

• 化学成分 •

姜黄化学成分研究

崔语涵^{1,2}, 安 潇^{1,2}, 王海峰^{1,2}, 冯宝民³, 陈 刚^{1,2}, 裴月湖^{1,2*}

1. 沈阳药科大学中药学院, 辽宁 沈阳 110016

2. 基于靶点的药物设计与研究教育部重点实验室, 辽宁 沈阳 110016

3. 大连大学生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116622

摘 要: 目的 研究姜黄 *Curcuma longa* 根茎的化学成分。方法 采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱和 HPLC 等方法进行分离纯化, 并根据理化性质、NMR、MS 等波谱数据鉴定化合物的结构。结果 从姜黄 95%乙醇提取物的正丁醇部位分离得到 13 个化合物, 分别鉴定为 5-羟基没药酮 (1)、环姜黄素 (2)、环去甲氧基姜黄素 (3)、异环去甲氧基姜黄素 (4)、姜黄素 (5)、去氧姜黄素 (6)、阿魏酸甲酯 (7)、香草醛 (8)、对羟基苯甲酸 (9)、4-(4-羟基苯基)-2-丁酮 (10)、4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丁酮 (11)、4-(4-羟基苯基)-3-丁烯-2-酮 (12)、4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-丁烯-2-酮 (13)。结论 化合物 1 为未见文献报道的新化合物, 命名为 5-羟基没药酮; 化合物 4 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 姜黄; 5-羟基没药酮; 异环去甲氧基姜黄素; 姜黄素; 香草醛

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2016)07-1074-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.07.002

Chemical constituents from rhizomes of *Curcuma longa*CUI Yu-han^{1,2}, AN Xiao^{1,2}, WANG Hai-feng^{1,2}, FENG Bao-min³, CHEN Gang^{1,2}, PEI Yue-hu^{1,2}

1. Department of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

2. Key Laboratory of Structure-Based Drug Design & Discovery of Ministry of Education, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

3. School of Life Sciences and Biotechnology, Dalian University, Dalian 116622, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents in the rhizomes of *Curcuma longa*. **Methods** A variety of silica gel column chromatography, Sephadex LH-20 gel column chromatography, and HPLC methods were used for the separation and purification of chemical composition. Their structures were established on the basis of physicochemical property and spectral data. **Results** Thirteen compounds were obtained and identified as 5-hydroxyl-bisabolon-9-one (1), cyclocurcumin (2), demethoxyl cyclocurcumin (3), isodemethoxyl cyclocurcumin (4), curcumin (5), demethoxyl curcumin (6), methyl ferulate (7), vanillin (8), 4-hydroxyl benzoic aldehyde (9), 4-(4-hydroxyl phenyl)-2-butanone (10), 4-(4-hydroxyl-3-methoxyl phenyl)-2-butanone (11), 4-(4-hydroxyl phenyl)-3-buten-2-one (12), and 4-(4-hydroxyl-3-methoxyl phenyl)-3-buten-2-one (13). **Conclusion** Compound 1 is obtained as a new compound named 5-hydroxyl-bisabolon-9-one without reported in literature until now and compound 4 is first isolated from this plant.

Key words: *Curcuma longa* L.; 5-hydroxyl-bisabolon-9-one; isodemethoxyl cyclocurcumin; curcumin; vanillin

姜黄 *Curcumae Longae Rhizoma* 是姜科 (Zingiberaceae) 姜黄属 *Zingiber* Boehmer 植物姜黄 *Curcuma longa* L. 的干燥根茎, 为多年生草本植物。姜黄辛、苦、温, 归脾、肝经, 有破血行气、通经止痛的功效。姜黄既可当作药用, 亦可当作着色剂、

调味品及防腐剂。研究发现姜黄的药用部位含有多种结构类型的化学成分, 倍半萜和二苯基庚酮类为主要的化学成分^[1]。研究表明姜黄具有广泛的药理活性, 包括抗肿瘤^[2]、抗炎^[3]、抗氧化^[4]、抗病毒^[5]、免疫调节^[6]等。本实验对姜黄根茎 95%的乙醇提取

