

白背叶楸木乙酸乙酯部位化学成分研究

李绍花¹, 陈宇凡¹, 钱海珊², 陈 邦¹, 陈福长¹, 李红芳^{1,3}, 何红平^{1,3*}, 李宝晶^{1,3*}

(1. 云南中医药大学中药学院, 云南 昆明 650500; 2. 云南中医药大学第一附属医院, 云南 昆明 650021;
3. 云南中医药大学云南省南药可持续利用研究重点实验室, 云南 昆明 650500)

摘要: 目的 研究白背叶楸木 *Aralia chinensis* Linn. var. *nuda* Nakai 乙酸乙酯萃取部位的化学成分。
方法 白背叶楸木 70%乙醇提取物的乙酸乙酯萃取部位经硅胶、ODS、Sephadex LH-20 以及半制备 HPLC 等分离纯化后, 根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。**结果** 从白背叶楸木乙醇提取物的乙酸乙酯萃取部位分离得到 12 个化合物, 分别鉴定为邻苯二甲酸(2,5-二甲基己基)二酯(**1**)、(9*E*)-8,11,12-trihydroxyoctadecenoic acid methyl ester(**2**)、methyl (9*S*,10*R*,11*E*,13*R*)-9,10,13-trihydroxyoctadec-11-enoate(**3**)、capillasterolide(**4**)、二十六烷(**5**)、(-)-loliolide(**6**)、methyl hematinat(**7**)、对羟基苯乙胺(**8**)、(*S*)-methyl 2-acetamido-3-phenylpropanoate(**9**)、异香草酸(**10**)、vanillic acid(**11**)、*p*-hydroxybenzoic acid(**12**)。**结论** 化合物 **1~10** 为首次从楸木属植物中分离得到, 化合物 **1~11** 为首次从白背叶楸木中分离得到。

关键词: 白背叶楸木; 化学成分; 分离鉴定

中图分类号: R284

文献标志码: A

文章编号: 1000-2723(2024)04-0061-05

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2024.04.013

Chemical Constituents of the Ethyl Acetate Fraction of *Aralia chinensis* Linn. var. *nuda* Nakai

LI Shaohua¹, CHEN Yufan¹, QIAN Haishan², CHEN Bang¹, CHEN Fuchang¹,
LI Hongfang^{1,3}, HE Hongping^{1,3}, LI Baojing^{1,3}

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China;

2. The First Affiliated Hospital of Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650021, China;

3. Yunnan Key Laboratory of Southern Medicinal Utilization, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

ABSTRACT: Objective To study the chemical constituents of the ethyl acetate extraction of *Aralia chinensis* Linn. var. *nuda* Nakai. **Methods** The ethyl acetate part of 70% ethanol extract of *A. chinensis* Linn. var. *nuda* Nakai was purified by silica gel, ODS, Sephadex LH-20, and semi-preparative HPLC, and the structures of the compounds were identified by the physicochemical properties and spectral data. **Results** Twelve compounds were isolated and identified as phthalic acid, bis-(2,5-dimethylhexyl) ester (**1**), (9*E*)-8,11,12-trihydroxyoctadecenoic acid methyl ester (**2**), methyl (9*S*,10*R*,11*E*,13*R*)-9,10,13-trihydroxyoctadec-11-enoate (**3**), capillasterolide (**4**), hexacosane (**5**), (-)-loliolide (**6**), methyl hematinat (**7**), tyraminel (**8**), (*S*)-methyl 2-acetamido-3-phenylpropanoate (**9**), 3-hydroxy-4-methoxybenzoic acid (**10**), vanillic acid (**11**), and *p*-hydroxybenzoic acid (**12**). **Conclusion** Compounds **1~10** were isolated from this genus *Aralia* for the first time, and compounds **1~11** were first isolated from the plant.

