

杏香兔耳风化学成分研究

徐贞权¹, 何明珍¹, 姚 闽^{1,3}, 王昭君¹, 欧阳辉¹, 李志峰¹, 杨世林^{1,2}, 李军茂^{1*}, 冯育林^{1,2*}

1. 江西中医药大学, 中药固体制剂制造技术国家工程研究中心, 江西 南昌 330006

2. 创新药物与高效节能降耗制药设备国家重点实验室, 江西 南昌 330006

3. 江西省药品检验检测研究院, 江西 南昌 330029

摘要: 目的 研究兔耳风属植物杏香兔耳风 *Ainsliaea fragrans* 的化学成分。方法 采用溶剂萃取、大孔吸附树脂、硅胶、ODS 柱色谱以及 HPLC 等技术进行化学成分分离纯化, 运用核磁共振等波谱数据分析鉴定化合物结构。结果 从杏香兔耳风乙醇提取物中分离得到 20 个化合物, 分别鉴定为 3 β -O- β -D-glucopyranosyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydrozaluzanin C (1)、岩白菜素 (2)、glucozaluzanin C (3)、芹菜素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸甲酯 (4)、costunolide-15- β -D-glucopyranoside (5)、芹菜素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸苷 (6)、木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸苷 (7)、芹菜素-6,8-二-C-葡萄糖苷 (8)、绿原酸 (9)、1,3-O-二咖啡酰奎宁酸 (10)、3-O-反式对羟基香豆酰奎宁酸 (11)、木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷 (12)、木犀草素 (13)、原儿茶酸 (14)、5-O-顺式对羟基香豆酰奎宁酸 (15)、1-O-咖啡酰奎宁酸 (16)、隐绿原酸 (17)、5-O-反式对羟基香豆酰奎宁酸 (18)、3,5-O-二咖啡酰奎宁酸 (19)、2'-O-E-caffeoyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-3 β -O- β -D-glucozaluzanin C (20)。结论 化合物 2、4~8、11、15~16、18 为首次从兔耳风属植物中分离得到。

关键词: 兔耳风属; 杏香兔耳风; 咖啡酰奎宁酸; 芹菜素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸苷; 木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖醛酸苷; 芹菜素-6,8-二-C-葡萄糖苷

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2023)06-1728-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.06.004

Study on chemical constituents of *Ainsliaea fragrans*

XU Zhen-quan¹, HE Ming-zhen¹, YAO Min^{1,3}, WANG Zhao-jun¹, OUYANG Hui¹, LI Zhi-feng¹, YANG Shi-lin^{1,2}, LI Jun-mao¹, FENG Yu-lin^{1,2}

1. National Pharmaceutical Engineering Center for Solid Preparation in Chinese Herbal Medicine, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330006, China

2. State Key Laboratory of Innovative Medicine and High Efficiency and Energy Saving Pharmaceutical Equipment, Nanchang 330006, China

3. Jiangxi Institute for Drug Control, Nanchang 330029, China

Abstract: Objective To investigate chemical constituents of *Ainsliaea fragrans*. **Methods** The compounds were isolated and purified by solvent extraction, macroporous adsorbent resin, silica gel column chromatography, ODS and semi-preparative HPLC. The structures of the compounds were elucidated by spectral analyses, including MS and NMR spectral techniques. **Results** Twenty compounds were isolated from *A. fragrans* and were identified as 3 β -O- β -D-glucopyranosyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydrozaluzanin C (1), bergenin monohydrate (2), glucozaluzanin C (3), apigenin 7-O- β -(6"-methylglucuronide) (4), costunolide-15- β -D-glucopyranoside (5), apigenin-7-O- β -D-glucuronopyranoside (6), luteolin-7-O- β -D-glucuronopyranoside (7), apigenin-6,8-di-C- β -D-glucopyranoside (8), chlorogenic acid (9), 1,3-di-O-caffeoylquinic acid (10), 3-p-O-trans-coumaroylquinic

收稿日期: 2022-11-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (82173945); 国家自然科学基金资助项目 (81760702); 国家自然科学基金资助项目 (81560636); 江西省教育厅科学技术研究项目 (GJJ211261); 江西省食品药品监督管理局科研项目 (2020JS10); 江西省卫生健康委员会科技计划项目 (202211429); 江西省中医药管理局科技计划项目 (2022A366); 江西中医药大学创新基金项目 (JZYC22S60); 江西中医药大学校级科技创新团队发展计划 (CXTD22001)

作者简介: 徐贞权, 男, 硕士研究生, 从事中药活性成分研究。E-mail: xzq330225@qq.com

***通信作者:** 李军茂, 男, 博士, 讲师, 从事中药活性成分和药物代谢研究。E-mail: ljm3039@163.com

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

acid (11), luteolin-7-*O*- β -D-glucoside (12), luteolin (13), protocatechuic acid (14), 5-*p*-*cis*-coumaroylquinic acid (15), 1-*O*-caffeoylquinic acid (16), cryptochlorogenic acid (17), 5-*p*-*trans*-coumaroylquinic acid (18), 3,5-*O*-dicafeoylquinic acid (19), and 2'-*O*-*E*-caffeoyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-3 β -*O*- β -D-glucosylzanzanin C (20). **Conclusion** Compounds 2, 4–8, 11, 15–16 and 18 were isolated from the genus *Ainsliaea* for the first time.

