青钱柳中的四氢萘酮类和奎宁酸类成分

叶 宇[1], 方泗杨[1,2], 李 潇[3], 王 磊[1], 张 健[2], 潘 珂[1*], 殷志琦[1**]

([1] 中国药科大学中药学院, 南京 211198; [2] 江苏省中医药研究院转化医学实验室, 南京 210028;
[3] 中国药科大学药学院, 南京 211198)

摘 要 对青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja]叶的乙醇提取物正丁醇萃取部位进行化学成分研究。综合应用硅胶、MCI、ODS、Sephadex LH-20 柱色谱及半制备高效液相色谱等多种色谱技术进行分离纯化,从中分离得到 10 个化合物。根据理化性质及波谱数据分别鉴定为 (4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(3″,5″-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基)]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷 (**1**)、(4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(*E*)-阿魏酰基]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷 (**2**)、(1*S*,3*R*,4*S*,5*R*)-4,5-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯 (**3**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3,4-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯 (**4**)、(3*R*,5*R*)-3,4,5-*O*-三咖啡酰基奎宁酸甲酯 (**5**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-5-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯 (**6**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-对香豆酰基-4-*O*-咖啡酰基奎宁酸甲酯 (**7**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-4-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯 (**8**)、(3*R*,5*R*)-3,5-*O*-双咖啡奎宁酸甲酯 (**9**)、(1*S*,3*R*,4*R*,5*R*)-4-*O*-咖啡酰基-5-*O*-阿魏酰奎宁酸甲酯 (**10**)。其中化合物 **1** 为新化合物,化合物 **3**~**10** 为首次从青钱柳属中分离得到。

关键词 青钱柳;四氢萘酮类化合物;奎宁酸类化合物

中图分类号 R284.1 **文献标志码** A **文章编号** 1000−5048(2026)03−0314−08

doi: 10.11665/j.issn.1000−5048.2025112404

引用本文 叶宇,方泗杨,李潇,等. 青钱柳中的四氢萘酮类和奎宁酸类成分 [J]. 中国药科大学学报,2026,57(3):314-321.

Cite this article as: YE Yu, FANG Siyang, LI Xiao, *et al*. Extraction of tetralones and quinic acids from *Cyclocarya paliurus*[J]. *J China Pharm Univ*, 2026, 57(3): 314-321.

Extraction of tetralones and quinic acids from *Cyclocarya paliurus*

YE Yu[1], FANG Siyang[1,2], LI Xiao[3], WANG Lei[1], ZHANG Jian[2], PAN Ke[1*], YIN Zhiqi[1**]

[1]School of Traditional Chinese Pharmacy, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198; [2]Jiangsu Provincial Academy of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210028; [3]School of Pharmacy, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China

Abstract Chemical constituents of *n*-butanol fraction of ethanol extract from the leaves of *Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja were studied. Ten compounds were purified by silica gel, MCI, ODS, Sephadex LH-20 column chromatography and semi-preparative high-performance liquid chromatography. Based on the physicochemical properties and spectroscopic data, these compounds were identified as (4*S*)-4,8-dihydroxy-*α*-tetralone-5-[6′-(3″,5″-dimethoxy-(*E*)-*p*-coumaroyl)]-*β*-D-glucopyranoside (**1**), (4*S*)-4,8-dihydroxy-*α*-tetralone-5-[6′-(*E*)-feruloyl]-*β*-D-glucopyranoside (**2**), (1*S*,3*R*,4*S*,5*R*)-4,5-di-*O*-caffeoyl quinic acid methyl ester (**3**), (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3,4-di-*O*-caffeoyl quinic acid methyl ester (**4**), (3*R*,5*R*)-3,4,5-tri-*O*-caffeoylquinic acid methyl ester (**5**), (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-caffeoyl-5-*O*-*p*-coumaroyl quinic acid methyl ester (**6**), (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-*p*-coumaroy-4-*O*-caffeoyl quinic acid methyl ester (**7**), (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-caffeoyl-4-*O*-*p*-coumaroy quinic acid methyl ester (**8**), (3*R*,5*R*)-3,5-di-*O*-caffeoyl quinic acid methyl ester (**9**) and (1*S*,3*R*,4*R*,5*R*)-4-*O*-caffeoyl-5-*O*-feruloyl quinic acid methyl ester (**10**). Among them, compound **1** was a new compound, and compounds **3**–**10** were isolated from the genus *Cyclocarya* for the first time.

收稿日期 2025-11-24 **通信作者** *E-mail: kpan@cpu.edu.cn
**E-mail: chyzq2005@126.com

基金项目 国家自然科学基金项目(No. 82574280);江苏省自然科学基金项目(No. BK20252070);江苏省中医药科技发展计划项目(No. ZD202418)

Key words　*Cyclocarya paliurus*; tetralones; quinic acid

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 82574280); Natural Science Foundation of Jiangsu Province (BK20252070); and the Traditional Chinese Medicine Science and Technology Development Plan of Jiangsu Province (ZD202418)

