

[成分分析]

## 黔产荔枝草化学成分及其神经保护活性研究

舒晓蝶, 刘翰飞, 张妮, 潘卫东\*, 李金玉\*

(贵州医科大学药学院, 贵州省天然产物研究中心, 中药功效成分发掘与利用全国重点实验室, 贵州 贵阳 550014)

**摘要:** 目的 研究黔产荔枝草 *Salvia plebeia* R. Br. 的化学成分及其神经保护活性。方法 采用硅胶柱、薄层色谱、YMC 反相柱、半制备高效液相色谱及 Sephadex LH-20 进行分离纯化, 根据其理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。通过 MTT 法检测化合物对 PC12 细胞的神经保护活性。结果 从中分离得到 14 个化合物, 分别鉴定为 homoplantagin (1)、杨芽黄素 (2)、6-methoxy-naringenin (3)、filifolin (4)、hispidulin (5)、迷迭香酸乙酯 (6)、(+)-hydroxypinoresinol (7)、百里香酚 (8)、2 $\alpha$ , 6 $\alpha$ -dihydroxybornane (9)、对羟基苯乙酮 (10)、3 $\beta$ -hydroxy-5 $\alpha$ , 6 $\alpha$ -epoxy-7-megastimen-9-one (11)、nemoralisin A (12)、nemoralisin H (13)、nemoralisin C (14)。化合物 2、6、11 对 PC12 细胞的神经保护率分别为 53.76% $\pm$ 2.03%、88.88% $\pm$ 1.99%、59.92% $\pm$ 5.75%。结论 化合物 2、6~14 为首次从荔枝草中分离得到。化合物 2、6、11 具有神经保护活性。

**关键词:** 荔枝草; 化学成分; 分离鉴定; PC12 细胞; 神经保护活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)04-1180-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.04.016

## Chemical constituents of *Salvia plebeia* distributing in Guizhou and their neuroprotective activity

SHU Xiao-die, LIU Han-fei, ZHANG Ni, PAN Wei-dong\*, LI Jin-yu\*

(State Key Laboratory of Discovery and Utilization of Functional Components in Traditional Chinese Medicine, Natural Products Research Center of Guizhou Province, School of Pharmaceutical Sciences, Guizhou Medical University, Guiyang 550014, China)

**ABSTRACT: AIM** To study the chemical constituents of *Salvia plebeia* R. Br. distributing in Guizhou and their neuroprotective activity. **METHODS** Separation and purification were performed using silica gel column, TLC, YMC reverse phase column, semi-preparative HPLC and Sephadex LH-20, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. The neuroprotective activity of compounds on PC12 cells was detected by MTT method. **RESULTS** Fourteen compounds were isolated and identified as homoplantagin (1), tectochrysin (2), 6-methoxy-naringenin (3), filifolin (4), hispidulin (5), ethyl-rosmarinate (6), (+)-hydroxypinoresinol (7), thymol (8), 2 $\alpha$ , 6 $\alpha$ -dihydroxybornane (9), *p*-hydroxyacetophenone (10), 3 $\beta$ -hydroxy-5 $\alpha$ , 6 $\alpha$ -epoxy-7-megastimen-9-one (11), nemoralisin A (12), nemoralisin H (13), nemoralisin C (14). Neuroprotective rates of compounds 2, 6 and 11 on PC12 cells were 53.76% $\pm$ 2.03%, 88.88% $\pm$ 1.99% and 59.92% $\pm$ 5.75%, respectively. **CONCLUSION** Compounds 2, 6-14 are isolated from *S. plebeia* for the first time. Compounds 2, 6 and 11 have neuroprotective activity.

**KEY WORDS:** *Salvia plebeia* R. Br.; chemical constituents; isolation and identification; PC12 cells; neuroprotective activity

收稿日期: 2025-07-29

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32100322, 32160102)