Key words: *Ainsliaea* DC.; *Ainsliaea fragrans* Champ.; cafeoyl quinic acid; apigenin-7-*O*- β -D-glucuronopyranoside; luteolin-7-*O*- β -D-glucuronide; apigenin-6,8-di-C- β -D-glucopyranoside

杏香兔耳风 *Ainsliaea fragrans* Champ. 又名一支香、扑地金钟，为菊科兔耳风属多年生草本植物，具有清热解毒、利湿、止血等功效^[1]，主要用于治疗慢性宫颈炎、阴道炎、呼吸道感染等疾病^[2-3]。杏香兔耳风被开发成的中成药制剂，如“复方杏香兔耳风片”“复方杏香兔耳风颗粒”等，临床广泛引用用于治疗湿热带下所导致的妇科疾病。杏香兔耳风植物主要有奎宁酸类、黄酮类、倍半萜类等化学成分^[4-6]，现代药理学研究发现杏香兔耳风具有抗菌、抗炎、止血等药理学作用^[3]。课题组前期研究发现，杏香兔耳风水部位为其活性部位，为进一步开发杏香兔耳风植物资源利用，阐明该药物的药效物质基础，为其临床应用及质量控制提供科学依据，本实验对杏香兔耳风水部位的化学成分进行研究，从中分离并鉴定了 20 个化合物，分别鉴定为 8 α -hydroxy-11 α , 13-dihydroglucozaluzanin (1)、岩白菜素 (bergenin monohydrate, 2)、glucozaluzanin C (3)、芹菜素-7-*O*- β -D-葡萄糖醛酸甲酯 [apigenin 7-*O*- β -(6"-methylglucuronide), 4]、costunolide-15- β -D-glucopyranoside (5)、芹菜素-7-*O*- β -D-葡萄糖醛酸苷 (apigenin-7-*O*- β -D-glucuronopyranoside, 6)、木犀草素-7-*O*- β -D-葡萄糖醛酸苷 (luteolin-7-*O*- β -D-glucuronopyranoside, 7)、芹菜素-6,8-二-C-葡萄糖苷 (apigenin-6,8-di-C- β -D-glucopyranoside, 8)、绿原酸 (chlorogenic acid, 9)、1, 3-*O*-二咖啡酰奎宁酸 (1,3-di-*O*-caffeoylquinic acid, 10)、3-*O*-反式对羟基香豆酰奎宁酸 (3-*p*-*O*-*trans*-coumaroylquinic acid, 11)、木犀草素-7-*O*- β -D-葡萄糖苷 (luteolin-7-*O*- β -D-glucoside, 12)、木犀草素 (luteolin, 13)、原儿茶酸 (protocatechuic acid, 14)、5-*O*-顺式对羟基香豆酰奎宁酸 (5-*p*-*cis*-coumaroylquinic acid, 15)、1-*O*-咖啡酰奎宁酸 (1-*O*-caffeoylquinic acid, 16)、隐绿原酸 (cryptochlorogenic acid, 17)、5-*O*-反式对羟基香豆酰奎宁酸 (5-*p*-*trans*-coumaroylquinic acid, 18)、3,5-*O*-二咖啡酰奎宁酸 (3,5-*O*-dicafeoylquinic acid, 19)、protocatechuic acid

2'-*O*-*E*-caffeoyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-3 β -*O*- β -D-glucosylzanzanin C (20)。其中，化合物 2、4~8、11、15~16、18 为首次从兔耳风属植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker avance 600 型核磁共振仪 (德国布鲁克公司); Triple TOF 5600 型高分辨质谱仪 (美国 ABSciex 公司); EYALA 旋转蒸发器 (日本 Eyala 公司); DHG-9036A 型电热恒温鼓风干燥箱 (上海精宏实验设备有限公司); EL204 型电子天平 [梅特勒托利多仪器 (上海) 有限公司]; LC-XR20UPLC/HPLC (日本岛津公司); 汉邦 NU3000 制备液相色谱 (江苏汉邦科技股份有限公司); LC-20AT 型高效液相色谱仪 (日本岛津公司); YMC-Pack ODS-A HPLC (250 mm $\times$ 10 mm, 5 μ m, 日本); COSMOSILC18 色谱柱 (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m, 日本 Nacalai Tesque 公司); DAION HP20 树脂 (日本三菱公司); 柱色谱硅胶 (300~400 目, 青岛海洋化工有限公司); WRR 型熔点仪 (上海精密仪器有限公司); WZZ-2B 型自动旋光仪 (上海精密科学仪器有限公司); 液相和制备液相所用试剂为色谱纯, 其他均为分析纯。

杏香兔耳风药材购买于江西省樟树药材市场, 由江西中医药大学钟国跃教授鉴定为兔耳风属杏香兔耳风 *A. fragrans* Champ. 的干燥全草, 样本 (XXTEF20210905) 保存在江西中医药大学中药固体制剂制造技术国家工程研究中心。

2 提取与分离

干燥的杏香兔耳风全草 25 kg, 粉碎, 用 70% 乙醇回流提取 2 次, 每次 2 h。提取液减压浓缩至无醇味, 依次用石油醚 (60~90 $^{\circ}$ C)、醋酸乙酯萃取, 将被石油醚、醋酸乙酯萃取后的溶液称为水部位, 水部位浸膏 2082 g。

取水部位浸膏 2082 g 经 DAION HP20 树脂分离, 依次采用水及 30%、60%、90% 乙醇洗脱, 得到 4 个部位 A~D; 组分 B (280 g) 经硅胶柱色谱分离, 用二氯甲烷-甲醇 (100:0~0:100) 洗脱,