KEY WORDS: *Aralia chinensis* var. *nuda* Nakai; chemical constituents; isolation and identification

基金项目: 国家自然科学基金项目(82260832,81860760);云南省中医联合专项(202101AZ070001-159,202001AZ070001-044);
云南省重大科技专项(202002AA100007)

作者简介: 李绍花(1998-),女,在读硕士研究生,E-mail: 1467750963@qq.com

* **通信作者:** 李宝晶(1988-),女,副教授,研究方向:中药、民族药药效物质基础,E-mail: libaojingcpu@163.com;
何红平(1972-),男,研究员,研究方向:中药、民族药药效物质基础,E-mail: 95431111@qq.com

白背叶楸木 (*Aralia chinensis* Linn. var. *nuda* Nakai), 俗名大叶槐木、刺老苞, 为五加科楸木属楸木 (*Aralia chinensis*) 的变种, 生于森林或灌丛中, 主要分布于云南、广西、四川、甘肃等地^[1], 是珍贵的药食两用植物。其嫩茎叶作野菜凉拌食用, 清凉可口, 香味特别, 具有清热解毒作用, 其根、根皮、茎皮皆可入药, 主要功效为镇痛、消炎、行气、祛风、利尿等^[2-3]。白背叶楸木已被证实有明显的抗肿瘤活性和免疫活性, 且可改善糖皮质激素诱发骨质疏松大鼠的骨量和骨质, 以及胫骨骨折大鼠的骨质代谢^[4-5]。已有前期研究发现白背叶楸木富含黄酮类、挥发油类、有机酸类、甾醇类等物质^[6-7]。我们从白背叶楸木乙酸乙酯萃取部位中分离得到12个化合物, 其中, 化合物**1**~**10**为首次从楸木属植物中分离得到, 包括有机酸及其衍生物、生物碱类和单萜类。

1 材料

IKA RV10 旋转蒸发仪 (艾卡仪器设备有限公司), Agilent 1260 infinity 液相色谱仪 (Agilent 公司), C18 色谱柱 (5 μm , 250 mm \times 10 mm, Thermo 公司), Bruker Avance 核磁共振仪 (Bruker 公司), Q-TOF (ESI) 高分辨质谱仪 (Waters 公司), 电子分析天平, RP-C18 色谱材料 (EMD Millipore 公司), 硅胶 (100~200 目、200~300 目), 薄层色谱硅胶 (青岛海洋化工厂), Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (GE Healthcare 公司)。甲醇、乙醇、二氯甲烷、丙酮、乙酸乙酯、石油醚等试剂均为分析纯。

白背叶楸木芽苞采集于云南省怒江州, 经云南中医药大学云南省南药可持续利用研究重点实验室李艳平教授鉴定为楸木属植物白背叶楸木 *Aralia chinensis* L. var. *nuda* Nakai 的干燥芽苞, 凭证标本号 201904SM。

2 提取与分离

根据文献 [6] 所描述的方法对白背叶楸木进行提取与萃取。取乙酸乙酯部位浸膏进行硅胶柱层析, 以石油醚比丙酮 (100:0, 100:1, 50:1, 20:1, 10:1, 8:1, 6:1, 4:1, 2:1, 0:100) 洗脱, 获得 10 个流分 Fr.A~J。

Fr.A (31.6 g) 经 RP-18 反相色谱柱以甲醇-水 (30%~100%) 梯度洗脱, 薄层色谱板检测后合并获得 4 个亚流分 Fr.1~4, 取 Fr.1 进行硅胶柱层析 (200~300 目), 以石油醚-乙酸乙酯 (200:1, 100:1, 50:1,

30:1, 10:1, 7:3, 6:4) 梯度洗脱, 经薄层色谱检测后合并获得 3 个亚流分 Fr.1a~1c。取 Fr.1b 经 RP-18 反相色谱柱以甲醇-水 (9:1) 洗脱后得到 **1** (2.5 mg) 和 **4** (8.3 mg)。Fr.4 经半制备 HPLC 以乙腈-水 (75:15) 等度洗脱后得到 **2** (11.1 mg, 254 nm, t_R = 12.1 min)。