作者简介: 舒晓蝶 (2000—), 女 (土家族), 硕士在读, 研究方向为天然药物化学。E-mail: 1679469487@qq.com

\* 通信作者: 潘卫东 (1976—), 男, 研究员, 从事民族药及喀斯特特色药用植物活性成分研究。E-mail: wdpan@163.com

李金玉 (1988—), 女, 博士, 副研究员, 从事中药民族药用植物的化学成分与生物活性研究。E-mail: Lijinyu20080@126.com

荔枝草 *Salvia plebeia* R. Br. 又被称为赖子草、猪婆草等，为唇形科鼠尾草属植物蛤蟆草的全草。该植物株高通常在 15~90 cm 之间，茎部呈四棱形，密被灰白色短柔毛；叶片多为卵形或椭圆状卵形，边缘具圆齿或锯齿，叶背常带紫色，轮伞花序顶生或腋生，花冠呈淡红色至蓝紫色，花期主要集中在 4~5 月，具有一定的植物形态辨识度<sup>[1]</sup>。荔枝草植物资源丰富，在我国贵州、山东、广西、安徽、浙江等地均有分布<sup>[2]</sup>，主要生长在山坡、路旁、田边等阳光充足的环境中。春季采取荔枝草，并且将其作为茶饮，可用于治疗一些炎症引起的病症<sup>[3]</sup>，且临床上主要用于治疗扁桃体炎、支气管炎、崩漏等<sup>[4]</sup>。荔枝草中富含萜类（单萜、二萜类）、黄酮类（如芹菜素、木犀草素及其苷类）、苯丙素类等化学成分<sup>[2,5-6]</sup>。现代药理研究发现，荔枝草具有保护心肌细胞、抗肿瘤、抗病毒、抗菌、抗氧化等活性<sup>[7-11]</sup>。贵州产区的荔枝草因多雾湿润的喀斯特地貌环境，其次生代谢产物合成可能受独特生态因子（如昼夜温差、土壤微量元素）调控，形成有别于其他产区的化学特征。文献调研结果显示，其他地区荔枝草的系统研究已有报道，但目前针对该产区荔枝草的化学成分系统分离、活性成分筛选及神经保护活性相关研究较少。因此，本实验对荔枝草的石油醚部位和乙酸乙酯部位进行系统分离，并评价其神经保护活性，以期为黔产荔枝草的进一步研究提供科学依据。

## 1 材料

Agilent 1100 高效液相色谱仪、ZORBAXSB-C<sub>18</sub> 半制备色谱柱（250 mm×9.4 mm，5 μm）（美国 Agilent 公司）；DLSB-5L/25 低温冷却循环泵（巩义市予华仪器有限责任公司）；Avance NEO 600 MHz 超导核磁共振仪（德国布鲁克公司）；有机系过滤器（湖南比克曼控股有限责任公司）；SB-2100 旋转蒸发器（上海爱朗仪器有限公司）；Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶（瑞典安发玛西亚生物技术公司）；超净工作台、FC 型酶标仪、CO<sub>2</sub> 培养箱、DMEM 高糖培养基（美国赛默飞世尔科技公司）；中高压玻璃柱（北京元宝山色谱科技有限公司）；PS30US40/75 酰胺（台州市路桥四甲生化塑料厂）；氘代试剂 [安耐吉（上海）医药化学有限公司]；显色剂为 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/乙醇溶液；PBS 缓冲液（武汉赛维尔生物科技有限公司）；胰蛋白酶（北京索莱宝科技有限公司）；甲醇、乙腈（色谱纯，北京百灵威科技有限公司）；维生素 C 及其他

分析纯试剂（上海泰坦科技股份有限公司）。

荔枝草于 2023 年 10 月采集于贵州省安顺市西秀区杨武砖厂，由贵州省天然产物研究中心张妮副研究员鉴定为唇形科鼠尾草属植物荔枝草 *Salvia plebeia* R. Br.，凭证标本（编号 20230101）保存于贵州省天然产物研究中心。PC12 细胞由贵州省天然产物研究中心陈超副研究员惠赠。

## 2 提取与分离

取荔枝草干燥全草 69.5 kg，粉碎，加入 100 L 95% 乙醇，回流提取 2 次，每次 2 h。重复上述提取操作 2 次，随后对提取液进行浓缩处理，制得浸膏。将所得浸膏置于萃取罐中，加入 20 L 水使其混悬，再用 35 L 石油醚分 9 次进行萃取。将萃取液合并后，通过减压浓缩得到 2.25 kg 石油醚部位浸膏。采用相同方法，以 35 L 乙酸乙酯分 6 次萃取，得到 3.40 kg 石油醚部位浸膏。石油醚部位和乙酸乙酯部位通过硅胶柱分离，前者以石油醚-乙酸乙酯（100 : 1、50 : 1、20 : 1、10 : 1、5 : 1、1 : 1）梯度洗脱，得到 9 个组分（P<sub>Fr.</sub> A~P<sub>Fr.</sub> I），后者以二氯甲烷-甲醇（100 : 1~1 : 1）梯度洗脱，得到 8 个组分（E<sub>Fr.</sub> A~E<sub>Fr.</sub> H）。

P<sub>Fr.</sub> C（258 g）通过 MCI 反相柱进行分离，以甲醇-水（60 : 40~100 : 0）梯度洗脱，得到 P<sub>Fr.</sub> C1~P<sub>Fr.</sub> C9，组分 P<sub>Fr.</sub> C5 通过 Sephadex LH-20 分离，以二氯甲烷-甲醇（1 : 1）洗脱，得到化合物 **8**（10 mg）。P<sub>Fr.</sub> E 经重结晶纯化，得到化合物 **2**（20 mg）。