得到 15 个组分 B-1~B-15。

组分 B-8 利用硅胶柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:100) 溶剂体系梯度洗脱, 得到 42 个流分 Fr. 1~42, 经高分辨质谱仪检测, 合并 Fr. 27~42, Fr. 27~42 再经制备液相 (乙腈-水 15:85) 分离得到化合物 **1** (1700 mg, t_R =15.1 min)、**2** (16.9 mg, t_R =7.5 min); 组分 B-7 利用硅胶柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:100) 梯度洗脱, 得到 47 个流分 Fr. 1~47, 经高分辨质谱仪检测, 合并 Fr. 5~9, 再经制备液相色谱 (乙腈-水 25:75) 分离得到化合物 **13** (156.4 mg, t_R =25.4 min); 合并 Fr. 17~23, 再经制备液相 (乙腈-水 25:75) 分离得到化合物 **3** (200.1 mg, t_R =21.4 min)、**5** (61.5 mg, t_R =33.6 min)。B-12~B-15 利用 ODS 柱, 甲醇-水 (10:90→90:10) 溶剂梯度洗脱, 得到 38 个流分 Fr. 1~38, Fr. 25 再经制备液相 (乙腈-水 25:75) 分离得到化合物 **4** (50.0 mg, t_R =30.2 min); 合并 Fr. 11~13, Fr. 11~13 再经制备液相 (乙腈-水 20:80) 分离得到化合物 **6** (500.1 mg, t_R =20.8 min)、**7** (604.6 mg, t_R =25.4 min); 合并 Fr. 6~10, 再经制备液相 (乙腈-水 15:85) 分离得到化合物 **8** (54.2 mg, t_R =42.6 min); Fr. 2 经制备液相 (乙腈-水 10:90) 制备得到化合物 **11** (17.2 mg, t_R =15 min); 合并 Fr. 20~21, 再经制备液相 (乙腈-水 20:80) 制备得到化合物 **10** (14.6 mg, t_R =25.4 min)、Fr. 3~5 合并, Fr. 3~5 再经制备液相 (乙腈-水 5:95→12:82) 制备得到化合物 **14** (16.2 mg, t_R =26.3 min)、**9** (18.0 mg, t_R =32.3 min)、**15** (43.3 mg, t_R =53.1 min)、**16** (19.9 mg, t_R =60.2 min)、**17** (16.7 mg, t_R =68.3 min)、**18** (5.0 mg, t_R =79.5 min)、**19** (16.7 mg, t_R =81.5 min)。

组分 C (168 g) 经硅胶柱色谱分离, 二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:100) 溶剂体系梯度洗脱, 得到 6 个组分 C-1~C-6, 组分 C-6 利用 ODS 柱, 甲醇-水 (5:95→95:5) 溶剂梯度洗脱, 得到 60 个流分 Fr. 1~60, 合并 Fr. 10~13, 再经制备液相 (乙腈-水 13:87) 制备得到化合物 **12** (113.4 mg, t_R =23.2 min); 合并 Fr. 23~29, Fr. 23~29 再经制备液相色谱 (乙腈-水 14:86), 制备得到化合物 **20** (79.2 mg, t_R =45.3 min)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色粉末, $[\alpha]_D^{25} +36.8$ (c 0.425, CH₃OH), ESI-MS m/z 471.187 4 [M+COOH]⁻, 结合 NMR 推测分子式为 C₂₁H₃₀O₉。¹H-NMR (600

MHz, DMSO-*d*₆) δ : 5.33 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-15a), 5.17 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-15b), 4.94 (1H, brs, H-14a), 4.87 (1H, brs, H-14b), 4.44 (1H, t, J = 7.8 Hz, H-3), 4.26 (1H, d, J = 7.7 Hz, H-1'), 3.67 (1H, brd, J = 11.2 Hz, H-6'a), 3.41 (1H, m, H-6'b), 4.18 (1H, dd, J = 10.0 Hz, H-6), 3.52 (1H, m, H-8), 2.90 (1H, m, H-1), 2.80 (1H, m, H-5), 2.63 (1H, dq, J = 8.0, 7.6 Hz, H-11), 2.59 (1H, dd, J = 4.6, 13.2 Hz, H-9), 2.33 (1H, ddd, J = 10.0, 10.0, 8.0 Hz, H-7), 2.21 (1H, ddd, J = 7.7, 7.8, 13.2 Hz, H-2), 2.03 (1H, dd, J = 8.5, 13.2 Hz, H-9), 1.71 (1H, ddd, J = 7.7, 7.8, 13.2 Hz, H-2), 1.44 (3H, d, J = 7.6 Hz, H-13), 2.99~3.14 (4H, m, H-2'~5'); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 179.5 (C-12), 150.1 (C-4), 144.8 (C-10), 114.9 (C-14), 112.6 (C-15), 102.1 (C-1'), 79.5 (C-3), 79.1 (C-6), 77.3 (C-5'), 77.2 (C-3'), 74.0 (C-2'), 70.7 (C-4'), 68.9 (C-8), 61.6 (C-6'), 52.3 (C-7), 49.4 (C-5), 45.3 (C-9), 43.4 (C-1), 38.4 (C-11), 36.9 (C-2), 11.2 (C-13)。以上数据与文献报道数据基本一致^[7], 故鉴定化合物 **1** 为 3 β -O- β -D-glucopyranosyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydrozaluzanin C。

化合物 **2**: 白色针晶 (甲醇), mp 272 °C, ESI-MS m/z 327.071 4 [M-H]⁻, 结合 NMR 推测分子式为 C₁₄H₁₆O₉。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.00 (1H, s, H-7), 4.97 (1H, d, J = 10.2 Hz, 11-OH), 3.98 (1H, t, J = 9.8 Hz, H-4a), 3.85 (1H, d, J = 10.3 Hz, H-11), 3.77 (3H, s, 9-OCH₃), 3.58 (1H, t, J = 8.8 Hz, H-3); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 163.8 (C-6), 151.5 (C-8), 148.5 (C-10), 141.0 (C-9), 118.5 (C-6a), 116.3 (C-10a), 109.9 (C-7), 82.2 (C-2), 80.2 (C-4a), 74.1 (C-4), 72.5 (C-10b), 71.1 (C-3), 61.5 (C-11), 60.2 (OCH₃)。以上数据与文献报道数据基本一致^[8], 故鉴定化合物 **2** 为岩白菜素。

