

• 化学成分 •

三白脂 B: 三白草中 1 个新的木脂素成分

彭冰^{1,2}, 刘延泽¹, 何春年¹, 曾祖平², 许利嘉¹, 肖伟¹, 彭勇¹, 肖培根^{1*}

1. 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193

2. 首都医科大学附属北京中医医院 北京市中医研究所, 北京 100010

摘要: 目的 研究三白草 *Saururus chinensis* 全草的化学成分。方法 采用多种柱色谱法分离, 通过理化鉴别及波谱分析技术鉴定化合物的结构。结果 从三白草全草 95%乙醇提取物中分离得到了 7 个化合物, 分别鉴定为反式-7,8-二氢-7-(3,4-亚甲二氧基)苯基-1'-(2-氧丙基)-3'-甲氧基-8-甲基苯并呋喃 (1)、4-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-3-甲基-3-丁烯-2-酮 (2)、(+)-愈创木素 (3)、(+)-反式-1,2-二氢脱氢愈创木脂酸 (4)、异落叶松脂素-4-O-β-D-葡萄糖苷 (5)、异甘密树脂 B (6) 和 perseal F (7)。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为三白脂 B, 化合物 2~7 均为首次从该植物中分离得到。

关键词: 三白草; 木脂素; 反式-7,8-二氢-7-(3,4-亚甲二氧基)苯基-1'-(2-氧丙基)-3'-甲氧基-8-甲基苯并呋喃; 三白脂 B; (+)-愈创木素; 异落叶松脂素-4-O-β-D-葡萄糖苷

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2016)13-2221-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.13.003

Saurusine B: A new lignan from *Saururus chinensis*PENG Bing^{1,2}, LIU Yan-ze¹, HE Chun-nian¹, ZENG Zu-ping², XU Li-jia¹, XIAO Wei¹, PENG Yong¹, XIAO Pei-gen¹

1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

2. Beijing Institute of Traditional Chinese Medicine, Beijing Hospital of Traditional Chinese Medicine Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100010, China

Abstract: **Objective** To study the chemical constituents in the whole plants of *Saururus chinensis*. **Methods** The chemical constituents were isolated by various column chromatographic methods. The structures of the compounds were elucidated on the basis of physiochemical properties and spectroscopic analysis. **Results** Seven compounds were obtained and identified as *trans*-7,8-dihydro-7-(3,4-methylenedioxy)-phenyl-1'-(2-oxopropyl)-3'-methoxy-8-methylbenzofuran (1), 4-(3-methoxy-4-hydroxy) phenyl-3-methyl-3-buten-2-one (2), (+)-guaiacin (3), (+)-*trans*-1,2-dihydrodehydroguaiaretic acid (4), (-)-isolariciresinol-4-O-β-D-glucoside (5), isonectandrin B (6), and perseal F (7), respectively. **Conclusion** Compound 1 is a new compound named as saurusine B, and compounds 2—7 are obtained from this plant for the first time.

Key words: *Saururus chinensis* (Lour.) Baill.; lignan; *trans*-7,8-dihydro-7-(3,4-methylenedioxy)-phenyl-1'-(2-oxopropyl)-3'-methoxy-8-methyl benzofuran; saurusine B; (+)-guaiacin; (-)-isolariciresinol-4-O-β-D-glucoside

三白草 *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. 为三白草科三白草属植物, 产于河北、山东、河南和长江流域及其以南各省区, 生于低湿沟边、塘边或溪旁^[1]。三白草全草可入药, 具有利尿消肿、清热解毒的功效, 主治水腫、小便不利、淋瀝涩痛、帶下; 外治

疮瘍腫毒、濕疹^[2]。三白草中含有木脂素、黄酮、生物碱、蒽醌、萜类、挥发油和有机酸等化合物。其中木脂素类是三白草的主要化学成分, 具有抗炎、保肝、抗癌、心血管和神经系统等多方面的药理活性^[3]。近来研究表明, 三白草抗尼古丁戒断作用的

收稿日期: 2016-03-31

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (30530860)

作者简介: 彭冰 (1978—), 男, 副研究员, 研究方向为中药药效物质。Tel: 13811644349 E-mail: pengbing126@126.com

*通信作者 肖培根, 中国工程院院士, 研究方向为中药资源与药用植物亲缘学。Tel: (010)57833166 E-mail: pgxiao@implad.ac.cn