青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja] 是我国特有的胡桃科青钱柳属落叶乔木, 其资源分布广泛, 在我国南方各省如安徽、江苏、浙江等地均有分布, 常生长于海拔 500~2 500 米的山地湿润的森林中[1]。青钱柳性平、味辛、微苦, 据《中国中药资源志要》记载, 其树叶、树皮、树根均可入药, 具有清热解毒、止痛等功效, 可用于治疗顽癣[2]。现代药理研究表明青钱柳具有降血糖、降血脂、降血压、改善肾纤维化等多种药理活性[3−6], 但研究主要集中在水提物和醇提物等总部位的药效分析, 对药效物质单体的机制研究甚少。目前国内外学者已从青钱柳叶中分离出超过 400 种单体成分, 包括三萜、黄酮、木脂素、单萜等多种苷元及其苷类[7−8], 但青钱柳化学成分研究仍主要聚焦在醇提物的中小极性萃取部位, 对其大极性萃取部位探究较少[9]。文献报道青钱柳醇提物及水提物具有抗糖尿病作用[10], 且水提物可以通过抑制氧化应激和醛糖还原酶活性而治疗糖尿病肾病[11], 但发挥作用的具体单体成分仍不清楚。结合课题组前期对青钱柳水提物和醇提物正丁醇部位的 HPLC 分析结果, 发现二者含有大量共有峰。为更深入地解析青钱柳大极性组分的化学成分, 本研究对青钱柳乙醇提取物的正丁醇萃取部位开展了系统性的化学分析, 从中分离获得 10 个化合物, 分别鉴定为 (4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(3″,5″-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基)]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷 (**1**)、(4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(*E*)-阿魏酰基]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷 (**2**)、(1*S*,3*R*,4*S*,5*R*)-4,5-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯 (**3**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3,4-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯 (**4**)、(3*R*,5*R*)-3,4,5-*O*-三咖啡酰基奎宁酸甲酯 (**5**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-5-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯 (**6**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-对香豆酰基-4-*O*-咖啡酰基奎宁酸甲酯 (**7**)、(1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-4-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯 (**8**)、(3*R*,5*R*)-3,5-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯 (**9**)、(1*S*,3*R*,4*R*,5*R*)-4-*O*-咖啡酰基-5-*O*-阿魏酰奎宁酸甲酯 (**10**)。其中化合物 **1** 为新化合物, 化合物 **3~10** 为首次从青钱柳属中分离得到。本研究进一步拓展了青钱柳的化学物质组成, 揭示了其化学多样性与新颖性。

1　材　料

1.1　药　材

本研究所用青钱柳叶源自南京林业大学种植基地, 并由中国药科大学中药学院秦民坚教授鉴定为青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja], 植物标本现存放于中国药科大学中药制药系, 标本号为 L20201018。

1.2　仪器与试剂

UV-2600i 型紫外光谱仪(日本 Shimadzu 公司); Tensor 27 型红外光谱仪、Avance-600 型核磁共振谱仪(^{1}H: 600 MHz, ^{13}C: 150 MHz, 德国 Bruker 公司); Rudolph Autopol Ⅳ旋光仪(美国 Rudolph 公司); Agilent 1260 Infinity 高效液相色谱仪、Q-TOF-6520 型质谱仪(ESI; 负离子模式; 毛细管电压 3 500 V, 干燥气温度 325 ℃, 扫描范围 *m/z* 100~1 700, 美国 Agilent 公司); Alltech 3300 ELSD 检测器(美国 Grace 公司); SSI/LabAlliance 半制备液相色谱仪(美国 LabAlliance 公司), Atlantis® T3 制备柱、分析色谱柱(美国 Waters 公司); 柱色谱硅胶 100 ~ 200 目、200~300 目(青岛海洋化工公司); ODS RP-C_{18} 硅胶、硅胶 60 F_{254} 薄层色谱板(德国 Merck 公司); ODS RP-C_{18}(日本 YMC 公司); MCI(日本 MGC 公司); Sephadex LH-20(美国 Pharmacia 公司); 所用试剂均为市售色谱纯或分析纯。

2　提取分离

取干燥青钱柳叶 49.6 kg, 以 80% 乙醇冷浸提取 3 次(每次 7 d)。减压浓缩至无醇味, 得粗浸膏 (9.4 kg)。将粗浸膏分散于水中, 依次采用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取, 得到不同极性部位。取正丁醇部位 (1.3 kg) 上样于 D101 大孔树脂柱, 用乙醇-水 (0∶100→95∶5) 系统梯度洗脱, 收集 7 个流分 (Fr. A-G)。其中 Fr. D 经硅胶(200~300 目)柱色谱

分离，以 $CHCl_3$-MeOH(100∶10→0∶100) 梯度洗脱，得到亚流分 Fr. D1~D6。Fr. D3 经 Sephadex LH-20 柱色谱、MCI 柱色谱、ODS 反相柱色谱反复分离，最后经半制备 HPLC 等度洗脱纯化，得到化合物 **1** (17.9 mg)、**2** (33.7 mg)、**6** (16.2 mg)、**7** (11.2 mg)、**8** (22.5 mg)、**9** (14.6 mg)、**10** (4.7 mg)。Fr. D5 依次通过 Sephadex LH-20 柱色谱、ODS 反相柱色谱及硅胶柱色谱(均采用梯度洗脱)，再经半制备 HPLC 等度洗脱纯化，得到化合物 **3** (7.3 mg)、**4** (10.4 mg)、**5** (28.0 mg)。化合物 **1**~**10** 的结构式见图 1。

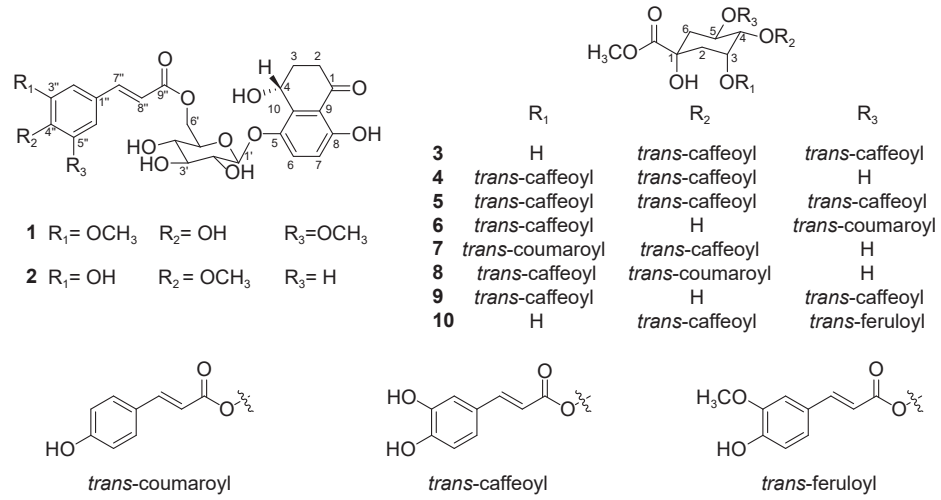


Figure 1 Chemical structures of compounds **1**−**10**

3 结构鉴定

3.1 化合物 **1**

黄色无定型粉末，$[\alpha]_D^{20}$ –4.0° (*c* 0.1, MeOH)，易溶于甲醇等有机试剂。香草醛-浓硫酸反应显紫色，酸水解检出 D-葡萄糖，推测其为糖苷类化合物。HR-ESI-MS 显示准分子离子峰 *m/z*: 561.162 1[M–H]$^-$ (calcd for $C_{27}H_{29}O_{13}^-$, 561.161 4)，确定其分子式为 $C_{27}H_{30}O_{13}$。UV(CH_3OH)λ_{max}: 331, 228 nm; IR(KBr, *ν*): 3 355.6, 3 007.6, 2 918.8, 1 693.5, 1 643.8, 1 607.1, 1 517.7, 1 468.1, 1 175.1, 1 074.8 cm^{-1}。