Fr.C (27.2 g) 使用 MCI 色谱柱以甲醇-水 (20:80, 40:60, 60:40, 80:20, 100:0) 梯度洗脱, 薄层色谱检测后合并获得 5 个亚流分 Fr.1~5。Fr.3 以甲醇-水 (10%~100%) 经 MCI 色谱柱梯度洗脱后合并获得 4 个亚流分 Fr.3a~3d。Fr.3b 使用半制备 HPLC (29% 乙腈) 洗脱, 得到化合物 **5** (4.1 mg, 210 nm, t_R = 14.9 min)。Fr.5 经 RP-18 色谱柱梯度洗脱, 以甲醇-水 (10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40) 为条件, 薄层色谱检测后合并得到 3 个亚流分 Fr.5a~5c。Fr.5b 经半制备 HPLC (16% 乙腈) 洗脱得到化合物 **7** (2.0 mg, 210 nm, t_R = 11.4 min) 和 **6** (3.2 mg, 210 nm, t_R = 14.3 min)。Fr.5c 经半制备 HPLC (14% 乙腈) 洗脱后得到化合物 **10** (2.2 mg, 254 nm, t_R = 9.0 min)。

Fr.D (79.8 g) 经硅胶色谱柱层析, 以二氯甲烷-甲醇 (50:1, 40:1, 18:1, 13:1, 8:1, 5:1, 3:1) 洗脱, 薄层色谱板检测后合并得到 5 个亚流分 Fr.1~5, Fr.1 经硅胶色谱柱, 以石油醚-乙酸乙酯 (600:1, 400:1, 200:1, 50:1, 8:1, 0:1) 梯度洗脱, 得到化合物 **3** (6.0 mg) 和 **12** (9.8 mg)。Fr.2 经 RP-18 反相色谱柱以甲醇-水 (10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50) 梯度洗脱, 薄层检测后合并得 3 个亚流分 Fr.2a~2c。Fr.2b 经半制备 HPLC (22% 乙腈) 洗脱得到化合物 **11** (3.4 mg, 254 nm, t_R = 18.6 min)。Fr.2c 用甲醇经 Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶柱洗脱后得到化合物 **8** (76.7 mg) 和 **9** (13.8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色油状, ESI-MS m/z : 389 ([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₂₄H₃₈O₄。¹H NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.72 (2H, dd, J = 5.7, 3.3 Hz, H-3, 6), 7.63 (2H, dd, J = 5.7, 3.3 Hz, H-4, 5), 4.18~4.25 (4H, m, H-1', 1''), 1.69 (2H, m, H-2', 2''), 1.28~1.32 (10H, m, H-3'~5', 3''~5''), 0.89~0.96 (18H, m, 6 \times CH₃); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 169.4 (2 \times C=O), 133.6 (C-1, 2), 132.4 (C-4, 5), 129.9 (C-3, 6), 69.1 (C-1', 1''), 40.2 (C-2', 2''), 31.6 (2', 2''-CH₃), 30.1 (C-3', 3''), 25.0 (C-4', 4''), 24.0 (C-5', 5''), 14.4

(C-6', 6''), 11.4(5', 5''-CH₃)。经查阅文献[8]对比数据, 鉴定化合物 **1** 为邻苯二甲酸(2,5-二甲基己基)二酯。

化合物 **2**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 343([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₁₉H₃₆O₅。 ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 5.71 (1H, dd, J =15.6, 5.4 Hz, H-9), 5.65 (1H, dd, J =15.6, 5.4 Hz, H-10), 4.04 (1H, dd, J =11.0, 6.2 Hz, H-8), 3.90 (1H, t, J =5.6 Hz, H-11), 3.64 (3H, s, 1'-CH₃), 3.40 (1H, m, H-12), 2.31 (2H, t, J =7.5 Hz, H-2), 1.60 (2H, m, H-3), 1.39~1.58 (6H, m, H-13~15), 1.28~1.37 (12H, m, H-4~7, 16~17), 0.90 (3H, t, J =6.8 Hz, 18-CH₃); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 176.0(C-1), 136.5(C-9), 131.1(C-10), 76.5(C-11), 75.8(C-12), 73.0(C-8), 52.0(OCH₃), 38.3(C-7), 34.8(C-2), 33.5(C-13), 33.1(C-16), 30.5(C-15), 30.4(C-4), 30.1(C-5), 26.6(C-14), 26.5(C-6), 26.0(C-3), 23.7(C-17), 14.4(C-18)。经查阅文献[9]对比数据, 鉴定化合物 **2** 为(9*E*)-8, 11, 12-trihydroxyoctadecenoic acid methyl ester。

