

用机理。

参考文献：

[1] 国家中医药管理局. 中华本草[M]. 上海：上海科学技术出版社, 1999.

[2] 陈 霞. 石草鞋化学成分初探[J]. 教育研究学刊, 2015, 6 (2): 10.

[3] Edzard E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in asian herbal medicines[J]. *Trends Pharmacol Sci*, 2002, 23 (3): 136-139.

[4] 王治阳, 安 华. 石草鞋化学成分分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(14): 82-85.

[5] 王治阳, 张 峰, 代 震, 等. 石草鞋化学成分的分离鉴定 (I) [J]. 中成药, 2019, 41(4) 836-839.

[6] 赵 凡, 王哲明, 赵碧清, 等. 中华抱茎蓼正丁醇部位化学成分的研究[J]. 中成药, 2018, 40(3): 626-629.

[7] 王国凯, 郑 娟, 郁 阳, 等. 黄药子乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2018, 53(21): 1815-1820.

[8] 李红艳, 王青虎, 郝俊生, 等. 蒙药泡囊草化学成分的分离与鉴定[J]. 中国药物化学杂志, 2018, 28(3): 232-236.

[9] 王亚宇, 王婧祎, 娄 璐, 等. 差不嘎蒿化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2017, 34(11): 968-972.

[10] 邓丽娜, 李博然, 王国伟, 等. 尼泊尔酸模化学成分研究[J]. 中草药, 2016, 47(12): 2095-2099.

[11] 陈 林, 王 琦, 吴 蓓, 等. 百尾参化学成分的分离与鉴定 (II) [J]. 中草药, 2018, 49(20): 4803-4807.

[12] 张耀堂, 吴伟红, 周福佳, 等. 中药翻白草化学成分的研究[J]. 广州化工, 2018, 46(14): 72-73; 87.

[13] Xu J, Huang M Q, Cai S Y, *et al.* Chemical composition and reaction mechanisms for aged *p*-xylene secondary organic aerosol in the presence of ammonia[J]. *J Chin Chem Soc*, 2018, 65 (5): 578-599.

[14] 吕闪闪, 王 璇, 叶全知, 等. 大叶榄仁叶化学成分及其降糖活性[J]. 中成药, 2018, 40(12): 2693-2697.

[15] Wang J L, Chou C T, Liang W Z, *et al.* Effect of 2, 5-dimethylphenol on Ca (2+) movement and viability in PC3 human prostate cancer cells[J]. *Toxicol Mech Methods*, 2016, 25(5): 327-333.

[16] Zhang Y, Hua J W, Wang X Y, *et al.* Chemical constituents of chloroform fraction from leaves of *Chimonanthus salicifolius* [J]. *China J Chin Mater Med*, 2013, 38(16): 2661-2664.

天名精化学成分的研究

钱群刚^{1,2}, 蔡 亮³, 杨胜辉¹, 邵 莉^{1,2}, 龚力民¹, 周小江^{1,2*}

(1. 湖南中医药大学, 湖南 长沙 410208; 2. 湖南省中药饮片标准化及功能工程技术研究中心, 湖南 长沙 410208; 3. 湖南省疾病预防控制中心, 湖南 长沙 410005)

摘要：目的 研究天名精 *Carpesium abrotanoides* L. 的化学成分。**方法** 天名精 70% 乙醇提取物的乙酸乙酯部位采用硅胶、Sephadex LH-20 进行分离纯化，根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。**结果** 从中分离得到 11 个化合物，分别鉴定为 (3*R*, 6*S*) -3-hydroxy-2, 2, 6-trimethyl-7-oxabicyclo [4.3.0] non-9-en-8-one (1)、蚱蜢酮 (2)、(3*S*, 5*R*, 6*S*) -3-hydroxy-5, 6-epoxy-β-ionone (3)、4-hydroxy-4- (3-oxo-1-butenyl) -3, 5, 5 -trimethylcyclohex -2-en-1-one (4)、松脂素 (5)、1, 4-dimethoxy-2, 5-diformylbenzene (6)、9, 10-dihydroxythymol (7)、dihydro-*p*-cinnamic acid (8)、methyl hematin (9)、对甲基苯甲酸 (10)、对羟基苯甲醛 (11)。**结论** 所有化合物均为首次从该植物中分离得到。