^{1}H NMR 谱显示出 *α*-四氢萘酮母核的特征信号，包括一个羟基质子信号 *δ* 12.02 (1H, s)，一组邻位偶合芳环质子信号 *δ* 7.41 (1H, d, *J*=9.0 Hz) 和 6.80 (1H, d, *J*=9.0 Hz)，一个次甲基氢信号 *δ* 5.20 (1H, t, *J*=3.2 Hz)，两个亚甲基氢信号 *δ* 2.99 (1H, m), 2.44 (1H, m) 和 2.11 (2H, m)。而一组反式烯氢信号 *δ* 7.55 (1H, d, *J*=15.8 Hz) 和 6.53 (1H, d, *J*=15.9 Hz)，一组 3, 4, 5-三取代的芳环质子信号 *δ* 7.02 (2H, br.s) 及两个甲氧基氢信号 *δ* 3.81 (6H, s) 提示化合物 **1** 中存在一个 3,5-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基。另外，^{1}H NMR 谱中可见一组葡萄糖基的氢信号，其中位于 *δ* 4.75 (1H, d, *J*=7.5 Hz) 的信号可归属为 *β*-葡萄吡喃糖基的端基氢信号。

化合物 **1** 的^{13}C NMR 谱显示其含有 27 个碳信号，包括两个羰基碳信号 *δ* 205.5 和 166.5，8 个季碳信号 (*δ* 156.9, 148.1×2, 146.8, 138.5, 134.6, 124.3, 114.8)，2 个亚甲基碳信号 (*δ* 32.4, 29.0)，7 个次甲基碳信号 (*δ* 145.5, 127.7, 106.3×2, 114.7, 117.1, 58.8) 以及 2 个甲氧基碳信号 (*δ* 56.8×2)。其中，*β*-葡萄吡喃糖基的端基碳位于 *δ* 103.0。以上信息结合酸水解和 HPLC 分析结果，提示化合物 **1** 含有一个 *β*-D-葡萄糖。将化合物 **1** 的碳氢数据与文献报道的 Cyclopaloside B[12] 对照，两者核磁数据接近，差别在于 Cyclopaloside B 中葡萄糖 6′位取代的是对阿魏酰基，而化合物 **1** 中葡萄糖 6′位取代的是 3,5-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基，故推测化合物 **1** 为 4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(3″,5″-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基)]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **1** 的^{1}H-^{1}H COSY 谱可观察到 $\delta_{H\text{-}2a}$ 2.99 与 $\delta_{H\text{-}3}$ 2.11、$\delta_{H\text{-}3}$ 2.11 与 $\delta_{H\text{-}4}$ 5.20、$\delta_{H\text{-}7''}$ 7.55 与 $\delta_{H\text{-}8''}$ 6.53 的相关信号，结合碳谱信号，证实存在 *α*-四氢萘酮与 3″,5″-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基的结构。HMBC 中的 $\delta_{H\text{-}1'}$ 4.75 与 $\delta_{C\text{-}5}$ 146.8 相关信号证实了葡萄糖连接在苷元的 C-5 位，而 $\delta_{H\text{-}6'a}$ 4.40 与 $\delta_{C\text{-}9''}$ 166.5、$\delta_{H\text{-}6'b}$ 4.27 与 $\delta_{C\text{-}9''}$ 166.5 的相关信号证实 3″,5″-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基连在葡萄糖的 C-6′位，

见图 2-A。化合物 **1** 的 C-4 位绝对构型进一步通过圆二色谱 (CD) 确定。文献报道 4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮的 C-4 位若为 *R* 构型, 则在 266 nm 处显示正 Cotton 效应, 若为 *S* 构型则在 266 nm 处显示负 Cotton 效应[13]。化合物 **1** 的 CD 谱图在 266 nm 处显示负 Cotton 效应, 说明化合物 **1** 的 C-4 为 *S* 构型, 见图 2-B。

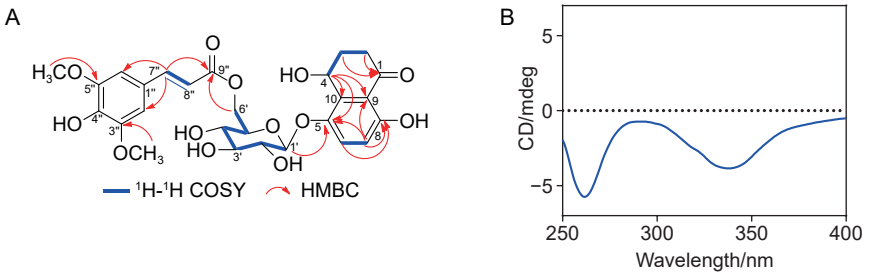


Figure 2　Key 2D NMR correlations (A) and CD spectrum (B) of compound **1**

综合上述解析, 确定化合物 **1** 的结构为 (4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(3′′,5′′-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基)]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷, 即 (4*S*)-4,8-dihydroxy-*α*-tetralone-5-[6′-(3′′,5′′-dimethoxy-(*E*)-*p*-coumaroyl)]-*β*-D-glucopyranoside, 经 Scifinder 检索为一新化合物。化合物 **1** 的 ^{1}H NMR、^{13}C NMR、^{1}H-^{1}H COSY、HSQC 和 HMBC 谱信号的归属见表 1。

