115.4 (C-5), 115.2 (C-2)。根据以上波谱数据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **4** 为咖啡酸。

化合物 **5**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 609.145 1 $[M-H]^-$ (理论值 609.145 6 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{27}H_{30}O_{16}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.64 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 7.61 (1H, dd, $J = 2.0, 8.4$ Hz, H-6'), 6.87 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.80 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.44 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-6), 5.56 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, Rha-H-1), 5.50 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, Glc-H-1); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 178.1 (C-4), 162.0 (C-7), 161.3 (C-5), 157.1 (C-2), 156.4 (C-9), 149.2 (C-4'), 145.4 (C-3'), 134.1 (C-3), 122.2 (C-6'), 121.5 (C-1'), 116.8 (C-2'), 115.7 (C-5'), 106.1 (C-10), 另外 δ_c : 101.2, 99.9, 78.1, 76.9, 74.5, 72.1, 70.7, 70.5, 70.4, 70.3, 61.4, 18.4 分别为鼠李糖和葡萄糖的碳信号。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **5** 为槲皮素-3-*O*- α -*L*-鼠李糖吡喃糖基-7-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **6**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 283.081 9

$[M-H]^-$ (理论值 283.081 8 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{13}H_{16}O_7$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 9.89 (1H, s, CHO), 7.88 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-3, H-5), 7.21 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-2, H-6), 5.05 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1'), 4.80 (2H, d, $J = 7.6$ Hz, H-6'), 3.12~3.34 (4H, m, H-2'~5'); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 191.9 (C-7), 162.6 (C-1), 132.1 (C-5), 130.9 (C-3), 130.1 (C-4), 116.9 (C-6), 116.5 (C-2), 100.2 (C-1'), 77.6 (C-3'), 76.9 (C-5'), 73.6 (C-2'), 70.0 (C-4'), 61.0 (C-6')。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **6** 为 4-(β -吡喃葡萄糖基氧基)-苯甲醛。

化合物 **7**: 白色无定型粉末; HR-ESI-MS m/z : 237.076 7 $[M-H]^-$ (理论值 237.076 3 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{12}H_{14}O_5$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 10.05 (1H, s, OH), 7.56 (1H, d, $J = 16.6$ Hz, H- α), 7.53 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-3', 5'), 6.35 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-1 β), 4.12 (1H, dd, $J = 4.7, 11.5$ Hz, glycerol H-1 α), 3.98 (1H, dd, $J = 7.7, 11.1$ Hz, glycerol H-1 β), 3.66 (1H, m, glycerol H-2), 3.38 (2H, m, glycerol H-3); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.6 (C=O), 160.1 (C-4'), 144.5 (C- β), 130.6 (C-2', 6'), 125.7 (C-1'), 116.2 (C-3', 5'), 115.7 (C- α), 69.6 (C-2), 65.5 (C-1), 62.6 (C-3)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **7** 为 1-*O*-对羟基肉桂酰单甘油酯。

化合物 **8**: 浅黄色无定型粉末; HR-ESI-MS m/z : 725.193 0 $[M-H]^-$ (理论值 725.192 9 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{32}H_{38}O_{19}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 8.12 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2', H-6'), 6.88 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.83 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.43 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.63 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1''), 5.55 (1H, d, $J = 1.74$ Hz, H-1'''), 5.40 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-1'''), 3.52~4.08 (14H, m, H-2''~6'', H-2''', 4''', 5''', H-2''''~5'''), 1.28 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6'''''); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 178.1 (C-4), 163.1 (C-7), 161.9 (C-5), 161.3 (C-2), 160.0 (C-4'), 156.7 (C-9), 133.7 (C-3), 131.4 (C-2', 6'), 121.2 (C-1'), 115.6 (C-3', 5'), 109.1 (C-1'''), 106.1 (C-10), 101.1 (C-1''), 99.8 (C-6), 98.8 (C-1'''), 94.9 (C-8), 79.7 (C-3'''), 78.0 (C-2''), 77.6 (C-3''), 76.6 (C-2'''), 76.4 (C-5''), 74.3 (C-4''), 72.1 (C-4'''), 70.7 (C-3'''), 70.6 (C-2'''), 70.6 (C-4'), 70.3 (C-5'''), 64.6 (C-5'''), 61.1 (C-6''), 17.4 (C-6''')。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[11], 故