关键词：天名精；化学成分；分离鉴定

中图分类号：R284.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-1528(2019)11-2671-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2019.11.023

收稿日期：2018-11-05

基金项目：国家自然科学基金项目 (31670362)；湖南中医药大学中药学一流学科 (2017)

作者简介：钱群刚 (1992—)，男，硕士生，研究方向为中药有效成分研究与品质评价。E-mail: 625347672@qq.com

* 通信作者：周小江 (1968—)，男，教授，博士生导师，研究方向为中药有效成分研究与品质评价。E-mail: gale9888@163.com

网络出版日期：2019-03-15

网络出版地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.r.20190313.1917.002.html

Chemical constituents from *Carpesium abrotanoides*

QIAN Qun-gang^{1,2}, CAI Liang³, YANG Sheng-hui¹, SHAO Li^{1,2}, GONG Li-min¹,
ZHOU Xiao-jiang^{1,2*}

(1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China; 2. Standardization and Functional Engineering Technology Research Center of Traditional Chinese Medicine Pieces in Hunan Province, Hunan 410208, China; 3. Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410005, China)

ABSTRACT: **AIM** To study the chemical constituents from *Carpesium abrotanoides* L.. **METHODS** The ethyl acetate fraction of 70% ethanol extract from *C. abrotanoides* was isolated and purified by silica and Sephadex LH-20, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. **RESULTS** Eleven compounds were isolated and identified as (3*R*, 6*S*) -3-hydroxy-2, 2, 6 -trimethyl-7-oxabicyclo [4.3.0] non-9-en-8-one (**1**), grasshopper ketone (**2**), (3*S*, 5*R*, 6*S*) -3-hydroxy -5, 6- epoxy -β-ionone (**3**), (4-hydroxy-4- (3-oxo-1-butenyl) -3, 5, 5-trimethylcyclohex-2-en-1-one (**4**), pinoresinol (**5**), 1, 4-dimethoxy-2, 5-diformylbenzene (**6**), 9, 10-dihydroxythymol (**7**), dihydro-*p*-cinnamic acid (**8**), methyl hematin (**9**), 4-methylbenzoic acid (**10**), *p*-hydroxybenzaldehyde (**11**). **CONCLUSION** All compounds are isolated from this plant for the first time.

KEY WORDS: *Carpesium abrotanoides* L.; chemical constituents; isolation and identification

天名精为湖南省的地方用药，收载于 2009 年版《湖南省中药材标准》，为菊科天名精属植物天名精 *Carpesium abrotanoides* L. 的干燥全草，有清热解毒、去痰止血的功效，主治咽喉肿痛、扁桃体炎、支气管炎，外用治创伤出血、疮疡肿毒、蛇虫咬伤^[1-2]。其果实为中药“北鹤虱”，其性平，味苦、辛，有小毒，主治蛔虫病、蛲虫病、绦虫病和虫积腹痛。天名精主要含有倍半萜内酯类成分，具有抗肿瘤、抑菌、抗炎、杀虫和细胞毒活性等作用^[3-6]。课题组前期从天名精中分离鉴定了 14 个化合物，其中 1 个为结构非常新颖的倍半萜二聚体，并且具有较好的抗甲流和抗肿瘤的活性^[7-8]。为了寻找更多的抗甲流和抗肿瘤活性成分，继续对天名精进行成分研究，采用硅胶、反相硅胶、Sephadex LH-20 等多种柱色谱，从中分离鉴定了 11 个化合物，且所有化合物均为首次从该种植物中分离得到。

