

• 化学成分 •

藏药高原天名精中 2 个新的倍半萜类成分

史慧丹¹, 王雪梅¹, 李熙萌¹, 武海波^{1*}, 刘婷婷^{2*}

1. 中央民族大学生命与环境科学学院 民族地区生态环境国家民委重点实验室, 北京 100081

2. 中国农业科学院生物技术研究所, 北京 100081

摘要: **目的** 研究藏药高原天名精 *Carpesium lipskyi* 干燥根部的化学成分及抗炎活性。**方法** 利用硅胶柱色谱和 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱等色谱分离技术进行分离纯化, 根据理化性质、MS 和 NMR 等波谱手段并结合文献鉴定化合物结构。采用脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 诱导的小鼠巨噬细胞 RAW264.7 炎症模型, 对化合物的体外抗炎活性进行评价。**结果** 从高原天名精根乙醇提取物中分离得到 9 个化合物, 分别鉴定为 (1*R*,7*R*,10*R*,11*S*)-1-hydroxy-eudesma-3(4),5(6)-dien-11-oic acid methyl ester (**1**)、(1*R*,4*S*,5*R*,7*R*)-1-acetoxy-11-hydroxy-eremophil-9(10)-ene (**2**)、careudesmane D (**3**)、异土木香内酯 (**4**)、11-hydroxy-eremophil-1(10)-en-2,9-dione (**5**)、carperemophilane A (**6**)、carperemophilane B (**7**)、原儿茶醛 (**8**) 和伞形酮 (**9**)。抗炎活性结果表明, 化合物 **2** 和 **7** 能够抑制 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞中 NO 的生成量, 半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC₅₀) 值分别为 (13.62 ± 1.30) μmol/L 和 (19.47 ± 2.67) μmol/L。**结论** 化合物 **1** 为新的桉烷型倍半萜化合物, 命名为高原天名精甲素 (carpesiol A)。化合物 **2** 为新的艾里莫芬烷型倍半萜化合物, 命名为高原天名精乙素 (carpesiol B)。化合物 **3**~**7** 为首次从该植物中分离得到。化合物 **2** 和 **7** 具有开发为抗炎活性药物的潜力。

关键词: 藏药; 高原天名精; 倍半萜; 高原天名精甲素; 高原天名精乙素; 抗炎活性

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)11-4089-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.11.001

Two new sesquiterpenes from Tibetan medicine *Carpesium lipskyi*SHI Huidan¹, WANG Xuemei¹, LI Ximeng¹, WU Haibo¹, LIU Tingting²

1. College of Life and Environmental Sciences, Key Laboratory of Ecology and Environment in Minority Areas (Minzu University of China), National Ethnic Affairs Commission, Beijing 100081, China

2. Biotechnology Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents and anti-inflammatory activity of the dried roots of Tibetan medicine *Carpesium lipskyi*. **Methods** The ethanol extract of *C. lipskyi* was isolated and purified using chromatographic techniques including silica gel column chromatography and Sephadex LH-20 gel column chromatography. The structures of the compounds were identified based on their physicochemical properties, spectroscopic methods (MS, NMR), and literature data. The *in vitro* anti-inflammatory activity of the compounds was evaluated using a lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammatory model in mouse macrophage RAW264.7 cells. **Results** Nine compounds were isolated from the roots of *C. lipskyi* and identified as (1*R*,7*R*,10*R*,11*S*)-1-hydroxy-eudesma-3(4),5(6)-dien-11-oic acid methyl ester (**1**), (1*R*,4*S*,5*R*,7*R*)-1-acetoxy-11-hydroxy-eremophil-9(10)-ene (**2**), careudesmane D (**3**), isoolantolactone (**4**), 11-hydroxy-eremophil-1(10)-en-2,9-dione (**5**), carperemophilane A (**6**), carperemophilane B (**7**), protocatechuyaldehyde (**8**), and umbelliferone (**9**). Compounds **2** and **7** inhibited LPS-induced NO production in RAW264.7 cells with half maximal inhibitory concentration (IC₅₀) values of (13.62 ± 1.30) μmol/L and (19.47 ± 2.67) μmol/L, respectively. **Conclusion** Compound **1** is a new eudesmane-type sesquiterpene and designated as carpesiol A, and compound **2** is a new eremophilane-type sesquiterpene and designated as carpesiol B. Compounds **3**–**7** were isolated from this plant for the first time. Compounds **2** and **7** show potential for development as anti-inflammatory drugs.