乙酸乙酯部位萃取液析出结晶，经过半制备 HPLC（检测波长 210、254 nm，流动相甲醇-水 55 : 45）纯化，得到化合物 **1**（*t<sub>R</sub>* = 7 min，23 mg）。E<sub>Fr.</sub> C（89 g）经 ODS 柱分离，以甲醇-水（50 : 50~100 : 0）梯度洗脱，得到 E<sub>Fr.</sub> C1~E<sub>Fr.</sub> C9，E<sub>Fr.</sub> C3 经 Sephadex LH-20（流动相二氯甲烷-甲醇 1 : 1）纯化，得到 E<sub>Fr.</sub> C3-1~E<sub>Fr.</sub> C3-4，E<sub>Fr.</sub> C3-3 经半制备 HPLC（检测波长 230、254、280 nm，流动相甲醇-水 55 : 45）纯化，得到化合物 **12**（*t<sub>R</sub>* = 10 min，4.1 mg）、**13**（*t<sub>R</sub>* = 28 min，1.4 mg）、**14**（*t<sub>R</sub>* = 30 min，2.0 mg）；E<sub>Fr.</sub> C3-4 经半制备 HPLC（检测波长 230、254、280、330 nm，流动相甲醇-水 31 : 69）纯化，得到化合物 **10**（*t<sub>R</sub>* = 18 min，3.8 mg）。E<sub>Fr.</sub> D（39.6 g）经 C<sub>18</sub> 反相柱分离，以甲醇-水（40 : 60~100 : 0）梯度洗脱，得到 E<sub>Fr.</sub> D1~Fr. D11。组分 E<sub>Fr.</sub> D2（457 mg）以 300~400 目硅胶分离，以石油醚-乙酸乙酯

(4 : 1 ~ 0 : 1) 梯度洗脱, 得到 EFr. D2-1 ~ EFr. D2-9, 其中 EFr. D2-8 经半制备 HPLC (检测波长 210、254 nm, 流动相甲醇-水 32 : 68) 分离, 得到化合物 **11** ( $t_R = 10$  min, 3.7 mg); EFr. D5 经重结晶纯化, 得到化合物 **3** (19 mg)。EFr. E (49 g) 经反相柱分离, 得到 EFr. E1 ~ EFr. E11, EFr. E11 得到黄色粉末化合物 **5** (30 mg), EFr. E4 经硅胶柱分离, 以二氯甲烷-甲醇(80 : 1、50 : 1、30 : 1、20 : 1) 梯度洗脱, 得到 EFr. E4-1 ~ EFr. E4-7, EFr. E4-4 经重结晶纯化, 得到无色针状结晶化合物 **9** (15 mg); EFr. E6 通过 Sephadex LH-20 凝胶柱分离, 以二氯甲烷-甲醇(1 : 1) 洗脱, 得到 EFr. E6-1 ~ EFr. E6-3, EFr. E6-3 经半制备 HPLC (检测波长为 230、254、280、330 nm, 流动相甲醇-水 40 : 60) 纯化, 得到化合物 **7** ( $t_R = 26$  min, 9.5 mg)。EFr. G (200 g) 通过反相柱分离, 以甲醇-水(60 : 40 ~ 100 : 0) 梯度洗脱, 得到 EFr. G1 ~ EFr. G11, 其中 EFr. G6 和 EFr. G10 经 Sephadex LH-20 凝胶柱(流动相二氯甲烷-甲醇 1 : 1) 分离, 分别得到化合物 **4** (43 mg)、**6** (33 mg)。本实验中, 半制备 HPLC 体积流量均为 2 mL/min。

### 3 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 463.0  $[M+H]^+$ 。 $^1H$ -NMR (600 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 7.89 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-2', 6'), 6.97 (1H, s, H-8), 6.91 (1H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-3', 5'), 6.65 (1H, s, H-3), 5.13 (1H, d,  $J = 7.5$  Hz, H-1''), 3.95 (1H, dd,  $J = 12.3, 2.1$  Hz, H-6 $\alpha$ ''), 3.89 (3H, s, 6-OCH<sub>3</sub>), 3.72 (1H, dd,  $J = 12.3, 6.0$  Hz, H-6 $\beta$ ''), 3.58 (1H, m, H-5''), 3.58 (1H, m, H-2''), 3.52 (1H, dd,  $J = 11.4, 6.9$  Hz, H-3''), 3.42 (1H, m, H-4);  $^{13}C$ -NMR (150 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 184.3 (C-4), 167.0 (C-2), 163.5 (C-4'), 157.8 (C-7), 154.3 (C-9), 154.0 (C-5), 134.1 (C-6), 129.6 (C-2', 6'), 122.7 (C-1), 117.2 (C-3', 5'), 107.5 (C-10), 103.5 (C-3'), 101.9 (C-1''), 95.7 (C-8), 78.5 (C-3''), 77.9 (C-5''), 74.7 (C-2''), 71.2 (C-4''), 62.5 (C-6''), 61.4 (6-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 homoplantaginin。