1 材料

Bruker Avance III 600 核磁共振仪（德国 Bruker 公司，TMS 为内标）；Waters 质谱仪（美国 Waters 公司）；Agilent 1260 高效液相色谱仪（美国 Agilent 公司）；EYELA N-1300 旋转蒸发仪（东京理化器械株式会社）；AS 系列超声波清洗机（天津奥特赛恩斯仪器有限公司）；BSZ-100 自动部份收集器（上海沪西分析仪器厂有限股份公司）；Dr. Maisch 色谱柱（250 mm×10 mm，5 μm，德国迈克

公司）；Sephadex LH-20（美国 Amersham Bioscience 公司）。RP-18 反相硅胶（40~63 μm，日本 Daiso 公司）；MCI gel CHP-20P（日本三菱化学株式会社）；柱层析硅胶（200~300 目）、硅胶 H 和薄层层析硅胶 GF₂₅₄（青岛海洋化工厂）；显色剂 10% 硫酸乙醇溶液；所用试剂均为分析纯。

实验用天名精药材于 2016 年 10 至 11 月采自湖南省长沙市望城区，经湖南中医药大学周小江教授鉴定为菊科植物天名精 *Carpesium abrotanoides* L. 的干燥全草。

2 提取与分离

60 kg 天名精干燥全草切段，用 8 倍量 70% 乙醇回流提取 2 次，每次 1 h，滤过，合并提取液，减压浓缩至无醇味，加蒸馏水混悬，用乙酸乙酯萃取，减压回收溶剂得乙酸乙酯部位浸膏 2.45 kg。乙酸乙酯部位过正相硅胶柱色谱，石油醚-乙酸乙酯-甲醇梯度洗脱（70：30：1、70：30：3、70：30：5、70：30：10、70：30：20、70：30：30、70：30：40、70：30：70、甲醇），检识，合并，得 10 个部分（Fr. 1~Fr. 10）。Fr. 1（371 g）经 MCI 柱色谱，甲醇-水（30：70、40：60、50：50、60：40、70：30、80：20、90：10、甲醇）梯度洗脱，检识，合并，得 7 个部分（Fr. 1-1~Fr. 1-7）。Fr. 1-1（18.4 g）经正相硅胶柱，环己烷-乙酸乙酯（10：1）等度洗脱，检识，合并，得 8 个部分（Fr. 1-1-1~Fr. 1-1-8），Fr. 1-1-1 经 HPLC [甲醇-水

(50 : 50)] 纯化得化合物 **8** (1.3 mg)。Fr. 1-1-3 经 HPLC [甲醇-水 (30 : 70)] 纯化得化合物 **1** (4.6 mg)。Fr. 1-1-8 经 HPLC [甲醇-水 (35 : 65)] 纯化得化合物 **2** (2.1 mg)。Fr. 1-1-7 经 HPLC [甲醇-水 (25 : 75)] 纯化得化合物 **7** (2.8 mg)。Fr. 1-2 (8.1 g) 经反相硅胶柱, 甲醇-水 (30 : 70、40 : 60、50 : 50、60 : 40、70 : 30、80 : 20、90 : 10、甲醇) 梯度洗脱, 检识, 合并, 得 5 个部分 (Fr. 1-2-1 ~ Fr. 1-2-5)。Fr. 1-2-4 经 HPLC [甲醇-水 (40 : 60)] 纯化得化合物 **4** (2.5 mg)、**5** (1.8 mg)。采用环己烷-乙酸乙酯 (10 : 1) 洗脱, 对 Fr. 1-2-2 (3.5 g) 进行正相硅胶柱色谱分离, 检识, 合并, 得 12 个部分 (Fr. 1-2-2-1 ~ Fr. 1-2-2-12), Fr. 1-2-2-2 经 HPLC [甲醇-水 (30 : 70)] 纯化得化合物 **11** (6.9 mg), Fr. 1-2-2-4 经 HPLC [甲醇-水 (40 : 60)] 分离, 得化合物 **3** (5.2 mg)、**6** (14.2 mg)、**9** (1.4 mg)、**10** (1.0 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色粉末, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 197.117 8 [$M+H$]⁺, (计算值 197.117 8), 分子式 $C_{11}H_{16}O_3$ 。¹H-NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 1.25 (3H, s, H-10), 1.30 (3H, m, H-11), 1.57 (3H, s, H-12), 1.82 (1H, m, H-4b), 1.93 (1H, m, H-5b), 2.01 (1H, m, H-5a), 2.09 (1H, m, H-4a), 3.65 (1H, m, H-3), 5.75 (1H, s, H-9); ¹³C-NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 24.6 (C-10), 24.9 (C-11), 25.2 (C-12), 27.5 (C-4), 34.7 (C-5), 42.7 (C-2), 76.9 (C-3), 88.9 (C-6), 115.9 (C-9), 174.4 (C-8), 183.0 (C-1)。以上数据与文献 [9] 基本一致, 故鉴定为 (3*R*, 6*S*) -3-hydroxy-2, 2, 6-trimethyl-7-oxabicyclo [4.3.0] -non-9-en-8-one。