收稿日期: 2026-01-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (32372638)

作者简介: 史慧丹, 女, 硕士研究生, 研究方向为民族药药效物质基础研究。E-mail: 18863001386@163.com

*通信作者: 武海波, 实验师, 博士, 硕士生导师, 研究方向为民族药药效物质基础研究。E-mail: whbnmr@muc.edu.cn

刘婷婷, 副研究员, 博士, 硕士生导师, 研究方向为天然产物化学。E-mail: liutingting01@caas.cn

Key words: Tibetan medicine; *Carpesium lipskyi* Winkl.; sesquiterpene; carpesiol A; carpesiol B; anti-inflammatory activity

藏医药学作为我国传统医药体系的重要组成部分,在高原疾病的防治中具有独特优势。高原天名精 *Carpesium lipskyi* Winkl. 为菊科天名精属多年生草本植物,是藏医传统常用药材,藏药为“贡布美多露米”,在经典藏医药文献中早有记载^[1]。该药材主要分布于四川、云南、甘肃、青海等地,生长于海拔 2 000~3 500 m 的地区^[2]。藏医理论认为其性味苦寒,具有清热解毒、消炎止痛、祛风除湿等功效^[3]。青海藏民用全草治咽喉肿痛、疮肿、胃痛、蛇虫咬伤等^[1,4]。现代研究表明,高原天名精含有多种化学成分,如倍半萜类、二萜类、甾醇类、黄酮类、酚酸类等,具有抗肿瘤、抗炎等多种药理活性^[2-3,5-8]。为了进一步开发利用该藏药资源,本研究对高原天名精根部进行系统的化学成分分离与抗炎活性评价,从其根中分离到 9 个化合物(图 1),分别鉴定为 (1*R*,7*R*,10*R*,11*S*)-1-hydroxy-cudesma-

3(4),5(6)-dien-11-oic acid methyl ester (1)、(1*R*,4*S*,5*R*,7*R*)-1-acetoxy-11-hydroxy-eremophil-9(10)-ene (2)、careudesmane D (3)、异土木香内酯(isoalantolactone, 4)、11-hydroxy-eremophil-1(10)-en-2,9-dione (5)、carperemophilane A (6)、carperemophilane B (7)、原儿茶醛(protocatechuyl aldehyde, 8)和伞形酮(umbelliferone, 9)。化合物 1 为新的桉烷型倍半萜,命名为高原天名精甲素(carpesiol A)。化合物 2 为新的艾里莫芬烷型倍半萜,命名为高原天名精乙素(carpesiol B)。化合物 3~7 为首次从该植物中分离得到。活性结果显示,化合物 2 和 7 具有显著的抗炎活性。上述研究发现了具有新颖结构的活性倍半萜成分,阐明其传统抗炎功效的科学内涵,为该特色藏药材的质量控制、资源开发及创新药物研究提供关键的化学与药理学依据。

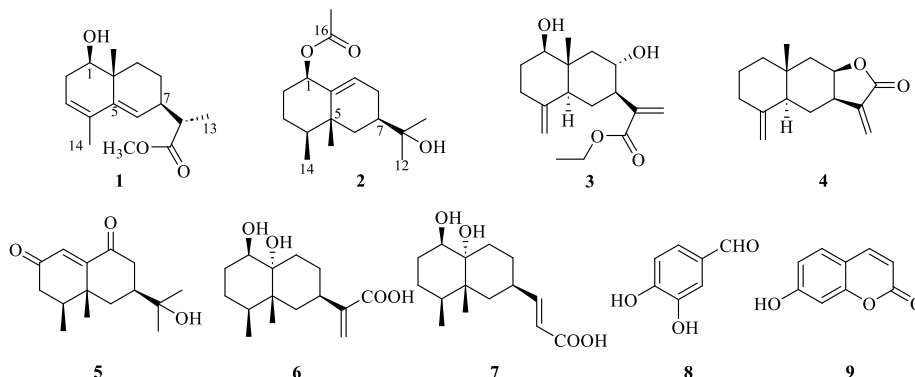


图 1 化合物 1~9 的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1—9

1 仪器与材料

AVANCE 600 核磁共振波谱仪(德国布鲁克公司); BioTek Epoch 全波长酶标仪(美国 BioTek 公司); 薄层色谱硅胶(GF₂₅₄)与柱色谱硅胶(200~300 目)均为青岛海洋化工厂产品; Sephadex LH-20 为 Pharmacia Biotech 公司产品; 氘代试剂(美国剑桥 CIL 公司); 其余试剂均为分析纯,北京化工厂生产; RAW264.7 细胞(中国典型培养物保存中心 CCTCC); DMEM 培养基(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 地塞米松(美国 Sigma 公司); 胎牛血清(美国 Gemini Bio 公司); 脂多糖(lipopolysaccharide, LPS, 美国 Sigma 公司); NO 检测试剂盒(中国碧云天公司)。

高原天名精 2023 年采自云南大理市,经中国农业科学院生物技术研究所刘婷婷副研究员鉴定为菊科天名精属植物高原天名精 *C. lipskyi* Winkl., 标本(20230931)存放在中央民族大学生命与环境科学学院天然产物提取教研室。

