

• 化学成分 •

血见愁中 1 个新的倍半萜类化合物

王建斌^{1,2}, 高 纯^{3#}, 陈 昊¹, 付宏征^{3*}

1. 扬州大学医学院 (转化医学院), 江苏 扬州 225009

2. 江苏省中西医结合老年病防治重点实验室, 江苏 扬州 225009

3. 北京大学医学部 天然药物及仿生药物国家重点实验室, 北京 100191

摘 要: 目的 研究血见愁 *Teucrium viscidum* 地上干燥部分的化学成分, 发现抗氧化活性化合物。方法 利用硅胶柱色谱、凝胶、ODS 柱色谱等色谱技术方法进行分离纯化, 并综合运用 IR、HR-ESI-MS、¹H-NMR、¹³C-NMR、HSQC、HMBC、COSY 等方法鉴定化合物的结构, 利用超氧阴离子自由基清除实验评价其抗氧化活性; 结果 从血见愁乙醇提取物醋酸乙酯萃取部分分离得到 1 个倍半萜类化合物 (1) 和 6 个苯丙素类化合物 (2~7), 分别鉴定为 9-羟基-6,7-去环氧-茎点霉甜菜烯酮 (1)、迷迭香酸 (2)、迷迭香酸甲酯 (3)、迷迭香酸乙酯 (4)、反式咖啡酸 (5)、反式咖啡酸乙酯 (6)、反式咖啡酸乙烯酯 (7), 化合物 2、3、5~7 表现出一定的超氧阴离子清除活性, 半数效应浓度 (median effect concentration, EC₅₀) 分别为 (2.07±1.22)、(0.95±0.26)、(0.84±0.18)、(1.98±1.12) 和 (5.39±0.89) μg/mL。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为血见愁酮 A; 化合物 2~4 为血见愁植物中首次分离得到; 化合物 2、3、5~7 具有一定的抗氧化活性。

关键词: 血见愁; 倍半萜类化合物; 苯丙素类化合物; 9-羟基-6,7-去环氧-茎点霉甜菜烯酮; 血见愁酮 A; 迷迭香酸; 反式咖啡酸; 抗氧化

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2023)24-7953-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.24.001

A new sesquiterpenoid from *Teucrium viscidum*WANG Jian-bin^{1,2}, GAO Chun³, CHEN Hao¹, FU Hong-zheng³

1. Yangzhou University Medical College (Institute of Translational Medicine), Yangzhou 225009, China

2. Jiangsu Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Prevention and Treatment of Senile Diseases, Yangzhou 225009, China

3. State Key Laboratory of Natural and Biomimetic Drugs, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of the aerial parts of *Teucrium viscidum* and discover bioactive compounds with antioxidant effects. **Methods** Separation and purification of chemical constituents were conducted by comprehensive chromatographic methods (including silica gel column chromatography, Sephadex LH-20, ODS column chromatography and other chromatographic techniques). The structures of the isolated compounds were determined on the basis of spectroscopic analysis including IR, HR-ESI-MS, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, HSQC, HMBC, COSY and other spectrum. Superoxide anion scavenging assay was used to evaluate the antioxidant activities of them. **Results** One sesquiterpenoid, named 9-hydroxy-6,7-de-epoxyphenone (1), and six phenylpropanoids, named rosmarinic acid (2), methyl rosmarinate (3), ethyl rosmarinate (4), *trans*-caffeic acid (5), *trans*-caffeic acid ethyl ester (6), and *trans*-caffeic acid ethylene ester (7) were isolated and identified. Compounds 2, 3 and 5~7 exhibited superoxide anion scavenging effects with median effect concentration (EC₅₀) values of (2.07±1.22), (0.95±0.26), (0.84±0.18), (1.98±1.12) and (5.39±0.89) μg/mL, respectively. **Conclusion** Compound 1 is a new compound named teuvisone A, and compounds 2~4 are first isolated within this species. The results of the activity screening test indicate that compounds 2, 3 and 5~7 exhibit certain antioxidant activity.