化合物 **2**: 黄色针状晶体, ESI-MS  $m/z$ : 291.1  $[M+Na]^+$ 。 $^1H$ -NMR (600 MHz,  $CDCl_3$ )  $\delta$ : 3.88 (3H, s, CH<sub>3</sub>O), 6.37 (1H, d,  $J = 2.1$  Hz, H-6), 6.50 (1H, d,  $J = 2.4$  Hz, H-8), 6.66 (1H, s, H-

3), 7.44 ~ 8.19 (5H, m), 12.72 (1H, s, OH);  $^{13}C$ -NMR (150 MHz,  $CDCl_3$ )  $\delta$ : 182.4 (C-4), 165.5 (C-7), 163.9 (C-2), 162.0 (C-5), 157.7 (C-9), 131.7 (C-4'), 131.2 (C-1'), 129.0 (C-3', 5'), 126.2 (C-2', 6'), 105.7 (C-3), 105.7 (C-10), 98.1 (C-6), 92.5 (C-8), 55.7 (OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为杨芽黄素。

化合物 **3**: 黄色油状, ESI-MS  $m/z$ : 303.1  $[M+H]^+$ 。 $^1H$ -NMR (600 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 7.27 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-2', 6'), 6.79 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-3', 5'), 5.93 (1H, s, H-8), 5.27 (1H, dd,  $J = 12.9, 1.5$  Hz, H-2 $\beta$ ), 3.75 (3H, s, 6-OCH<sub>3</sub>), 3.07 (1H, dd,  $J = 17.1, 13.2$  Hz, H-3 $\alpha$ ), 2.66 (1H, dd,  $J = 17.1, 3.0$  Hz, H-3 $\beta$ );  $^{13}C$ -NMR (150 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 198.5 (C-4), 160.7 (C-7), 160.2 (C-9), 159.0 (C-4'), 156.5 (C-5), 131.0 (C-6), 130.3 (C-1'), 129.0 (C-2', 6'), 116.2 (C-3', 5'), 103.4 (C-10), 96.1 (C-8), 80.5 (C-2), 60.9 (6-OCH<sub>3</sub>), 44.0 (C-3)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 6-methoxy-naringenin。

化合物 **4**: 浅黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 319.1  $[M+H]^+$ 。 $^1H$ -NMR (600 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 6.88 (1H, s, H-2'), 6.76 (2H, s, H-5', 6'), 5.94 (1H, s, H-8), 5.23 (1H, dd,  $J = 12.9, 2.7$  Hz, H-2 $\beta$ ), 3.76 (3H, s, 6-OCH<sub>3</sub>), 3.04 (1H, dd,  $J = 17.1, 12.9$  Hz, H-3 $\alpha$ ), 2.68 (1H, dd,  $J = 17.1, 2.7$  Hz, H-3 $\beta$ );  $^{13}C$ -NMR (150 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 198.5 (C-4), 160.8 (C-7), 160.20 (C-9), 156.5 (C-5), 146.9 (C-4'), 146.4 (C-3'), 131.7 (C-1'), 130.4 (C-6), 119.2 (C-5'), 116.2 (C-6'), 114.7 (C-2'), 103.5 (C-10), 96.2 (C-8), 80.6 (C-2), 60.9 (6-OCH<sub>3</sub>), 44.1 (C-3)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 filifolin。

化合物 **5**: 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 301.0  $[M+H]^+$ 。 $^1H$ -NMR (600 MHz, DMSO)  $\delta$ : 13.04 (1H, s, 5-OH), 7.89 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-2', 6'), 6.89 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-3', 5'), 6.74 (1H, s, H-8), 6.54 (1H, s, H-3), 3.71 (3H, s, OCH<sub>3</sub>);  $^{13}C$ -NMR (150 MHz, DMSO)  $\delta$ : 182.2 (C-4), 163.8 (C-2), 161.2 (C-4'), 157.3 (C-7), 152.8 (C-5), 152.4 (C-9), 131.4 (C-6), 128.5

(C-2', 6'), 121.2 (C-1'), 116.0 (C-3', 5'), 104.1 (C-10), 102.4 (C-3), 94.2 (C-8), 60.0 (OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 hispidulin。