鉴定化合物 **8** 为山柰酚-3-*O*- β -D-(2''-*O*- β -D-呋喃糖基)-吡喃葡萄糖苷-7-*O*- α -L-鼠李糖吡喃糖苷。

化合物 **9**: 白色粉末; HR-ESI-MS m/z : 353.087 7 $[M-H]^-$ (理论值 353.08 73 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{16}H_{18}O_9$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.48 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7'), 7.04 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.97 (1H, dd, $J = 2.1, 8.2$ Hz, H-6'), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.22 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8'), 5.19 (1H, m, H-3), 3.84 (1H, m, H-5), 3.59 (1H, m, H-4), 1.82~2.07 (4H, m, H-2, 6); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 177.0 (C-7), 166.6 (C-9'), 148.7 (C-4'), 146.0 (C-3'), 144.9 (C-7'), 126.2 (C-1'), 121.6 (C-6'), 116.3 (C-5'), 115.5 (C-2'), 115.1 (C-8'), 73.4 (C-3), 71.6 (C-4), 71.4 (C-5), 68.0 (C-1), 36.1 (C-6), 35.8 (C-2)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **9** 为绿原酸。

化合物 **10**: 浅黄色针晶 (甲醇); HR-ESI-MS m/z : 311.040 6 $[M-H]^-$ (理论值 311.040 3 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{13}H_{12}O_9$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.48 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7'), 7.02 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2), 6.98 (1H, dd, $J = 2.1, 8.2$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 6.22 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.5 (C-9), 148.7 (C-4), 146.0 (C-7), 144.9 (C-3), 126.2 (C-1), 121.6 (C-6), 116.3 (C-5), 115.4 (C-2), 115.1 (C-8), 75.3 (C-10), 71.3 (C-11)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **10** 为反式咖啡酸。

化合物 **11**: 浅黄色胶状固体; HR-ESI-MS m/z : 177.055 3 $[M-H]^-$ (理论值 177.055 2 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{10}H_{10}O_3$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.54 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-1'), 7.49 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-2, 6), 6.82 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3, 5), 6.31 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'), 3.41 (3H, s, OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.3 (C=O), 160.3 (C-4), 145.0 (C-1'), 130.7 (C-2, 6), 125.6 (C-1), 115.2 (C-3, 5), 115.0 (C-2'), 49.1 (-OCH₃)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **11** 为对羟基肉桂酸甲酯。

化合物 **12**: 白色粉末; HR-ESI-MS m/z : 337.092 9 $[M-H]^-$ (理论值 337.092 3 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{16}H_{18}O_8$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.60 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7'), 7.56 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.43 (1H, d, $J = 15.9$

Hz, H-8'), 4.71 (1H, dd, $J = 2.9, 7.8$ Hz, H-2), 4.11 (1H, m, H-1), 3.98 (1H, m, H-3), 1.80~2.10 (4H, m, H-4, 6); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.0 (C-7), 166.8 (C-9'), 160.2 (C-4'), 144.9 (C-7'), 133.1 (C-6'), 130.7 (C-2'), 125.6 (C-1'), 116.3 (C-3'), 115.2 (C-5'), 115.1 (C-8'), 77.4 (C-1), 74.5 (C-5), 66.8 (C-3), 64.5 (C-4), 40.5 (C-6), 38.3 (C-2)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **12** 为反式-3-*O*-香豆酰奎宁酸。