有效部位也主要为木脂素类成分^[4]。本课题组对三白草的乙醇提取物进行研究,前期报道了从中分离得到的9个化合物^[5],本实验继续研究得到了7个木脂素类化合物,其中化合物**1**为新化合物,鉴定为反式-7,8-二氢-7-(3,4-亚甲二氧基)苯基-1'-(2-氧丙基)-3'-甲氧基-8-甲基苯并呋喃 [*trans*-7,8-dihydro-7-(3,4-methylenedioxy)-phenyl-1'-(2-oxopropyl)-3'-methoxy-8-methyl benzofuran, **1**],命名为三白脂 B (saurusine B)。通过波谱分析和与文献数据对照,

化合物**2**~**7**分别被确定为4-(3-甲氧基-4-羟基)苯基-3-甲基-3-丁烯-2-酮 [4-(3-methoxy-4-hydroxy)phenyl-3-methyl-3-buten-2-one, **2**]、(+)-愈创木素 [(+)-guaiacin, **3**]、(+)-反式-1,2-二氢脱氢愈创木脂酸 [(+)-*trans*-1,2-dihydrodehydroguaiaretic acid, **4**]、异落叶松脂素-4-*O*- β -D-葡萄糖苷 [(-)-isolariciresinol-4-*O*- β -D-glucoside, **5**]、异甘密树脂 B (isonectandrin B, **6**) 和 perseal F (**7**)。化合物**2**~**7**均为首次从该植物中分离得到,所有化合物的结构见图1。

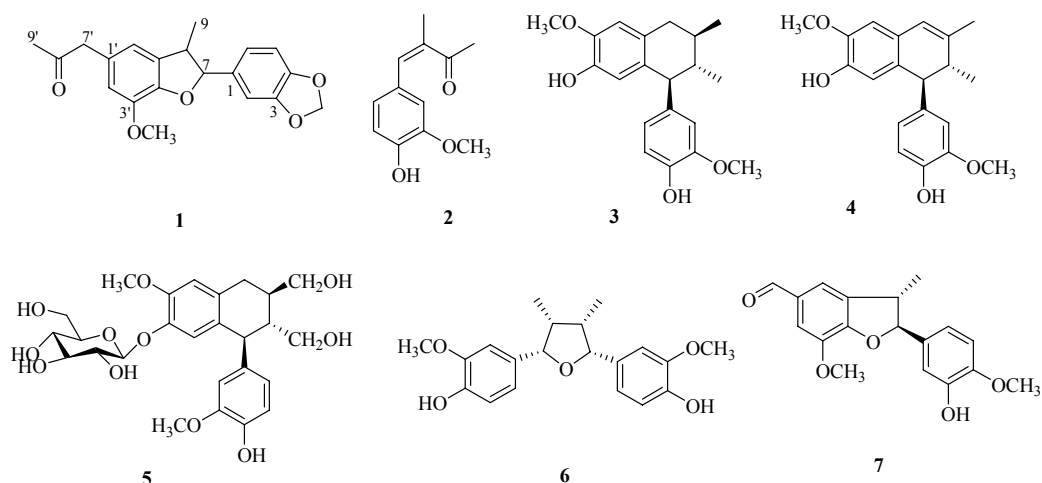


图1 化合物1~7的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—7

1 仪器与材料

Bruker AV600 型核磁共振仪测定 (瑞士 Bruker 公司); Agilent 6210 TOF MS 质谱仪 (美国 Agilent 公司); LC-6AD 半制备高效液相色谱仪 (日本岛津公司); Shim-pack PREP-ODS (H) KIT 制备型色谱柱 (日本岛津公司, 250 mm×20 mm, 5 μ m); 色谱用硅胶、薄层色谱用预制 GF₂₅₄ 硅胶板为青岛海洋化工厂出品; Sephadex LH-20 为 Pharmacia 产品; MCI HP20 为日本三菱化学公司产品。

三白草全草于2008年5月购自广西玉林药材市场,经中国医学科学院药用植物研究所肖培根研究员鉴定为三白草科三白草属植物三白草 *Saururus chinensis* (Lour.) Baill., 凭证标本 (SCH080601) 保存于中国医学科学院药用植物研究所。