化合物 6: 黄色油状, ESI-MS *m/z*: 411.1 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD) δ: 7.52 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-7), 7.01 (1H, d, *J*=2.1 Hz, H-2), 6.91 (1H, d, *J*=8.1, 2.1 Hz, H-6), 6.75 (1H, d, *J*=8.1 Hz, H-5), 6.69 (1H, d, *J*=2.1 Hz, H-2'), 6.67 (1H, d, *J*=8.1 Hz, H-5'), 6.54 (1H, dd, *J*=8.1, 2.1 Hz, H-6'), 6.23 (1H, d, *J*=15.9 Hz, H-8), 5.12 (1H, dd, *J*=7.2, 5.7 Hz, H-8'), 4.09 (2H, q, *J*=6.9 Hz, H-10), 3.65 (1H, d, *J*=0.9 Hz, H-7'α), 2.99 (1H, dd, *J*=14.0, 5.8 Hz, H-7'β), 1.15 (3H, t, *J*=14.1, 6.9 Hz, H-11); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD) δ: 171.7 (C-9'), 168.3 (C-9), 149.6 (C-4), 147.8 (C-7), 146.6 (C-3), 146.0 (C-3'), 145.2 (C-4'), 128.6 (C-10), 127.5 (C-1), 123.2 (C-6), 121.8 (C-6'), 117.5 (C-2'), 116.4 (C-5), 116.2 (C-5'), 115.1 (C-2), 114.0 (C-8), 74.7 (C-8'), 62.4 (C-10), 37.8 (C-7'), 14.3 (C-11)。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为迷迭香酸乙酯。

化合物 7: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 375.1 [M+H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 6.94 (6H, m, H-2', 5', 6', 2'', 5'', 6''), 4.86 (1H, d, *J*=4.8 Hz, H-6), 4.84 (1H, s, H-2), 4.53 (1H, dd, *J*=9.0, 8.1 Hz, H-4), 3.84~4.53 (3H, m, H-4, 8), 3.90~3.92 (6H, s, 2×OCH<sub>3</sub>), 3.12 (1H, m, H-5); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 147.2 (C-3''), 147.0 (C-3'), 146.3 (C-4'), 145.7 (C-4''), 132.7 (C-1''), 127.3 (C-1'), 120.0 (C-6'), 119.9 (C-6''), 115.0 (C-5''), 114.6 (C-5'), 109.6 (C-2'), 109.3 (C-2''), 91.9 (C-1), 88.1 (C-2), 86.1 (C-6), 75.0 (C-8), 72.0 (C-4), 60.4 (C-5), 56.4 (OCH<sub>3</sub>), 56.2 (OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 (+)-hydroxypinoresinol。

化合物 8: 棕红色油状, ESI-MS *m/z*: 151.1 [M+H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.10 (1H, d, *J*=7.8 Hz, H-4), 6.75 (1H, d, *J*=7.8 Hz, H-5), 4.77 (1H, s, -OH), 6.59 (1H, s, H-2), 3.18 (1H, m, H-8), 2.29 (3H, s, H-7),

1.26 (6H, d, *J*=6.9 Hz, H-9, 10); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 152.6 (C-3), 136.7 (C-1), 131.4 (C-4), 126.3 (C-5), 121.7 (C-6), 116.1 (C-2), 26.8 (C-8), 22.8 (C-9, 10), 20.9 (C-7)。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为百里香酚。

化合物 9: 无色针状结晶, ESI-MS *m/z*: 171.1 [M+H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD) δ: 4.27 (1H, dd, *J*=8.4, 4.2 Hz, H-2), 3.96 (1H, dd, *J*=10.2, 3.6 Hz, H-6), 2.21 (1H, m, H-5), 1.83 (1H, dd, *J*=12.6, 8.4 Hz, H-3), 1.77 (1H, dq, *J*=12.6, 3.9 Hz, H-3), 1.67 (1H, t, *J*=4.5 Hz, H-4), 1.02 (3H, s, H-9), 0.95 (3H, s, H-10), 0.87 (1H, d, *J*=3.9 Hz, H-5), 0.85 (3H, s, H-8); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD) δ: 76.5 (C-6), 71.4 (C-2), 53.8 (C-1), 48.5 (C-7), 46.1 (C-4), 41.5 (C-3), 38.2 (C-5), 21.8 (C-9), 20.2 (C-8), 9.7 (C-10)。以上数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 2α, 6α-dihydroxybornane。