化合物 **3**: 白色粉末, $[\alpha]_D^{25} -12.45$ (c 0.486, CH₃OH), ESI-MS m/z 453.183 3 [M+COOH]⁻, 结合 NMR 推测分子式为 C₂₁H₂₈O₈。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.02 (1H, d, J = 3.1 Hz, H-13), 5.60 (1H, d, J = 3.1 Hz, H-13), 5.39 (1H, d, J = 1.5 Hz, H-15a), 5.19 (1H, d, J = 3.1 Hz, H-15b), 4.90 (1H, brs, H-14a), 4.88 (1H, brs, H-14b), 4.47 (1H, m, H-3), 4.29 (1H, d, J = 7.7 Hz, H-1'), 4.12 (1H, dd, J = 9.5, 9.5 Hz, H-6), 2.91 (1H, m, H-1), 2.88 (1H, m, H-7), 2.78 (1H, dd, J = 9.5, 9.5 Hz, H-5), 2.40 (1H, m, H-9a), 2.20 (1H, m, H-9b), 2.24 (1H, m, H-2), 1.75

(1H, m, H-2) 2.10 (1H, m, H-8) 1.34 (1H, m, H-8), 3.68 (1H, brd, $J = 12.0$ Hz, H-6'), 3.41 (1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-6'), 2.99~3.18 (4H, m, H-2'~5'); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 170.1 (C-12), 150.4 (C-4), 149.2 (C-10), 140.6 (C-11), 120.3 (C-13), 114.0 (C-14), 111.2 (C-15), 103.0 (C-1'), 83.7 (C-6), 79.8 (C-3), 77.3 (C-3'), 77.3 (C-5'), 74.0 (C-2'), 70.6 (C-4'), 61.6 (C-6'), 49.2 (C-5), 44.7 (C-7), 43.8 (C-1), 37.4 (C-2), 34.2 (C-9), 30.6 (C-8)。以上数据与文献报道数据基本一致^[9], 故鉴定化合物 **3** 为 glucozaluzanin C。

化合物 **4**: 黄色粉末, ESI-MS m/z 459.092 2 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $\text{C}_{22}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 13.0 (1H, brs, 5-OH), 7.96 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.86 (1H, s, H-3), 6.85 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.48 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-6), 5.57 (1H, brs, 2'-OH), 5.48 (1H, brs, 4''-OH), 5.32 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, H-1''), 5.30 (1H, brs, 3''-OH), 4.22 (1H, d, $J = 9.3$ Hz, H-5''), 3.67 (3H, s, 6''-OCH₃), 3.43 (1H, brt, $J = 9.4$ Hz, H-4'), 3.34 (2H, m, H-2'', 3''); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.5 (C-4), 169.7 (C-6''), 164.8 (C-2), 162.9 (C-7), 161.9 (C-5), 161.7 (C-4'), 129.1 (C-2', 6'), 121.5 (C-1'), 116.5 (C-3', 5'), 105.9 (C-10), 103.9 (C-3), 99.8 (C-6), 99.5 (C-1''), 95.1 (C-8), 75.9 (C-3'), 75.6 (C-5''), 73.2 (C-2''), 71.8 (C-4''), 52.5 (-OCH₃)。以上数据与文献报道数据基本一致^[10], 故鉴定化合物 **4** 为 芹菜素-7- O - β -D-葡萄糖醛酸甲酯。

化合物 **5**: 白色粉末, $[\alpha]_D^{25} + 25.18$ (c 0.027, CH₃OH), ESI-MS m/z 455.183 0 $[\text{M}+\text{COOH}]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_8$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.07 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-13a), 5.69 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-13b), 5.00 (1H, m, H-1), 4.89 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5), 4.49 (1H, d, $J = 12.1$ Hz, H-15a), 4.45 (1H, t, $J = 7.8$ Hz, H-6), 1.31 (3H, s, H-14), 4.20 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, Glc-H-1'), 3.80 (1H, d, $J = 12.0, 2.2$ Hz, Glc-H-6'a), 3.68 (1H, dd, $J = 12.0, 5.2$ Hz, Glc-H-6'b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 170.3 (C-12), 140.7 (C-11), 140.6 (C-4), 137.7 (C-10), 130.3 (C-5), 126.5 (C-1), 119.9 (C-13), 103.9 (C-1'), 79.9 (C-6), 77.3 (C-5'), 77.2 (C-3'), 74.0 (C-2'), 70.5 (C-4'), 66.5 (C-15), 61.6 (C-6'), 50.1 (C-7), 40.8 (C-3), 35.4 (C-9), 27.2 (C-2), 26.6 (C-8), 16.4 (C-14)。

以上数据与文献报道数据基本一致^[11], 故鉴定化合物 **5** 为 costunolide-15- β -D-glucopyranoside。

化合物 **6**: 黄色粉末, ESI-MS m/z 445.076 2 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $\text{C}_{21}\text{H}_{18}\text{O}_{11}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.97 (1H, s, 5-OH), 7.93 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.94 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 6.84 (1H, s, H-8), 6.45 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6), 5.27 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1''), 4.04 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''), 3.31~3.44 (3H, m, sugar-H); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.4 (C-4), 170.8 (C-6''), 164.8 (C-2), 163.0 (C-7), 161.9 (C-5), 161.6 (C-4), 157.4 (C-9), 129.0 (C-2, 6), 121.4 (C-1), 116.5 (C-3, 5), 105.9 (C-10), 103.5 (C-3), 99.8 (C-1''), 99.6 (C-6), 95.1 (C-8), 76.2 (C-5''), 75.8 (C-4''), 73.2 (C-3''), 71.8 (C-2'')。以上数据与文献报道数据基本一致^[12], 故鉴定化合物 **6** 为 芹菜素-7- O - β -D-葡萄糖醛酸苷。