化合物 **2**: 白色粉末, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 248.138 7 [$M+Na$]⁺, (计算值 248.138 8), 分子式 $C_{13}H_{20}O_3$ 。¹H-NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 1.12 (3H, s, H-12), 1.21~1.27 (1H, m, H-4b), 1.31~1.35 (1H, m, H-2b), 1.36 (3H, s, H-11), 1.44 (3H, s, H-13), 1.90 (1H, m, H-2a), 2.17 (1H, m, H-4a), 2.28 (3H, s, H-10), 4.22 (1H, m, H-3), 5.91 (1H, s, H-8); ¹³C-NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 27.0 (C-10), 29.2 (C-11), 30.8 (C-13), 32.5 (C-12), 36.9 (C-1), 49.9 (C-4), 50.0 (C-2), 64.4 (C-3),

72.5 (C-5), 101.3 (C-8), 120.1 (C-6), 202.2 (C-9), 211.1 (C-7)。以上数据与文献 [10] 基本一致, 故鉴定为蛭蟪酮。

化合物 **3**: 淡黄色油状物, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 248.136 2 [$M+Na$]⁺, (计算值 248.138 8), 分子式 $C_{13}H_{20}O_3$ 。¹H-NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 0.96 (3H, s, H-11), 1.18 (3H, s, H-12), 1.19 (3H, s, H-13), 1.58 (1H, d, $J=12.8$ Hz, H-2a), 1.65 (1H, dd, $J=9.2, 14.3$ Hz, H-4b), 2.29 (3H, s, H-10), 2.30 (1H, m, H-4a), 3.76 (1H, m, H-3), 6.18 (1H, d, $J=15.7$ Hz, H-8), 7.17 (1H, d, $J=15.8$ Hz, H-7); ¹³C-NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 20.2 (C-13), 25.3 (C-12), 27.6 (C-10), 29.9 (C-11), 36.3 (C-1), 41.5 (C-4), 47.8 (C-2), 64.5 (C-3), 68.9 (C-5), 70.9 (C-6), 133.9 (C-8), 145.6 (C-7), 200.4 (C-9)。以上数据与文献 [11] 基本一致, 故鉴定为 (3*S*, 5*R*, 6*S*) -3-hydroxy-5, 6-epoxy- β -ionone。

化合物 **4**: 无色针晶 (甲醇), 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 246.121 3 [$M+Na$]⁺, (计算值 246.123 2), 分子式 $C_{13}H_{18}O_3$ 。¹H-NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 1.01 (3H, s, H-7), 1.06 (3H, s, H-8), 1.89 (3H, s, H-9), 2.28 (1H, d, $J=17.4$ Hz, H-6b), 2.30 (3H, s, H-4'), 2.60 (1H, d, $J=17.0$ Hz, H-6a), 5.94 (1H, s, H-2), 6.43 (1H, d, $J=15.8$ Hz, H-2'), 6.99 (1H, d, $J=15.8$ Hz, H-1'); ¹³C-NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 19.2 (C-8), 23.5 (C-9), 24.7 (C-7), 27.6 (C-4'), 42.7 (C-5), 50.5 (C-6), 79.9 (C-4), 128.0 (C-2), 131.7 (C-2'), 148.4 (C-1'), 164.7 (C-3), 200.4 (C-1), 200.7 (C-3')。以上数据与文献 [12] 基本一致, 故鉴定为 4-hydroxy-4- (3-oxo-1-butenyl) -3, 5, 5-trimethylcyclohex-2-en-1-one。