化合物 **13**: 白色粉末; HR-ESI-MS m/z : 351.108 6 $[M-H]^-$ (理论值 351.108 0 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{17}H_{20}O_8$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.60 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7'), 7.56 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 6.41 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8'), 4.71 (1H, m, H-1), 4.10 (1H, m, H-2), 3.61 (3H, s, OCH₃), 3.94 (1H, m, H-3), 1.80~2.10 (4H, m, H-4, 6); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 174.3 (C-7), 166.8 (C-9'), 160.3 (C-4'), 145.0 (C-7'), 133.1 (C-2', C-6'), 125.6 (C-1'), 116.3 (C-3'), 115.2 (C-5'), 115.1 (C-8'), 76.0 (C-1), 74.0 (C-5), 65.8 (C-3), 64.9 (C-4), 40.5 (C-6), 38.5 (C-2)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **13** 为 5-对反式香豆酰奎宁酸甲酯。

化合物 **14**: 淡黄色固体; HR-ESI-MS m/z : 263.092 5 $[M-H]^-$ (理论值 263.091 9 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{14}H_{16}O_5$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.56 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7'), 7.54 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 6.36 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8'), 5.23 (1H, m, H-1), 4.88 (1H, m, H-2), 3.80 (1H, m, H-5), 1.70~1.90 (4H, m, H-3, 4); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 166.6 (C-9'), 160.1 (C-4'), 144.5 (C-7'), 133.1 (C-2'), 130.6 (C-6'), 125.7 (C-1'), 116.3 (C-3'), 115.3 (C-5'), 115.1 (C-8'), 73.4 (C-1), 71.3 (C-2), 68.3 (C-5), 40.5 (C-3), 35.8 (C-4)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **14** 为 1-(3',4'-二羟基肉桂酰基)-环戊二烯二醇。

化合物 **15**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 741.188 4 $[M-H]^-$ (理论值 741.187 8 $[M-H]^-$), 分子式为 $C_{32}H_{38}O_{20}$ 。 1H -NMR (700 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.72 (1H, dd, $J = 2.2, 8.7$ Hz, H-6'), 7.58 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2'), 6.84 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.79 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.42 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6), 5.63 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, Glc-H-1'), 5.56 (1H, m, Rha-H-1'''), 5.36

(1H, d, $J = 1.4$ Hz, Api-H-1'''), 1.21 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, Rha-CH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 177.9 (C-4), 161.9 (C-7), 161.3 (C-5), 156.7 (C-9), 156.3 (C-2), 149.3 (C-4'), 145.5 (C-3'), 133.9 (C-3), 122.6 (C-1'), 121.4 (C-6'), 116.4 (C-5'), 115.7 (C-2'), 109.1 (Api-C-1'''), 106.1 (C-10), 99.8 (Glc-C-1''), 98.9 (C-6), 98.8 (Rha-C-1'''), 94.6 (C-8), 79.7 (Api-C-3'''), 78.0 (Glc-C-2''), 77.6 (Api-C-2'''), 77.4 (Glc-C-5''), 76.6 (Glc-C-3''), 74.4 (Api-C-4'''), 72.0 (Rha-C-4'''), 70.7 (Rha-C-2'''), 70.6 (Rha-C-3'''), 70.5 (Rha-C-5'''), 70.3 (Glc-C-4''), 64.7 (Api-C-5''), 61.3 (Glc-C-6''), 17.9 (Rha-C-6'''). 根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **15** 为槲皮素-3-*O*- β -D-呋喃芹糖-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃葡萄糖-7-*O*- α -L-吡喃鼠李糖苷。