化合物 **7**: 黄色粉末, ESI-MS m/z 461.072 0 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $\text{C}_{21}\text{H}_{18}\text{O}_{12}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.43 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 7.41 (1H, dd, $J = 8.5, 2.0$ Hz, H-6'), 6.91 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-5), 6.81 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.74 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.27 (1H, d, $J = 7.0$ Hz, H-1''), 4.02 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''), 3.28~3.42 (3H, m, sugar-H); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.3 (C-4), 171.1 (C-6''), 165.0 (C-2), 163.0 (C-7), 161.6 (C-5), 157.4 (C-9), 150.5 (C-4'), 146.3 (C-3'), 121.8 (C-1'), 119.6 (C-6'), 116.5 (C-5'), 114.0 (C-2'), 105.9 (C-10), 103.6 (C-3), 99.9 (C-6), 99.7 (C-1''), 95.0 (C-8), 76.2 (C-3''), 75.7 (C-5''), 73.3 (C-2''), 71.8 (C-4'')。以上数据与文献报道数据基本一致^[13], 故鉴定化合物 **7** 为 木犀草素-7- O - β -D-葡萄糖醛酸苷。

化合物 **8**: 黄色粉末, ESI-MS m/z 593.151 4 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{15}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 13.72 (1H, s, 5-OH), 8.03 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3', 5'), 6.80 (1H, s, H-3), 5.07 (1H, d, $J = 4.6$ Hz, H-1''), 4.79 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-1'), 3.89 (1H, t, $J = 9.2$ Hz, H-2'''), 3.75 (1H, m, H-6''b), 3.71 (1H, m, H-6''b), 3.50 (2H, m, H-6''a, 6'''a), 3.28 (3H, m, H-3''~5''); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.6 (C-4), 164.4 (C-2), 161.7 (C-7, 4'), 159.1

(C-5'), 155.6 (C-9), 129.4 (C-2', 6'), 122.0 (C-1'), 116.3 (C-3', 5'), 108.0 (C-6), 105.8 (C-8), 104.1 (C-10), 103.0 (C-3), 82.4 (C-5''), 81.3 (C-5''), 79.3 (C-3'''), 78.4 (C-3''), 74.6 (C-1'''), 73.9 (C-1''), 72.3 (C-2'''), 71.5 (C-2''), 71.0 (C-4'''), 69.5 (C-4''), 61.8 (C-6'''), 60.3 (C-6'')。以上数据与文献报道数据基本一致^[14], 故鉴定化合物 **8** 为芹菜素-6,8-二-C-葡萄糖苷。

化合物 **9**: 白色粉末, ESI-MS m/z 353.086 9 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_9$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.42 (1H, d, J = 16.01 Hz, H-7'), 7.03 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2'), 7.00 (1H, dd, J = 2.8 Hz, H-6'), 6.76 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-5'), 6.14 (1H, d, J = 16.1 Hz, H-8'), 5.07 (1H, m, H-3), 3.91 (1H, m, H-4), 3.57 (1H, m, H-5), 2.01 (2H, m, H-2), 1.92 (2H, m, H-6); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 175.5 (C-7), 166.2 (C-9'), 148.8 (C-4'), 146.0 (C-3'), 145.4 (C-7'), 126.0 (C-1'), 121.8 (C-6'), 116.2 (C-5'), 115.2 (C-2'), 114.8 (C-8'), 74.0 (C-1), 71.4 (C-3), 70.9 (C-4), 68.7 (C-5), 37.7 (C-6), 36.8 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[15], 故鉴定化合物 **9** 为绿原酸。

化合物 **10**: 白色粉末, ESI-MS m/z 515.128 7 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{25}H_{24}O_{12}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 9.27 (4H, brs, Ar-OH), 7.48 (1H, d, J = 15.7 Hz, H-7'), 7.45 (1H, d, J = 15.7 Hz, H-7''), 7.05 (2H, brs, H-2', 2''), 7.00 (2H, d, J = 7.6 Hz, H-6', 6''), 6.77 (2H, d, J = 7.6 Hz, H-5''), 6.21 (2H, d, J = 15.6 Hz, H-8', 8''), 5.23 (1H, m, H-3), 4.07 (1H, m, H-5), 3.60 (1H, m, H-4), 2.34 (2H, m, H-2, 6); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 173.3 (C-7), 166.5 (C-9'), 165.7 (C-9''), 148.9 (C-4'), 148.9 (C-4''), 146.1 (C-3''), 145.6 (C-7', 7''), 126.0 (C-1', 1''), 121.8 (C-6'), 121.6 (C-6''), 116.3 (C-5'), 116.3 (C-5''), 115.4 (C-2''), 115.3 (C-2'), 114.7 (C-8', 8''), 80.2 (C-1), 71.8 (C-4), 70.5 (C-5), 68.2 (C-3), 36.7 (C-6), 34.7 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[16], 故鉴定化合物 **10** 为 1,3-*O*-二咖啡酰奎宁酸。

化合物 **11**: 白色粉末, ESI-MS m/z 337.092 3 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_8$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.53 (3H, m, H-2', 6', 7') 6.81 (2H, d, J = 9.1 Hz, H-3', 5'), 6.31 (1H, d, J = 16.2 Hz, H-8'), 5.10 (1H, m, H-3), 3.75 (1H, brs, H-5), 3.55 (1H, dd, J = 3.0, 7.2 Hz, H-4), 1.80~2.06

