

黄精中 1 个新的苯呋喃型木脂素

陈 辉^{1,2,3}, 朱 莹¹, 孔江波¹, 孙彦君^{1,2}, 高 丽³, 卞 华^{3*}, 冯卫生^{1,2}

1. 河南中医药大学药学院, 河南 郑州 450046

2. 呼吸疾病中医药防治省部共建协同创新中心, 河南 郑州 450046

3. 南阳理工学院 河南省张仲景方药与免疫调节重点实验室, 河南 南阳 473004

摘要: 目的 研究黄精 *Polygonatum sibiricum* 根茎的化学成分。方法 运用 HP-20 大孔吸附树脂、硅胶、ODS 和 Sephadex LH-20 等柱色谱以及反相制备型 HPLC 等各种现代色谱分离技术进行系统地分离纯化, 根据化合物的光谱数据和理化性质进行结构鉴定。结果 从黄精根茎 95%乙醇提取物中分离得到 5 个化合物, 分别鉴定为黄精新木脂素苷 A (1)、(+)-异落叶松脂素-9'-O-β-D-葡萄糖苷 (2)、反式-N-p-香豆酰基酪胺 (3)、3-(4-羟基苯基)-N-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基] 丙烯酰胺 (4)、3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-N-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基] 丙烯酰胺 (5)。结论 化合物 1 为 1 个新的苯呋喃型木脂素, 命名为黄精新木脂素苷 A, 化合物 2~5 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 黄精; 苯呋喃型木脂素; 黄精新木脂素苷 A; (+)-异落叶松脂素-9'-O-β-D-葡萄糖苷; 反式-N-p-香豆酰基酪胺

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2020)01-0021-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.01.004

A new benzofuran lignan from rhizomes of *Polygonatum sibiricum*

CHEN Hui^{1,2,3}, ZHU Ying¹, KONG Jiang-bo¹, SUN Yan-jun^{1,2}, GAO Li³, BIAN Hua³, FENG Wei-sheng^{1,2}

1. School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

2. Co-construction Collaborative Innovation Center for Chinese Medicine and Respiratory Diseases by Henan & Education Ministry of China, Zhengzhou 450046, China

3. Henan Key Laboratory of Zhang Zhongjing Formulae and Herbs for Immunoregulation, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China

Abstract: Objective To isolate and identify the chemical constituents from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum*. **Methods** The compounds were isolated and purified by various modern chromatographies, and their structures were identified by physicochemical properties and spectroscopic data. **Results** Five compounds were isolated from the EtOH extract of the rhizomes of *P. sibiricum*, which were elucidated as polygonneolignanoside A (1), (+)-isolariciresinol-9'-O-β-D-glucopyranoside (2), *trans*-N-p-coumaroyltramine (3), 3-(4-hydroxyphenyl)-N-[2-(4-hydroxyphenyl)-2-methoxyethyl]acrylamide (4), 3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-N-[2-(4-hydroxyphenyl)-2-methoxyethyl]acrylamide (5). **Conclusion** Among them, compound 1 was a new benzofuran lignan, and compounds 2—5 were isolated from this plant for the first time.

Key words: *Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute; benzofuran neolignan; polygonlignanoside A; (+)-isolariciresinol-9'-O-β-D-glucopyranoside; *trans*-N-p-coumaroyltramine

黄精 *Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute 系百合科 (Liliaceae) 黄精属 *Polygonatum* Mill. 植物, 又名鸡头参、土灵芝、太阳草, 广泛分布于我国东北、西北以及华北等地区, 为多年生草本, 药用其根

茎^[1]。黄精是我国的常用中药, 为《中国药典》2015 年版一部所载中药黄精的 3 个基原植物之一, 具有补肾益精、滋阴润燥的功效^[2]。现代药理研究表明黄精在抗衰老、调节免疫力、调血脂、改善记忆力、

收稿日期: 2019-08-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (21602047); 南阳理工学院河南省张仲景方药与免疫调节重点实验室开放课题 (KFKT2018-2); 河南省高等学校青年骨干教师资助计划 (2017GGJS-081)