3.2　化合物 **2**

黄色无定型粉末, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm 下有暗斑, 365 nm 下有黄色荧光, 浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 532, 分子式为 $C_{26}H_{28}O_{12}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) *δ*: 7.59 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′′), 7.45 (1H, d, *J*=9.1 Hz, H-6), 7.16 (1H, br.s, H-2′′), 7.05 (1H, br d, *J*=8.0 Hz, H-6′′), 6.82 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′′), 6.79 (1H, d, *J*=9.1 Hz, H-7), 6.34 (1H, d, *J*=15.8 Hz, H-8′′), 5.35 (1H, t, *J*=3.4 Hz, H-4), 4.80 (1H, d, *J*=7.5 Hz, H-1′), 4.52 (1H, dd, *J*=11.9, 2.3 Hz, H-6′a), 4.39 (1H, dd, *J*=11.9, 6.7 Hz, H-6′b), 3.90 (3H, s, 4′′-OMe), 3.64 (1H, m, H-5′), 3.55 (1H, m, H-2′), 3.49 (1H, m, H-3′), 3.44 (1H, m, H-4′), 3.04 (1H, m, H-2a), 2.49 (1H, m, H-2b), 2.20 (2H, m, H-3)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) *δ*: 206.4 (C-1), 168.8 (C-9′′), 159.3 (C-8), 150.8 (C-4′′), 149.4 (C-3′′), 148.5 (C-5), 147.1 (C-7′′), 135.4 (C-10), 128.9 (C-6), 127.6 (C-1′′), 124.2 (C-6′′), 118.9 (C-7), 116.6 (C-5′′), 116.2 (C-9), 115.2 (C-8′′), 111.7 (C-2′′), 104.5 (C-1′), 77.9 (C-3′), 75.8 (C-5′), 75.3 (C-2′), 71.7 (C-4′), 64.5 (C-6′), 61.3 (C-4), 56.5 (4′′-OMe), 33.5 (C-2), 30.3 (C-3)。以上波谱数据与文献 [12] 对照基本一致, 故确定化合物 **2** 为 (4*S*)-4,8-二羟基-*α*-四氢萘酮-5-[6′-(*E*)-阿魏酰基]-*β*-D-吡喃葡萄糖苷。

Table 1　NMR spectroscopic data of compound **1** (600 and 150 MHz, DMSO-d_6, *J* in Hz)

Position	δ_H [a]	δ_C [b]	^{1}H-^{1}H COSY	HMBC (H→C)
1	—	205.5	—	—
2	2.99 (m) 2.44 (m)	32.4	H-3	C-1, 3, 4
3	2.11 (m)	29.0	H-2, 4	C-1, 2, 4
4	5.20 (t, 3.2)	58.8	H-3	C-2, 5, 9, 10
5	—	146.8	—	—
6	7.41 (d, 9.0)	127.7	H-7	C-5, 8, 10
7	6.80 (d, 9.0)	117.1	H-6	C-5, 8, 9
8	—	156.9	—	—
9	—	114.8	—	—
10	—	134.6	—	—
Glc-1′	4.75 (d, 7.5)	103.0	H-2′	C-5, 2′, 3′
Glc-2′	3.35 (m)	73.6	H-1′, 3′	C-1′, 3′, 4′
Glc-3′	3.35 (m)	76.1	H-2′, 4′	C-1′, 2′, 4′
Glc-4′	3.26 (t, 9.1)	70.0	H-3′, 5′	C-3′, 5′, 6′
Glc-5′	3.58 (dt, 6.8, 3.8)	73.9	H-4′, 6′	C-1′, 3′, 4′, 6′
Glc-6′	4.40 (dd, 11.9, 2.2) 4.27 (dd, 11.9, 6.9)	63.2	H-5′	C-4′, 5′, 9′′
Cin-1′′	—	124.3	—	—
Cin-2′′	7.02 (br.s)	106.3	—	C-1′′, 3′′, 4′′, 6′′, 7′′
Cin-3′′	—	148.1	—	—
Cin-4′′	—	138.5	—	—
Cin-5′′	—	148.1	—	—
Cin-6′′	7.02 (br.s)	106.3	—	C-1′′, 2′′, 4′′, 5′′, 7′′
Cin-7′′	7.55 (d, 15.8)	145.5	H-8′′	C-2′′, 6′′, 8′′, 9′′
Cin-8′′	6.53 (d, 15.9)	114.7	H-7′′	C-1′′, 7′′, 9′′
Cin-9′′	—	166.5	—	—

[a] Measured at 600 MHz; [b] Measured at 150 MHz. Glc: Glucopyranosyl; Cin: 3′′, 5′′-Dimethoxy-4′′-hydroxy-(*E*)-cinnamoyl

3.3　化合物 **3**

淡黄色无定型粉末, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm

下有暗斑，365 nm 下有蓝色荧光，浓硫酸-香草醛反应显淡粉色。相对分子质量为 530，分子式为 $C_{26}H_{26}O_{12}$。^{1}H NMR (DMSO-d_6, 600 MHz) δ: 7.49 (1H, d, J=15.8 Hz, H-7′), 7.42 (1H, d, J=15.8 Hz, H-7′′), 7.04 (2H, t, J=2.5 Hz, H-2′, 2′′), 6.99 (2H, t, J=8.0, 2.4 Hz, H-6′, 6′′), 6.78 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5′), 6.76 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5′′), 6.25 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′), 6.12 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′′), 5.17 (1H, m, H-5), 5.08 (1H, dd, J=8.3, 5.0 Hz, H-4), 3.85 (1H, dd, J=5.7, 3.1 Hz, H-3), 3.59 (3H, s, 7-OMe), 2.20 (2H, m, H-6), 2.00 (2H, m, H-2)。^{13}C NMR (DMSO-d_6, 150 MHz) δ: 173.7 (C-7), 166.0 (C-9′), 165.3(C-9′′), 148.7 (C-4′), 148.4 (C-4′′), 145.7 (C-3′), 145.6 (C-3′′), 145.4 (C-7′), 145.0 (C-7′′), 125.5 (C-1′), 125.2 (C-1′′), 121.4 (C-6′), 121.2 (C-6′′), 115.9 (C-5′), 115.8 (C-5′′), 114.7 (C-2′), 114.6 (C-2′′), 114.4 (C-8′), 113.5 (C-8′′), 72.4 (C-1), 70.9 (C-4), 69.9 (C-3, 5), 51.9 (7-OMe), 40.1 (C-2), 34.4 (C-6)。以上波谱数据与文献 [14] 对照基本一致，故确定化合物 **3** 为 (1*S*,3*R*,4*S*,5*R*)-4,5-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯。