(3H, m, H-2, 6a, 6b); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.1 (C-7), 166.5 (C-9'), 160.3 (C-4'), 144.9 (C-7'), 130.7 (C-2', 6'), 125.6 (C-1'), 116.2 (C-3'5'), 115.1 (C-8'), 74.9 (C-1), 71.8 (C-3), 71.5 (C-4), 69.7 (C-5), 40.5 (C-6), 37.8 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[17], 故鉴定化合物 **11** 为 3-*O*-反式对羟基香豆酰奎宁酸。

化合物 **12**: 黄色无定形粉末, ESI-MS m/z 447.092 4 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{21}H_{20}O_{11}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.44 (1H, dd, J = 8.7, 2.0 Hz, H-6'), 7.42 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2'), 6.92 (1H, d, J = 8.7 Hz, H-5'), 6.80 (1H, d, J = 1.8 Hz, H-8), 6.75 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.09 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-1'), 3.18~3.74 (6H, m, H-2''~6''); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.4 (C-4), 164.9 (C-7), 163.4 (C-2), 161.6 (C-5), 157.4 (C-9), 150.4 (C-4'), 146.2 (C-3'), 121.8 (C-1'), 119.6 (C-6'), 116.4 (C-5'), 114.0 (C-2'), 105.8 (C-3), 103.6 (C-10), 100.3 (C-1'), 100.0 (C-6), 95.2 (C-8), 77.6 (C-4'), 76.8 (C-3'), 73.6 (C-2'), 70.0 (C-5'), 61.1 (C-6')。以上数据与文献报道数据基本一致^[18], 故鉴定化合物 **12** 为木犀草素-7-*O*- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **13**: 黄色针晶(甲醇), mp 346~350 °C, ESI-MS m/z 285.041 5 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{15}H_{10}O_6$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.40 (2H, m, H-2', 6'), 6.90 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-5'), 6.65 (1H, s, H-3), 6.44 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.19 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.1 (C-4), 164.6 (C-7), 164.3 (C-9), 161.9 (C-5), 157.7 (C-3'), 150.1 (C-2), 146.2 (C-4'), 122.0 (C-1'), 119.4 (C-6'), 116.5 (C-2'), 113.8 (C-5'), 104.2 (C-10), 103.3 (C-3), 99.3 (C-8), 94.3 (C-6)。以上数据与文献报道数据基本一致^[19], 故鉴定化合物 **13** 为木犀草素。

化合物 **14**: 白色粉末, ESI-MS m/z 153.018 3 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_7H_6O_4$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.34 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2), 7.29 (1H, dd, J = 8.2, 2.0 Hz, H-6), 6.79 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-5); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 167.8 (C-1'), 150.4 (C-4), 145.3 (C-3), 122.3 (C-1), 122.1 (C-6), 117.0 (C-5), 115.6 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[20], 故鉴定化合物 **14**

为原儿茶酸。

化合物 **15**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z 337.092 4 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_8$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.52 (2H, d, J = 8.2 Hz, H-5', 9'), 6.80 (1H, d, J = 12.9 Hz, H-3'), 6.63 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-6', 8'), 5.19 (1H, m, H-5), 3.87 (1H, m, H-3), 3.55 (1H, m, H-4), 2.10 (2H, m, H-6), 2.02 (1H, dd, J = 3.2, 14.2 Hz, H-2 α), 1.90 (1H, m, H-2 β); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.5 (C-7), 166.6 (C-9'), 160.1 (C-4'), 144.5 (C-7'), 130.6 (C-2', 6'), 125.7 (C-1'), 116.3 (C-8'), 115.7 (C-3', 5'), 73.3 (C-1), 71.6 (C-5), 71.4 (C-4), 67.8 (C-3), 40.5 (C-2), 35.5 (C-6)。以上数据与文献报道数据基本一致^[21], 故鉴定化合物 **15** 为 5-*O*-顺式对羟基香豆酰奎宁酸。

化合物 **16**: 黄色无定形粉末, ESI-MS m/z 353.088 8 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_9$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.42 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-3'), 7.05 (1H, d, J = 1.8 Hz, H-5'), 6.98 (1H, brd, J = 8.2 Hz, H-9'), 6.77 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-8'), 6.16 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-2'), 5.09 (1H, dd, J = 5.0, 17.0 Hz, H-4), 4.76 (1H, d, J = 5.0 Hz, H-3), 2.00 (2H, m, H-2), 1.79 (2H, m, H-6); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 175.6 (C-7), 166.3 (C-1'), 148.8 (C-7'), 146.0 (C-6'), 145.4 (C-3'), 126.0 (C-4'), 121.8 (C-9'), 116.2 (C-8'), 115.2 (C-2'), 114.8 (C-5'), 74.1 (C-1), 71.4 (C-4), 71.1 (C-3), 68.8 (C-5), 37.7 (C-6), 37.2 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[22], 故鉴定化合物 **16** 为 1-*O*-咖啡酰奎宁酸。

化合物 **17**: 黄色无定形粉末, ESI-MS m/z 353.091 2 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_9$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.50 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-7'), 7.06 (1H, s, H-2'), 7.01 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-6'), 6.77 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-5'), 6.28 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-8'), 4.87 (1H, d, J = 4.8 Hz, H-4), 4.67 (1H, dd, J = 8.0, 5.0 Hz, H-3), 4.10 (1H, brs, H-5); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.0 (C-7), 166.8 (C-9'), 148.8 (C-4'), 145.3 (C-3'), 126.1 (C-1'), 121.7 (C-6'), 116.3 (C-5'), 115.2 (C-8'), 115.1 (C-2'), 77.3 (C-4), 74.5 (C-1), 66.9 (C-3), 64.5 (C-5), 40.4 (C-6), 38.3 (C-2)。以上数据与文献报道数据基本一致^[23], 故鉴定化合物 **17** 为隐绿原酸。