2 提取与分离

三白草干燥全草 9.8 kg, 适当粉碎后用 95% 乙醇回流提取 3 次 (3×100 L), 每次 1 h, 提取液减压浓缩至无醇味, 分散于水中, 依次用环己烷、醋酸乙酯、正丁醇萃取, 得环己烷部位 228.1 g、醋酸

乙酯部位 310.6 g、正丁醇部位 81.9 g。取醋酸乙酯萃取部分 240 g 经硅胶柱色谱, 以氯仿-甲醇 (100:0、80:20、60:40、50:50、40:60、0:100) 梯度洗脱, 得到 10 个组分 Fr. 1~10。首先将 Fr. 1~2 合并制成浸膏后溶解拌样, 硅胶柱色谱分离, 以石油醚-丙酮 (20:1、10:1、8:2、2:1、1:1、2:8) 梯度洗脱, 收集流分, 得到 5 个组分 Fr. 1.1~1.5。将 Fr. 1.2 溶解拌样, 硅胶柱色谱分离, 以石油醚-醋酸乙酯 (10:1、8:2、2:1、1:1) 梯度洗脱, 收集流分, 得到 5 个组分 Fr. 1.2.1~1.2.5。将 Fr. 1.2.2 用 Sephadex LH-20 凝胶进行柱色谱分离, 再经半制备 HPLC 纯化得到 **1** (12.5 mg)、**2** (6.0 mg)、**3** (3.2 mg)。将 Fr. 1.2.3 用 Sephadex LH-20 凝胶进行柱色谱分离, 再经半制备 HPLC 纯化得到 **4** (22.0 mg)、**6** (7.0 mg)、**7** (10.0 mg)。将 Fr. 9~10 合并以 10% 甲醇水溶解进行 MCI HP20 柱色谱分离, 以水-甲醇 (100:10、80:20、60:40、50:50、40:60、0:100) 梯度洗脱, 收集馏份, 共得到 10 个组分 Fr. 9.1~9.10。将 Fr. 9.2 用 Sephadex LH-20 凝

胶进行柱色谱分离,再经半制备 HPLC 纯化得到 **5** (5.9 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色胶状物。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 205.5 (4.59), 287.5 (3.79)。IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 2 916, 1 709, 1 607, 1 489, 1 447, 1 250, 1 139, 1 037, 935, 813。HR-ESI-MS m/z : 363.120 3 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ($\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_5\text{Na}$, 计算值 363.120 8), 结合 1D 和 2D-NMR 谱图信息确定分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_5$, 相对分子质量为 340, 不饱和度为 11。 ^1H -NMR、 ^{13}C -NMR 和 HMQC (表 1) 给出 2 组 5 个芳香质子信号, 其中 δ_{H} 6.93 (1H, d, $J=1.8$ Hz), 6.78 (1H, d, $J=7.8$ Hz) 和 6.88 (1H, dd, $J=1.8, 7.8$ Hz) 提示该化合物含有 1,3,4-三取代苯 (C 环); δ_{H} 6.60 (1H, brs) 和 6.62 (1H, brs) 的 2 个宽单峰为 1,3,4,5-四取代苯上的 2 个间位氢 (A 环), 综合信号 δ_{H} 5.10 (1H, d, $J=9.0$ Hz), 3.42 (1H, m), 1.37 (3H, d, $J=6.6$ Hz) 和 δ_{C} 93.6, 46.0, 18.0, 提示该化合物母核为反式-7-苯基-8-甲基-苯并呋喃新木脂素^[6]。从 HMBC 谱 (图 2) 可以看出, 甲基质子信号 δ_{H} 2.17 (3H, s, H-9') 与 δ_{C} 207.1 (C-8'), 51.1 (C-7') 相关, 亚甲基质子信号 δ_{H} 3.64 (2H, s, H-7') 与 δ_{C}