3.4 化合物 4

淡黄色无定型粉末，易溶于甲醇，紫外 254 nm 下有暗斑，365 nm 下有蓝色荧光，浓硫酸-香草醛反应显淡粉色。相对分子质量为 530，分子式为 $C_{26}H_{26}O_{12}$。^{1}H NMR (DMSO-d_6, 600 MHz) δ: 7.50 (1H, d, J=15.7 Hz, H-7′), 7.41 (1H, d, J=15.8 Hz, H-7′′), 7.04 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2′), 7.02 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2′′), 6.99 (1H, dd, J=8.3, 2.2 Hz, H-6′), 6.96 (1H, dd, J=8.3, 2.1 Hz, H-6′′), 6.75 (2H, d, J=8.2 Hz, H-5′, 5′′), 6.25 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′), 6.12 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′′), 5.27 (1H, m, H-3), 4.96 (1H, dd, J=6.7, 3.1 Hz, H-4), 4.14 (1H, dt, J=7.4, 3.5 Hz, H-5), 3.59 (3H, s, 7-OMe), 2.24 (2H, m, H-2a, 6a), 2.00 (1H, m, H-2b), 1.89 (1H, dd, J=13.2, 8.3 Hz, H-6b)。^{13}C NMR (DMSO-d_6, 150 MHz) δ: 173.3 (C-7), 165.9 (C-9′′), 165.2 (C-9′), 148.8 (C-4′′), 148.6 (C-4′), 145.7 (C-3′, 3′′), 145.6 (C-7′′), 145.5 (C-7′), 125.3 (C-1′′), 125.2 (C-1′), 121.4 (C-6′′), 121.3 (C-6′), 115.8 (C-5′, 5′′), 114.8 (C-2′′), 114.7 (C-2′), 113.8 (C-8′′), 113.2 (C-8′), 73.1 (C-1), 72.0 (C-4), 67.7 (C-3), 65.3 (C-5), 52.0 (7-OMe), 37.7 (C-2), 36.1 (C-6)。以上波谱数据与文献 [15] 对照基本一致，故确定化合物 **4** 为 (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3,4-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯。

3.5 化合物 5

黄色无定型粉末，易溶于甲醇，紫外 254 nm 下有暗斑，365 nm 下有蓝色荧光，浓硫酸-香草醛反应显淡粉色。相对分子质量为 692，分子式为 $C_{35}H_{32}O_{15}$。^{1}H NMR (DMSO-d_6, 600 MHz) δ: 7.48 (2H, d, J=15.9 Hz, H-7′, 7′′), 7.44 (1H, d, J=16.2 Hz, H-7′′′), 7.03 (3H, d, J=2.3 Hz, H-2′, 2′′, 2′′′), 6.97 (3H, m, H-6′, 6′′, 6′′′), 6.75 (3H, m, H-5′, 5′′, 5′′′), 6.24 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′), 6.23 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′′), 6.15 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′′′), 5.44 (1H, dt, J=7.6, 3.6 Hz, H-3), 5.39 (1H, br.s, H-5), 5.24 (1H, dd, J=7.2, 3.3 Hz, H-4), 3.64 (3H, s, 7-OMe), 2.34 (2H, m, H-2a, 6a), 2.10 (2H, m, H-2b, 6b)。^{13}C NMR (DMSO-d_6, 150 MHz) δ: 173.6 (C-7), 165.8 (C-9′), 165.5 (C-9′′), 165.2 (C-9′′′), 148.7 (C-3′, 3′′), 148.5 (C-3′′′), 146.0 (C-4′), 145.9 (C-4′′), 145.6 (C-7′, 7′′, 7′′′), 145.5 (C-4′′′), 125.4 (C-1′), 125.2 (C-1′′), 125.1 (C-1′′′), 121.6 (C-6′), 121.5 (C-6′′), 121.4 (C-6′′′), 115.8 (C-2′), 115.7 (C-2′′), 114.9 (C-2′′′), 114.8 (C-5′, 5′′, 5′′′), 113.8 (C-8′), 113.1 (C-8′′, 8′′′), 72.5 (C-1), 69.3 (C-4), 67.7 (C-3, 5), 52.0 (7-OMe), 40.1 (C-6), 39.2 (C-2)。以上波谱数据与文献 [16] 对照基本一致，故确定化合物 **5** 为 (3*R*,5*R*)-3,4,5-*O*-三咖啡酰基奎宁酸甲酯。

3.6 化合物 6

黄色无定型粉末，易溶于甲醇，紫外 254 nm 下有暗斑，浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 514，分子式为 $C_{26}H_{26}O_{11}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) δ: 7.67 (1H, d, J=15.7 Hz, H-7′), 7.50 (1H, d, J=15.8 Hz, H-7′′), 7.43 (2H, d, J=8.4 Hz, H-2′′, 6′′), 7.01 (1H, br.s, H-2′), 6.91 (1H, dd, J=8.2, 2.1 Hz, H-6′), 6.78 (2H, d, J=8.4 Hz, H-3′′, 5′′), 6.76 (1H, d, J=8.2 Hz, H-5′), 6.36 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′), 6.17 (1H, d, J=15.9 Hz, H-8′′), 5.55 (1H, q, J=6.8 Hz, H-3), 5.12 (1H, dd, J=8.2, 3.1 Hz, H-5), 4.35 (1H, dd, J=6.4, 3.3 Hz, H-4), 3.72 (3H, s, 7-OMe), 2.32 (1H, dd, J=14.0, 3.4 Hz, H-6a), 2.25 (2H, m, H-2), 2.09 (1H, dd, J=14.0, 6.6 Hz, H-6b)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) δ: 175.2 (C-7), 168.5 (C-9′), 167.9 (C-9′′), 161.4 (C-4′′), 149.8 (C-4′), 147.3 (C-7′), 146.8 (C-3′, 7′′), 131.3 (C-2′′), 131.2 (C-6′′), 127.5 (C-1′), 127.1 (C-1′′), 123.1 (C-6′), 116.8 (C-3′′), 116.5 (C-5′′), 115.5 (C-5′), 115.2 (C-8′), 114.8 (C-

