

• 化学成分 •

重唇石斛化学成分研究

成 蕾^{1,2}, 陈志有³, 尚志梅¹, 张茂生¹, 李晓飞¹, 张建永¹, 肖世基^{1,2*}

1. 遵义医科大学药学院, 贵州 遵义 563006

2. 贵州医科大学 省部共建药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵州 贵阳 550014

3. 广西壮族自治区特种设备监督检验院柳州分院, 广西 柳州 545006

摘 要: 目的 研究兰科石斛属植物重唇石斛 *Dendrobium hercoglossum* 的化学成分。方法 采用各种柱色谱及制备液相色谱分离纯化, 经波谱数据鉴定化合物结构。结果 从重唇石斛全草的醋酸乙酯提取物中分离得到 10 个化合物, 其结构分别鉴定为 3,4,α-三羟基-5,3'-二甲氧基联苄 (1)、4,α-二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苄 (2)、4,5-二羟基-3,3',α-三甲氧基联苄 (3)、4,3'-二羟基-3,5-二甲氧基联苄 (4)、4,4'-二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苄 (5)、*N*-反式桂皮酸酐对羟基苯乙胺 (6)、原儿茶酸 (7)、香草醇 (8)、1-正十六烷酸甘油酯 (9)、丁香脂素 (10)。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为重唇石斛素 A, 其余化合物均为首次从该植物中分离得到。

关键词: 兰科; 重唇石斛; 联苄类; 3,4,α-三羟基-5,3'-二甲氧基联苄; 重唇石斛素 A; 原儿茶酸; 香草醇

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2020)12-3126-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.12.002

Chemical constituents of *Dendrobium hercoglossum*

CHENG Lei^{1,2}, CHEN Zhi-you³, SHANG Zhi-mei¹, ZHANG Mao-sheng¹, LI Xiao-fei¹, ZHANG Jian-yong¹, XIAO Shi-ji^{1,2}

1. School of Pharmacy, Zunyi Medical University, Zunyi 563006, China

2. State Key Laboratory of Functions and Applications of Medicinal Plants, Guizhou Medical University, Guiyang 550014, China

3. Liuzhou Branch of Guangxi Institute of Special Equipment Supervision and Inspection, Liuzhou 545006, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of *Dendrobium hercoglossum*. **Methods** The compounds were isolated and purified by column chromatography and preparative HPLC, and their chemical structures were identified on the basis of spectral analysis. **Results** Ten compounds were isolated and identified as 3,4,α-trihydroxy-5,3'-dimethoxybibenzyl (1), 4,α-dihydroxy-3,5,3'-trimethoxybibenzyl (2), 4,5-dihydroxy-3,3',α-trimethoxybibenzyl (3), 4,3'-dihydroxy-3,5-dimethoxybibenzyl (4), 4,4'-dihydroxy-3,5,3'-trimethoxybibenzyl (5), *N*-trans-cinnamoyltyramine (6), protocatechuic acid (7), vanillyl alcohol (8), hexadecanoic acid 2,3-dihydroxypropyl ester (9) and syringaresinol (10). **Conclusion** Compound 1 is a new compound, named dendhercoine A, compounds 2—10 are isolated from this plant for the first time.

Key words: Orchidaceae; *Dendrobium hercoglossum* Rchb. f.; bibenzyls; 3,4,α-trihydroxy-5,3'-dimethoxybibenzyl; dendhercoine A; protocatechuic acid; vanillyl alcohol

重唇石斛 *Dendrobium hercoglossum* Rchb. f. 是兰科 (Orchidaceae) 石斛属多年生草本植物, 生于海拔 590~1 260 m 的山地密林中树干上和山谷湿

润岩石上, 在我国主要分布于安徽、江西南部、湖南、广东西南部、海南、广西、贵州西南部、云南西南部, 在贵州主要分布于罗甸、册亨和兴义^[1]。

收稿日期: 2019-06-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31560102); 省部共建药用植物功效与利用国家重点实验室开放课题 (FAMP201902K); 贵州省科技厅项目 (QKHRCPT [2017] 5101)