收稿日期: 2015-11-08

基金项目: 国家基础科学人才培养基金项目子项目 (J1103606)

作者简介: 崔语涵 (1994—), 女, 沈阳药科大学, 基础药理学基地班本科在读。E-mail: cuiyhzj@163.com

*通信作者 裴月湖 (1954—), 男, 山西翼城人, 主要从事海洋微生物活性成分研究。Tel: (024)23986485 E-mail: peiyueh@vip.163.com

物的正丁醇萃取部分进行分离纯化,得到 13 个化合物,分别鉴定为 5-羟基没药酮 (5-hydroxyl-bisabolon-9-one, **1**)、环姜黄素 (cyclocurcumin, **2**)、环去甲氧基姜黄素 (demethoxyl cyclocurcumin, **3**)、异环去甲氧基姜黄素 (isodemethoxyl cyclocurcumin, **4**)、姜黄素 (curcumin, **5**)、去氧姜黄素 (demethoxyl curcumin, **6**)、阿魏酸甲酯 (methyl ferulate, **7**)、香草醛 (vanillin, **8**)、对羟基苯甲醛 (4-hydroxyl benzoic aldehyde, **9**)、4-(4-羟基苯基)-2-丁酮 [4-(4-hydroxyl phenyl)-2-butanone, **10**]、4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丁酮 [4-(4-hydroxyl-3-methoxyl phenyl)-2-butanone, **11**]、4-(4-羟基苯基)-3-丁烯-2-酮 [4-(4-hydroxyl phenyl)-3-buten-2-one, **12**]、4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-丁烯-2-酮 [4-(4-hydroxyl-3-methoxyl phenyl)-3-buten-2-one, **13**]。其中化合物 **1** 为未见文献报道的新化合物,命名为 5-羟基没药酮;化合物 **4** 为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker-ARX-400 和 Bruker-AV-600 型核磁共振仪 (TMS 内标,瑞士 Bruker 公司); Shimadzu LC-10A 分析型高效液相色谱仪和 Shimadzu LC-8A 型制备型高效液相色谱仪配 Shimadzu SPD-10AT 型紫外检测器 (日本 Shimadzu 公司); Perkin-Elmer 241MC 旋光仪; Bruker IFS-55 红外光谱仪; Micro TOF-Q 质谱仪 (美国 Bruker 公司)。薄层色谱用硅胶和柱色谱用硅胶 (青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20 (瑞士 Pharmacia 公司); 普通色谱用分析纯试剂和高效液相用色谱纯试剂 (山东禹王化工有限公司); 氘代试剂 (瑞士 ARMAR 公司)。

药材姜黄购于安徽省亳州市济人药业有限公司,经沈阳药科大学路金才教授鉴定为姜黄 *Curcuma longa* L. 的干燥根茎,标本 (20110829) 保存于沈阳药科大学天然药物化学教研室。

2 提取与分离

8 kg 的干燥姜黄根茎切片,粉碎,用 95%乙醇加热回流提取,得到浸膏约 500 g。将浸膏分散在水中,依次用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇连续萃取,将各部分萃取液浓缩,分别得到石油醚萃取物约 150 g (明显的油状物),醋酸乙酯浸膏 350 g,正丁醇浸膏 65 g。其中正丁醇萃取物经硅胶柱色谱,石油醚-丙酮 (100:0→1:1) 梯度洗脱,得到 8 个馏份 Fr. 1~8。Fr. 1 经硅胶柱色谱,石油醚-丙酮 (100:0→1:1) 梯度洗脱,得到 3 个馏份 Fr. 1.1~1.3,