2′), 114.5 (C-8′′), 75.0 (C-1), 72.2 (C-5), 72.0 (C-3), 69.1 (C-4), 53.1 (7-OMe), 38.4 (C-2), 35.7 (C-6)。以上波谱数据与文献 [17] 对照基本一致, 故确定化合物 **6** 为 (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-5-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯。

3.7　化合物 7

黄色油状物, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm 下有暗斑, 浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 514, 分子式为 $C_{26}H_{26}O_{11}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) δ: 7.60 (1H, d, *J*=16.2 Hz, H-7′′), 7.57 (1H, d, *J*=16.2 Hz, H-7′), 7.42 (2H, d, *J*=8.6 Hz, H-2′, 6′), 7.03 (1H, d, *J*=1.8 Hz, H-2′′), 6.93 (1H, dd, *J*=8.1, 2.1 Hz, H-6′′), 6.78 (2H, d, *J*=8.6 Hz, H-3′, 5′), 6.76 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′′), 6.29 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8′′), 6.24 (1H, d, *J*=15.8 Hz, H-8′), 5.56 (1H, q, *J*=7.0 Hz, H-3), 5.11 (1H, dd, *J*=8.3, 3.1 Hz, H-4), 4.35 (1H, dt, *J*=6.5, 3.3 Hz, H-5), 3.71 (3H, s, 7-OMe), 2.32 (1H, dd, *J*=14.1, 3.6 Hz, H-6b), 2.26 (2H, m, H-2), 2.10 (1H, dd, *J*=13.9, 6.4 Hz, H-6a)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) δ: 175.2 (C-7), 168.5 (C-9′′), 168.0 (C-9′), 161.4 (C-4′), 149.7 (C-4′′), 147.7 (C-7′′), 147.3 (C-7′), 146.8 (C-3′′), 131.3 (C-6′), 131.2 (C-2′), 127.7 (C-1′), 127.0 (C-1′′), 123.1 (C-6′′), 116.9 (C-3′, 5′), 116.5 (C-5′′), 115.2 (C-2′′), 114.7 (C-8′, 8′′), 75.9 (C-1), 75.1 (C-4), 69.1 (C-3), 68.7 (C-5), 53.1 (7-OMe), 38.7 (C-2), 38.4 (C-6)。以上波谱数据与文献 [18] 对照基本一致, 故确定化合物 **7** 为 (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-对香豆酰基-4-*O*-咖啡酰基奎宁酸甲酯。

3.8　化合物 8

黄色油状物, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm 下有暗斑, 浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 514, 分子式为 $C_{26}H_{26}O_{11}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) δ: 7.60 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′′), 7.57 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′), 7.42 (2H, d, *J*=8.7 Hz, H-2′′, 6′′), 7.03 (1H, d, *J*=2.2 Hz, H-2′), 6.93 (1H, dd, *J*=8.2, 2.2 Hz, H-6′), 6.78 (2H, d, *J*=8.6 Hz, H-3′′, 5′′), 6.76 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′), 6.29 (1H, d, *J*=15.8 Hz, H-8′′), 6.24 (1H, d, *J*=15.8 Hz, H-8′), 5.56 (1H, q, *J*=6.8 Hz, H-3), 5.11 (1H, dd, *J*=8.3, 3.1 Hz, H-4), 4.35 (1H, dt, *J*=6.5, 3.3 Hz, H-5), 3.72 (3H, s, 7-OMe), 2.32 (1H, dd, *J*=14.2, 3.5 Hz, H-6b), 2.26 (2H, m, H-2), 2.10 (1H, dd, *J*=14.0, 6.3 Hz, H-6a)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) δ: 175.2 (C-7), 168.5 (C-9′′), 168.0 (C-9′), 161.4 (C-4′′), 149.7 (C-4′), 147.7 (C-7′), 147.3 (C-7′′), 146.8 (C-3′), 131.3 (C-2′′, 6′′), 127.7 (C-1′′), 127.0 (C-1′), 123.1 (C-6′), 116.9 (C-3′′, 5′′), 116.5 (C-5′), 115.2 (C-2′), 114.7 (C-8′, 8′′), 75.9 (C-1), 75.1 (C-4), 69.1 (C-3), 68.7 (C-5), 53.1 (7-OMe), 38.7 (C-2), 38.4 (C-6)。以上波谱数据与文献 [18] 对照基本一致, 故确定化合物 **8** 为 (1*R*,3*R*,4*S*,5*R*)-3-*O*-咖啡酰基-4-*O*-对香豆酰基奎宁酸甲酯。