化合物 10: 黄色油状, ESI-MS *m/z*: 137.1 [M+H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.85 (2H, d, *J*=8.4 Hz, H-2, 6), 6.77 (2H, d, *J*=8.4 Hz, H-3, 5), 2.50 (3H, s, -CH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 199.5 (C-7), 166.4 (C-4), 132.3 (C-2, 6), 129.1 (C-1), 117.0 (C-3, 5), 26.3 (-CH<sub>3</sub>)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为对羟基苯乙酮。

化合物 11: 淡黄色油状, ESI-MS *m/z*: 247.0 [M+Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 7.02 (1H, d, *J*=15.6 Hz, H-7), 6.29 (1H, d, *J*=15.6 Hz, H-8), 3.91 (1H, m, H-3), 2.38 (1H, dd, *J*=14.7, 5.1 Hz, H-4β), 2.28 (3H, s, H-10), 1.66 (1H, m, H-2α), 1.26 (1H, m, H-2β), 1.19 (3H, s, H-13), 0.97 (3H, s, H-12); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 197.3 (C-9), 142.3 (C-7), 132.5 (C-8), 69.4 (C-6), 67.2 (C-5), 63.9 (C-3), 46.6 (C-2), 40.5 (C-4), 35.0 (C-1), 29.2 (C-12), 28.2 (C-10), 24.9 (C-11), 19.7 (C-13)。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 3β-hydroxy-5α, 6α-epoxy-7-megastimen-9-one。

化合物 12: 无色油状, ESI-MS *m/z*: 349.8 [M+H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 5.83

(1H, s, H-2), 5.59 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-6), 5.34 (1H, s, H-13), 5.14 (1H, ddd,  $J=12.0, 8.4, 4.1$  Hz, H-5), 4.04 (1H, q, H-8), 2.65 (1H, q,  $J=6.8$  Hz, H-11), 2.40 (1H, dd,  $J=17.8, 11.3$  Hz, H-4 $\alpha$ ), 2.22 (1H, dd,  $J=17.9, 4.0$  Hz, H-4 $\beta$ ), 2.00 (3H, s, H-20), 1.76 (1H, m, H-10 $\alpha$ ), 1.70 (3H, s, H-19), 1.56 (2H, m, H-9 $\alpha, 9\beta$ ), 1.49 (1H, m, H-10 $\beta$ ), 1.36 (6H, s, H-16, 17), 1.23 (3H, d,  $J=6.9$  Hz, H-18);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 207.4 (C-14), 195.2 (C-12), 164.8 (C-1), 156.8 (C-3), 143.7 (C-7), 122.8 (C-6), 116.6 (C-2), 100.0 (C-13), 88.3 (C-15), 76.0 (C-8), 73.5 (C-5), 35.2 (C-11), 34.7 (C-4), 31.7 (C-10), 29.8 (C-9), 22.9 (C-20), 22.8 (C-16), 22.7 (C-17), 17.5 (C-18), 12.3 (C-19)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 nemoralisin A。

化合物 **13**: 无色油状, ESI-MS  $m/z$ : 349.2  $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 5.83 (1H, s, H-2), 5.44 (1H, s, H-13), 5.36 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-6), 5.11 (1H, ddd,  $J=12.9, 8.5, 4.0$  Hz, H-5), 3.75 (1H, m, H-10), 2.76 (1H, m, H-11), 2.38 (1H, m, H-4 $\alpha$ ), 2.28 (1H, m, H-8 $\alpha$ ), 2.21 (1H, dd,  $J=17.9, 4.1$  Hz, H-4 $\beta$ ), 2.11 (1H, m, H-8 $\beta$ ), 1.99 (3H, s, H-19), 1.73 (3H, s, H-19), 1.66 (2H, m, H-9 $\alpha, 9\beta$ ), 1.39 (3H, s, H-17), 1.38 (3H, s, H-16), 1.27 (3H, d,  $J=7.0$  Hz, H-18);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 207.3 (C-14), 192.9 (C-12), 165.5 (C-1), 157.3 (C-3), 142.4 (C-7), 122.6 (C-6), 117.0 (C-2), 102.1 (C-13), 88.9 (C-15), 74.3 (C-5), 73.5 (C-10), 42.2 (C-11), 35.8 (C-8), 35.4 (C-4), 32.8 (C-9), 23.3 (C-20), 23.3 (C-16), 23.2 (C-17), 17.2 (C-19), 14.6 (C-18)。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 nemoralisin H。

化合物 **14**: 无色油状, ESI-MS  $m/z$ : 349.2  $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。  $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 5.82 (1H, s, H-2), 5.57 (1H, s, H-13), 5.33 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-6), 5.10 (1H, ddd,  $J=12.0, 8.5, 4.0$  Hz, H-5), 2.38 (1H, dd,  $J=18.0, 11.4$  Hz, H-4 $\alpha$ ), 2.20 (1H, dd,  $J=18.0, 11.4$  Hz, H-4 $\beta$ ), 2.06 (2H, m, H-8 $\alpha, 8\beta$ ), 1.99 (3H, s, H-20), 1.78 (1H, td,  $J=13.2, 4.5$  Hz, H-10 $\alpha$ ), 1.68