化合物 **16**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 464.088 2 [M-H]⁻, (理论值 464.087 7 [M-H]⁻), 分子式为 C₂₁H₂₀O₁₂。¹H-NMR (700 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.6 (1H, s, 5-OH), 7.58 (1H, dd, $J = 2.0, 8.4$ Hz, H-6'), 7.57 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.84 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5'), 6.41 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-8), 6.20 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.47 (1H, d, $J = 7.0$ Hz, Glc-H-1); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 177.7 (C-4), 164.8 (C-7), 161.7 (C-5), 156.8 (C-2), 156.6 (C-9), 148.9 (C-4'), 145.3 (C-3'), 133.7 (C-3), 122.0 (C-6'), 121.6 (C-1'), 116.6 (C-5'), 115.7 (C-2'), 104.4 (C-10), 101.1 (C-1''), 99.2 (C-6), 93.9 (C-8), 78.0 (C-5''), 76.9 (C-3''), 74.5 (C-2''), 70.4 (C-4''), 61.4 (C-6''). 根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[19], 故鉴定化合物 **16** 为槲皮素-3-*O*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **17**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 623.161 8 [M-H]⁻, (理论值 623.161 2 [M-H]⁻), 分子式为 C₂₈H₃₂O₁₆。¹H-NMR (700 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.63 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6'), 7.61 (1H, dd, $J = 8.2, 2.2$ Hz, H-2'), 6.85 (1H, d, $J = 9.1$ Hz, H-5'), 6.79 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.43 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-6), 5.55 (1H,

d, $J = 1.8$ Hz, Rha-H-1), 5.48 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, Glc-H-1), 3.63 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 178.1 (C-4), 162.0 (C-7), 161.3 (C-5), 157.1 (C-2), 156.4 (C-9), 149.1 (C-4'), 145.3 (C-3'), 134.1 (C-3), 122.2 (C-6'), 121.5 (C-1'), 116.8 (C-2'), 115.7 (C-5'), 106.1 (C-10), 101.2 (Glc-C-1), 99.8 (C-6), 98.9 (Rha-C-1), 94.8 (C-8), 78.1 (Glc-C-5), 76.9 (Glc-C-3), 74.5 (Glc-C-2), 72.1 (Rha-C-4), 70.7 (Glc-C-4), 70.5 (Rha-C-3), 70.4 (Rha-C-2), 70.3 (Rha-C-5), 61.4 (Glc-C-6), 49.1 (OCH₃), 20.4 (Rha-C-6)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **17** 为怪柳黄素 3-*O*- β -D-葡萄糖苷-7-*O*- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **18**: 黄色粉末; HR-ESI-MS m/z : 368.170 7 [M+H]⁺, (理论值 368.170 9 [M+H]⁺), 结合核磁共振波谱数据推测分子式为 C₁₈H₂₅NO₇。¹H-NMR (700 MHz, DMSO-*d*₆) 中 [δ _H 7.57 (2H, d, $J = 7.4$ Hz), 7.41 (2H, d, $J = 7.7$ Hz), 7.37 (1H, t, $J = 8.0$ Hz)] 为 1 组苯环单取代信号, [δ _H 7.40 (1H, d, $J = 16.1$ Hz), 6.65 (1H, d, $J = 15.8$ Hz)] 为反式双键信号。¹H-NMR 中 [δ _H 4.15 (1H, d, $J = 7.8$ Hz)] 为糖端基质子信号, ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) 中 δ _C 103.3 处的信号为糖端基碳信号, 并有 δ _C 73.9, 77.3, 70.5, 77.2, 61.6 归属于糖基的其他碳信号, 以上证明化合物 **18** 的结构中含有 β -D-葡萄糖取代基。化合物 **18** 的 ¹³C-NMR 谱 δ _C 165.4 显示有羰基碳, ¹H-NMR 谱中 δ _H 8.12 (1H, dd, $J = 5.7, 11.4$ Hz) 处可见活泼氢信号, 推测存在酰胺基团。DEPT 谱显示有 3 个 CH₂ 信号, 分别为 δ _C 36.6, 29.7, 67.1, HMBC 谱 (图 1) 中观察到 3 个 CH₂ 基团中氢信号与碳信号相互关联, 证明了丙基的存在。且 H-10 (δ _H 3.25) 与 C-9 (165.4) 连。综合以上波谱数据鉴定化合物 **18** 为 *N*-(3-((3,4,5-三羟基-6-(羟甲基)四氢-2*H*-吡喃-2-基)氧基)丙基)肉桂酰胺, 通过 SciFinder 检索确定为未见报道的新化合物, 命名为酸藤子碱苷。其 NMR 数据归属见表 1。