作者简介: 成 蕾 (1993—), 女, 硕士研究生, 从事天然药物化学相关研究。E-mail: 1443596616@qq.com

*通信作者 肖世基 (1983—), 男, 博士, 教授, 从事天然药物化学相关研究。E-mail: sjxiao@zmu.edu.cn

目前为止,未见对重唇石斛的次级代谢产物进行过系统研究报道。石斛属植物多为传统名贵中药,含有类型多样的化学成分,包括联苳类、生物碱类、菲类、茛菪酮类、倍半萜类、香豆素类、甾醇类等,药理研究表明石斛属植物有多种生物活性,如增强免疫力、缓解糖尿病及其并发症、抗肿瘤、抗氧化和延缓衰老、护肝抗炎、神经系统保护作用等^[2-3]。《中国中药资源志要》记载重唇石斛甘、淡,微寒,用于热病伤津、口干烦渴、病后虚热、食欲不振^[4]。为了进一步阐明兰科石斛属植物的化学成分^[5-8],扩大兰科植物药用资源,本实验对重唇石斛全草的醋酸乙酯提取物进行了深入的分离纯化,从中分离得到了10个化合物,通过波谱分析分别鉴定为3,4,α-三羟基-5,3'-二甲氧基联苳(3,4,α-trihydroxy-5,3'-dimethoxybibenzyl, **1**)、4,α-二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苳(4,α-dihydroxy-3,5,3'-trimethoxybibenzyl, **2**)、4,5-二羟基-3,3',α-三甲氧基联苳(4,5-dihydroxy-3,3',α-trimethoxybibenzyl, **3**)、4,3'-二羟基-3,5-二甲氧基联苳(4,3'-dihydroxy-3,5-dimethoxybibenzyl, **4**)、4,4'-二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苳(4,4'-dihydroxy-3,5,3'-trimethoxybibenzyl, **5**)、*N*-反式桂皮酸酐对羟基苯乙胺(*N-trans-cinnamoyl*tyramine, **6**)、原儿茶酸(proto catechuic acid, **7**)、香草醇(vanillyl alcohol, **8**)、1-正十六烷酸甘油酯(hexadecanoic acid 2,3-dihydroxypropyl ester, **9**)、丁香脂素(syringaresinol, **10**)。分离得到的10个化合物均为首次从重唇石斛中分离得到,其中化合物**1**为新化合物,命名为重唇石斛素A。

1 仪器与材料

LTQ Orbitrap XL 型质谱仪(美国 Thermo Fisher 公司); Autopol III 型旋光仪(美国 Rudolph 公司); Agilent DD2400-MR 型核磁共振仪(美国 Agilent 公司); LC3000 型高效液相色谱仪(中国北京创新通恒公司); Daisogel C₁₈ HPLC 制备柱(日本 Daiso 填料, 250 mm×30 mm, 10 μm); YMC C₁₈ HPLC 半制备柱(250 mm×10 mm, 5 μm, 日本 YMC 公司); SP ODS-A C₁₈ HPLC 半制备柱(250 mm×10 mm, 10 μm, 中国北京慧德易科技有限公司); 反相 C₁₈ 填料(ODS, 日本富士硅化学株式会社); 薄层色谱硅胶 GF₂₅₄ 和柱色谱硅胶(300~400 目, 中国青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 凝胶(德国 Merck 公司)。

重唇石斛于2018年12月采自广西壮族自治区

百色市德保县,由遵义医科大学生药学教研室吴发明副教授鉴定为兰科石斛属植物重唇石斛 *Dendrobium hercoglossum* Rchb. f., 样品标本(20181225)保存于遵义医科大学药学院天然药物化学研究室。