化合物 **18**: 黄色无定形粉末, ESI-MS m/z

337.093 5 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{16}H_{18}O_8$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.60 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-3', 5'), 7.53 (1H, m, H-7'), 6.75 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-2', 6'), 5.69 (1H, d, J = 13.2 Hz, H-8'), 3.94 (1H, s, H-3), 3.57 (1H, dd, J = 3.0, 8.4 Hz, H-4), 2.00 (2H, m, H-6); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 175.4 (C-7), 166.2 (C-9'), 160.2 (C-4'), 145.0 (C-7'), 130.7 (C-2', 6'), 125.6 (C-1'), 116.2 (C-3', 5'), 115.0 (C-8'), 74.0 (C-1), 70.9 (C-5), 70.6 (C-3), 68.6 (C-4), 37.6 (C-2), 37.6 (C-6)。以上数据与文献报道数据基本一致^[24], 故鉴定化合物 **18** 为 5-*O*-反式对羟基香豆酰奎宁酸。

化合物 **19**: 黄色无定形粉末, ESI-MS m/z 515.123 5 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{25}H_{24}O_{12}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 9.53 (2H, brs, 4', 4''-OH), 9.08 (2H, brs, 3', 3''-OH), 7.43 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7'), 7.39 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7''), 7.01 (1H, s, H-2'), 6.99 (1H, s, H-2''), 6.91 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-6', 6''), 6.74 (2H, J = 8.1 Hz, H-5', 5''), 6.21 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-8'), 6.07 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-8''), 5.29 (1H, m, H-3), 5.02 (1H, m, H-5), 4.00 (1H, m, H-3); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 173.0 (C-7), 166.5 (C-9'), 165.7 (C-9''), 148.9 (C-3'), 148.5 (C-3''), 146.0 (C-7'), 145.8 (C-7''), 145.3 (C-4', 4''), 125.8 (C-1'), 125.7 (C-1''), 121.4 (C-6'), 120.4 (C-6''), 116.3 (C-2'), 116.3 (C-2''), 116.2 (C-5'), 115.7 (C-5''), 114.9 (C-8), 114.5 (C-8'), 79.9 (C-1), 73.3 (C-5), 71.5 (C-4), 66.4 (C-3), 32.3 (C-2, 6)。以上数据与文献报道数据基本一致^[25], 故鉴定化合物 **19** 为 3,5-*O*-二咖啡酰奎宁酸。

化合物 **20**: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z 587.213 5 $[M-H]^-$, 结合 NMR 推测分子式为 $C_{30}H_{36}O_{12}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.48 (1H, d, J = 15.9 Hz, H- β), 7.02 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2''), 6.98 (1H, m, H-6''), 6.77 (1H, J = 8.1 Hz, H-5''), 6.20 (1H, d, J = 16.0 Hz, H- α), 5.15 (1H, d, J = 1.1 Hz, H-15), 5.13 (1H, d, J = 1.1 Hz, H-15), 4.94 (1H, s, H-14), 4.82 (1H, s, H-14), 4.70 (1H, m, H-2'), 4.54 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-1'), 4.46 (1H, m, H-3), 3.94 (1H, t, J = 10.0 Hz, H-6), 1.05 (3H, d, J = 7.54 Hz, H-13); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 179.3 (C-7), 166.0 (C=O), 149.9 (C-4), 148.9 (C-3''), 146.0 (C-4''), 145.6 (C- β), 144.4 (C-10), 126.0 (C-1'), 121.7

(C-6''), 116.2 (C-5''), 115.2 (C-14), 114.5 (C-2''), 113.2 (C-15), 99.4 (C-1'), 79.8 (C-3), 79.1 (C-6), 77.5 (C-5'), 74.8 (C-2'), 74.1 (C-3'), 70.9 (C-8), 69.2 (C-4'), 61.4 (C-6'), 52.6 (C-7), 49.4 (C-5), 46.0 (C-9), 43.6 (C-1), 38.3 (C-11), 36.8 (C-2), 11.1 (C-13)。以上数据与文献报道数据基本一致^[26], 故鉴定化合物 **20** 为 2'-O-E-caffeoyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-3 β -O- β -D-glucosaluzanin C。