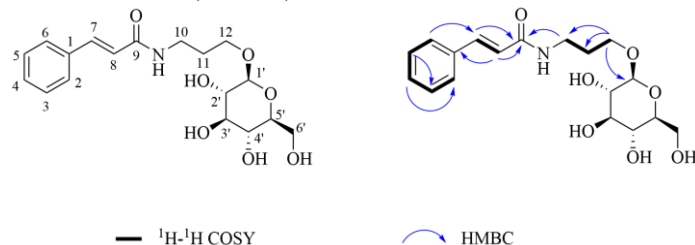


图 1 化合物 **18** 的 ¹H-¹H COSY 和 HMBC 关键信号

Fig. 1 ¹H-¹H COSY and HMBC key correlations of compound **18**

表 1 化合物 18 的 NMR 数据归属

Table 1 NMR spectroscopic data of compound 18

碳位	δ_{H}	δ_{C}
1		135.4
2, 6	7.57 (2H, d, $J = 7.4$ Hz)	128.0
3, 5	7.41 (2H, d, $J = 7.7$ Hz)	129.4
4	7.37 (1H, t, $J = 8.0$ Hz)	129.8
7	7.40 (1H, d, $J = 16.1$ Hz)	139.0
8	6.65 (1H, d, $J = 15.8$ Hz)	122.7
9		165.4
10	3.25 (1H, m), 3.32 (1H, m)	36.6
11	1.73 (2H, m)	29.7
12	3.54 (1H, m), 3.82 (1H, m)	67.1
1'	4.15 (1H, d, $J = 7.8$ Hz)	103.3
2'	2.96 (1H, t, $J = 7.8$ Hz)	73.9
3'	3.17 (1H, t, $J = 8.8$ Hz)	77.3
4'	3.06 (1H, t, $J = 9.1$ Hz)	70.5
5'	3.12 (1H, m)	77.2
6'	3.40 (1H, dd, $J = 2.1, 11.7$ Hz)	61.6
	3.69 (1H, dd, $J = 2.1, 11.7$ Hz)	
N-H	8.12 (1H, dd, $J = 5.7, 11.4$ Hz)	

化合物 19: 无色针状晶体 (甲醇); HR-ESI-MS m/z : 338.139 1 $[\text{M}+\text{H}]^+$, (理论值 338.139 2 $[\text{M}+\text{H}]^+$), 分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{NO}_4$ 。 ^1H -NMR (700 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 8.79 (1H, s, H-11), 7.19 (1H, s, H-8), 7.17 (1H, s, H-3), 6.60 (1H, s, H-7), 6.07 (2H, s, $-O\text{-CH}_2\text{-O}$), 3.93 (3H, s, 1- $O\text{-CH}_3$), 3.76 (3H, s, 2- $O\text{-CH}_3$), 3.29 (4H, m, H-4, 5), 2.97 (3H, s, $-N\text{-CH}_3$); ^{13}C -NMR (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 150.8 (C-2), 147.3 (C-1), 144.8 (C-9), 144.3 (C-10), 142.7 (C-6a), 131.9 (C-3a), 130.0 (C-7a), 125.1 (C-1a), 118.4 (C-3b), 118.1 (C-11a), 111.7 (C-3), 105.5 (C-11), 104.3 (C-8), 102.1 (C-7), 101.2 ($O\text{-CH}_2\text{-O}$), 59.7 (1- $O\text{CH}_3$), 56.6 (2- $O\text{CH}_3$), 50.1 (C-5), 31.6 ($N\text{-CH}_3$), 30.9 (C-4)。根据以上波谱数据与参考文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 19 为 *D*-去氢南天竹啡碱。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 倪绍伟, 闻程志, 叶洋洋, 等. 酸藤子化学成分研究 [J]. 中药材, 2022, 45(12): 2900-2903.
- [2] 张仲敏, 周凤玲, 陈振兴. 瑶药酸藤子的研究进展 [J].