3.9　化合物 9

黄色油状物, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm 下有暗斑, 浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 530, 分子式为 $C_{26}H_{26}O_{12}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) δ: 7.62 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′′), 7.55 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′), 7.07 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-2′), 7.06 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-2′′), 6.97 (2H, dd, *J*=8.2, 2.5 Hz, H-6′, H-6′′), 6.79 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′), 6.78 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′′), 6.34 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8′′), 6.22 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8′), 5.40 (1H, dt, *J*=7.8, 3.7 Hz, H-5), 5.31 (1H, td, *J*=6.6, 3.6 Hz, H-3), 3.98 (1H, dd, *J*=6.5, 3.2 Hz, H-4), 3.70 (3H, s, 7-OMe), 2.30 (2H, m, H-6), 2.17 (2H, m, H-2)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) δ: 175.6 (C-7), 168.7 (C-9′′), 168.0 (C-9′), 149.8 (C-4′), 149.6 (C-4′′), 147.4 (C-7′), 147.1 (C-7′′), 146.9 (C-3′′), 146.8 (C-3′), 127.9 (C-1′′), 127.6 (C-1′), 123.1 (C-6′), 123.0 (C-6′′), 116.6 (C-5′), 116.5 (C-5′′), 115.5 (C-8′′), 115.2 (C-2′, 2′′), 114.9 (C-8′), 74.6 (C-1), 72.2 (C-3), 72.0 (C-5), 69.1 (C-4), 53.0 (7-OMe), 36.7 (C-2), 35.7 (C-6)。以上波谱数据与文献 [19] 对照基本一致, 故确定化合物 **9** 为 (3*R*,5*R*)-3,5-*O*-双咖啡酰奎宁酸甲酯。

3.10　化合物 10

黄色油状物, 易溶于甲醇, 紫外 254 nm 下有暗斑, 365 nm 下有蓝色荧光, 浓硫酸-香草醛反应显紫红色。相对分子质量为 544, 分子式为 $C_{27}H_{28}O_{12}$。^{1}H NMR (CD_3OD, 600 MHz) δ: 7.60 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′), 7.56 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7′′), 7.12 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-2′′), 7.04 (1H, dd, *J*=8.2, 2.0 Hz, H-6′′), 7.03 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-2′), 6.93 (1H, br d, *J*=8.1 Hz, H-6′), 6.79 (1H, d, *J*=8.0 Hz, H-5′′), 6.76 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-5′), 6.29 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8′), 6.28 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8′′), 5.58 (1H, dd, *J*=13.2, 5.8 Hz,

H-5), 5.11 (1H, dd, *J*=8.4, 3.1 Hz, H-4), 4.35 (1H, br.s, H-3), 3.85 (3H, s, 3″-OMe), 3.73 (3H, s, 7-OMe), 2.32 (1H, dd, *J*=13.8, 3.1 Hz, H-2a), 2.26 (2H, br d, *J*=6.9 Hz, H-6), 2.11 (1H, dd, *J*=14.1, 6.0 Hz, H-2b)。^{13}C NMR (CD_3OD, 150 MHz) δ: 175.2 (C-7), 168.5 (C-9′), 168.0 (C-9″), 150.8 (C-4″), 149.4 (C-4′), 147.7 (C-3″), 147.6 (C-7′), 147.3 (C-7″), 146.8 (C-3′), 127.7 (C-1′), 127.6 (C-1″), 124.2 (C-6″), 123.1 (C-6′), 116.9 (C-5″), 116.5 (C-5′), 115.2 (C-2′), 115.0 (C-8″), 114.7 (C-8′), 111.8 (C-2″), 76.0 (C-1), 75.3 (C-4), 69.0 (C-5), 68.8 (C-3), 56.5 (3″-OMe), 53.1 (7-OMe), 38.8 (C-6), 38.4 (C-2)。以上波谱数据与文献 [20] 对照基本一致，故确定化合物 **10** 为 (1*S*,3*R*,4*R*,5*R*)-4-*O*-咖啡酰基-5-*O*-阿魏酰奎宁酸甲酯。

4 结果与讨论

2013 年国家卫生健康委员会批准青钱柳叶为新食品原料，其高安全性和广泛的生物活性引发国内外学者的研究兴趣。但目前青钱柳叶化学成分研究仍主要集中在乙酸乙酯、氯仿等中小极性部位，已报道的化合物主要为生物碱类[21]、三萜类[10]、黄酮苷元等，对其大极性部位活性物质的探究较少。结合文献及本组前期对青钱柳大极性部位的研究可知其主要化学成分为黄酮糖苷类、木脂素苷类及酚酸类化合物[22]。本研究对青钱柳叶正丁醇萃取部位开展分析，以进一步阐明其大极性部位化学物质基础，共分离并鉴定了 10 个化合物，包括 1 个新化合物、8 个首次从青钱柳属中获得。四氢萘酮糖苷类化合物在青钱柳中报道较为罕见，文献报道具有抗氧化[11] 等活性，化合物 **1** 与 **2** 的结构差异主要体现在甲氧基的数量及取代位置上，即含有 3, 5-二甲氧基-(*E*)-对香豆酰基片段，该类取代模式常见于菊科、杨柳科等。咖啡酰基奎宁酸类化合物广泛存在于伞形科、菊科植物中，是青钱柳主要的酚酸类物质，其总含量与青钱柳抗氧化活性呈显著正相关[23]。该类化合物具有抗氧化[24]、抗炎[25]、抗菌[26]、抑制 *α*-葡萄糖苷酶[27] 等药理活性，其主要由羟基肉桂酸和奎宁酸酯化而成，但酯键易发生水解和异构，且邻位二羟基易被氧化，导致其化学性质不稳定，分离纯化难度较大，在青钱柳叶的化学成分研究中为首次报道。本研究结果增进了对青钱柳叶大极性部位（含有萘类及奎宁酸类成分）的认识，为其后续谱效关系和药理机制的系统研究奠定了坚实基础。

References

[1] Editorial Board of the Flora of China. *Flora of China: Vol 21*(中国植物志)[M]. Beijing: Science Press, 1979: 19.

[2] Zhang HY. *The Chinese Traditional Medicine Resource Records*(中国中药资源志要)[M]. Beijing: Science Press, 1994: 159.

[3] Wang YT, Zhao MG, Sheng XP, *et al*. Effect of triterpenic acid-enriched fraction from *Cyclocarya paliurus* on high glucose-induced pancreatic α cells insulin resistance[J]. *J China Pharm Univ* (中国药科大学学报), 2018, **49**(2): 215-221.

[4] Zhao MG, Yang HM, Jiang CH, *et al*. Intervention effects of the triterpenoids from *Cyclocarya paliurus* on free fatty acids-induced steatosis in HepG2 cells[J]. *J China Pharm Univ* (中国药科大学学报), 2018, **49**(3): 333-340.