作者简介: 陈 辉, 男, 博士, 副教授, 从事中药活性成分研究。E-mail: chenhuixy@hactcm.edu.cn

*通信作者 卞 华, 男, 硕士生导师, 教授, 从事中医药防治风湿类疾病的研究。E-mail: biancrown@163.com

抗肿瘤等方面具有显著的药用价值^[3]。目前对黄精的化学成分的研究主要集中于多糖和甾体皂苷类,而对于其他成分的研究还不够深入^[4-6]。为进一步丰富黄精化学成分的研究,完善其药效物质基础,本课题组在前期工作基础上^[7],从黄精根茎 95%乙醇提取物中分离得到 5 个化合物,分别鉴定为黄精新木脂素苷 A (polygonneolignanoside A, **1**)、(+)-异落叶松脂素-9'-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 [(+)-isolariciresinol-9'-*O*- β -*D*-glucopyranoside, **2**]、反式-*N*-*p*-香豆酰基酪胺 (*trans*-*N*-*p*-coumaroyltramine, **3**)、3-(4-羟基苯基)-*N*-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基] 丙烯酰胺 (3-(4-hydroxyphenyl)-*N*-[2-(4-hydroxyphenyl)-2-methoxyethyl] acrylamide, **4**)、3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-*N*-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基] 丙烯酰胺 (3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-*N*-[2-(4-hydroxyphenyl)-2-methoxyethyl] acrylamide, **5**)。其中化合物 **1** 为 1 个新的苯骈呋喃型木脂素,命名为黄精新木脂素苷 A, 化合物 **2**~**5** 为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker AVANCEIII 500 型核磁共振仪、Bruker maxis HD 型飞行时间质谱 (德国 Bruker 公司); Autopol IV 全自动旋光仪 (美国鲁道夫公司); Chirascan q CD 光谱仪 (英国应用光物理公司); LC52 型高压制备液相色谱仪 (赛谱锐思北京科技有限公司, SP-5030 型半制备型高压输液泵, UV200 型紫外检测器, Easychrom 型色谱工作站; 色谱柱为 YMC-Pack ODS-A, 250 mm \times 20 mm, 5 μ m); 薄层色谱硅胶 GF₂₅₄、柱色谱硅胶 (200~300 目, 青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 (Pharmacia Biotech 公司); RP-C₁₈ (40~60 μ m, YMC 公司); 大孔树脂 Diaion HP-20 (日本三菱化学); 甲醇, 色谱纯 (天津市四友精细化学品有限公司); 其他试剂均为分析级。

黄精于 2015 年 9 月购自亳州市药材市场,经河南中医药大学药学院陈随清教授鉴定为百合科黄精属植物黄精 *Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute 的根茎。凭证样本 (ID-20150912) 存于河南中医药大学中药化学研究室。

2 提取与分离

黄精干燥根茎 40 kg, 95%乙醇回流提取 2 次, 滤过, 合并提取液, 减压浓缩, 得浸膏 3 100 g。浸膏加水混悬, 依次用醋酸乙酯、正丁醇萃取, 减压回收溶剂, 得醋酸乙酯部位 (168 g)、正丁醇部位

(1 350 g)。醋酸乙酯部位经硅胶柱色谱分离, 依次用石油醚-醋酸乙酯 (10:1, 5:1, 2:1, 1:1, 0:1) 和二氯甲烷-甲醇 (50:1, 30:1, 20:1, 10:1, 5:1, 1:1, 0:1) 梯度洗脱, 并经硅胶薄层检视, 合并相同流分得到 10 个组分 (Fr. 1~10)。Fr. 7 (7.5 g) 经中低压 RP-C₁₈ 柱色谱分离, 依次用甲醇-水 (10% \rightarrow 80%甲醇) 梯度洗脱, 得到 5 个亚馏份 (Fr. 7-1~7-5)。Fr. 7-3 (50%甲醇洗脱部位, 0.82 g) 经硅胶柱色谱分离, 依次用二氯甲烷-甲醇 (25:1, 15:1, 10:1) 洗脱, 并经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱反复纯化 (甲醇), 得到化合物 **3** (12.0 mg)、**4** (5.8 mg) 和 **5** (12.3 mg)。正丁醇部位经大孔树脂 Diaion HP-20 柱色谱分离, 依次乙醇-水 (0 \rightarrow 95%乙醇) 梯度洗脱, 得到 6 个馏份 (Fr. A~E)。Fr. C (27.5 g, 30%乙醇-水洗脱部位) 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (甲醇), 再经中低压 RP-C₁₈ 柱色谱分离, 依次用甲醇-水 (10% \rightarrow 80%甲醇) 梯度洗脱, 得到 5 个亚馏份 (Fr. C-1~C-5)。Fr. C-2 (208 mg)。经制备型 HPLC 制备 (30%甲醇-水) 得到化合物 **1** (12.4 mg) 和 **2** (30.7 mg)。