2 方法

2.1 提取与分离

取高原天名精干燥根 2.1 kg,经粉碎处理后,以 75%乙醇 40 L 为提取溶剂,采用冷浸法于室温下浸提 2 次,单次浸提时间为 2 周。收集并合并所有提取液,通过减压蒸馏浓缩后,共获得浸膏 73.2 g。采用硅胶柱色谱方法,以正己烷-丙酮(20:1~1:1)进行梯度洗脱,通过 TLC 合并相似成分得到

5个组分,分别为Fr. A~E。组分Fr. B (6.9 g)进行硅胶柱色谱分离,以石油醚-丙酮(10:1)为流动相,通过TLC合并相似流分得到4个亚流分(Fr. B1~B4)。Fr. B1 (0.32 g)进一步用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化,得到化合物4 (6.4 mg)和5 (17.3 mg)。Fr. B2 (0.39 g)进行硅胶柱色谱分离,以石油醚-醋酸乙酯(7:1)为流动相,接着用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化后得到化合物1 (7.1 mg)。Fr. B3 (0.44 g)经硅胶柱色谱分离,以正己烷-醋酸乙酯(5:1)为流动相,后用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化后得到化合物2 (6.6 mg)。组分Fr. C (4.9 g)以石油醚-丙酮(7:1)进行硅胶柱色谱分离,通过TLC合并相似流分得到3个亚流分(Fr. C1~C3)。Fr. C2 (1.32 g)用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化,得到化合物9 (5.7 mg)。Fr. C3 (0.51 g)以正己烷-丙酮(10:1)进行硅胶柱色谱分离后用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化后得到化合物3 (6.6 mg)。组分Fr. D (14.9 g)以石油醚-丙酮(4:1)进行硅胶柱色谱分离,通过TLC合并相似流分得到4个亚流分(Fr. D1~D4)。Fr. D1 (0.78 g)用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化,得到化合物8 (14.3 mg)。Fr. D2 (0.60 g)以石油醚-醋酸乙酯(5:1)进行硅胶柱色谱分离后用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化后得到化合物6 (5.7 mg)。Fr. D3 (0.42 g)经硅胶柱色谱分离,以石油醚-醋酸乙酯(5:1)为流动相,后用Sephadex LH-20凝胶柱色谱纯化后得到化合物7 (12.1 mg)。

2.2 活性测试

评估化合物的抗炎活性,采用LPS诱导RAW264.7小鼠巨噬细胞模型^[9]。取对数生长期的RAW264.7细胞接种于96孔板,50%CO₂细胞孵育箱中培养24h后分组处理,设对照组、模型组(LPS 10 ng/mL)及各化合物处理组(5、10、20、40、80 μmol/L),以地塞米松(5、10、20、40、80 μmol/L)为阳性对照。除对照组外,其余组加入LPS诱导,继而给予相应药物,在CO₂细胞孵育箱中培养24h之后,吸取50 μL上清液至96孔板中,先加入50 μL Griess I后,再加入50 μL Griess 试剂II,摇床上振荡10 min充分混匀,于酶标仪540 nm波长处测定各孔吸光度(A)值,最后根据标准曲线计算出每孔NO含量。实验重复3次,数据以均值表示。计算NO生成抑制率并拟合半抑制浓度(median inhibition concentration, IC₅₀)。

$$\text{抑制率} = (C_2 - C_1) / (C_2 - C_0)$$

C₀、C₁、C₂分别对应对照组、化合物或阳性对照组和模型组的细胞上清中NO浓度

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物1:黄色油状液体(氯仿), $[\alpha]_D^{20} + 17.6$ (c 0.1, MeOH), UV (CH₃CN) λ_{max} (log ϵ) 224 (0.90) nm, IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 443, 1 627, 1 538, 1 253。HR-ESI-MS m/z : 287.161 8 [M+Na]⁺ (计算值 287.162 3), 确定该化合物分子式为C₁₆H₂₄O₃, 不饱和度为5。分析¹H-NMR谱(600 MHz, CDCl₃) (表1)得知

表1 化合物1和2的¹H-NMR和¹³C-NMR数据(600/150 MHz, CDCl₃)

Table 1 ¹H-NMR and ¹³C-NMR spectroscopic data for compounds 1 and 2 (600/150 MHz, CDCl₃)