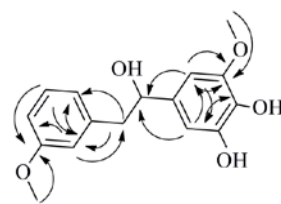
2 提取与分离

取干燥重唇石斛全草 3.1 kg, 粉碎后用 95% 甲醇回流提取 3 次, 减压浓缩提取液得甲醇提取物 300 g。该提取物经甲醇溶解, 200~300 目硅胶拌样, 醋酸乙酯回流提取 4 次, 减压浓缩提取液得醋酸乙酯提取物 60 g。该提取物经正相硅胶柱色谱(石油醚-醋酸乙酯 20:1、10:1、5:1、3:1、1:1, 醋酸乙酯进行梯度洗脱), 得到 14 个组分 Fr. 1~14。Fr. 12 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 甲醇洗脱, 薄层色谱(TLC)点板分析合并为 5 个部分 Fr. 12.1~12.5; 将其中 Fr. 12.4 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水, 60:40, 6.0 mL/min)得到化合物 **1**(*t_R*=7.7 min, 19.0 mg)、**3**(*t_R*=16.1 min, 4.7 mg)和 **6**(*t_R*=16.1 min, 7.0 mg); 将 Fr. 12.3 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水, 75:25, 6.0 mL/min)得到化合物 **2**(*t_R*=22.5 min, 3.1 mg); Fr. 10 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 甲醇洗脱, TLC 点板分析合并为 4 个部分 Fr. 10.1~10.4; Fr. 10.1 经 ODS 柱色谱分离, 甲醇洗脱, TLC 点板分析合并为 3 个部分 Fr. 10.1.1~10.1.3; Fr. 10.1.3 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 51:49, 6.0 mL/min)得到化合物 **4**(*t_R*=40.6 min, 5.5 mg)和化合物 **5**(*t_R*=36.7 min, 4.2 mg); 将 Fr. 12.4 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 70:30, 6.0 mL/min)得到 5 个部分 Fr. 12.4.1~12.4.5; Fr. 12.4.1 进一步经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 20:80, 6.0 mL/min)得到化合物 **7**(*t_R*=13.7 min, 39.3 mg); 将 Fr. 12.3 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 40:60、75:25, 6.0 mL/min)得到化合物 **8**(*t_R*=5.8 min, 2.1 mg), Fr. 12.1 经重结晶得到化合物 **9**(11.2 mg), Fr. 14 经制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 40:60、0:30、90:10、100:0, 30.0 mL/min)得到 9 个部分 Fr. 14.1~14.9; Fr. 14.1 经半制备 HPLC 分离纯化(C₁₈, 甲醇-水 58:42, 6.0 mL/min)得到化合物 **10**(*t_R*=11.9 min, 38.2 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1** 为浅黄色胶状物; [α]_D²⁰ -16° (*c* 0.03,

MeOH); CD (c 6.00×10^{-5} M, MeOH) λ ($\Delta\epsilon$) 203 (−4.34), 208 (+4.33)。HR-ESI-MS 给出其准分子离子峰 m/z : 289.107 5 $[M-H]^-$ (计算值 $C_{16}H_{17}O_5^-$, 289.107 6), 确定其分子式为 $C_{16}H_{18}O_5$, 有 8 个不饱和度。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) (表 1) 显示低场区有 1 个 1,3-二取代的苯环体系: δ_H 7.11 (1H, t, $J = 7.4$ Hz, H-5')、6.69 (1H, overlapped, H-6')、6.69 (1H, overlapped, H-4')、6.62 (1H, brs, H-2') 及 2 组宽的单峰芳香氢信号 δ_H 6.44 (1H, brs, H-2), 6.38 (1H, brs, H-6)。高场有 1 组同碳耦合的氢 δ_H 2.98 (1H, m, H- α') 和 δ_H 2.87 (1H, m, H- α'), 以及 1 个连氧的氢 δ_H 4.66 (1H, m, H- α)。 ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) 谱结合 HSQC 谱显示有 16 个碳信号, 包括有 2 个甲氧基信号 δ_C 55.6, 56.7; 12 个芳香碳信号 δ_C 141.6, 116.3, 161.0, 112.9, 130.1, 123.1, 136.6, 108.1, 146.4, 134.4, 149.4, 102.9; 1 个连氧碳信号 δ_C 76.8 和 1 个高场碳信号 δ_C 47.0。分析化合物 **1** 的 NMR 数据发现其为典型的联苳类化合物^[5]。仔细对比分析发现化合物 **1** 的结构和 **2** 非常相似, 区别仅在于化合物 **2** 的结构中 2 位甲氧基变成了羟基。HMBC 谱 (图 1) 中, H-6 和 C-1、C-2、C-4、C-5 有相关, H-2 和 C-1、C-3、C-4、C-6 有相关, 5-OCH₃ 和 C-5 有相关, 可以确证 1 个甲氧基处于 C-5 上; H-3 和 C-5