3 化合物 1 的酸水解及糖的鉴定

化合物 **1** (2.0 mg) 溶于 5 mL 2.0 mol/L 盐酸-甲醇溶液中, 90 $^{\circ}$ C 水浴搅拌反应 2 h。水解产物用氮气吹干后, 以醋酸乙酯和水进行萃取。水相以 AgCO₃ 中和多余的酸后, 浓缩干燥得糖部分, 分别加入 1 mL 吡啶、2 mg *L*-半胱氨酸乙酯盐酸盐, 密闭 60 $^{\circ}$ C 搅拌 1 h, 然后加入 0.2 mL 三甲基硅咪唑, 密闭 60 $^{\circ}$ C 后再加热 0.5 h, 以正己烷和水萃取。正己烷萃取物经气相色谱分析 [美国 Finnigan TSQ7000 型气相色谱仪, FID 检测器, DB-5 毛细管柱 (30 m \times 0.25 mm, 0.25 μ m)]。通过和标准糖的衍生物进行比较, 从水解产物糖部分鉴定出 β -*D*-葡萄糖 (t_R =19.8 min) 和 α -*L*-鼠李糖 (t_R =18.5 min), 比例为 1:1。

4 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色无定形粉末, 易溶于甲醇, $[\alpha]_D^{20}$ -108.2 $^{\circ}$ (c 0.2, MeOH)。UV 显示该化合物在甲醇溶液中的最大吸收为 228、275、298 nm。IR 光谱显示有羟基 (3 400 cm^{-1}) 和共轭羰基 (1 710 cm^{-1}) 的吸收。HR-ESI-MS 谱给出准分子离子峰 m/z 691.220 8 $[M+Na]^+$ (计算值为 691.220 9), 确定化合物 **1** 的分子式为 C₃₁H₄₀O₁₆。¹H-NMR 谱中 (表 1), 低场区显示有 1 组 1,2,4-三取代的芳香质子信号 [δ_H

表 1 化合物 1 的 ¹H-NMR 和 ¹³C-NMR 波谱数据 (500/125 MHz, CD₃OD)

Table 1 ¹H-NMR and ¹³C-NMR data of compound 1 (500/125 MHz, CD₃OD)

碳位	δ_{H}	δ_{C}	DEPT
1		137.2	C
2	7.00 (1H, d, $J = 1.0$ Hz)	110.8	CH
3		151.8	C
4		147.4	C
5	7.11 (1H, d, $J = 8.5$ Hz)	117.9	CH
6	6.91 (1H, dd, $J = 8.5, 1.0$ Hz)	118.9	CH
7	5.69 (1H, d, $J = 6.0$ Hz)	89.7	CH
8	3.56 (1H, overlapped)	54.8	CH
9	3.85 (2H, overlapped)	64.6	CH ₂
1'		124.7	C
2'	7.58 (1H, brs)	115.2	CH
3'		145.4	C
4'		154.1	C
5'		130.3	C
6'	7.63 (1H, brs)	120.6	CH
7'		168.5	C
1''	5.07 (1H, d, $J = 7.5$ Hz)	100.4	CH
2''	3.74 (1H, m)	78.3	CH
3''	3.60 (1H, m)	79.5	CH
4''	3.40 (1H, m)	71.5	CH
5''	3.38 (1H, m)	78.0	CH
6''	3.85 (1H, overlapped), 3.68 (1H, overlapped)	62.4	CH ₂
1'''	5.38 (1H, brs)	102.0	CH
2'''	3.94 (1H, m)	72.3	CH
3'''	3.66 (1H, m)	72.2	CH
4'''	3.39 (1H, m)	74.0	CH
5'''	4.11 (1H, m)	70.0	CH
6'''	1.22 (3H, d, $J = 6.0$ Hz)	18.1	CH ₃
3-OCH ₃	3.83 (3H, s)	56.4	CH ₃
3'-OCH ₃	3.93 (3H, s)	56.8	CH ₃
7'-OCH ₃	3.89 (3H, s)	52.4	CH ₃

7.11 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5), 7.00 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, H-2), 6.91 (1H, dd, $J = 8.5, 1.0$ Hz, H-6) 和 1 组 1,3,4,5-四取代芳香质子信号 [δ_{H} 7.63 (1H, brs, H-6'), 7.58 (1H, brs, H-2')]。高场区显示 1 个连氧次甲基质子信号 [δ_{H} 5.69 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-7)] 和 2 个糖端基质子信号 [5.38 (1H, brs, H-1'''), 5.07 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'')]. 此外, 高场区还显示 3 个