化合物 **3**: 无色油状, ESI-MS m/z : 343([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₁₉H₃₆O₅。 ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 5.70 (1H, dd, J =15.6, 5.3 Hz, H-11), 5.66 (1H, dd, J =15.6, 5.3 Hz, H-12), 4.05 (1H, dt, J =6.2, 5.3 Hz, H-13), 3.90 (1H, t, J =5.7 Hz, H-10), 3.65 (3H, s, OCH₃), 3.40 (1H, m, H-9), 2.31 (2H, t, J =7.5 Hz, H-2), 1.57~1.65 (2H, m, H-3), 1.46~1.55 (4H, m, H-8, 14), 1.28~1.38 (14H, m, H-4~7, 15~17), 0.90 (3H, t, J =6.6 Hz, 18-CH₃); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 176.0(C-1), 136.5(C-11), 131.1(C-12), 76.5(C-10), 75.8(C-9), 73.0(C-13), 52.0(OCH₃), 38.3(C-14), 34.8(C-2), 33.5(C-8), 33.1(C-16), 30.5(C-6), 30.4(C-5), 30.1(C-4), 26.6(C-7), 26.5(C-15), 26.0(C-3), 23.7(C-17), 14.5(C-18)。经查阅文献[10]对比数据, 鉴定化合物 **3** 为 methyl(9*S*, 10*R*, 11*E*, 13*R*)-9, 10, 13-trihydroxyoctadec-11-enoate。

化合物 **4**: 无色油状, ESI-MS m/z : 325([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₁₈H₃₀O₅。 ¹H NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 3.65 (3H, s, OCH₃), 2.31 (2H, t, J =7.4 Hz, H-14), 1.93 (3H, d, J =1.2 Hz, 17-CH₃), 1.93 (1H, m, H-5a), 1.78 (3H, d, J =1.2 Hz, 16-CH₃), 1.78 (1H, m, H-5b), 1.56 (2H, m, H-13), 1.28~

1.32 (12H, m, H-7~12), 1.22 (1H, m, H-6a), 1.15 (1H, m, H-6b); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 176.1(C-15), 174.6(C-1), 160.4(C-2), 125.7(C-3), 109.2(C-4), 52.0(OCH₃), 36.9(C-5), 34.8(C-14), 30.2~30.5(C-7~12), 26.0(C-13), 24.1(C-6), 10.8(C-17), 8.2(C-16)。经查阅文献[11]对比数据, 鉴定化合物 **4** 为 capillasterolide。

化合物 **5**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 365([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₂₆H₅₄O。 ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 1.25 (48H, m, H-2~25), 0.88 (6H, d, J =2.4 Hz, 1, 26-CH₃); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 32.1(C-3, 24), 29.9(C-6, 21), 29.8(C-5, 22), 29.5(C-4, 23), 22.9(C-2, 25), 14.3(C-1, 26)。经查阅文献[12]对比数据, 鉴定化合物 **5** 为二十六烷。

化合物 **6**: 无色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 195([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₁₁H₁₆O₃。 ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 5.75 (1H, s, H-7), 4.21 (1H, m, H-3), 2.42 (1H, dt, J =13.6, 2.6 Hz, H-4a), 1.99 (1H, dt, J =14.4, 2.7 Hz, H-2a), 1.76 (3H, s, 11-CH₃), 1.74 (1H, dd, J =13.6, 2.6 Hz, H-4b), 1.53 (1H, dd, J =14.4, 2.7 Hz, H-2b), 1.46 (3H, s, 9-CH₃), 1.27 (3H, s, 10-CH₃); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 185.7(C-8), 174.5(C-6), 113.3(C-7), 89.0(C-5), 67.3(C-3), 48.0(C-2), 46.4(C-4), 37.2(C-1), 30.8(C-10), 27.4(C-11), 27.0(C-9)。经查阅文献[13]对比数据, 鉴定化合物 **6** 为(-)-loliolide。

化合物 **7**: 无色油状, ESI-MS m/z : 196([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₉H₁₁NO₄。 ¹H NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 3.66 (3H, s, OCH₃), 2.67 (2H, m, H-2'), 2.61 (2H, m, H-1'), 1.95 (3H, s, 4-CH₃); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 174.5(C-3'), 174.4(C-5), 174.2(C-2), 140.6(C-4), 140.3(C-3), 52.3(OCH₃), 32.7(C-2'), 20.1(C-1'), 8.4(C-4)。经查阅文献[14]对比数据, 鉴定化合物 **7** 为 methyl hematinatate。