碳位	1		2	
	δ_{H}	δ_{C}	δ_{H}	δ_{C}
1	3.50 (dd, $J = 10.2, 5.8$ Hz)	75.6, CH	5.24 (t, $J = 3.0$ Hz)	77.1, CH
2	2.34 (m), 2.15 (m)	31.8, CH ₂	1.95 (m), 1.55 (m)	32.9, CH ₂
3	5.42 (m)	122.0, CH	1.62 (m), 1.47 (m)	26.7, CH ₂
4		131.7, C	1.63 (m)	38.3, CH
5		142.7, C		64.4, C
6	5.37 (brs)	124.2, CH	2.01 (m), 1.01 (m)	36.2, CH ₂
7	2.60 (m)	39.2, CH	1.50 (m)	41.3, CH
8	1.66 (m), 1.48 (m)	20.7, CH ₂	2.05 (m), 1.72 (m)	27.5, CH ₂
9	1.89 (m), 1.33 (m)	33.4, CH ₂	5.80 (dd, $J = 6.6, 1.8$ Hz)	126.0, CH
10		37.8, C		142.3, C
11	2.52 (m)	44.3, CH		72.3, C
12		176.1, C	1.18 (s)	27.2, CH ₃
13	1.14 (d, $J = 7.0$ Hz)	16.4, CH ₃	1.18 (s)	26.8, CH ₃
14	1.74 (s)	20.7, CH ₃	0.85 (d, $J = 6.5$ Hz)	15.5, CH ₃
15	0.91 (s)	19.8, CH ₃	1.02 (s)	21.6, CH ₃
16	3.70 (s)	51.5, CH ₃		170.5, C
17			2.02 (s)	22.4, CH ₃

该化合物含有 3 个甲基 [2 个单峰甲基 δ_{H} 1.74 (3H, s, CH₃-14) 和 δ_{H} 0.91 (3H, s, CH₃-15)。1 个双峰甲基 δ_{H} 1.14 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, CH₃-13)], 1 个甲氧基 δ_{H} 3.70 (3H, s, CH₃-16), 2 个烯基质子 δ_{H} 5.42 (1H, m, CH-3), 5.37 (1H, brs, CH-6), 以及 1 个含氧次甲基 δ_{H} 3.50 (1H, dd, $J = 10.2, 5.8$ Hz, CH-1)。¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) (表 1) 给出 16 个碳信号, 包括 1 个酯羰基碳 δ_{C} 176.1 (C-12)、4 个烯碳 δ_{C} 142.7 (C-5), 131.7 (C-4), 124.2 (C-6), 122.0 (C-3)、1 个连氧碳 δ_{C} 75.6 (C-1)、1 个甲氧基碳 δ_{C} 51.5 (C-16) 和 3 个甲基 δ_{C} 16.4 (C-13), 20.7 (C-14), 19.8 (C-15)。以上数据结合不饱和度表明化合物 1 含有 2 个环。

化合物 1 的 ¹H-¹H COSY 二维谱 (图 2) 显示 H-1 经过 H₂-2 至 H₂-3 的 -CH(1)-CH₂(2)-CH₂(3)-片段, H-6 经过 H-7 至 H₂-8 和 H₂-9 的 -CH(6)-CH(7)-CH₂(8)-CH₂(9)-片段, 以及 H-7 经过 H-11 至 H₃-13 的 -CH(7)-CH(11)-CH₃(13)-片段。HMBC 相关 (图 2) 显示 H-1 与 C-2 和 C-10 远程相关, H₃-14 与 C-3、C-4 和 C-5 远程相关, CH-7 与 C-6、C-8 和 C-11 远

程相关, 以及 CH₃-15 与 C-1、C-10 和 C-9 远程相关。以上波谱数据表明化合物 1 为桉烷型倍半萜衍生物^[10]。最终将上述推导的结构单元连接起来, 确定化合物 1 的平面结构 (图 1)。化合物 1 的相对构型则是通过 NOESY 谱 (图 2) 指认。H-1 与 H-7 和 H₃-13 相关, H₃-15 与 H-11 相关, 这表明 H₃-15 和 H-11 位于环的同侧, 而 H-1, H-7 和 H₃-13 位于相反侧。化合物 1 的绝对构型通过 TD-DFT 理论计算 ECD 图谱与实验 ECD 图谱对比确定。构象搜索后, 在 B3LYP/6-31G(d) 水平下对优势构象进行几何优化, 随后采用 TDDFT 方法计算 ECD 谱图。计算得到的 (1*R*,7*R*,10*R*,11*S*) 构型的 ECD 曲线与实验曲线吻合良好 (图 3), 而其 (1*S*,7*S*,10*S*,11*R*) 对映体的计算 ECD 曲线呈镜像关系, 由此确定化合物 1 的绝对构型为 1*R*,7*R*,10*R*,11*S*。通过 Scifinder 检索可知其为新化合物, 鉴定为 (1*R*,7*R*,10*R*,11*S*)-1-hydroxy-eudesma-3(4),5(6)-dien-11-oic acid methyl ester, 命名为高原天名精甲素 (carpesiol A)。

化合物 2: 黄色油状液体 (氯仿), $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -37.3$ (c