207.1, 29.3 相关, 形成 1 个丙酮基侧链。同时亚甲基质子信号 δ_{H} 3.64 (2H, s) 与芳香碳信号 δ_{C} 127.6 (C-1'), 116.9 (C-6'), 113.0 (C-2') 相关, 芳香质子信号 δ_{H} 6.60 (1H, brs, H-6'), 6.62 (1H, brs, H-2') 都与 δ_{C} 51.1 (C-7') 远程相关, 表明丙酮基侧链与 A 环的 1' 位相连。甲氧基质子信号 δ_{H} 3.87 (3H, s) 与芳碳信号 δ_{C} 144.4 (C-3') 存在远程相关, 提示甲氧基团连接在 A 环的 C-3' 上, 由此组成了四取代的 A 环结构。亚甲二氧基质子信号 δ_{H} 5.95 (2H, s) 与芳碳信号 δ_{C} 148.1 (C-3), 147.8 (C-4) 远程相关, 提示亚甲二氧基在 C 环上 3,4-二取代。该化合物的结构与文献报道的 machilusol F 相似^[6], 只是化合物 machilusol F 的 C 环 3-甲氧基和 4-羟基被 3,4-亚甲二氧基取代。因此, 该化合物的结构鉴定为反式-7,8-二氢-7-(3,4-亚甲二氧基)苯基-1'-(2-氧丙基)-3'-甲氧基-8-甲基苯并呋喃。NOESY (图 2) 显示 H-9 与 H-7 相关, 说明两者位于同侧, 进一步证实了 C-7 和 C-8 的反式构型。经检索化合物 **1** 为尚无文献记载的新化合物, 命名为三白脂 B (saurusine B)。C₇ 和 C₈ 的绝对构型有待单晶衍射或与类似化合物旋光 and CD 比对进一步确证。

表 1 化合物 **1** 的 ^1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 波谱数据 (600/150 MHz, CDCl_3)
Table 1 ^1H -NMR and ^{13}C -NMR data of compound **1** (600/150 MHz, CDCl_3)

碳位	δ_{H}	δ_{C}	碳位	δ_{H}	δ_{C}
1	—	134.4	1'	—	127.6
2	6.93 (1H, d, $J=1.8$ Hz)	107.0	2'	6.62 (1H, brs)	113.0
3	—	148.1	3'	—	144.4
4	—	147.8	4'	—	146.7
5	6.78 (1H, d, $J=7.8$ Hz)	108.3	5'	—	133.6
6	6.88 (1H, dd, $J=1.8, 7.8$ Hz)	120.4	6'	6.60 (1H, brs)	116.9
7	5.10 (1H, d, $J=9.0$ Hz)	93.6	7'	3.64 (2H, s)	51.1
8	3.42 (1H, m)	46.0	8'	—	207.1
9	1.37 (3H, d, $J=6.6$ Hz)	18.0	9'	2.17 (3H, s)	29.3
OCH ₂ O	5.95 (2H, s)	101.3	OCH ₃	3.87 (3H, s)	56.3

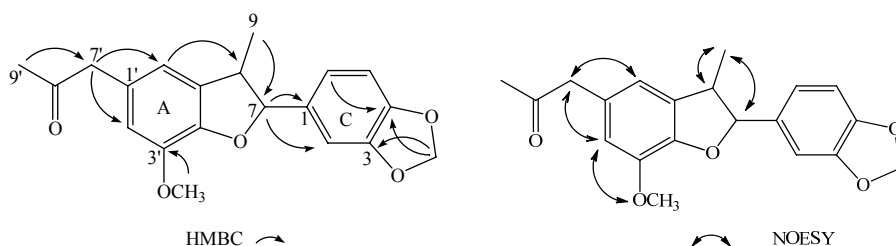


图 2 化合物 **1** 的主要 HMBC 和 NOESY 相关

Fig. 2 Key of HMBC and NOESY correlations of compound **1**

化合物 **2**: 白色无定形粉末, 易溶于氯仿、丙酮及醋酸乙酯。TLC 检测碘显色, 紫外灯 254 nm 下有暗斑, H₂SO₄ 显色呈紫色。ESI-MS m/z : 229 [M+Na]⁺。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.45 (1H, s, H-7), 7.02 (1H, d, J = 8.3 Hz, H-6), 6.96 (1H, s, H-2), 6.95 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-5), 3.92 (3H, s, OMe), 2.45 (3H, s, H₃-9'), 2.08 (3H, s, H₃-9); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 200.4 (C-8'), 146.6 (C-3), 140.1 (C-7), 140.1 (C-4), 136.0 (C-8), 128.4 (C-1), 124.3 (C-6), 114.7 (C-5), 112.5 (C-2), 56.2 (3-OMe), 26.0 (C-9'), 13.2 (C-9); 以上数据与文献报道一致^[7], 故鉴定该化合物为 4-(3-甲氧基-4-羟基) 苯基-3-甲基-3-丁烯-2-酮。