图 1 化合物 **1** 的 HMBC 相关Fig. 1 Key HMBC correlations of compound **1**

有相关, 3'-OCH₃ 和 C-3' 有相关, 可以确证另一个甲氧基处于 C-3' 上; HMBC 谱中 H-2、H-6 和 C- α 有相关, 可以确定 1 个羟基处在 C- α 位上, 而非 C- α' 位上。进一步通过 CD 谱图中 208 nm 处有正的 Cotton 效应推测出 C- α 构型为 $S^{[9]}$ 。综上, 化合物 **1** 的结构确定为 (*S*)-3,4, α -三羟基-5,3'-二甲氧基联苳。

化合物 **2**: 浅黄色粉末; 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.49 (2H, s, H-2, 6), 6.59 (1H, brs, H-2'), 6.68 (2H, overlapped, H-4', 6'), 7.10 (1H, t, $J = 7.5$ Hz, H-5'), 4.72 (1H, m, H- α), 2.99 (1H, m, H- α'), 2.85 (1H, m, H- α'), 3.75 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.68 (3H, s, 3'-OCH₃); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 136.5 (C-1), 104.6 (C-2, 6), 149.1 (C-3, 5), 134.0 (C-4), 76.8 (C- α), 141.4 (C-1'), 116.3 (C-2'), 161.0 (C-3'), 112.9 (C-4'), 130.7 (C-5'), 123.2 (C-6'), 47.2 (C- α'), 56.8 (3, 5-OCH₃), 55.6 (3'-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **2** 为 4, α -二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苳。

化合物 **3**: 浅黄色粉末; 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.11 (1H, t, $J = 7.6$ Hz, H-5'), 6.68 (2H, overlapped, H-4', 6'), 6.56 (1H, brs, H-2'), 6.38 (1H, brs, H-2), 6.31 (1H, brs, H-6), 4.19 (1H, m, H- α), 3.76 (3H, s, 3-OCH₃), 3.69 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.16 (3H, s, α -OCH₃), 3.00 (1H, m, H- α'), 2.81 (1H, m, H- α'); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 133.5 (C-1), 108.1 (C-2), 146.6 (C-4), 134.8 (C-5), 149.7 (C-3), 103.5 (C-6), 86.6 (C- α), 141.5 (C-1'), 116.3 (C-2'), 161.0 (C-3'), 112.8 (C-4'), 130.0 (C-5'), 123.1 (C-6'), 45.7 (C- α'), 55.6 (3'-OCH₃), 56.8 (α -OCH₃), 56.7 (3-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[5,10], 故鉴定化合物 **3** 为 4,5-二羟基-3,3', α -三甲氧基联苳。

化合物 **4**: 浅黄色胶状物; 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 7.12 (1H, t, $J = 7.6$ Hz, H-5'), 6.72 (1H, brd,

表 1 化合物 **1** 的 NMR 数据Table 1 NMR spectral data of compound **1**

碳位	δ_H	δ_C
1		136.6
2	6.44 (1H, brs)	108.1
3		146.4
4		134.4
5		149.4
6	6.38 (1H, brs)	102.9
α	4.66 (1H, m)	76.8
1'		141.6
2'	6.73 (1H, brs)	116.3
3'		161.0
4'	6.69 (1H, overlapped)	112.9
5'	7.11 (1H, t, $J = 7.4$ Hz)	130.1
6'	6.69 (1H, overlapped)	123.1
α'	2.98 (1H, m); 2.87 (1H, m)	47.0
5-OCH ₃	3.76 (3H, s)	56.7
3'-OCH ₃	3.69 (3H, s)	55.6