甲氧基质子信号 [δ_{H} 3.93 (3H, s), 3.89 (3H, s), 3.83 (3H, s)] 以及 1 个甲基质子信号 [δ_{H} 1.22 (3H, d, $J = 6.0$ Hz)]. 分析 ¹³C-NMR 及 DEPT 谱可知, 该化合物存在 31 个碳原子, 包括 1 个羰基碳、12 个芳香碳、2 个次甲基、2 个连氧亚甲基、3 个甲氧基和 12 个糖基上的碳信号。将 2 个糖基的 ¹H-、¹³C-NMR 化学位移和文献对比, 确定其分别为 β -吡喃葡萄糖基和 α -吡喃鼠李糖基^[8]。对化合物 1 进行酸水解和衍生化气相色谱分析, 也证实化合物 1 中的 2 个糖单元为 *D*-葡萄糖和 *L*-鼠李糖。通过对以上数据和文献对比分析, 推测化合物 1 可能为 1 个苯骈呋喃型木脂素类化合物^[9]。

在 HMBC 图谱中 (图 1), H-7 (δ_{H} 5.69) 与 C-1, C-2, C-6, C-9, C-4' 有明显远程相关, H-8 (δ_{H} 3.56) 与 C-4', C-5' 有远程相关, H-9 (δ_{H} 3.85) 与 C-5' 有远程相关, 结合 ¹H-¹H COSY 谱中 H-7/H-8/H-9 的自旋系统, 进一步表明化合物 1 为苯骈呋喃型木脂素。此外, δ_{H} 3.89 处的甲氧基信号、H-2'、H-6' 均与羰基碳 (δ_{C} 168.5) 有远程相关, 说明该羰基碳是以甲酯的形式存在, 且连接在苯骈呋喃环的 1' 位碳上。剩余的 2 个甲氧基分别与 C-3 和 C-3' 有远程相关, 提示其分别与 2 个苯环的 C-3 和 3' 相连。在 HMBC 谱中, 葡萄糖基的端基氢 H-1'' (δ_{H} 5.07) 与 C-4 有明显相关, 说明葡萄糖基连接在苯环的 4 位碳上。此外, 葡萄糖基的端基氢 H-1''' 还与 δ_{C} 78.3 处的碳

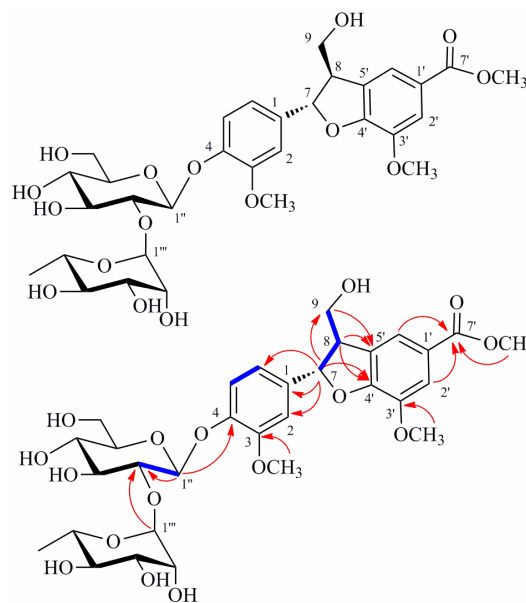


图 1 化合物 1 的结构和关键 ¹H-¹H COSY、HMBC 相关
Fig. 1 Structure and key ¹H-¹H COSY and HMBC correlations of compound 1

信号有远程相关, 结合 HSQC、 ^1H - ^1H COSY 谱可确定其为葡萄糖基 2'' 位上的碳。而鼠李糖基的端基氢 H-1''' (δ_{H} 5.38) 与葡萄糖 C-2'' 有远程相关, 证实葡萄糖与鼠李糖的连接方式是 1 \rightarrow 2 连接。至此化合物 **1** 的平面结构得到确证。通过 H-7 与 H-8 之间的耦合常数 ($J = 6.0$ Hz), 确定呋喃环 7,8 位的相对构型为反式^[10]。CD 谱 (图 2) 在 220~240 nm 显示负的 Cotton 效应, 在 250~320 nm 显示正的 Cotton 效应, 表明 7,8 位的绝对构型为 7*S*,8*R*^[11-12]。综上所述, 化合物 **1** 结构如图 1 所示, 命名为黄精新木脂素苷 A (polygonneolignanoside A), 为 1 个新的苯骈呋喃型木脂素。