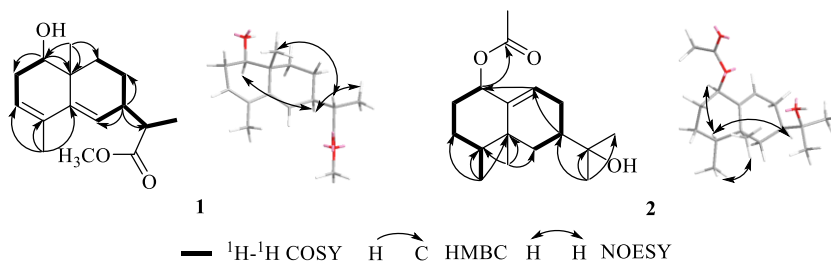


图 2 化合物 1 和 2 的 ¹H-¹H COSY、HMBC 和 NOESY 关键相关

Fig. 2 Key ¹H-¹H COSY, HMBC and NOESY correlations of compounds 1 and 2

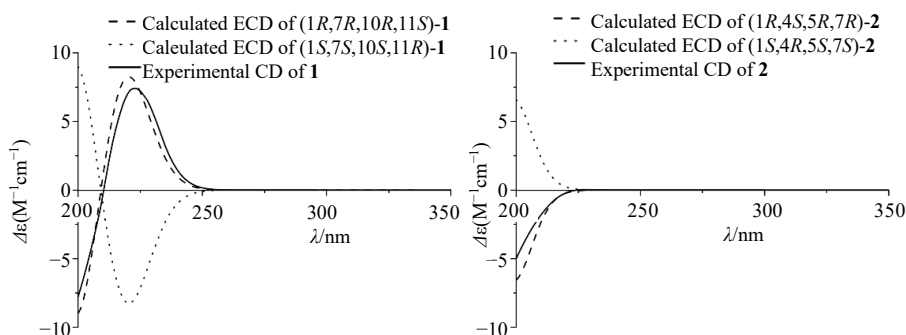


图 3 化合物 1 和 2 的计算和实测 ECD 谱图

Fig. 3 Calculated and experimental ECD spectra of compounds 1 and 2

0.1, MeOH), UV (CH₃CN) λ_{max} (log ϵ) 211 (0.62) nm, IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 431, 1 653, 1 500, 910。由高分辨质谱 HR-ESI-MS m/z : 303.193 1 [M+Na]⁺ (计算值 303.193 6), 确定该化合物分子式为 C₁₇H₂₈O₃, 不饱

和度为 4。分析化合物 2 的 ¹H-NMR 谱 (600 MHz, CDCl₃) (表 1) 得知该化合物有 5 个甲基 [4 个单峰甲基 δ_{H} 1.18 (6H, s, 12, 13-CH₃), 1.02 (3H, s, 15-CH₃) 以及 δ_{H} 2.02 (3H, s, CH₃-17) 和 1 个双峰甲基 δ_{H} 0.85

(3H, d, $J = 6.5$ Hz, CH₃-14)], 1个烯基质子 δ_{H} 5.80 (1H, dd, $J = 6.6, 1.8$ Hz, CH-9), 以及1个含氧次甲基 δ_{H} 5.24 (1H, t, $J = 3.0$ Hz, CH-1)。¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) (表1) 给出17个碳信号, 包括1个酯羰基碳 δ_{C} 170.5 (C-16), 2个烯碳 δ_{C} 142.3 (C-10), 126.0 (C-9), 2个连氧碳 δ_{C} 77.1 (C-1), 72.3 (C-11), 以及5个甲基碳 δ_{C} 27.2 (C-12), 26.8 (C-13), 22.4 (C-17), 21.6 (C-15), 15.5 (C-14)。以上数据结合不饱和度表明化合物**2**含有2个环。

化合物**2**的¹H-¹H COSY二维谱(图2)显示H-1经过H₂-2, H₂-3和H-4至H₃-14的-CH(1)-CH₂(2)-CH₂(3)-CH(4)-CH₃(14)-片段, H₂-6经过H-7至H₂-8和H-9的-CH₂(6)-CH(7)-CH₂(8)-CH(9)-片段。HMBC图谱(图2)显示H₃-12与C-7, C-11和C-13远程相关, H₃-14与C-3, C-4和C-5远程相关, 以及CH₃-15与C-4, C-5和C-6远程相关。此外, 烯质子H-9与连氧次甲基碳C-1存在远程相关明确建立了C-1与C-10的直接连接, H-7与C-9存在相关表明C-9与C-10之间为双键, 且C-9无额外取代。上述相关与H₃-14/C-5、H₃-15/C-6等相关共同作用, 有效区分了C-4位甲基(CH₃-14)与C-5位甲基(CH₃-15), 并排除了C-5(6)双键的可能结构。上述波谱特征表明化合物**2**为艾里莫芬烷型倍半萜衍生物^[11], 并确定化合物**2**的平面结构(图1)。化合物**2**的相对构型通过NOESY谱(图2)指认。H₃-14和H₃-15相关, H-1与H-4和H-7相关, 表明H₃-14和H₃-15位于环的同侧, 而H-1, H-4和H-7位于相反侧。化合物**2**的绝对构型采用与化合物**1**相同的TDDFT-ECD计算方法确定。构象搜索和优化后, 计算得到的(1*R*,4*S*,5*R*,7*R*)构型的ECD曲线与实验曲线高度一致(图3), 而对映体的计算曲线与之相反, 因此确定化合物**2**的绝对构型为1*R*,4*S*,5*R*,7*R*。通过Scifinder检索可知其为新化合物, 鉴定为(1*R*,4*S*,5*R*,7*R*)-1-acetoxy-11-hydroxy-eremophil-9(10)-ene, 命名为高原天名精乙素。