Fr. 1.3 经过 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱洗脱,制备高效液相色谱洗脱得到化合物 **1** (1.2 mg); Fr. 3 经过硅胶柱色谱二氯甲烷-甲醇 (100:0→1:1) 梯度洗脱,得到 3 个馏份 Fr. 3.1~3.3, Fr. 3.2 经过 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱洗脱,制备高效液相色谱洗脱得到化合物 **7** (3.2 mg)、**8** (2.2 mg)、**9** (2.6 mg), Fr. 3.3 经制备高效液相色谱洗脱得到化合物 **10** (2.6 mg)、**11** (5.0 mg)、**12** (2.5 mg)、**13** (4.6 mg); Fr. 5 中直接得到化合物 **5** (15 g); Fr. 6 经过硅胶柱色谱,二氯甲烷-甲醇 (100:0→1:1) 梯度洗脱,得到 3 个馏份 Fr. 6.1~6.3, Fr. 6.1 经重结晶得到得到化合物 **6** (10.0 mg), Fr. 6.1 经制备高效液相色谱洗脱得到化合物 **2** (3.3 mg), Fr. 6.3 经制备高效液相色谱洗脱得到化合物 **3** (9.1 mg) 和 **4** (11.8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色油状物 (甲醇), HR-ESI-MS m/z : 273.146 3 $[M+Na]^+$ (计算值 273.146 7) 给出分子式 $C_{15}H_{22}O_3$ 。 $[\alpha]_D^{20} +37.1^\circ$ (c 0.01, CH_3OH)。 1H -NMR (600 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.08 (1H, s, H-10), 5.78 (1H, q, $J = 1.2$ Hz, H-3), 4.36 (1H, t, $J = 5.0$ Hz, H-5), 2.71 (1H, m, H-7), 2.51 (1H, dt, $J = 10.0, 5.0$ Hz, H-1), 2.43 (1H, dd, $J = 15.0, 9.0$ Hz, H-8a), 2.32 (1H, dt, $J = 15.0, 7.8$ Hz, H-8b), 2.14 (1H, m, H-6a), 2.12 (3H, brs, H-12), 2.06 (1H, dt, $J = 14.1, 5.0$ Hz, H-6b), 0.90 (3H, brs, H-15), 1.87 (3H, brs, H-13), 2.02 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-14); ^{13}C -NMR (150 MHz, $CDCl_3$) δ : 45.9 (C-1), 200.3 (C-2), 127.3 (C-3), 158.9 (C-4), 67.2 (C-5), 32.2 (C-6), 27.7 (C-7), 48.9 (C-8), 200.1 (C-9), 123.7 (C-10), 155.8 (C-11), 27.7 (C-12), 21.0 (C-13), 20.8 (C-14), 17.1 (C-15)。以上碳氢信号通过 HSQC 谱进行了全归属。与 bisabolon-9-one 的碳谱数据^[7]相比较,有 3 个位置有明显的差别: C-4 ($\Delta\delta +3.6$), C-5 ($\Delta\delta +37.2$) 和 C-6 ($\Delta\delta +9.2$), 说明化合物 **1** 可能是 bisabolon-9-one 的羟基化衍生物。HMBC 谱 (图 1) 中, 氢信号 δ_H 6.08 (1H, s, H-10) 与 δ_C 200.1 (C-9)、27.7 (C-12) 相关证明了 α , β -不饱和酮结构片段的存 在, 氢信号 δ_H 4.36 (1H, t, $J = 5.0$ Hz, H-5) 与 δ_C 127.3 (C-3) 相关, δ_H 2.14 (1H, m, H-6a) 与 δ_C 200.3 (C-2) 相关推断出 α , β -不饱和和环酮的结构片段, 同时 δ_H 0.90 (3H, brs, H-15) 与 δ_C 45.9 (C-1)、48.9 (C-8) 相关确证了侧链与 α , β -不饱和环酮的连接位置在 1 位。H-6a、H-6b 对 H-5 的耦合使得 H-5 裂分为三重峰, 且耦合常数为 $J_{ae} = J_{ce} = 5.0$ Hz, 根