收稿日期: 2023-11-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81773595)

作者简介: 王建斌 (1987—), 男, 研究方向为活性天然产物的发现及结构修饰研究。E-mail: 18810543745@163.com

*通信作者: 付宏征 (1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向为活性天然产物的发现及结构修饰研究。E-mail: drhzfu@sina.com

#共同第一作者: 高 纯 (1986—), 女。E-mail: gaochun1986@163.com

Key words: *Teucrium viscidum* Bl.; sesquiterpenoids; phenylpropanoids; 9-hydroxy-6,7-de-epoxyphomenone; teuvisone A; rosmarinic acid; *trans*-caffeic acid; antioxidant activity

唇形科 (Labiatae) 香科科属 *Teucrium* L. 植物在全球约有 300 余种, 遍布世界各地, 尤其是在地中海地区。我国有 18 种、10 变种, 全国各地均有分布, 多数种主要集中在西南地区^[1-3]。香科科属植物作为药用植物已有 2000 多年的历史, 具有清热解毒、发表散寒、健脾利湿等功效, 民间主要用以治疗风寒感冒、消化不良、痢疾、无名肿痛、跌打损伤等症^[4], 化学成分及现代药理研究表明香科科属植物的主要化学成分为单萜、倍半萜、二萜、甾醇、皂苷、环烯醚萜、黄酮、多酚、生物碱及挥发油, 主要药理活性有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗菌及降血糖的作用^[5-15]。

血见愁 *Teucrium viscidum* Bl., 又名山藿香、肺形草、布地锦等, 产于江苏南部、浙江、福建、台湾、江西、湖南、广东、广西、云南、四川西南部及西藏东南部。全草入药, 各地广泛用于风湿性关节炎、跌打损伤、肺脓疡、急性胃肠炎、消化不良、冻疮肿痛、翠丸脓肿、吐血、衄血、外伤出血、毒

蛇咬伤、疗疮疖肿等症^[1]。据《岭南采药录》载: “凉血解毒, 去瘀生新, 理跌打, 敷疮毒, 治蛇伤, 消肠风下血”。但是关于其化学成分及药理作用的研究等方面报道较少^[6,11-15]。为了进一步丰富血见愁的化学成分库, 本研究对其全草乙醇提取物进行系统的化学成分研究, 得到 1 个倍半萜类化合物和 6 个苯丙素类化合物 (图 1), 分别鉴定为 9-羟基-6,7-去环氧-茎点霉甜菜烯酮 (9-hydroxy-6,7-de-epoxyphomenone, **1**)、迷迭香酸 (rosmarinic acid, **2**)、迷迭香酸甲酯 (methyl rosmarinate, **3**)、迷迭香酸乙酯 (ethyl rosmarinate, **4**)、反式咖啡酸 (*trans*-caffeic acid, **5**)、反式咖啡酸乙酯 (*trans*-caffeic acid ethyl ester, **6**)、反式咖啡酸乙烯酯 (*trans*-caffeic acid, **7**)。其中, 化合物 **1** 为新化合物, 命名为血见愁酮 A, 化合物 **2**~**4** 为血见愁植物中首次分离得到。同时对所得化合物进行了超氧阴离子清除活性筛选, 以期发现具有抗氧化活性的化合物, 为血见愁的后续开发研究提供基础。