化合物**3**: 无色油状物(氯仿), 10%硫酸-乙醇试剂加热后显红色, ESI-MS m/z : 295.2 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.29 (1H, d, $J = 0.9$ Hz, H-13a), 5.69 (1H, d, $J = 0.9$ Hz, H-13b), 4.79 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-14a), 4.46 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-14b), 4.22 (2H, q, $J = 7.0$ Hz, H-16), 3.84 (1H, td, $J = 10.5, 4.6$ Hz, H-8), 3.47 (1H, dd, $J = 11.0, 4.5$ Hz, H-1), 2.49 (1H, m, H-7), 2.29 (1H, m, H-3a), 2.27 (1H, m, H-9a),

2.14 (1H, m, H-3b), 1.83 (1H, m, H-5), 1.79 (1H, m, H-2a), 1.65 (2H, m, H-6), 1.53 (1H, m, H-2b), 1.31 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, CH₃-17), 1.18 (1H, m, H-9b), 0.79 (3H, s, CH₃-15); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 167.6 (C-12), 147.3 (C-4), 119.8 (C-13), 107.3 (C-14), 78.5 (C-1), 69.9 (C-8), 60.7 (C-16), 48.2 (C-7), 47.0 (C-5), 45.6 (C-9), 40.9 (C-10), 33.7 (C-3), 30.8 (C-2), 29.3 (C-6), 14.0 (C-17), 11.3 (C-15)。以上数据与文献报道一致^[12], 故鉴定化合物**3**为 careudesmane D。

化合物**4**: 白色无定型粉末(氯仿), 10%硫酸-乙醇试剂加热后显红色, ESI-MS m/z : 233.2 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.12 (1H, d, $J = 0.7$ Hz, H-13a), 5.57 (1H, d, $J = 0.7$ Hz, H-13b), 4.75 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-14a), 4.48 (1H, td, $J = 5.1, 1.5$ Hz, H-8), 4.42 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-14b), 2.95 (1H, m, H-7), 2.32 (1H, m, H-3a), 2.18 (1H, dd, $J = 15.5, 1.6$ Hz, H-9a), 1.99 (1H, m, H-3b), 1.82 (1H, d, $J = 12.5$ Hz, H-5), 1.74 (1H, m, H-6a), 1.69 (1H, m, H-9b), 1.56 (2H, m, H-2), 1.51 (1H, m, H-1a), 1.37 (1H, m, H-6b), 1.24 (1H, m, H-1b), 0.83 (3H, s, CH₃-15); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 170.5 (C-12), 148.9 (C-4), 141.9 (C-11), 119.8 (C-13), 106.5 (C-14), 76.7 (C-8), 45.9 (C-5), 42.0 (C-9), 41.3 (C-1), 40.5 (C-7), 36.6 (C-3), 34.0 (C-10), 27.3 (C-6), 22.6 (C-2), 17.6 (C-15)。以上数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物**4**为异土木香内酯。

化合物**5**: 无色油状物(氯仿), 10%硫酸-乙醇试剂加热后显红色, ESI-MS m/z : 251.2 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.22 (1H, s, H-1), 2.69 (1H, dd, $J = 15.8, 4.2$ Hz, H-8a), 2.37 (1H, dd, $J = 12.6, 10.6$ Hz, H-3a), 2.35 (1H, dd, $J = 12.6, 3.3$ Hz, H-3b), 2.32 (1H, m, H-4), 2.29 (1H, dd, $J = 15.8, 11.8$ Hz, H-8b), 2.19 (1H, dd, $J = 12.9, 4.2$ Hz, H-6a), 2.09 (1H, dd, $J = 12.9, 11.8$ Hz, H-6b), 1.77 (1H, tt, $J = 11.8, 4.2$ Hz, H-7), 1.24 (3H, s, CH₃-12), 1.23 (3H, s, CH₃-13), 1.10 (3H, s, CH₃-15), 1.07 (3H, d, $J = 6.7$ Hz, CH₃-14); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 203.9 (C-9), 198.5 (C-2), 162.2 (C-10), 126.9 (C-1), 71.5 (C-11), 42.6 (C-3), 41.7 (C-7), 40.9 (C-8), 37.7 (C-4), 37.3 (C-5), 36.7 (C-6), 27.3 (C-12), 27.2 (C-13), 24.2 (C-14), 19.6 (C-15)。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物**5**为 11-hydroxy-eremophil-1(10)-en-2,9-dione。