(3H, s, H-19), 1.65 (1H, d,  $J=4.5$  Hz, H-10 $\beta$ ), 1.54 (2H, m, H-9 $\alpha, 9\beta$ ), 1.48 (3H, s, H-18), 1.39 (6H, s, H-16, 17);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 207.1 (C-14), 194.6 (C-12), 165.4 (C-1), 157.2 (C-3), 141.9 (C-7), 122.6 (C-6), 116.7 (C-2), 99.8 (C-13), 89.7 (C-15), 74.2 (C-5), 73.0 (C-11), 39.8 (C-10), 39.3 (C-8), 35.2 (C-4), 26.9 (C-18), 23.2 (C-20), 23.0 (C-16), 23.0 (C-17), 21.4 (C-9), 16.6 (C-19)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 nemoralisin C。

#### 4 神经保护活性研究

氧化应激介导的神经细胞凋亡是阿尔茨海默病、帕金森病等神经退行性疾病的共同病理特征。本研究采用过氧化氢 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 诱导 PC12 细胞氧化损伤模型<sup>[23]</sup>, 评价荔枝草化学成分的神保护作用。通过 SPSS 25 软件进行统计学分析, 数据符合正态分布, 以  $(\bar{x}\pm s)$  表示, 多组间比较采用单因素方差分析,  $P<0.05$  表示差异具有统计学意义。

准确称取化合物 **1~14** 适量, 加入 DMSO 分别配制成 20 mmol/L 的母液。将 PC12 细胞以每孔  $1\times 10^4$  个细胞的密度均匀接种于 96 孔板中, 每孔 90  $\mu\text{L}$ , 在 37 $^\circ\text{C}$ 、5%  $\text{CO}_2$  的恒温培养箱中孵育 24 h 使细胞贴壁, 加入终浓度为 20  $\mu\text{mol/L}$  的化合物 **1~14**, 同时以维生素 C 作为阳性对照药<sup>[23-24]</sup>, 加入终浓度为 1 100  $\mu\text{mol/L}$  的  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 继续孵育 24 h 诱导氧化损伤, 每孔加入 10  $\mu\text{L}$  MTT 溶液 (避光), 继续在 37  $^\circ\text{C}$ 、5%  $\text{CO}_2$  的恒温培养箱中孵育 4 h 后, 吸弃上清液, 加入 100  $\mu\text{L}$  DMSO 溶解甲瓩结晶, 使用酶标仪在 490 nm 波长处测定各孔光密度 (OD) 值<sup>[25]</sup>, 计算神经保护率, 公式为神经保护率 =  $[(\text{实验组 OD 值} - \text{模型组 OD 值}) / (\text{空白组 OD 值} - \text{模型组 OD 值})] \times 100\%$ , 实验独立重复 3 次。由表 1 可知, 化合物 **2、6、11** 具有较强的神经保护活性。

#### 5 讨论

本实验系统研究黔产荔枝草的化学成分, 从中分离并鉴定出了 14 个化合物, 包括 5 个黄酮类、3 个单萜类、2 个木脂素类、3 个链状二萜和 1 个其他类。其中, 化合物 **2、6~14** 均为首次从黔产荔枝草中分离得到。本研究还采用  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导 PC12 细胞, 构建氧化损伤模型, 用于评价所得化合物的神经保护活性, 结果化合物 **2、6、11** 具有显著的活性, 神经保护率分别为  $53.76\% \pm 2.03\%$ 、

**表 1 化合物 1~14 对 PC12 细胞的保护率 ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )**  
**Tab.1 Protection rates of compounds 1-14 on PC12 cells ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )**

化合物	神经保护率/%	化合物	神经保护率/%
1	29.51±2.99	9	10.31±3.26
2	53.76±2.03**	10	23.40±4.26
3	32.26±3.75	11	59.92±5.75**
4	34.98±4.09	12	29.44±3.92
5	17.85±5.00	13	17.41±2.62
6	88.88±1.99**	14	34.03±2.56
7	24.53±2.09	维生素 C	37.37±2.63
8	21.69±3.90		

注：与维生素 C 比较，\*\*  $P<0.01$ 。

88.88%±1.99%、59.92%±5.75%，均高于阳性对照药维生素 C (37.37%±2.63%)。本实验结果丰富了贵州荔枝草化学成分和生物活性物质基础，为从黔产荔枝草中发现具有神经保护活性的物质提供了实验依据，也为其进一步开发利用提供了科学依据。

**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, 1977: 168.

[2] 亢文佳, 富艳彬, 李达翊, 等. 荔枝草的化学成分研究[J]. 中草药, 2015, 46(11): 1589-1592.