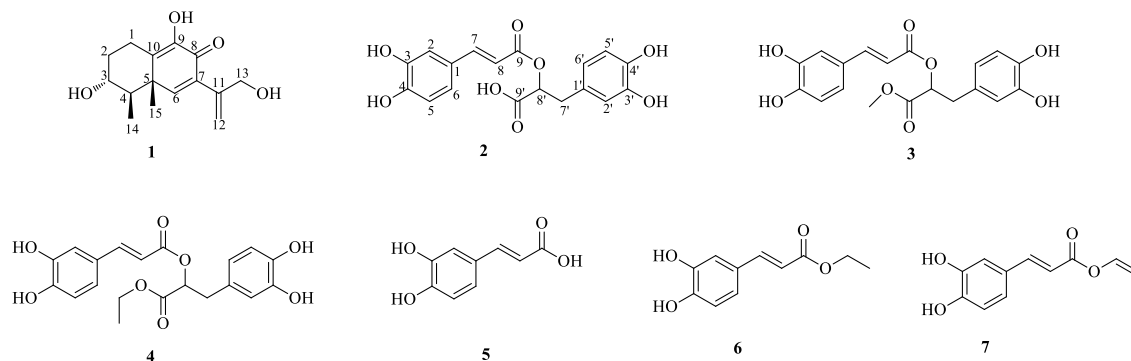


图 1 化合物 1~7 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-7

1 仪器与材料

Bruker-400/Avance DRX-400 核磁共振光谱仪 (德国 Bruker 公司), Nicolet Nexus 470 红外光谱仪 (美国 Thermo 公司), XEVO-G2QTOF# YCA166 质谱仪 (美国 Waters 公司), PL341/343 型旋光仪 (美国 Perkin-Elmer 公司), BP1224S 万分之一电子秤 (北京赛多利斯天平有限公司), LabAlliance 分析型高效液相 (天津兰博实验仪器设备有限公司), Waters 2487 型半制备型高效液相 (美国 Waters 公司), Rotavapor R-210 旋转蒸发仪 (瑞士 Buchi 公司)。

分析纯甲醇、乙腈、醋酸乙酯、氯仿、石油醚、

丙酮、正丁醇 (分析纯, 北京化工厂), 柱色谱用硅胶 (200~300、60~80 目, 安徽良臣硅源材料有限公司), Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (台州市路桥四甲生化塑料厂), 薄层色谱硅胶 H (青岛海洋化工厂), YMC*GEL ODS-A 反相硅胶 (日本 YMC 公司) YMC-pack C₁₈ column 半制备型色谱柱 (日本 YMC 公司)。

血见愁于 2012 年 3 月采购自广东清远药材市场, 由广东中医药大学关世侠教授鉴定为 *T. viscidum* Bl. 植物样品 (201210XJC) 保存在北京大学天然药物及仿生药物国家重点实验室。

2 提取与分离

10 kg 干燥血见愁全草用 10 倍量 95%乙醇提取 3 次, 每次 4 h。得到浸膏 3.1 kg。将其溶解于热水中, 醋酸乙酯萃取 3 次, 得到醋酸乙酯层 181.4 g。将其溶解于甲醇溶液中, 用石油醚萃取, 共得到石油醚层 25.4 g (暂存), 余下甲醇部分 156.0 g。