化合物 **8**: 白色固体, ESI-MS m/z : 136([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₈H₁₁NO。 ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.03 (2H, d, J =8.5 Hz, H-2, 6), 6.68 (2H, d, J =8.5 Hz, H-3, 5), 2.80 (2H, t, J =8.0 Hz, H-8), 2.46 (2H, t, J =8.0 Hz, H-7); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 156.5(C-4), 133.9(C-1), 130.2

(C-2, 6), 116.1(C-3, 5), 39.9(C-8), 32.3(C-7)。经查阅文献[15]对比数据, 鉴定化合物 **8** 为对羟基苯乙胺。

化合物 **9**: 黄色固体, ESI-MS m/z : 220([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₁₂H₁₅NO₃。¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ: 7.28 (2H, t, J =7.5 Hz, H-3, 5), 7.22(1H, m, H-4), 7.21(2H, d, J =7.5 Hz, H-2, 6), 4.65 (1H, dd, J =8.9, 5.8 Hz, H-8), 3.68(3H, s, 9-OCH₃), 3.14 (1H, dd, J =13.8, 5.7 Hz, H-7a), 2.94 (1H, dd, J =13.8, 8.9 Hz, H-7b), 1.90(3H, s, 11-CH₃); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ: 173.6 (C-9), 173.2 (C-10), 138.2(C-1), 130.2(C-3, 5), 129.5(C-2, 6), 127.9 (C-4), 55.4 (C-8), 52.7 (OCH₃), 38.4 (C-7), 22.2(C-11)。经查阅文献[16]对比数据, 鉴定化合物 **9** 为(*S*)-methyl 2-acetamido-3-phenylpropanoate。

化合物 **10**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 167([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₈H₈O₄。¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 7.56 (1H, s, H-2), 7.54 (1H, s, H-6), 6.83 (1H, d, J =8.0 Hz, H-5), 3.89(3H, s, OCH₃); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ: 175.8(C-7),

152.4(C-4), 148.6(C-3), 125.2(C-6), 115.8(C-2), 115.8(C-1), 113.8(C-5), 56.4(OCH₃)。经查阅文献[17]对比数据, 鉴定化合物 **10** 为异香草酸。

化合物 **11**: 无色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 167([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₈H₈O₄。¹H NMR (500 MHz, CD₃OD) δ: 7.56 (1H, s, H-2), 7.54 (1H, d, J =8.7 Hz, H-6), 6.84 (1H, d, J =8.7 Hz, H-5), 3.89(3H, s, OCH₃); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD) δ: 170.4(C-7), 152.5(C-3), 148.6(C-4), 125.2(C-6), 123.3(C-1), 115.8(C-5), 113.8(C-2), 56.4(OCH₃)。经查阅文献[18]对比数据, 鉴定化合物 **11** 为 vanillic acid。

化合物 **12**: 无色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 137([M-H]⁻), 结合 ¹³C NMR 和 DEPT 谱图确定分子式为 C₇H₆O₃。¹H NMR (500 MHz, CD₃OD) δ: 7.87(2H, d, J =8.7 Hz, H-2, 6), 6.81 (2H, d, J =8.7 Hz, H-3, 5); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD) δ: 170.4(C-7), 163.2(C-4), 133.0(C-2, 6), 123.1(C-1), 116.0(C-3, 5)。经查阅文献[18]对比数据, 鉴定化合物 **12** 为 *p*-hydroxybenzoic acid。