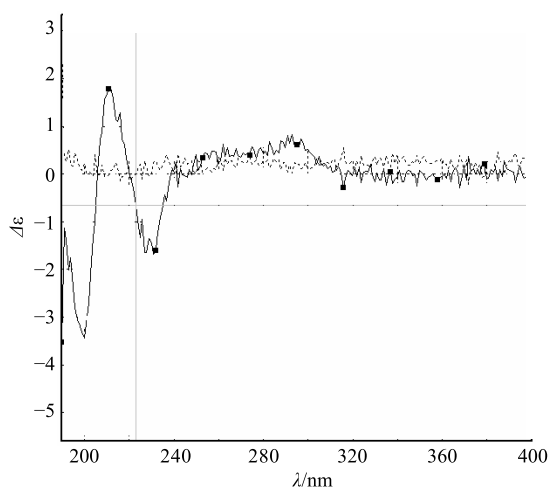


图 2 化合物 **1** 的 CD 图谱

Fig. 2 CD spectrum of compound **1**

化合物 **2**: 白色无定形粉末, 易溶于甲醇, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +53.8^\circ$ (c 0.1, MeOH), ESI-MS m/z : 523 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.78 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2'), 6.73 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 6.64 (1H, brs, H-6), 6.62 (1H, dd, $J = 8.0, 1.7$ Hz, H-6'), 6.17 (1H, brs, H-3), 4.11 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1''), 4.07 (1H, brd, $J = 10.8$ Hz, H-7'), 4.05 (1H, dd, $J = 10.2, 2.4$ Hz, H-9'b), 3.82 (1H, dd, $J = 12.0, 2.4$ Hz, H-6''b), 3.81 (3H, s, 6-OCH₃), 3.80 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.76 (1H, dd, $J = 11.2, 4.0$ Hz, H-9b), 3.71 (1H, dd, $J = 11.2, 6.3$ Hz, H-9a), 3.64 (1H, dd, $J = 12.0, 5.4$ Hz, H-6''a), 3.35 (1H, m, H-3''), 3.26 (1H, m, H-4''), 3.23 (1H, m, H-9'a), 3.20~3.17 (2H, m, H-2'', 5''), 2.82 (2H, m, H-7), 2.08 (1H, m, H-8), 1.08 (1H, t, $J = 10.5$ Hz, H-8'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 148.9 (C-3'), 147.2 (C-5), 145.9 (C-4'), 145.2 (C-4), 138.7 (C-1'), 134.4 (C-2), 129.2 (C-1), 123.1 (C-6'), 117.4

(C-3), 116.1 (C-5'), 114.4 (C-2'), 112.4 (C-6), 105.2 (C-1''), 78.1 (C-3''), 77.9 (C-5''), 75.2 (C-2''), 71.7 (C-4''), 69.5 (C-9'), 65.2 (C-9), 62.8 (C-6''), 56.5 (6-OCH₃), 56.4 (3'-OCH₃), 47.9 (C-7'), 45.9 (C-8'), 39.6 (C-8), 33.9 (C-7)。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **2** 为 (+)-异落叶松脂素-9'-*O*- β -*D*-葡萄糖苷。

化合物 **3**: 白色无定形粉末, 易溶于甲醇, ESI-MS m/z : 284 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.43 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-7), 7.38 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2, 6), 7.04 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.78 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3, 5), 6.71 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.37 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-8), 3.45 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 2.74 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-7'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 169.2 (C-9), 160.5 (C-4), 156.9 (C-4'), 141.8 (C-7), 131.3 (C-1'), 130.7 (C-2', 6'), 130.6 (C-2, 6), 127.7 (C-1), 118.4 (C-8), 116.7 (C-3', 5'), 116.3 (C-3, 5), 42.6 (C-8'), 35.8 (C-7)。以上数据与文献报道一致^[14], 故鉴定化合物 **3** 为反式-*N-p*-香豆酰基酰胺。