[5] Zhang XX, Liu Y, Xu SS, *et al*. Asiatic acid from *Cyclocarya paliurus* regulates the autophagy-lysosome system *via* directly inhibiting TGF-β type I receptor and ameliorates diabetic nephropathy fibrosis[J]. *Food Funct*, 2022, **13**(10): 5536-5546.

[6] Li J, He JY, He HB, *et al*. Sweet triterpenoid glycoside from *Cyclocarya paliurus* ameliorates obesity-induced insulin resistance through inhibiting the TLR4/NF-κB/NLRP3 inflammatory pathway[J]. *Curr Res Food Sci*, 2024, **8**: 100677.

[7] Zhang SR, He JY, Li J, *et al*. Triterpenoid compounds from *Cyclocarya paliurus*: a review of their phytochemistry, quality control, pharmacology, and structure-activity relationship[J]. *Am J Chin Med*, 2023, **51**(8): 2041-2075.

[8] Chen ZL, Jian YQ, Wu Q, *et al*. *Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja: botany, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, **285**: 114912.

[9] Fang SY, Zhang XG, Ye Y, *et al*. A new ester glycoside compound from *Cyclocarya paliurus*[J]. *J China Pharm Univ* (中国药科大学学报), 2023, **54**(1): 56-61.

[10] Liu Y, Cao YN, Fang SZ, *et al*. Antidiabetic effect of *Cyclocarya paliurus* leaves depends on the contents of antihyperglycemic flavonoids and antihyperlipidemic triterpenoids[J]. *Molecules*, 2018, **23**(5): 1042.

[11] Wang XH, Li WZ, Kong D. *Cyclocarya paliurus* extract alleviates diabetic nephropathy by inhibiting oxidative stress and aldose reductase[J]. *Ren Fail*, 2016, **38**(5): 678-685.

[12] Zhou XL, Luo Q, Huang SX, *et al*. New tetralone derivatives from the leaves of *Cyclocarya paliurus*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2019, **21**(2): 157-164.

[13] Cimmino A, Villegas-Fernández AM, Andolfi A, *et al*. Botrytone, a new naphthalenone pentaketide produced by *Botrytis fabae*, the causal agent of chocolate spot disease on *Vicia faba*[J]. *J Agric Food Chem*, 2011, **59**(17): 9201-9206.

[14] Wang N, Yang XW. Chemical constitutents from pre-formulation of *Lonicerae* Japonicae *Flos* in Shuanghuanglian lyophilized powder for injection[J]. *China J Chin Mater Med*

(中国中药杂志), 2011, **36**(12): 1613-1619.

[15] Tang D, Li HJ, Qian ZM, *et al*. Study on caffeoylquinic acid derivatives from *Lonicera fulvotomentosa* hsu et S. C. Cheng[J]. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 2007, **42**(20): 1537-1539.

[16] Ge LL, Wan HQ, Tang SM, *et al*. Novel caffeoylquinic acid derivatives from *Lonicera japonica* Thunb. flower buds exert pronounced anti-HBV activities[J]. *RSC Adv*, 2018, **8**(62): 35374-35385.

[17] Fu L, Pei D, Yu M, *et al*. New caffeoyl derivatives from *Elephantopus scaber*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2022, **24**(8): 713-721.

[18] Fu L, Pei D, Yu M, *et al*. New phenolic acids from the whole herb of *Elephantopus scaber* Linn. and their anti-inflammatory activity[J]. *Nat Prod Res*, 2021, **35**(21): 3667-3674.

[19] Zhang WD, Tam HT, Chen WS, *et al*. Two new caffeoyl conjugation from *Erigeron breviscapus*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2000, **2**(4): 283-288.

[20] Yang HD, Tang ZS, Xue TT, *et al*. Acyl-quinic acids from the root bark of *Acanthopanax gracilistylus* and their inhibitory effects on neutrophil elastase and cyclooxygenase-2 *in vitro*[J]. *Bioorg Chem*, 2023, **140**: 106798.

[21] Lu L. Study on the chemical constituents of *Cyclocarya paliurus* and the mechanisms of alkaloids from *Cyclocarya paliurus* in regulating glucose and lipid metabolism[D]. Jiangxi: Nangchang University, 2024.

[22] Li LY, Luo RH, Xu MJ, *et al*. Chemical constituents from leaves of *Cyclocarya paliurus*[J]. *Mod Chin Med* (中国现代中药), 2021, **23**(10): 1705-1709.

[23] Zheng XJ, Lin SL, Wu CC, *et al*. Comparison study on antioxidant compounds accumulation in *Cyclocarya paliurus* leaves[J]. *Food Ferment Ind* (食品与发酵工业), 2020, **46**(11): 238-243.

[24] Gao H, Jiang XW, Yang Y, *et al*. Isolation, structure elucidation and neuroprotective effects of caffeoylquinic acid derivatives from the roots of *Arctium lappa* L[J]. *Phytochemistry*, 2020, **177**: 112432.

[25] Wan P, Xie MH, Chen GJ, *et al*. Anti-inflammatory effects of dicaffeoylquinic acids from *Ilex* Kudingcha on lipopolysaccharide-treated $RAW_{264.7}$ macrophages and potential mechanisms[J]. *Food Chem Toxicol*, 2019, **126**: 332-342.

[26] Hamed YS, Abdin M, Chen GJ, *et al*. Effects of impregnate temperature on extraction of caffeoylquinic acid derivatives from *Moringa oleifera* leaves and evaluation of inhibitory activity on digestive enzyme, antioxidant, anti-proliferative and antibacterial activities of the extract[J]. *Int J Food Sci Tech*, 2020, **55**(9): 3082-3090.

[27] Chen YS, Geng S, Liu BG. Three common caffeoylquinic acids as potential hypoglycemic nutraceuticals: evaluation of α-glucosidase inhibitory activity and glucose consumption in HepG2 cells[J]. *J Food Biochem*, 2020, **44**(9): e13361.