据偶合常数与二面角的关系说明 H-5 处于平伏键; H-6b 对 H-1 偶合, $J = 10.0$ Hz, 说明 H-6b 与 H-1 处于直立键。NOESY 谱中, 未观察到 H-5 与 H-1 有相关, 说明 H-5 与 H-1 位于环的两侧。根据以上信息, 化合物 **1** 的结构见图 2。经检索为一个未见文献报道的新化合物, 命名为 5-羟基没药酮。

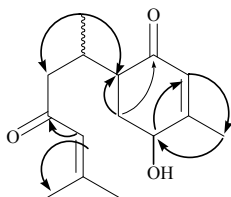


图 1 化合物 **1** 的 HMBC 相关图

Fig. 1 Key HMBC correlations of compound **1**

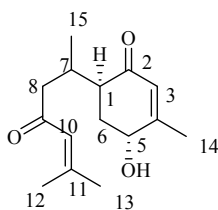


图 2 化合物 **1** 的化学结构式

Fig. 2 Structure of compound **1**

化合物 **2**: 淡黄色粉末状固体 (甲醇), 10% 硫酸乙醇溶液显色剂显棕色或红色。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 7.23 (1H, brs, H-2''), 7.20 (1H, d, $J = 15.3$ Hz, H-7), 7.12 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2'), 7.05 (1H, brd, $J = 8.1$ Hz, H-6''), 6.95 (1H, dd, $J = 7.8, 1.5$ Hz, H-6'), 6.82 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5''), 6.81 (1H, d, $J = 15.3$ Hz, H-6), 6.74 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5'), 5.55 (1H, s, H-4), 5.45 (1H, dd, $J = 13.5, 3.0$ Hz, H-1), 3.80 (3H, s, 4'-OH), 3.79 (3H, s, 4''-OH), 3.00 (1H, dd, $J = 16.8, 13.5$ Hz, H-2a), 2.47 (1H, dd, $J = 16.8, 3.0$ Hz, H-2b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 80.3 (C-1), 42.3 (C-2), 192.3 (C-3), 104.9 (C-4), 168.5 (C-5), 119.8 (C-6), 136.9 (C-7), 129.5 (C-1'), 111.3 (C-2'), 148.0 (C-3'), 147.5 (C-4'), 115.8 (C-5'), 121.1 (C-6'), 126.7 (C-1''), 111.1 (C-2''), 148.1 (C-3''), 148.8 (C-4''), 118.8 (C-5''), 123.2 (C-6''). 以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **2** 为环姜黄素。

化合物 **3**: 淡黄色粉末状固体 (甲醇-水 54 : 46), 254 nm 紫外光下有吸收, 10% 硫酸乙醇溶液显色剂显棕色或红色。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 7.36 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 7.23 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2''), 7.19 (1H, d, $J = 15.9$ Hz,

H-7), 7.06 (1H, dd, $J = 9.6, 1.5$ Hz, H-6''), 6.82 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.77 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-5''), 6.76 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-6), 5.55 (1H, s, H-4), 5.46 (1H, dd, $J = 14.1, 3.3$ Hz, H-1), 3.79 (3H, s, 3''-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 80.2 (C-1), 42.3 (C-2), 192.2 (C-3), 105.0 (C-4), 168.4 (C-5), 119.7 (C-6), 136.5 (C-7), 129.5 (C-1'), 128.5 (C-2', 6'), 115.3 (C-3', 5'), 157.8 (C-4'), 122.1 (C-1''), 111.1 (C-2''), 148.1 (C-3''), 147.9 (C-4''), 115.8 (C-5''), 126.7 (C-6''). 以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **3** 为环去甲氧基姜黄素。