将甲醇部分经硅胶柱分离, 氯仿-甲醇系统 (100:0→0:1) 梯度洗脱, 得到 10 个组分 (Fr. 1~10), 组分 Fr. 3 (7.3 g) 经硅胶柱色谱分离, 石油醚-醋酸乙酯系统 (5:1→1:2) 梯度洗脱, 得到 9 个组分 Fr. 3.1~3.9, Fr. 3.5 (236.5 mg) 经 Sephadex LH-20 分离 (甲醇洗脱), 制备液相色谱纯化 (48% 甲醇-水洗脱, 体积流量 1.5 mL/min), 得到化合物 **1** (8.9 mg, $t_R=58.5$ min)。组分 Fr. 3.3 (1.25 g) Sephadex LH-20 分离 (甲醇系统洗脱), 制备液相纯化 (45% 甲醇-水洗脱, 体积流量 1.5 mL/min), 得到化合物 **6** (13.1 mg, $t_R=59.2$ min) 和 **7** (8.3 mg, $t_R=63.5$ min)。组分 Fr. 7 (33.6 g) 经硅胶柱分离, 石油醚-醋酸乙酯 (3:1→1:3) 梯度洗脱, 重结晶得到化合物 **5** (25.5 mg)。组分 Fr. 8 (16.1 g) 经硅胶柱分离, 石油醚-醋酸乙酯 (3:1→1:3) 梯度洗脱, 得到 8 个组分 Fr. 8.1~8.8, Fr. 8.8 (133.4 mg) 经 Sephadex LH-20 分离 (甲醇洗脱), 制备液相色谱纯化 (42% 甲醇-水洗脱, 体积流量 1.5 mL/min), 得到化合物 **2** (20.1 mg, $t_R=22.6$ min)、**3** (32.3 mg, $t_R=39.7$ min) 和 **4** (3.8 mg, $t_R=42.2$ min)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色油状物。1% 茴香醛-硫酸不易显色, $[\alpha]_D^{25}+46$ (c 0.1, MeOH), $UV \lambda_{max}^{MeOH}$ (nm): 209 (5.37), 259 (4.91), 305 (4.83); 高分辨质谱 HRESIMS 给出准分子离子峰 m/z 265.143 6 $[M+H]^+$ (计算值 265.144 0, $C_{15}H_{21}O_4$), 结合其碳谱氢谱数据 (表 1) 确定分子式为 $C_{15}H_{20}O_4$, 不饱和度为 6。红外光谱分别在 3409、1763 cm^{-1} 处给出羟基和羰基的特征吸收峰。

^{13}C -NMR 谱结合 DEPT 谱共给出 1 个共轭酮羰基 (δ_C 180.7)、6 个烯碳 (δ_C 155.3, 135.1, 143.8, 138.1, 148.4, 114.1)、1 个 sp^3 杂化的季碳 (δ_C 43.4)、2 个 sp^3 杂化的次甲基碳 (δ_C 70.6, 44.9)、3 个 sp^3 杂化的亚甲基碳 (δ_C 64.6, 36.0, 19.1) 和 2 个甲基碳 (δ_C 20.9, 13.9)。 1H -NMR 给出 3 个次甲基氢 δ_H 7.36 (s, H-6), 3.97 (d, $J=2.4$ Hz, H-3), 1.44 (td, $J=7.1$, 2.4 Hz, H-4); 1 对末端烯氢 δ_H 5.81 (d, $J=1.5$ Hz,

表 1 化合物 **1** 的 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 数据 (400/100 MHz, Pyridine- d_5)

Table 1 1H -NMR and ^{13}C -NMR of compound **1** (400/100 MHz, Pyridine- d_5)

碳位	δ_C , type	δ_H
1 α	19.1, CH ₂	3.40 (brd, $J=2.8$ Hz)
1 β		2.77 (td, $J=13.4$, 4.2 Hz)
2 α	36.0, CH ₂	2.22 (brd, $J=13.4$ Hz)
2 β		1.64 (tt, $J=13.4$, 2.8 Hz)
3	70.6, CH	3.97 (d, $J=2.4$ Hz)
4	44.9, CH	1.44 (td, $J=7.1$, 2.4 Hz)
5	43.4, C	
6	155.3, CH	7.36 (s)
7	135.1, C	
8	180.7, C	
9	143.8, C	
10	138.1, C	
11	148.4, C	
12 α	114.1, CH ₂	5.81, (d, $J=1.5$ Hz)
12 β		5.63 (s)
13	64.6, CH ₂	4.89 (s)
14	13.9, CH ₃	1.35 (d, $J=7.1$ Hz)
15	20.9, CH ₃	1.56 (s)