化合物 **5**: 无色油状物, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 382.300 6 [$M+Na$]⁺, (计算值 382.139 2), 分子式 $C_{20}H_{22}O_6$ 。¹H-NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 3.03 (2H, dd, $J=8.8, 16.6$ Hz, H-8, 8'), 3.84 (6H, s, 3, 3'-OCH₃), 3.94 (2H, dd, $J=6.0, 9.1$ Hz, H-9a, 9a'), 4.34 (2H, m, H-9b, 9b'), 4.87 (2H, d, $J=4.0$ Hz, H-7, 7'), 6.76 (2H, d, $J=8.0$ Hz, H-6, 6'), 6.80 (2H, dd, $J=1.7, 8.1$ Hz, H-5, 5'), 6.93 (2H, d, $J=1.8$ Hz, H-2, 2'); ¹³C-NMR (150 MHz, CD_3OD) δ :

54.2 (C-8, 8'), 54.7 (3, 3'-OCH₃), 72.2 (C-9, 9'), 88.8 (C-7, 7'), 110.8 (C-2, 2'), 116.0 (C-5, 5'), 120.2 (C-6, 6'), 133.4 (C-1, 1'), 147.5 (C-4, 4'), 149.2 (C-3, 3')。以上数据与文献 [13] 基本一致, 故鉴定为松脂素。

化合物 6: 黄色晶体粉末, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 193.120 4 [M-H]⁻, (计算值 193.050 1), 分子式 C₁₀H₁₀O₄。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 3.91 (6H, s, 2, 5-OCH₃), 7.21 (2H, s, H-3, 6), 9.71 (2H, s, 1, 4-CHO); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 56.8 (2, 5-OCH₃), 108.2 (C-3, 6), 128.7 (C-1, 4), 149.7 (C-2, 5), 192.8 (2, 5-CHO)。以上数据与文献 [14] 基本一致, 故鉴定为 1, 4-dimethoxy-2, 5-diformylbenzene。

化合物 7: 浅黄色油状物, 溶于甲醇。HRESI-MS m/z : 206.087 5[M+Na]⁺, (计算值 206.091 9), 分子式 C₁₀H₁₄O₃。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 2.22 (3H, s, H-7), 3.26 (1H, m, H-8), 3.84 (4H, m, H-9, 10), 6.60 (2H, br d, J =6.3 Hz, H-2, 6), 6.97 (1H, d, J =8.4 Hz, H-5); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 21.1 (C-7), 45.9 (C-8), 63.9 (C-9, 10), 117.1 (C-2), 121.3 (C-6), 124.6 (C-5), 129.9 (C-4), 138.4 (C-1), 156.5 (C-3)。以上数据与文献 [15] 基本一致, 故鉴定为 9, 10-dihydroxythymol。

化合物 8: 淡黄色固体, 溶于三氯甲烷、甲醇。HRESI-MS m/z : 204.070 3 [M+Na]⁺, (计算值 204.076 2), 分子式 C₁₀H₁₂O₃。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 2.57 (2H, t, J =7.7 Hz, H-8), 2.81 (2H, t, J =7.7 Hz, H-7), 3.63 (3H, s, 4-OCH₃), 6.68 (2H, d, J =8.5 Hz, H-3, 5), 7.01 (2H, d, J =8.4 Hz, H-2, 6); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 31.2 (C-7), 37.1 (C-8), 52.0 (4-OCH₃), 116.2 (C-3, 5), 130.2 (C-2, 6), 132.7 (C-1), 156.8 (C-4), 175.3 (C-9)。以上数据与文献 [16] 基本一致, 故鉴定为 dihydro-*p*-methoxy cinnamic acid。