化合物 **4**: 淡黄色粉末状固体 (甲醇-水 54 : 46), 254 nm 紫外光下有吸收, 表现出与化合物 **3** 很接近的色谱保留行为。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 7.21 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-7), 7.12 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-2'), 6.95 (1H, dd, $J = 8.1, 2.4$ Hz, H-2''), 6.81 (2H, d, $J = 8.1$ Hz, H-3'', 5''), 6.81 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.77 (2H, d, $J = 8.1$ Hz, H-2'', 6''), 6.71 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-6), 5.56 (1H, s, H-4), 5.45 (1H, dd, $J = 13.5, 3.3$ Hz, H-1), 3.80 (3H, s, 4'-OCH₃), 2.99 (1H, dd, $J = 16.8, 13.5$ Hz, H-2a), 2.48 (1H, overlapped, H-2b); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 79.9 (C-1), 42.2 (C-2), 192.2 (C-3), 104.9 (C-4), 168.4 (C-5), 118.8 (C-6), 136.8 (C-7), 129.0 (C-1'), 111.1 (C-2'), 148.7 (C-3'), 147.9 (C-4'), 119.7 (C-5'), 115.3 (C-6'), 126.7 (C-1''), 129.6 (C-2'', 6''), 159.2 (C-4''), 115.7 (C-3'', 5''), 55.7 (4'-OCH₃)。结合文献报道^[9], 确定化合物 **4** 为异环去甲氧基姜黄素。该化合物为首次从植物中分离得到, 并首次测定了氢谱和碳谱核磁数据。

化合物 **5**: 黄色粉末 (二氯甲烷), 溶液有强烈的紫外吸收且有荧光。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 7.56 (2H, d, $J = 15.9$ Hz, H-1, 6), 7.33 (2H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2', 2''), 7.16 (2H, dd, $J = 8.1, 1.5$ Hz, H-6', 6''), 6.84 (2H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5', 5''), 6.76 (2H, d, $J = 15.9$ Hz, H-2, 7), 6.06 (1H, s, H-4), 3.83 (6H, s, 3', 3''-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **5** 为姜黄素。

化合物 **6**: 黄色针状结晶 (丙酮), 10% 硫酸乙醇溶液显色剂显紫红色。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 10.13 (1H, s, 4'-OH), 9.73 (1H, s, 4''-OH), 7.63 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5'), 7.61 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-1), 7.59 (1H, d, $J = 13.8$ Hz, H-7), 7.38

(1H, brs, H-2'), 7.21 (1H, brd, $J = 9.0$ Hz, H-6'), 6.88 (4H, d, $J = 8.1$ Hz, H-2'', 3'', 5'', 6''), 6.83 (1H, d, $J = 13.8$ Hz, H-6), 6.75 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-2), 6.10 (1H, s, H-4), 3.89 (3H, s, 3'-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **6** 为去甲氧基姜黄素。

化合物 **7**: 白色无定形粉末 (甲醇), 254 nm 紫外光下有吸收。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.62 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-3), 7.07 (1H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-6'), 7.02 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.92 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.29 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-2), 5.91 (1H, s, 4'-OH), 3.93 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.73 (3H, s, 1-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **7** 为阿魏酸甲酯。

化合物 **8**: 白色针状结晶 (甲醇), 254 nm 紫外光下有吸收。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 9.28 (1H, s, -CHO) 7.43 (1H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-6), 7.42 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2), 7.04 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.35 (1H, brs, 4-OH), 3.96 (3H, s, 3-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 与市售试剂香草醛共薄层, R_f 值一致, 故鉴定化合物 **8** 为香草醛。

化合物 **9**: 白色针状结晶 (甲醇)。¹H-NMR (300 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 9.78 (1H, s, -CHO), 9.11 (1H, s, 4-OH), 7.75 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2, 6), 6.93 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3, 5)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **9** 为对羟基苯甲醛。

化合物 **10**: 白色无定形粉末 (甲醇), 254 nm 紫外灯下有暗斑。¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃) δ : 7.05 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 6.75 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 2.83 (2H, m, H-4), 2.73 (2H, m, H-3), 2.13 (3H, s, H-1)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **10** 是 4-(4-羟基苯基)-2-丁酮。