H-12 α), 5.63 (s, H-12 β); 3 对亚甲基氢 δ_H 4.89 (s, 2H, H-13), 3.40 (brd, $J=2.8$ Hz, H-1 α), 2.77 (td, $J=13.4$, 4.2 Hz, H-1 β) 和 δ_H 2.22 (brd, $J=13.4$ Hz, H-2 α), 1.64 (tt, $J=13.4$, 2.8 Hz, H-2 β); 2 个甲基信号 δ_H 1.35 (d, $J=7.1$ Hz, CH₃-14), 1.56 (s, CH₃-15)。二维核磁信号的详细解析 (图 2) 表明该化合物与已知化合物 (+)-6-dehydropetasol^[16] 非常相似, 不同之处在于低场区比其少了 1 个 9 位烯氢, 且 9 位烯碳的化学位移符合连氧烯碳的特征, 表明化合物 **1** 中 9 位上的烯氢被羟基取代; 另外高场区少了 1 个 13 位甲基信号, 而在化学位移 64.6 处多了 1 对连氧次甲基信号 δ_H 4.89 (2H, s, H-13) 表明化合物 **1** 的 13 位由甲基变成羟甲基。在 HMBC 谱中 (图 2), H-13 (δ_H 4.89) 与 C-11 (δ_C 148.4)、C-7 (δ_C 135.1)、C-12 (δ_C 114.1) 有相关, H-1 (δ_H 2.77) 与 C-9 (δ_C 143.8) 有相关, 证明了以上结论。

NOESY 谱中 (图 3), H-3 (δ_H 3.97) 与 H-1 α (δ_H 2.77) 及 H₃-15 (δ_H 1.35) 有相关, H-1 β (δ_H 2.77) 与 H₃-15 (δ_H 1.59) 有相关, 提示他们位于分子同侧; H-2 α (δ_H 2.22) 与 H-4 (δ_H 1.44) 的相关峰提示其空

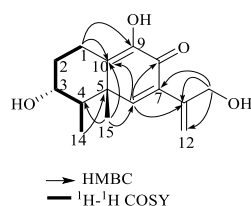


图 2 化合物 1 的主要 HMB 和 COSY 相关

Fig. 2 Key HMBC and COSY correlations of compound 1

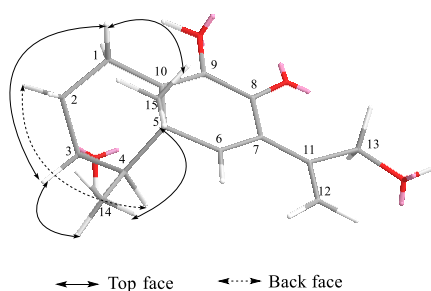


图 3 化合物的主要 NOESY 相关

Fig. 3 Key NOESY correlations of compound 1

间位置接近。提示 1 的相对构型如图所示。综上所述确定化合物 1 的结构为 9-羟基-6,7-去环氧-茎点霉甜菜烯酮，为 1 个新化合物，命名为血见愁酮 A。

化合物 2: 淡黄色油状物，1% 茴香醛-硫酸显紫红色，ESI-MS m/z 359.08 $[M-H]^-$ ，分子式 $C_{18}H_{16}O_8$ ， 1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.45 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7), 7.05 (1H, s, H-2), 7.00 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-5), 6.77 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-6), 6.67 (1H, s, H-2'), 6.63 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5'), 6.52 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-6'), 6.23 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8), 5.02 (1H, brs, H-8'), 3.00~2.86 (2H, m, H-7'); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 170.9 (C-9'), 165.9 (C-9), 148.6 (C-4), 145.8 (C-7), 145.5 (C-3), 144.9 (C-3'), 144.0 (C-4'), 127.5 (C-1'), 125.3 (C-1), 121.5 (C-6), 120.0 (C-6'), 116.7 (C-2'), 115.8 (C-5), 115.4 (C-5'), 114.9 (C-2), 113.4 (C-8), 73.0 (C-8'), 36.2 (C-7')。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[17-18]，故鉴定该化合物为迷迭香酸。