[3] 李毅, 张义, 张敬杰, 等. 贵州民族民间药用的鼠尾草属植物[J]. 中国民族医药杂志, 2019, 25(6): 65-67.

[4] 温建辉, 倪付勇, 李明, 等. 荔枝草化学成分的研究[J]. 中成药, 2019, 41(10): 2393-2397.

[5] Jin M R, Xu H, Duan C H, et al. Two new flavones from *Salvia plebeia* [J]. *Nat Prod Res*, 2015, 29(14): 1315-1322.

[6] 陈小英. 荔枝草的化学成分及细胞毒活性的初步研究[D]. 南宁: 广西中医药大学, 2020.

[7] 王小娟, 虞道锐, 赵浙琼, 等. 荔枝草二萜类成分及其心肌细胞保护活性[J]. 中成药, 2023, 45(6): 1877-1883.

[8] 黄文亮, 吴淑芬, 周山, 等. 荔枝草水提物联合 X 线放疗对结直肠癌细胞株荷瘤小鼠瘤组织的生长抑制作用[J]. 现代预防医学, 2019, 46(22): 4175-4178; 4188.

[9] 郭秋言, 徐一, 雷志钧. 荔枝草提取物体外抗单纯疱疹病毒 I 型的研究[J]. 中成药, 2018, 40(4): 946-949.

[10] 杨泽华, 杨长水, 韦建华, 等. 荔枝草提取物的体外抗菌

活性研究[J]. 广西中医药大学学报, 2015, 18(2): 65-67.

[11] 康文艺, 李彩芳, 宋艳丽. 荔枝草抗氧化活性研究[J]. 中成药, 2009, 31(10): 1611-1613.

[12] Lee S J, Jang H J, Kim Y, et al. Inhibitory effects of IL-6-induced STAT3 activation of bio-active compounds derived from *Salvia plebeia* R. Br. [J]. *Process Biochem*, 2016, 51(12): 2222-2229.

[13] 刘楠, 于新宇, 赵红, 等. 益智仁化学成分研究[J]. 中草药, 2009, 40(1): 29-32.

[14] Liu Y L, Ho D K, Cassady J M, et al. Isolation of potential cancer chemopreventive agents from *Eriodictyon californicum* [J]. *J Nat Prod*, 1992, 55(3): 357-363.

[15] Woo E R, Piao M S. Antioxidative constituents from *Lycopus lucidus*[J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(2): 173-176.

[16] Tsukamoto H, Hisada S, Nishibe S. Lignans from bark of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* and *F. japonica*[J]. *Chem Pharm Bull*, 1984, 32(11): 4482-4489.

[17] Okazaki K, Kawazoe K, Takaishi Y. Human platelet aggregation inhibitors from thyme (*Thymus vulgaris* L.) [J]. *Phytother Res*, 2002, 16(4): 398-399.

[18] Kuo Y H, Chen W C, Lee C K. Four new terpenes from the pericarp of *Platycladus orientalis*[J]. *Chem Pharm Bull*, 2000, 48(6): 766-768.

[19] 任刚, 陈优婷, 叶金宝, 等. 铁皮石斛叶的化学成分研究[J]. 中草药, 2020, 51(14): 3637-3644.

[20] Duan H Q, Takaishi Y, Momota H, et al. Immunosuppressive constituents from *Saussurea medusa*[J]. *Phytochemistry*, 2002, 59(1): 85-90.

[21] Zhang Y, Wang J S, We D D, et al. Bioactive terpenoids from the fruits of *Aphanamixis grandifolia*[J]. *J Nat Prod*, 2013, 76(6): 1191-1195.

[22] Zhang H Y, Yuan C M, Cao M M, et al. New acyclic diterpenoids from the fruits of *Aphanamixis grandifolia* and structure revision of nemoralisin B[J]. *Phytochem Lett*, 2014, 8: 81-85.

[23] 王丹丹. 三种植物提取物对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导 PC12 细胞氧化损伤的保护作用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2016.

[24] Li N, Wen L U D, Wang F Y, et al. Mechanism of mitigating effect of wheat germ peptides on lead-induced oxidative damage in PC12 cells[J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2022, 246: 114190.

[25] Zhao X, Zheng Z P, Chen C, et al. New clerodane diterpenoids from *Callicarpa pseudorubella* and their antitumor proliferative activity[J]. *Fitoterapia*, 2024, 174: 105878.