化合物 **3**: 白色无定形粉末, 易溶于氯仿、甲醇。TLC 检测碘显色, 紫外灯 254 nm 下有暗斑, H₂SO₄ 显色呈紫色。ESI-MS m/z 351 [M+Na]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.83 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5'), 6.63 (1H, dd, J = 8.4, 1.8 Hz, H-6'), 6.55 (1H, s, H-2'), 6.54 (1H, s, H-6), 6.25 (1H, s, H-3), 3.85 (3H, s, 3-OMe), 3.82 (3H, s, 3'-OMe), 3.36 (1H, d, J = 10.8 Hz, H-7'), 2.74 (1H, dd, J = 16.2, 4.2 Hz, H-7a), 2.60 (1H, dd, J = 16.2, 7.2 Hz, H-7b), 1.63 (1H, m, H-8), 1.52 (1H, m, H-8'), 1.07 (3H, d, J = 6.0 Hz, H₃-9), 0.85 (3H, d, J = 6.6 Hz, H₃-9'); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 146.7 (C-3'), 144.8 (C-5), 144.1 (C-4'), 143.5 (C-4), 138.5 (C-1'), 133.7 (C-2), 128.60 (C-1), 122.7 (C-6'), 115.7 (C-3), 114.2 (C-5'), 111.7 (C-2'), 110.1 (C-6), 56.1 (3'-OMe), 56.0 (5-OMe), 54.4 (C-7'), 43.9 (C-8'), 39.3 (C-7), 35.8 (C-8), 20.2 (C-9), 17.4 (C-9')。以上数据与文献报道一致^[8], 故鉴定该化合物为 (+)-愈创木素。

化合物 **4**: 无色胶状物。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 6.76 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-6'), 6.66 (1H, s, H-5), 6.58 (1H, s, H-2'), 6.56 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-5'), 6.52 (1H, s, H-8), 6.10 (1H, s, H-4), 5.45 (1H, brs, OH), 5.43 (1H, brs, OH), 3.78 (3H, brs, 3'-OMe), 3.76 (3H, brs, 6-OMe), 3.64 (1H, d, J = 3.0 Hz, H-1), 2.35 (1H, m, H-2), 1.78 (3H, s, H-10), 1.07 (3H, d, J = 6.6 Hz, H-9); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 146.4 (C-3'), 145.3 (C-4'), 144.3 (C-6), 144.0 (C-7), 139.0 (C-1'), 138.0 (C-3), 128.0 (C-4a), 127.1 (C-8a), 121.3 (C-4), 120.5 (C-6'), 114.1 (C-5'), 112.3 (C-5), 111.9 (C-8), 110.3 (C-2'), 56.2 (3'-OMe), 56.0 (6-OMe),

51.3 (C-2), 42.0 (C-1), 22.4 (C-10), 18.9 (C-9)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定该化合物为 (+)-反式-1,2-二氢脱氢愈创木脂酸。