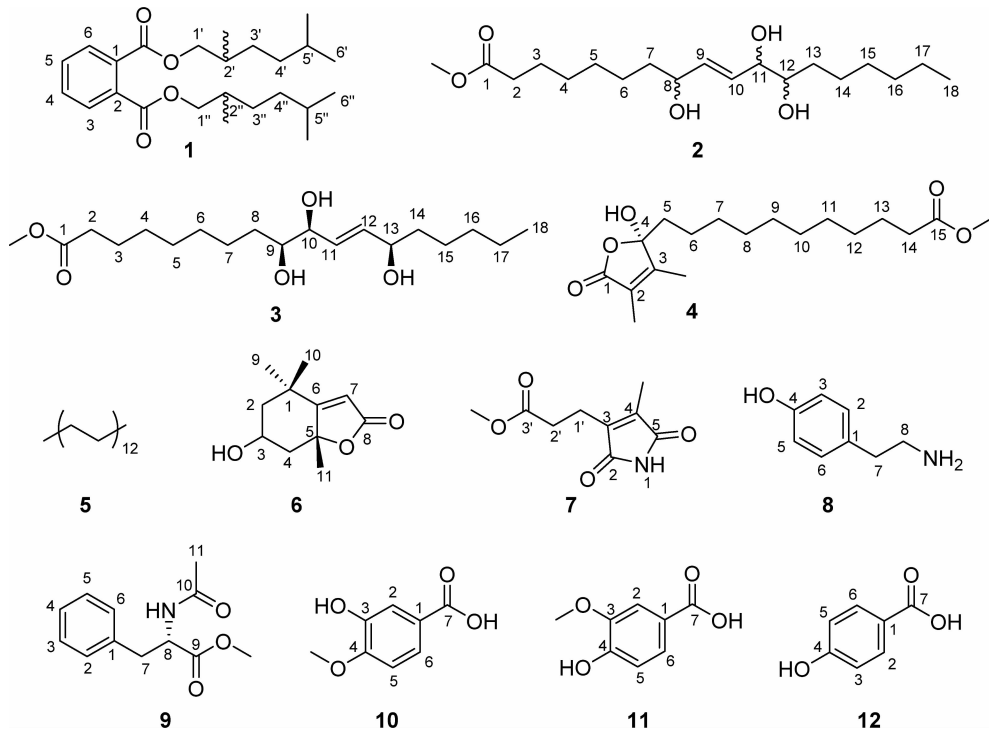


图1 化合物 1~12 的化学结构

4 讨论

本实验对白背叶槲木的乙酸乙酯萃取部位进行了化学成分研究, 分离得到 12 个化合物, 化合物 1~

11 为首次从该植物中分离得到, 化合物 **1~10** 均首次从该属植物中分离得到, 包括有机酸及其衍生物、生物碱类和单萜类。研究表明, 化合物 **2** 能抑制核因子

κ B(nuclear factor kappa-B, NF- κ B)的活性和一氧化氮的释放^[19]。化合物 6 在 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的浓度下对 NF- κ B 的抑制率为(62.31 \pm 4.8)%,具有潜在的抗炎活性^[11]。化合物 9 对乙酰胆碱酯酶活性有抑制作用, IC₅₀(半抑制浓度)为 18.6 \pm 2.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[16]。化合物 10 在 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对酪氨酸酶活性表现出显著的抑制作用^[20],且与万古霉素合用可提高万古霉素对感染金黄色葡萄球菌致死性肺炎小鼠的治疗效果^[21]。化合物 11 能通过下调 ST2L 受体和瞬时受体电位通道蛋白 1 的表达,抑制结肠组织细胞凋亡,从而改善电离辐射旁效应诱发的结肠损伤^[22]。此外,楸木属植物在化学成分方面已报道了数百种单体化合物,如三萜皂苷类、黄酮类、香豆素类、木脂素类、萜类等^[23],部分化合物显示出镇痛抗炎、调节血脂、保肝护肝、抗肿瘤等多种药理活性^[24-28]。本研究为阐明白背叶楸木的药效物质基础提供了科学依据,并为进一步开发利用该药食两用资源打下坚实基础。

参考文献:

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志(第 54 卷)[M]. 北京:科学出版社,1978:160.
- [2] 贾敏如,李星炜. 中国民族药志要[M]. 北京:中国医药科技出版社,2005:51.
- [3] 魏开炬,林秀华,蒋宗好,等. 尤溪九阜山省级自然保护区五加科药用植物资源调查[J]. 中国林副特产,2021(3):75-78,82.
- [4] 张芳红,郭红云,谢明仁. 白背叶楸木皂苷对 Hep 和 S180 荷瘤小鼠抑制作用的实验[J]. 中国临床康复,2005(6):162-163.
- [5] 依香叫,燕梦云,王松月,等. Micro-CT 和骨力学测试观察刺老苞根皮对骨折大鼠的作用[J]. 中国骨质疏松杂志,2018,24(4):473-478.
- [6] 钱海珊,普津姣,王娟,等. 白背叶楸木中的有机酸衍生物及甾醇类化学成分[J]. 云南中医药大学学报,2023,46(3):90-94.
- [7] 尹芑程,王亭,钱海珊,等. 白背叶楸木化学成分研究[J]. 中成药,2022,44(11):3522-3525.
- [8] 石心红,徐德然,孔令义. 准噶尔大戟叶化学成分的研究[J]. 中草药,2009,40(5):686-689.
- [9] 李明亮,徐凌玉,李振麟,等. 薄荷乙酸乙酯提取部位的化学成分[J]. 药学与临床研究,2013,21(1):33-35.
- [10] FIORENTINO A, D'ABROSCA B, DELLAGRECA M, et al. Chemical characterization of new oxylipins from *Cestrum parqui*, and their effects on seed germination and early seedling growth[J]. Chem Biodivers,2008,5(9):1780-1791.
- [11] 柴莉莎,刘国盛,朱裕勋,等. 小酸浆的化学成分研究[J]. 中国中药杂志,2021,46(15):3865-3872.
- [12] 叶凤梅,谢阳国,朱燕,等. 贡山八角枝叶化学成分研究(英文)[J]. 天然产物研究与开发,2015,27(4):604-608,625.
- [13] 骆亮苗. 芒果抗炎活性成分研究[D]. 广州:广东药科大学,2021.
- [14] 钱群刚,蔡亮,杨胜辉,等. 天名精化学成分的研究[J]. 中成药,2019,41(11):2671-2675.
- [15] 王玉伟,赫军,王晓燕,等. 洋金花中生物碱成分的研究[J]. 中草药,2021,52(20):6163-6167.
- [16] BO P, QING Y P, JIANG L S, et al. Secondary metabolites from the coral-derived fungus *Aspergillus terreus* SCSIO41404 with pancreatic lipase inhibitory activities[J]. Rec Nat Prod,2022,6:639-644.
- [17] 段营辉,戴毅,高昊,等. 草珊瑚的化学成分研究[J]. 中草药,2010,41(1):29-32.
- [18] 王暉,杨崇仁,张颖君. 草果果实中的酚性成分[J]. 云南植物研究,2009,31(3):284-288.
- [19] 陈雪. 瑶药石柑子的化学成分及抗炎活性研究[D]. 广州:广州中医药大学,2017.
- [20] 付茂,杜彩霞,陈俊磊,等. 扁刺峨眉蔷薇化学成分及其酪氨酸酶抑制活性研究[J]. 中草药,2024,55(3):720-729.
- [21] 陈项前. 异香草酸对金黄色葡萄球菌凝固酶 vWbp 的抑制作用及机制研究[D]. 长春:长春中医药大学,2023.
- [22] 陈亚萍,张利英,李洋洋,等. 香草酸对肺癌荷瘤小鼠辐射后诱发肠损伤的保护作用及机制研究[J/OL]. 中药材,2024(2):455-459.
- [23] 赵博,王华东,王一峰,等. 楸木主要化学成分及药理活性研究进展[J]. 中兽医医药杂志,2015,34(2):77-80.
- [24] 肖本见,谭志鑫,梁文梅. 刺茎楸木根皮抗炎和免疫作用的研究[J]. 中国现代应用药学,2006(6):438-440.
- [25] 陈国栋,文德鉴. 刺茎楸木根皮抗炎镇痛作用的研究[J]. 时珍国医国药,2008(4):997-998.
- [26] 宋少江,徐绥绪,曹颖林. 辽东楸木总皂苷降血糖作用研究[J]. 中药研究与信息,2005(5):7-9.
- [27] 衣蕾,吉海旺,卫雪贞. 太白楸木抗肝纤维化的实验研究[J]. 中西医结合肝病杂志,2008(2):96-98.
- [28] 李蓉,张潇,任美萍,等. 楸木总皂苷对 S180 小鼠肿瘤生长及免疫细胞功能的影响[J]. 重庆医科大学学报,2011,36(2):148-151.

(收稿日期:2024-04-07)