$J = 7.6$ Hz, H-6'), 6.65 (1H, brd, $J = 7.6$ Hz, H-4'), 6.64 (1H, brs, H-2'), 6.33 (2H, s, H-2, 6), 3.82 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 2.81 (4H, s, H- α , α'); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 132.8 (C-1), 105.0 (C-2, 6), 146.8 (C-3, 5), 132.8 (C-4), 38.1 (C- α), 143.6 (C-1'), 115.5 (C-2'), 155.6 (C-3'), 112.8 (C-4'), 129.5 (C-5'), 120.9 (C-6'), 37.9 (C- α'), 56.2 (3, 5-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **4** 为 4,3'-二羟基-3,5-二甲氧基联苳。

化合物 **5**: 黄色胶状物; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.82 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.66 (1H, brd, $J = 8.1$ Hz, H-6'), 6.59 (1H, brs, H-2'), 6.34 (2H, s, H-2, 6), 3.83 (9H, brs, 3, 5, 3'-OCH₃), 2.79 (4H, s, H- α , α'); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 133.6 (C-1), 105.1 (C-2, 6), 146.8 (C-3, 5), 132.9 (C-4), 38.5 (C- α), 132.9 (C-1'), 114.1 (C-2'), 146.2 (C-3'), 143.7 (C-4'), 111.2 (C-5'), 121.0 (C-6'), 38.5 (C- α'), 56.2 (3, 5-OCH₃), 55.9 (3'-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[5,11], 故鉴定化合物 **5** 为 4,4'-二羟基-3,5,3'-三甲氧基联苳。

化合物 **6**: 黄色粉末; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.53 (3H, overlapped, H-2', 6', 7'), 7.36 (3H, overlapped, H-3'~5'), 7.06 (2H, d, $J = 7.9$ Hz, H-2, 6), 6.72 (2H, d, $J = 7.9$ Hz, H-3, 5), 6.58 (1H, d, $J = 16.9$ Hz, H-8'), 3.47 (2H, t, $J = 6.5$ Hz, H-8), 2.76 (2H, t, $J = 6.7$ Hz, H-7); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 131.0 (C-1), 130.9 (C-2, 6), 116.4 (C-3, 5), 157.1 (C-4), 35.9 (C-7), 42.7 (C-8), 168.7 (C-9), 136.4 (C-1'), 128.9 (C-2', 6'), 130.1 (C-3', 5'), 130.9 (C-4'), 141.8 (C-7'), 122.0 (C-8')。以上波谱数据与文献报道基本一致^[12-13], 故鉴定化合物 **6** 为 *N*-反式桂皮酸酐对羟基苯乙胺。

化合物 **7**: 苍白色粉末; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.40 (2H, overlapped, H-2, 6), 6.80 (1H, brd, $J = 8.2$ Hz, H-5); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 170.5 (C-7), 151.7 (C-4), 146.2 (C-3), 124.0 (C-6), 123.3 (C-1), 117.9 (C-2), 115.9 (C-5)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **7** 为原儿茶酸。

化合物 **8**: 黄色油状物; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.94 (1H, brs, H-2), 6.76 (2H, overlapped, H-5, 6), 4.50 (2H, s, 1-CH₂OH), 3.86 (3H, s, 3-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **8** 为香草醇。