化合物 9: 无色油状液体, 溶于乙醇、甲醇。HRESI-MS m/z : 196.060 7 [M-H]⁻, (计算值 196.061 0), 分子式 C₉H₁₁NO₄。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 1.95 (3H, s, 4-CH₃), 2.61 (2H, m, H-1'), 2.67 (2H, m, H-2'), 3.66 (3H, s, 3'-OCH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 8.4 (4-CH₃), 20.1 (C-1'), 32.7 (C-2'), 52.2 (3'-

OCH₃), 140.3 (C-3), 140.7 (C-4), 174.2 (C-2), 174.4 (C-5), 174.5 (C-3')。以上数据与文献 [17] 基本一致, 故鉴定为 methyl hematinat。

化合物 10: 无色结晶, 溶于甲醇、乙醇、三氯甲烷。HRESI-MS m/z : 135.049 0 [M-H]⁻, (计算值 135.044 6), 分子式 C₈H₈O₂。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 2.52 (3H, s, 4-CH₃), 6.82 (2H, d, J =8.8 Hz, H-3, 5), 7.87 (2H, d, J =8.8 Hz, H-2, 6); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 26.2 (4-CH₃), 116.5 (C-2, 6), 129.8 (C-4), 132.2 (C-3, 5), 164.8 (C-1), 199.5 (-COOH)。以上数据与文献 [18] 基本一致, 故鉴定为对甲基苯甲酸。

化合物 11: 黄色至淡棕色结晶粉末, 溶于甲醇、乙醇、乙酸乙酯、丙酮。HRESI-MS m/z : 123.044 5 [M+H]⁺, (计算值 123.044 6), 分子式 C₇H₆O₂。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 6.90 (2H, d, J =8.6 Hz, H-3, 5), 7.77 (2H, d, J =8.6 Hz, H-2, 6), 9.75 (1H, s, -CHO); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 116.9 (C-3, 5), 130.1 (C-1), 133.5 (C-2, 6), 165.6 (C-4), 192.8 (-CHO)。以上数据与文献 [19] 基本一致, 故鉴定为对羟基苯甲醛。

4 讨论

本实验采用硅胶柱、Sephadex LH-20 凝胶柱等对天名精的乙酸乙酯部位化学成分进行研究, 并从中分离得到 11 个化合物, 均为首次从该植物分离得到。其中化合物 1~4 为倍半萜类, 药理研究发现, 这类化学成分多具有细胞毒性、抗癌、抗炎、抑菌等活性^[4, 20-21]。化合物 5~8、10~11 为芳香族化合物, 其中化合物 10 作为抗癌药物丙卡巴腓合成的初始原料^[22]。

在新药研究过程中, 通过化合物活性筛选而获得具有生物活性的先导化合物是创新药物研究的基础, 而从天然产物中得到先导化合物是其主要途径。近年来多位学者从天名精中分离得到倍半萜二聚体^[7, 23-24], 并且都具有显著的抗肿瘤和细胞毒活性, 这为天名精的进一步研究提供了研究方向, 课题组也将进一步研究, 以期发现更多具有良好生物活性的新型先导化合物。

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[M]. 北京: 科学出版社, 1979, 75: 293-313.

[2] 湖南省食品药品监督管理局. 湖南省中药材标准 [S]. 长沙: 湖南省科技出版社, 2009: 276-277.

[3] Lee J, Min B, Lee S, et al. Cytotoxic sesquiterpene lactones from *Carpesium abrotanoides*[J]. *Planta Med*, 2002, 68 (8): 745-747.

[4] Lee J H, Hwang K H, Kim G H. *In vitro* evaluation of anti-inflammatory activity for salad-food material *Carpesium abrotanoides*[J]. *J Food Biochem*, 2013, 37 (1): 18-25.