化合物 **4**: 白色无定形粉末, 易溶于甲醇, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -7.3^\circ$ (c 0.1, MeOH), ESI-MS m/z : 314 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.42 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-3), 7.39 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5, 9), 6.77 (4H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6, 8, 5', 7'), 6.44 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-2), 4.23 (1H, dd, $J = 8.4, 4.5$ Hz, H-2'), 3.49 (1H, dd, $J = 13.7, 4.6$ Hz, H-1'a), 3.38 (1H, dd, $J = 13.7, 8.3$ Hz, H-1'b), 3.20 (3H, s, 2'-OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 169.3 (C-1), 160.6 (C-6'), 158.6 (C-7), 142.0 (C-3), 131.5 (C-3'), 130.6 (C-5, 9), 129.2 (C-4', 8'), 127.7 (C-4), 118.3 (C-2), 116.7 (C-6, 8), 116.3 (C-5', 7'), 83.3 (C-2'), 56.8 (2'-OCH₃), 47.1 (C-1')。以上数据与文献报道一致^[15], 故鉴定化合物 **4** 为 3-(4-羟基苯基)-*N*-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基] 丙烯酰胺。

化合物 **5**: 淡黄色无定形粉末, 易溶于甲醇, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -12.8^\circ$ (c 0.1, MeOH), ESI-MS m/z : 344 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.42 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-3), 7.16 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-4', 8'), 7.12 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-5), 7.02 (1H, dd, $J = 8.5, 1.6$ Hz, H-9), 6.78 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5', 7'), 6.78 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-8), 6.49 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-2), 4.24 (1H, dd, $J = 8.4, 4.6$ Hz, H-2'), 3.88 (3H, s, 6-OCH₃),

3.50 (1H, dd, $J = 13.8, 4.6$ Hz, H-1'a), 3.40 (1H, dd, $J = 13.8, 8.4$ Hz, H-1'b), 3.21 (3H, s, 2'-OCH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 169.2 (C-1), 158.6 (C-6'), 149.9 (C-7), 149.3 (C-6), 142.2 (C-3), 131.5 (C-3'), 129.2 (C-4', 8'), 128.3 (C-4), 123.3 (C-9), 118.7 (C-2), 116.5 (C-8), 116.3 (C-5', 7'), 111.5 (C-5), 83.3 (C-2'), 56.8 (2'-OCH₃), 56.4 (6-OCH₃), 47.1 (C-1'). 以上数据与文献报道一致^[16], 故鉴定化合物**5**为3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-N-[2-(4-羟基苯基)-2-甲氧基乙基]丙烯酰胺。

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 (第15卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [3] 赵文莉, 赵 晔, Tseng Y, 等. 黄精药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2018, 49(18): 4439-4435.
- [4] 陈 辉, 冯珊珊, 孙彦君, 等. 3种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2015, 46(15): 2329-2338.
- [5] 姜程曦, 张铁军, 陈常青, 等. 黄精的研究进展及其质量标志物的预测分析 [J]. 中草药, 2017, 48(1): 1-16.
- [6] 汪 娟, 梁 爽, 陈应鹏, 等. 黄精属植物非皂苷类化学成分研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(1): 74-77.
- [7] Chen H, Li Y J, Li X F, *et al.* Homoisoflavanones with estrogenic activity from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2018, 20(1): 92-100.
- [8] 于德泉, 杨峻山. 分析化学手册 (第七分册) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [9] Dat L D, Zhao B T, Hung N D, *et al.* Lignan derivatives from *Selaginella tamariscina* and their nitric oxide inhibitory effects in LPS-stimulated RAW 264. 7 cells [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2017, 27(3): 524-529.
- [10] 卢 青, 李海波, 姚新生, 等. 兴安升麻根茎的化学成分研究 [J]. 中草药, 2019, 50(14): 3261-3268.
- [11] Martin F, Hay A E, Quinteros Condorety V R, *et al.* Antioxidant phenylethanoid glycosides and a neolignan from *Jacaranda caucana* [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(5): 852-856.
- [12] Chang W L, Lee S S. Norneolignan and phenols from *Curculigo capitulata* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(7): 2133-2136.
- [13] Latté K P, Kaloqa M, Schäfer A, *et al.* An ellagitannin, *n*-butyl gallate, two aryltetralin lignans, and an unprecedented diterpene ester from *Pelargonium reniforme* [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69(3): 820-826.
- [14] 蒋 欢, 黄诚伟, 廖海兵, 等. 中华青牛胆中2个新的木脂素葡萄糖苷 [J]. 中草药, 2018, 49(10): 2336-2344.
- [15] 舒伟虎, 周光雄, 叶文才. 水茄的化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(3): 424-427.
- [16] Lee C, Kim J, Lee S, *et al.* Two new constituents of *Isodon excisus* and their evaluation in an apoptosis inhibition assay [J]. *J Nat Prod*, 2001, 64(5): 659-660.