广西中医药大学学报, 2021, 24(1): 69-73.

- [3] 杨林军, 黄文平, 黎田儿, 等. 酸藤子属植物的研究进展 [J]. 中药材, 2015, 38(8): 1761-1767.
- [4] 邵莉, 黄卫华, 张朝凤, 等. 兜唇石斛的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(14): 1693-1695.
- [5] 昶国平, 李广雷, 刘博譔, 等. 小花棘豆的化学成分研究 [J]. 中医药学报, 2014, 42(4): 15-16.
- [6] 魏健, 杨小生, 朱海燕, 等. 短尾越橘化学成分研究 [J]. 广西植物, 2008, 28(4): 558-560.
- [7] 黄婉凤, 何佳, 张琛伟, 等. 救必应中 2 个新的咖啡酸半萜酯 [J]. 中草药, 2023, 54(8): 2365-2372.
- [8] 孟江, 董晓萍, 姜志宏, 等. 鲜鱼腥草的黄酮类化合物研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(16): 1335-1337.
- [9] Leong G, Uzio R, Derbesy M. Synthesis, identification and determination of glucosides present in green *Vanilla* beans (*Vanilla fragrans* Andrews) [J]. *Flavour Fragr J*, 1989, 4(4): 163-167.
- [10] 王伟, 丁怡, 邢东明, 等. 菠萝叶酚类成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(15): 1242-1244.
- [11] Hisaeda A, Matsunami K, Otsuka H, *et al.* Flavonol glycosides from the leaves of *Indigofera zollingeriana* [J]. *J Nat Med*, 2011, 65(2): 360-363.
- [12] 李菲, 赵新亚, 赵雪梅, 等. 银花青蒿栀子方抗 A6 型柯萨奇病毒活性成分的分离 [J]. 中草药, 2022, 53(5): 1365-1371.
- [13] 栗杰, 冯艳, 林炳锋, 等. 刺五加化学成分的分离与鉴定 [J]. 中草药, 2021, 52(16): 4783-4788.
- [14] 曾鹏, 张勇, 潘晨, 等. 巴东过路黄酚类化学成分研究 [J]. 药学学报, 2013, 48(3): 377-382.
- [15] 徐贞权, 何明珍, 姚闯, 等. 杏香兔耳风化学成分研究 [J]. 中草药, 2023, 54(6): 1728-1735.
- [16] 李飞飞, 柴兴云, 徐正仁, 等. 爪哇脚骨脆的化学成分研究 [J]. 中草药, 2008, 39(7): 984-986.
- [17] Wang H B, Muraleedharan G. Novel antioxidant compounds from *Tart Cherries* (*Prunus cerasus*) [J]. *J Nat Prods*, 1999, 62: 1-3.
- [18] 史小平, 苏聪, 齐博文, 等. 地桃花中黄酮苷类成分研究 [J]. 中国药理学杂志, 2017, 52(19): 1670-1674.
- [19] 张普照, 钟国跃, 谢文伟, 等. 熏倒牛中黄酮类成分研究 [J]. 中草药, 2016, 47(20): 3565-3568.
- [20] 付文婷, 胡兰, 古丽米热·阿不都热依木, 等. 新疆中亚沙棘化学成分的分离和纯化 [J]. 新疆医科大学学报, 2009, 32(5): 570-571.
- [21] Jiang H Z. Chemical composition and cytotoxic activity of *Lindera pulcherrima* var. *hemsleyana* [J]. *Pharmaceut Chem J*, 2022, 56: 101-104.

[责任编辑 王文倩]