化合物 3: 淡黄色油状物，1% 茴香醛-硫酸显紫红色，ESI-MS m/z : 373.09 $[M-H]^-$ ，分子式 $C_{19}H_{18}O_8$ ， 1H -NMR (400 MHz, Pyridine- d_5) δ : 7.99 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7), 7.52 (1H, s, H-2), 7.35 (1H, s, H-2'), 7.21 (1H, overlapped, H-5'), 7.18 (1H, overlapped, H-5), 7.08 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-6), 6.91 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-6'), 6.60 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8), 5.70 (1H, t, $J = 6.4$ Hz, H-8'), 3.63 (1H, s, H-

10'), 3.32 (2H, m, H-7'); ^{13}C -NMR (100 MHz, Pyridine- d_5) δ : 170.8 (C-9'), 166.9 (C-9), 150.6 (C-4), 147.2 (C-7), 147.1 (C-3), 147.5 (C-3'), 146.2 (C-4'), 127.9 (C-1'), 126.5 (C-1), 122.2 (C-6), 120.9 (C-6'), 117.8 (C-2'), 116.6 (C-5), 116.4 (C-5'), 115.8 (C-2), 113.9 (C-8), 73.8 (C-8'), 51.9 (C-10'), 37.3 (C-7')。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[17-18]，故鉴定该化合物为迷迭香酸甲酯。

化合物 4: 淡黄色油状物，1% 茴香醛-硫酸显紫红色，ESI-MS m/z 387.12 $[M-H]^-$ ，分子式 $C_{20}H_{20}O_8$ ， 1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.49 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7), 7.07 (1H, s, H-2), 7.03 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-5), 6.78 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.66 (1H, s, H-2'), 6.65 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-6'), 6.51 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-6), 6.23 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8), 5.09 (1H, t, $J = 6.2$ Hz, H-8'), 4.09 (2H, q, $J = 7.0$ Hz, H-10'), 2.96 (2H, d, $J = 6.2$ Hz, H-7'), 1.15 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, C-11'); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 169.9 (C-9'), 166.3 (C-9), 149.2 (C-4), 146.7 (C-7), 146.1 (C-3), 145.4 (C-3'), 144.6 (C-4'), 127.1 (C-1'), 125.6 (C-1), 122.1 (C-6), 120.6 (C-6'), 117.2 (C-2'), 116.2 (C-5), 115.9 (C-5'), 115.5 (C-2), 113.4 (C-8), 73.3 (C-8'), 61.2 (C-10'), 36.8 (C-7'), 14.4 (C-11')。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[17]，故鉴定该化合物为迷迭香酸乙酯。

化合物 5: 黄色无定形粉末，1% 茴香醛-硫酸显黄色，ESI-MS m/z 179.04 $[M-H]^-$ ，分子式 $C_9H_8O_4$ ， 1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 12.12 (1H, s, H-9), 9.53 (1H, s, H-3), 9.14 (1H, s, H-4), 7.42 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7), 7.03 (1H, brs, H-2), 6.96 (1H, brd, $J = 8.1$ Hz, H-6), 6.76 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 6.18 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 168.4 (C-9), 148.6 (C-3), 146.0 (C-4), 145.1 (C-7), 126.2 (C-1), 121.6 (C-6), 116.2 (C-5), 115.6 (C-2), 115.1 (C-8)。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[19]，故鉴定该化合物为反式咖啡酸。

化合物 6: 黄色固体，1% 茴香醛-硫酸显黄色，ESI-MS m/z : 207.07 $[M-H]^-$ ，分子式 $C_{11}H_{12}O_4$ ， 1H -NMR (400 MHz, Pyridine- d_5) δ : 7.97 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7), 7.62 (1H, s, H-2), 7.21 (2H, overlapped, H-5, 6), 6.60 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8), 4.24 (2H, q, $J = 7.1$ Hz, H-10), 1.19 (1H, t, $J = 7.1$ Hz, H-11); ^{13}C -NMR (100 MHz, Pyridine- d_5) δ : 167.3