化合物**6**: 淡黄色油状物(丙酮), 10%硫酸-乙醇试剂加热后显紫色, ESI-MS m/z : 269.2 [M+H]⁺。

$^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 6.11 (1H, s, H-13a), 5.69 (1H, s, H-13b), 3.47 (1H, dd, $J = 2.2, 1.5$ Hz, H-1), 2.90 (1H, m, H-7), 2.45 (1H, m, H-9a), 2.23 (1H, m, H-2a), 2.20 (1H, m, H-8a), 1.89 (1H, dd, $J = 13.5, 6.8$ Hz, H-6a), 1.87 (1H, dd, $J = 13.5, 6.8$ Hz, H-8b), 1.79 (1H, m, H-4), 1.60 (1H, d, $J = 13.5$ Hz, H-6b), 1.53 (1H, m, H-3a), 1.49 (1H, m, H-2b), 1.23 (1H, m, H-9b), 1.19 (1H, m, H-3b), 1.00 (3H, s, CH_3 -15), 0.72 (3H, d, $J = 6.8$ Hz, CH_3 -14); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 171.7 (C-12), 149.3 (C-11), 121.8 (C-13), 76.7 (C-1), 75.1 (C-10), 40.8 (C-5), 38.6 (C-6), 36.2 (C-4), 34.0 (C-7), 29.8 (C-2), 29.1 (C-9), 26.2 (C-3), 23.1 (C-8), 17.9 (C-15), 15.5 (C-14)。以上数据与文献报道一致^[11], 故鉴定化合物 **6** 为 carperemophilane A。

化合物 **7**: 淡黄色油状物 (丙酮), 10% 硫酸-乙醇试剂加热后显紫色, ESI-MS m/z : 269.2 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 7.22 (1H, dd, $J = 16.0, 5.2$ Hz, H-11), 5.83 (1H, dd, $J = 16.0, 5.2$ Hz, H-12), 3.49 (1H, dd, $J = 3.3, 2.0$ Hz, H-1), 2.66 (1H, m, H-7), 2.25 (1H, m, H-9a), 2.19 (1H, m, H-2a), 2.16 (1H, m, H-8a), 1.94 (1H, dd, $J = 13.4, 6.9$ Hz, H-6a), 1.89 (1H, m, H-4), 1.73 (1H, d, $J = 13.4$ Hz, H-8b), 1.63 (1H, m, H-3a), 1.57 (1H, m, H-2b), 1.43 (1H, m, H-6b), 1.22 (1H, m, H-3b), 1.14 (1H, m, H-9b), 1.01 (3H, s, CH_3 -15), 0.76 (3H, d, $J = 6.9$ Hz, CH_3 -14); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 171.2 (C-13), 158.8 (C-11), 119.3 (C-12), 76.4 (C-1), 75.2 (C-10), 40.7 (C-5), 40.6 (C-6), 35.9 (C-7), 35.8 (C-4), 29.6 (C-2), 28.9 (C-9), 26.6 (C-3), 22.8 (C-8), 17.8 (C-15), 15.4 (C-14)。以上数据与文献报道一致^[11], 故鉴定化合物 **7** 为 carperemophilane B。

化合物 **8**: 黄色结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 139.0 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 9.68 (1H, s, H-7), 7.30 (1H, dd, $J = 8.5, 2.5$ Hz, H-6), 7.28 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2), 6.90 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 193.2 (C-7), 153.6 (C-4), 147.3 (C-3), 130.9 (C-1), 126.3 (C-6), 116.3 (C-5), 115.3 (C-2)。以上数据与文献报道一致^[14], 故鉴定化合物 **8** 为原儿茶醛。

化合物 **9**: 白色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 163.0 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.82 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-4), 7.44 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-5), 6.80 (1H, dd, $J = 9.5, 2.0$ Hz, H-6), 6.72 (1H, d, $J = 2.0$ Hz,

H-8), 6.17 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CD_3OD) δ : 163.8 (C-2), 163.6 (C-7), 157.4 (C-8a), 146.2 (C-4), 130.9 (C-5), 114.6 (C-6), 113.3 (C-4a), 112.5 (C-3), 103.6 (C-8)。以上数据与文献报道一致^[15], 故鉴定化合物 **9** 为伞形酮。