化合物 **5**: 浅黄色粉末。三氯化铁-铁氰化钾显色为蓝色, 提示该化合物为酚性化合物。ESI-MS m/z : 523 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 6.75 (1H, s, H-2), 6.51 (1H, s, H-5), 6.71 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-2'), 6.76 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5'), 6.63 (1H, dd, J = 1.2, 7.8 Hz, H-6'), 3.84 (1H, m, H-7'), 3.69 (1H, m, H-9 α), 3.65 (1H, m, H-9 β), 3.68 (1H, m, H-9' α), 3.40 (1H, m, H-9' β), 2.82 (2H, d, J = 7.2 Hz, H-7), 2.05 (1H, m, H-8'), 1.79 (1H, m, H-8), 4.40 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-1''), 3.83 (3H, s, 3-OCH₃), 3.80 (3H, s, 3'-OCH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 149.3 (C-3'), 148.8 (C-3), 146.5 (C-4), 146.3 (C-4'), 138.4 (C-1'), 135.0 (C-6), 132.5 (C-1), 123.5 (C-6'), 119.2 (C-5), 116.3 (C-5'), 113.4 (C-2), 114.1 (C-2'), 103.6 (C-1''), 66.0 (C-9), 62.5 (C-9'), 47.7 (C-8), 48.4 (C-7'), 40.1 (C-8'), 33.6 (C-7), 78.2 (C-5''), 78.1 (C-3''), 74.9 (C-2''), 71.0 (C-4''), 62.2 (C-6''), 57.0 (-OCH₃), 56.6 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定该化合物为异落叶松脂素-4-O- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **6**: 无色油状物。易溶于氯仿、甲醇。TLC 检测碘显色, 紫外灯 254 nm 下有暗斑, H₂SO₄ 显色呈紫色。ESI-MS m/z 367 [M+Na]⁺;¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.89 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-5, 5'), 6.84 (2H, d, J = 1.2 Hz, H-2, 2'), 6.77 (2H, dd, J = 8.0, 1.2 Hz, H-6, 6'), 5.42 (2H, d, J = 6.0 Hz, H-7, 7'), 3.90 (6H, s, 3, 3'-OMe), 2.25 (2H, m, H-8, 8'), 0.69 (6H, d, J = 6.6 Hz, H₃-9, 9'); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 133.6 (C-1, 1'), 109.1 (C-2, 2'), 146.5 (C-3, 3'), 144.7 (C-4, 4'), 114.1 (C-5, 5'), 119.1 (C-6, 6'), 83.7 (C-7, 7'), 44.3 (C-8, 8'), 11.7 (C-9, 9'), 55.9 (3, 3'-OMe)。以上数据与文献报道数据一致^[11], 故鉴定该化合物为异甘密树脂 B。

化合物 **7**: 无色胶状物。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 9.85 (1H, s, CHO), 7.38 (1H, s, H-2'), 7.34 (1H, s, H-6'), 6.94 (1H, s, H-5), 6.91 (2H, s, H-2, 6), 5.68 (1H, brs, D₂O exchangeable, 3-OH), 5.25 (1H, d, J = 9.0 Hz, H-7), 3.89 (3H, s, 4-OMe), 3.95 (3H, s, 3'-OMe), 3.56 (1H, m, H-8), 1.45 (3H, d, J = 7.2 Hz, 8'-CH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 190.8 (CHO), 153.4 (C-4'), 147.0 (C-3'), 146.4 (C-4), 145.2

(C-3), 133.9 (C-5'), 131.7 (C-1), 131.3 (C-1'), 120.2 (C-6, 6'), 114.5 (C-2), 112.0 (C-2'), 109.1 (C-5), 95.2 (C-7), 56.3 (3'-OMe), 56.2 (4-OMe), 45.0 (C-8), 18.0 (C-9)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定该化合物为 perseal F。

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, 1982.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [3] 肖伟, 彭冰, 彭勇, 等. 三白草的研究进展 [J]. 中草药, 2010, 41(12): 2111-2115.
- [4] 左月明, 徐元利, 张忠立, 等. 三白草化学成分研究 [J]. 中药材, 2015, 38(12): 2538-2540.
- [5] 彭冰, 何春年, 许利嘉, 等. 三白草的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(12): 1950-1952.
- [6] Tsai I L, Chen J H, Duh C Y, *et al.* Cytotoxic neolignans from the stem wood of *Machilus obovatifolia* [J]. *Planta Med*, 2000, 66(5): 403-407.
- [7] Suri K A, Sood R P, Suri O P, *et al.* Synthesis of potential antiinflammatory compounds [J]. *Indian J Pharm Sci*, 1981, 43(6): 226-228.
- [8] Majumder P L, Chatterjee A, Sengupta G C. Lignans from *Machilus edulis* [J]. *Phytochemistry*, 1972, 11(2): 811-814.
- [9] Pinto M M M, Kijjoa A, Mondranondra I O, *et al.* Lignans and other constituents of *Knema furfuracea* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(6): 1985-1988.
- [10] Jiang Z H, Tanaka T, Sakamoto M, *et al.* Studies on a medicinal parasitic plant: lignans from the stems of *Cynomorium songaricum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2001, 49(8): 1036-1038.
- [11] 张可, 陈昌祥, 陈德芳. 樟叶胡椒的化学成分 [J]. 云南植物研究, 1997, 19(2): 211-212.
- [12] Tsai I L, Chen J H, Duh C Y, *et al.* Cytotoxic neolignans and butanolides from *Machilus obovatifolia* [J]. *Planta Med*, 2001, 67(6): 559-561.