(C-9), 150.4 (C-4), 147.7 (C-3), 145.7 (C-7), 126.9 (C-1), 122.0 (C-6), 116.7 (C-5), 115.7 (C-2), 115.1 (C-8), 60.1 (C-10), 14.4 (C-11)。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[17], 故鉴定该化合物为反式咖啡酸乙酯。

化合物 7: 黄色固体, 1%茴香醛-硫酸显黄色, ESI-MS m/z : 205.04 $[M-H]^-$, 分子式 $C_{11}H_{10}O_4$, 1H -NMR (400 MHz, Acetone- d_6) δ : 7.67 (1H, dd, J = 15.8, 3.3 Hz, H-7), 7.39 (1H, m, H-10), 7.23 (1H, brs, H-2), 7.07 (1H, brs, H-5), 6.91 (1H, m, H-6), 6.32 (1H, dd, J = 15.8, 3.3 Hz, H-8), 4.92 (1H, m, H-11a), 4.61 (1H, m, H-11b); ^{13}C -NMR (100 MHz, Acetone- d_6) δ : 163.8 (C-9), 148.7 (C-4), 147.2 (C-3), 145.7 (C-7), 141.4 (C-10), 126.3 (C-1), 122.1 (C-6), 115.6 (C-5), 114.6 (C-2), 112.7 (C-8), 96.5 (C-11)。物理性质及波谱数据与文献对照基本一致^[20], 故鉴定该化合物为反式咖啡酸乙酯。

4 活性测定

香科科属植物提取物具有明确的抗氧化活性^[21-22]。采用酶标法测定化合物 1~7 的抗氧化活性 (超氧阴离子清除率), 化合物 2、3、5~7 均表现出了一定的抗氧化活性, 半数效应浓度 (median effect concentration, EC_{50}) 结果见表 2。

表 2 化合物 2、3、5~7 体外超氧阴离子清除活性结果
Table 2 Superoxide anion scavenging activities of compounds 2, 3, 5—7

化合物	$EC_{50}/(\mu g \cdot mL^{-1})$
2	2.07 ± 1.22
3	0.95 ± 0.26
5	0.84 ± 0.18
6	1.98 ± 1.12
7	5.39 ± 0.89

5 讨论

香科科属植物种类丰富, 分布广泛, 药理作用多样, 具有一定的开发价值。目前, 对该属植物的化学成分、药理作用及作用机制的研究相对较少, 药用价值开发不够充分, 尤其是药用植物血见愁。本研究从血见愁中分离得到 7 个化合物, 化合物 1 为 1 个新的倍半萜类化合物。药理活性筛选发现, 化合物 2、3、5~7 表现出了一定的体外抗氧化活性, 为血见愁开发和利用提供了化学成分以及药理活性方面的依据。基于当前的文献报道, 该属植物