化合物 **9**: 黄色粉末; ESI-MS m/z : 353.3 [M+Na]⁺; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 4.20 (2H, m, H-1'), 3.93 (1H, brs, H-2'), 3.68 (1H, brd, $J = 11.2$ Hz, H-3'), 3.59 (1H, dd, $J = 11.2, 4.9$ Hz, H-3'), 2.33 (2H, t, $J = 7.3$ Hz, H-2), 1.61 (2H, brs, H-3), 1.23 (24H, overlapped, H-4~15), 0.85 (3H, t, $J = 6.7$ Hz, H-16); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 174.6 (C-1), 70.5 (C-2'), 65.4 (C-1'), 63.5 (C-3'), 34.4 (C-2), 29.3~29.9 (C-4~14), 25.1 (C-3), 22.9 (C-15), 14.4 (C-16)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **9** 为 1-正十六烷酸甘油酯。

化合物 **10**: 黄色油状物; ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.62 (4H, s, H-2, 6, 2', 6'), 4.66 (2H, brs, H-7, 7'), 3.09 (2H, m, H-8, 8'), 4.21 (2H, brd, $J = 8.0$ Hz, H-9a, 9'a), 3.82 (2H, overlapped, H-9b, 9'b), 3.84 (12H, s, 3, 5, 3', 5'-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 133.2 (C-1, 1'), 104.5 (C-2, 6, 2', 6'), 149.4 (C-3, 5, 3', 5'), 136.2 (C-4, 4'), 87.7 (C-7, 7'), 55.6 (C-8, 8'), 72.9 (C-9, 9'), 56.9 (3, 5, 3', 5'-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **10** 为丁香脂素。

参考文献

- [1] 陈心启. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 张雪琴, 赵庭梅, 刘 静, 等. 石斛化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2018, 49(13): 227-235.
- [3] Ng T B, Liu J, Wong J H, *et al.* Review of research on *Dendrobium*, a prized folk medicine [J]. *Appl Microbiol Biot*, 2012, 93(5): 1795-1803.
- [4] 张惠源, 张志英. 中国中药资源志要 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [5] 肖世基, 刘 珍, 张茂生, 等. 金钗石斛中一个新的联苳类化合物 [J]. 药学学报, 2016, 51(7): 1117-1120.
- [6] 尚志梅, 成 蕾, 刘贵园, 等. 矮石斛化学成分研究 [J]. 中草药, 2019, 50(9): 2036-2040.
- [7] 张茂生, 令狐浪, 张建永, 等. 金钗石斛中联苳基衍生物化学成分研究 [J]. 有机化学, 2019, 39(11), 3289-3293.
- [8] 尚志梅, 成 蕾, 刘贵园, 等. 细叶石斛化学成分研究 [J]. 中草药, 2019, 50(16): 3760-3763.
- [9] Chen X G, Mei W L, Cai C H, *et al.* Four new bibenzyl derivatives from *Dendrobium sinense* [J]. *Phytochem Lett*, 2014, 9: 107-112.
- [10] Zhang X, Gao H, Wang N L, *et al.* Three new bibenzyl derivatives from *Dendrobium nobile* [J]. *J Asian Nat Prod*

- Res*, 2006, 8(1/2): 113-118.
- [11] 李满飞, 平田羲正, 徐国钧, 等. 粉花石斛化学成分研究 [J]. 药学学报, 1991, 26(4): 307-310.
- [12] 汪代芳, 俞桂新, 赵宁毅, 等. 金钗石斛茎的化学成分研究 [J]. 中草药, 2012, 43(8): 1492-1495.
- [13] 杨光忠, 赵 松, 李援朝. 红丝线化学成分的研究 [J]. 药学学报, 2002, 37(6): 437-439.
- [14] 李勇军, 何 迅, 刘丽娜, 等. 荳蔻化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(6): 444-446.
- [15] 管惠娟, 张 雪, 屠凤娟, 等. 铁皮石斛化学成分的研究 [J]. 中草药, 2009, 40(12): 1873-1876.
- [16] 卢海啸, 梁伟江, 李铭珍, 等. 二色波罗蜜茎的化学成分 [J]. 中成药, 2015, 37(4): 801-804.
- [17] 孙冬雪, 马晓玲, 魏鸿雁, 等. 分心木中的木脂素类化学成分及其抗 HIV 活性研究 [J]. 中草药, 2018, 49(17): 3992-3997.