3.2 化合物抗炎活性

对所分离得到的 9 个化合物开展了抗炎活性测试, 活性结果如表 2 所示, 化合物 **2** 和 **7** 表现出了显著的抗炎活性, IC_{50} 值分别为 (13.62 ± 1.30) $\mu\text{mol/L}$ 和 (19.47 ± 2.67) $\mu\text{mol/L}$, 超过了阳性对照药地塞米松 [IC_{50} 值为 (21.10 ± 1.62) $\mu\text{mol/L}$]。化合物 **1** 具有一定的抗炎活性, IC_{50} 值为 (47.26 ± 3.71) $\mu\text{mol/L}$ 。其他化合物在 80 $\mu\text{mol/L}$ 浓度下未表现出明显抗炎活性。

表 2 化合物对 RAW 264.7 细胞的抗炎作用 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)
Table 2 Anti-inflammatory effects of compounds on RAW 264.7 macrophages ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$
1	47.26 ± 3.71	6	> 80
2	13.62 ± 1.30	7	19.47 ± 2.67
3	> 80	8	> 80
4	> 80	9	> 80
5	> 80	地塞米松	21.10 ± 1.62

4 讨论

本研究通过对藏药高原天名精根部的乙醇提取物进行了系统的化合物分离纯化和结构鉴定, 得到了 9 个化合物。其中化合物 **1** 和 **2** 为首次发现的新结构, 分别命名为高原天名精甲素 (桉烷型倍半萜类化合物) 和高原天名精乙素 (艾里莫芬烷型倍半萜类化合物), 丰富了天名精属植物的次生代谢产物多样性。化合物 **3~7** 均为首次从该植物中分离得到, 进一步明确了其化学组成特征。抗炎活性评价显示, 化合物 **2** 和 **7** 对 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞 NO 生成具有显著抑制作用, 活性优于阳性药地塞米松, 揭示二者是潜在的高效抗炎活性成分。上述发现不仅科学诠释了高原天名精清热解毒、消炎止痛的传统功效, 更为其深度开发提供了关键物质基础。未来研究将聚焦于化合物 **2** 和 **7** 的直接抗炎靶点鉴定与作用机制解析, 并探索其体内药效与安全性, 以期实现从传统藏药到现代创新药物的转化。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 杨爱梅, 王丽丽. 高原天名精化学成分研究 [J]. 中国

- 实验方剂学杂志, 2011, 17(9): 101-103.
- [2] 王建农, 顾士萍, 谭仁祥, 等. 基于植物代谢组学混合物氢谱测定概念快速发现先导化合物的方法学研究 [J]. 中草药, 2007, 38(6): 812-814.
- [3] 邹传宗, 施章梅. 高原天名精挥发油成分的 GC-MS 分析 [J]. 安徽农业科学, 2020, 48(12): 196-198.
- [4] 韩子安, 钟卫红, 曹岚, 等. 高原天名精化学成分研究 [J]. 中药材, 2025, 48(8): 1967-1971.
- [5] 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.
- [6] Yang A M, Wang L L, Liu S. Sesquiterpenoids from *Carpesium lipskyi* [J]. *Chem Nat Compd*, 2013, 49(1): 156-157.
- [7] Shi Y P, Guo W, Yang C, *et al.* Two new aromatic monoterpene derivatives from *Carpesium lipskyi* [J]. *Planta Med*, 1998, 64(7): 671-672.
- [8] Zhu N L, Tang C P, Xu C H, *et al.* Cytotoxic germacrane-type sesquiterpene lactones from the whole plant of *Carpesium lipskyi* [J]. *J Nat Prod*, 2019, 82(4): 919-927.
- [9] 尹露莹, 司金光, 张海新, 等. 白术化学成分及抗炎活性研究 [J]. 中草药, 2025, 56(2): 408-420.
- [10] Hu Q L, Wu P Q, Liu Y H, *et al.* Three new sesquiterpene lactones from *Carpesium abrotanoides* [J]. *Phytochem Lett*, 2018, 27: 154-159.
- [11] Wang L, Jin G, Tian L, *et al.* New eremophilane-type sesquiterpenes and maleimide-bearing compounds from *Carpesium abrotanoides* L. [J]. *Fitoterapia*, 2019, 138: 104294.
- [12] Fan Y W, Zhang W J, Ao Z Y, *et al.* Four new eudesmane-type and one new eremophilane-type sesquiterpenes from the whole plant of *Carpesium abrotanoides* L [J]. *Fitoterapia*, 2023, 169: 105548.
- [13] Wang W S, Zhu Q X, Gao K, *et al.* Sesquiterpenes from *Ligularia fischeri* [J]. *J Chin Chemical Soc*, 2000, 47(6): 1291-1293.
- [14] 张梦垚, 邹吉斌, 德吉, 等. 小花水柏枝的抗补体活性成分 [J]. 中草药, 2025, 56(1): 26-38.
- [15] 兰婷婷, 朱欢, 郑琪, 等. 广藿香的化学成分研究 [J]. 中草药, 2025, 56(23): 8473-8481.

[责任编辑 王文倩]