萜类成分丰富, 可能是发挥作用的物质基础, 同时也具有发现结构新颖的化学成分的潜力, 因此, 从血见愁中发现更多的萜类成分并根据血见愁的传统功效, 开展药理活性研究, 阐明其物质基础, 是其药用价值开发的前提, 也是后续需要关注的问题。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会编. 马其云等编著. 中国植物志-拉丁名索引: 1959—1992 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 65, 32-33.
- [2] Djabou N, Battesti M J, Allali H, *et al.* Chemical and genetic differentiation of Corsican subspecies of *Teucrium flavum* L. [J]. *Phytochemistry*, 2011, 72(11/12): 1390-1399.
- [3] Li Z Y, Qi F M, Zhi D J, *et al.* A novel spirocyclic triterpenoid and a new taraxerane triterpenoid from *Teucrium viscidum* [J]. *Org Chem Front*, 2017, 4(1): 42-46.
- [4] 贵州省中医研究所. 贵州中草药名录 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988: 508-510.
- [5] Candela R G, Rosselli S, Bruno M, *et al.* A review of the phytochemistry, traditional uses and biological activities of the essential oils of genus *Teucrium* [J]. *Planta Med*, 2021, 87(6): 432-479.
- [6] Sadeghi Z, Yang J L, Venditti A, *et al.* A review of the phytochemistry, ethnopharmacology and biological activities of *Teucrium* genus (Germander) [J]. *Nat Prod Res*, 2022, 36(21): 5647-5664.
- [7] Aydogan F, Boga M, Khan S I, *et al.* Phytochemical investigation of *Teucrium pruinum* and biological potential assessment of the isolated diterpenoids [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2022, 105: 104545.
- [8] Bahramikia S, Yazdanparast R. Phytochemistry and medicinal properties of *Teucrium polium* L. (Lamiaceae) [J]. *Phytother Res*, 2012, 26(11): 1581-1593.
- [9] Ulubelen A, Topu G, Sönmez U. Chemical and biological evaluation of genus *teucrium* [J]. *Stud Nat Prod Chem*, 2000, 23: 591-648.
- [10] Elmastas M, Erenler R, Isnac B, *et al.* Isolation and identification of a new neo-clerodane diterpenoid from *Teucrium chamaedrys* L [J]. *Nat Prod Res*, 2016, 30(3): 299-304.
- [11] Gao C, Han L, Zheng D, *et al.* Dimeric abietane diterpenoids and sesquiterpenoid lactones from *Teucrium viscidum* [J]. *J Nat Prod*, 2015, 78(4): 630-638.
- [12] Lv H W, Luo J G, Zhu M D, *et al.* Teuvisins A-E, five new neo-clerodane diterpenes from *Teucrium viscidum*

- [J]. *Chem Pharm Bull*, 2014, 62(5): 472-476.
- [13] Lv H W, Zhu M D, Luo J G, *et al.* Antihyperglycemic glucosylated coumaroyltyramine derivatives from *Teucrium viscidum* [J]. *J Nat Prod*, 2014, 77(2): 200-205.
- [14] Hao X C, Zhang J W, Zhan G Q, *et al.* Chemical constituents from *Teucrium viscidum* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2013, 51: 78-82.
- [15] 程丽, 陈静, 谭艳, 等. 血见愁植物化学成分研究 (英文) [J]. *中国药学: 英文版*, 2018, 27(10): 719-723.
- [16] Sugawara F, Hallock Y F, Bunkers G D, *et al.* Phytoactive eremophilanes produced by the weed pathogen *Drechslera gigantea* [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 1993, 57(2): 236-239.
- [17] 孙照翠, 郑庆霞, 吴海峰, 等. 猫须草水溶性化学成分的研究 [J]. *中国药杂志*, 2014, 49(1): 22-25.
- [18] 郑晓珂, 李钦, 冯卫生. 冬凌草中酚酸类化学成分研究 [J]. *中国药学杂志*, 2004, 39(5): 335-336.
- [19] 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.
- [20] 姚士, 徐乃玉, 褚纯隽, 等. 蓝萼香茶菜的抗补体活性成分研究 [J]. *中国中药杂志*. 2013, 38(2): 199-203.
- [21] Shah S M M, Shah S M H. Phytochemicals, antioxidant, antinociceptive and anti-inflammatory potential of the aqueous extract of *Teucrium stocksianum* Bioss [J]. *BMC Complem Altern Med*, 2015, 15(1): 351.
- [22] Bakari S, Ncir M, Felhi S, *et al.* Chemical composition and in vitro evaluation of total phenolic, flavonoid, and antioxidant properties of essential oil and solvent extract from the aerial parts of *Teucrium polium* grown in Tunisia [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2015, 24(6): 1943-1949.

[责任编辑 王文倩]