4 讨论

本实验对杏香兔耳风的乙醇提取物进行化学成分研究, 从中分离并鉴定了 20 个化合物, 包括 4 个倍半萜类化合物, 9 个酚酸类化合物, 6 个黄酮类化合物, 1 个异香豆素类化合物, 其中化合物 **2**、**4**~**8**、**11**、**15**~**16**、**18** 为首次从兔耳风属植物中分离得到, 之前关于兔耳风属的黄酮苷类化学成分多集中于葡萄糖类黄酮, 本研究首次在杏香兔耳风植物中分离得到 3 个葡萄糖醛酸化黄酮苷, 可能为杏香兔耳风植物的专属性成分。根据文献报道, 分离得到的化合物具有良好的生物活性, 其中酚酸类成分绿原酸 (**9**)、3,5-O-二咖啡酰奎宁酸 (**19**) 有效降低 NIH3T3 细胞中炎症调节因子 PGE2 的生成^[27], 黄酮类成分木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷 (**12**)、木犀草素 (**13**) 对心肌细胞具有保护作用^[28-29]、抗炎作用^[27], 芹菜素-6,8-二-C-葡萄糖苷 (**8**) 具有抗氧化活性^[30]。倍半萜类成分 glucosaluzanin C (**3**) 对人肿瘤细胞株具有显著的非特异性细胞毒性^[31], 3 β -O- β -D-glucopyranosyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-zaluzanin C (**1**)、2'-O-E-caffeoyl-8 α -hydroxy-11 α ,13-dihydro-3 β -O- β -D-glucosaluzanin C (**20**) 具有抗环氧合酶 1 和 2 作用^[26]。上述分离得到的化合物可能为杏香兔耳风的活性物质。本研究进一步丰富了杏香兔耳风的化学成分, 为杏香兔耳风药效物质基础的进一步阐明奠定了基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 江西省卫生厅. 江西省中药材标准 [M]. 南昌: 江西科技出版社. 2014: 174-175.
- [2] 李军茂. 复方杏香兔耳风抗宫颈炎的药效物质基础及作用机制研究 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2021.
- [3] 陈欣悦, 贺文娟, 刘忠, 等. 杏香兔耳风化学成分及药理作用研究进展 [J]. 现代中药研究与实践, 2021, 35(6): 89-93.
- [4] 吴蓓, 李军茂, 黄小方, 等. UHPLC-MS/MS 法同时测定杏香兔耳风中 13 种成分的含量 [J]. 中草药, 2020, 51(15): 4025-4031.
- [5] 吴蓓, 彭春燕, 李军茂, 等. 基于 UFLC-Q-TOF-MS/MS 技术及 PCA 分析的不同产地杏香兔耳风药材差异研究 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(21): 4165-4171.
- [6] 冯发进, 许志玲, 张前军, 等. 兔耳风属植物化学成分的研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(7): 1244-1251.
- [7] Feng F, Chen M H, Xing C X, et al. Two novel sesquiterpenoids from *Ainsliaea fragrans* champ [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(10): 856-860.
- [8] 赵慧玲, 吴蓓, 王琦, 等. 百尾参化学成分分离与鉴定 [J]. 中草药, 2017, 48(3): 443-447.
- [9] Li X S, Liu J Y, Cai J N, et al. Complete ¹H and ¹³C data assignments of two new guaianolides isolated from *Ainsliaea fragrans* [J]. *Magn Reson Chem*, 2008, 46(11): 1070-1073.
- [10] 张家佳, 李香梅, 任丽花, 等. 白鹃梅化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(9): 1198-1201.
- [11] 杨辉, 谢金伦, 孙汉董. 云木香化学成分研究 I [J]. 云南植物研究, 1997, 19(1): 87-93.
- [12] 王凌天, 孙忠浩, 钟明亮, 等. 风轮菜酚酸类化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(13): 2510-2517.
- [13] 韦建华, 西庆男, 曾艳婷, 等. 壮药三角泡黄酮类化学成分研究 [J]. 中草药, 2018, 49(11): 2502-2507.
- [14] 冯晓茹, 李晓波, LUU THI THANH THUY, 等. 荨麻根脂溶性化学成分研究 [J]. 中国药理学杂志, 2017, 52(14): 1217-1222.
- [15] 王凯, 刘双, 李蒙, 等. 忍冬叶化学成分及其保肝活性研究 [J]. 中草药, 2022, 53(8): 2285-2291.
- [16] 王美娇, 王金兰, 王丹, 等. 柳蒿化学成分研究 (II) [J]. 中草药, 2019, 50(22): 5411-5418.
- [17] da Silva Pinto L, de Souza F H D, Nascimento I R, et al. Phenylpropanoids from *Paspalum atratum* (Poaceae) [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2015, 63: 68-71.
- [18] 何潇, 郭文静, 吴佳辉, 等. 鸦胆子中黄酮及其抗炎、抗补体活性的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(12): 2094-2100.
- [19] 彭谷, 黄娟, 周应军, 等. 水葱化学成分研究 [J]. 中草药, 2020, 51(19): 4902-4906.
- [20] 赵泽青, 苏艳芳, 黄雄, 等. 薤子薹地上部分化学成分研究 [J]. 中草药, 2016, 47(12): 2089-2094.
- [21] 刘江, 王海峰, 曲佳琳, 等. 甘茶花的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(3): 308-313.
- [22] 许小方, 李会军, 李萍, 等. 灰毡毛忍冬花蕾中的化学成分 [J]. 中国天然药物, 2006, 4(1): 45-48.
- [23] Yu H, Yang G Q, Sato M, et al. Antioxidant activities of aqueous extract from *Stevia rebaudiana* stem waste to inhibit fish oil oxidation and identification of its phenolic compounds [J]. *Food Chem*, 2017, 232: 379-386.

- [24] 刘梦, 李志峰, 冯宇, 等. 荔枝核化学成分的分离与鉴定 [J]. 中草药, 2019, 50(15): 3593-3597.
- [25] 杜月, 王晓琴, 包保全, 等. 祁州漏芦花化学成分研究 [J]. 中草药, 2016, 47(16): 2817-2821.
- [26] Wang H, Wu T, Yan M, *et al.* Sesquiterpenes from *Ainsliaea fragrans* and their inhibitory activities against cyclooxygenases-1 and 2 [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2009, 57(6): 597-599.
- [27] 谢斌, 吴蓓, 欧阳辉, 等. 杏香兔耳风中五种单体对 NIH3T3 细胞内 PGE2 生成的影响 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(1): 9-11.
- [28] 马春剑, 马晓静, 鲍海咏, 等. 木犀草素调控 Nrf2-Gpx4 介导铁死亡途径抑制 AngII 诱导心肌细胞肥大 [J]. 中药材, 2022(11): 2731-2736
- [29] 周玲, 解砚英, 李杰, 等. 木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷对缺血缺氧培养乳鼠心肌细胞的保护作用 [J]. 中药新药与临床药理, 2008, 19(4): 259-261.
- [30] Siger A, Czubinski J, Kachlicki P, *et al.* Antioxidant activity and phenolic content in three lupin species [J]. *J Food Composition Anal*, 2012, 25(2): 190-197.

[责任编辑 王文倩]