[5] 刘晓焱, 郭光武, 王 恒. 天名精对亚洲带缘虫囊尾蚴的杀灭作用[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2015, 33 (3): 237-238.

[6] 汪 蕾, 田 丽, 程 凡, 等. 天名精萜类化学成分及其细胞毒活性研究[J]. 中草药, 2018, 49 (3): 530-535.

[7] Wang J F, He W J, Zhang X X, et al. Dicarabrol, a new dimeric sesquiterpene from *Carpesium abrotanoides* L. [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2015, 25 (19): 4082-4084.

[8] 刘平安, 刘 敏, 潘薇薇, 等. 天名精化学成分研究[J]. 中药材, 2014, 37 (12): 2213-2215.

[9] Ohta S, Frei B, Jeger O. Photochemical reactions. Part 127 photochemistry of epoxyenones: intramolecular trapping of a carbonylylide[J]. *Helv Chim Acta*, 1982, 65 (8): 2363-71.

[10] Kung H X, Yang B Y, Xia Y G, et al. Chemical constituents from the flower of *Datura metel* L. [J]. *Arch Pharm Res*, 2008, 3 (9): 1094-1097.

[11] 彭文文, 宋卫武, 黄茂波, 等. 小叶臭黄皮中单萜和倍半萜类成分研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39 (9): 1620-1624.

[12] 孙占平, 桂丽萍, 郭远强, 等. 金疮小草化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2012, 29 (10): 758-764.

[13] Liu L H, Pu J X, Zhao J F, et al. A new lignan from *Boschniakia himalaica*[J]. *Chin Chem Lett*, 2004, 15 (1): 43-45.

[14] Kuhnert N, Rossignolo G M, Lopez-Periago A. The synthesis of trianglimines: on the scope and limitations of the [3+3] cyclocondensation reaction between (1*R*, 2*R*) -diaminocyclohexane and aromatic dicarboxaldehydes[J]. *Org Biomol Chem*, 2003, 1 (7): 1157-1170.

[15] Zdero C, Bohlmann F, Niemeyer H M. Sesquiterpene lactones from *Perityle emoryi* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29 (3): 891-894.

[16] Takahashi T, Miyazawa M. Tyrosinase inhibitory activities of cinnamic acid analogues [J]. *Pharmazie*, 2010, 65 (12): 913-918.

[17] Jao C W, Hung T H, Chang C F, et al. Chemical constituents of *Phaius mishmensis*[J]. *Molecules*, 2016, 21 (11): 1605.

[18] 陈 欢, 姚 遥, 乔 莉, 等. 合掌消的化学成分研究[J]. 中国药物化学杂志, 2008, 18 (1): 51-53.

[19] Kim H, Ralph J, Lu F, et al. NMR analysis of lignins in CAD-deficient plants. part 1. incorporation of hydroxycinnamaldehydes and hydroxybenzaldehydes into lignins [J]. *Org Biomol Chem*, 2003, 1 (2): 268-281.

[20] 朴英花, 朴惠顺. 倍半萜类化合物生物活性研究进展[J]. 职业与健康, 2012, 28 (18): 2291-2293.

[21] 冯俊涛, 祝木金, 于平儒, 等. 西北地区植物源杀菌剂初步筛选[J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2002, 30 (6): 129-133, 137.

[22] 潘 龙, 汪亚帷, 刘笑天, 等. 抗癌药物丙卡巴肼的合成工艺再优化[J]. 暨南大学学报 (自然科学与医学版), 2015, 36 (1): 7-10.

[23] Wu J, Tang C, Chen L, et al. Dicarabrones A and B, a pair of new epimers dimerized from *Sesquiterpene Lactones* via a [3+2] cycloaddition from *Carpesium abrotanoides*[J]. *Org Lett*, 2015, 17 (7): 1656-1659.

[24] Wu J W, Tang C, Ke C Q, et al. Dicarabrol A, dicarabrone C and dipulchellin A, unique sesquiterpene lactone dimers from *Carpesium abrotanoides* [J]. *RSC Advances*, 2017, 7 (8): 4639-4644.