化合物 **11**: 白色无定形粉末 (甲醇), 254 nm 紫外灯下有暗斑。¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃) δ : 6.82 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.69 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.66 (1H, dd, $J = 8.1, 1.8$ Hz, H-6'), 3.87 (3H, s, 3'-OCH₃), 2.83 (2H, m, H-4), 2.72 (2H, m, H-3), 2.14 (3H, s, H-1)。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **11** 为 4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丁酮。

化合物 **12**: 白色针状结晶 (甲醇), 254 nm 紫外灯下有暗斑。¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃) δ : 7.48 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-3), 7.46 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.87 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3', 5'), 6.62 (1H,

d, $J = 16.2$ Hz, H-4), 2.38 (3H, s, H-1)。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **12** 为 4-(4-羟基苯基)-3-丁烯-2-酮。

化合物 **13**: 淡黄色针状结晶 (甲醇), 254 nm 紫外灯下有暗斑。¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃) δ : 7.45 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-4), 7.09 (1H, dd, $J = 1.8, 8.1$ Hz, H-6'), 7.07 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.93 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.59 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-3), 6.03 (1H, brs, 3'-OH), 3.92 (3H, s, 4'-OCH₃), 2.36 (3H, s, H-1)。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **13** 为 4-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-丁烯-2-酮。

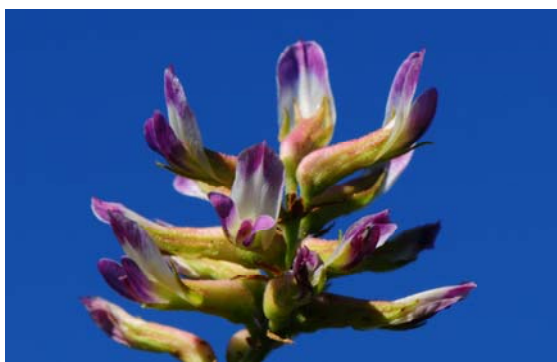
参考文献

- [1] Li S Y, Yuan W, Deng G R, *et al.* Chemical composition and product quality control of turmeric (*Curcuma longa* L.) [J]. *Pharm Crops*, 2011, 5(1): 28-54.
- [2] Wagner H K, Wolff P M. *Natural Products and Plant Drugs with Pharmacological Biological or Therapeutical Activity* [M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1977.
- [3] Jurenka J S. Anti-inflammatory properties of Curcumin, a major constituent of *Curcuma longa*: a review of preclinical and clinical research [J]. *Altern Med Rev*, 2009, 14(2): 141-153.
- [4] Sharma O P. Antioxidant activity of curcumin and related compounds [J]. *Biochem Pharm*, 1976, 25(15): 1811-1812.
- [5] Nunziatina D T, Cosimo P, Cinzia C, *et al.* Structure and *in vitro* antiviral activity of sesquiterpene glycosides from *Calendula arvensis* [J]. *J Nat Prod*, 1990, 53(4): 830-835.
- [6] Arnason J T, Isman M B, Philogene B J R, *et al.* Mode of action of the sesquiterpene lactone, tenulin, from *Helenium amarum* against herbivorous insects [J]. *J Nat Prod*, 1987, 50(4): 690-695.
- [7] 曾永箴, 梁键谋, 曲戈霞, 等. 姜黄的化学成分研究 I: 没药烷型倍半萜 [J]. *中国药物化学杂志*, 2007, 17(4): 238-242.
- [8] Kiuchi F, Goto Y, Sugimoto N, *et al.* Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids [J]. *Chem Pharm Bull*, 1993, 41(9): 1640-1643.
- [9] Jiang J L, Jin X L, Zhang H, *et al.* Identification of antitumor constituents in curcuminoids from *Curcuma longa* L. based on the composition-activity relationship [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2012, 70(11): 664-670.
- [10] Ragasa C Y, Laguardiaand M A, Rideout J A, *et al.* Antimicrobial sesquiterpenoids and diarylheptanoid from *Curcuma domestica* [J]. *Chem Res Commun*, 2005, 18(1): 21-24.

- [11] Kiuchi F, Goto Y, Suqimoto N, *et al.* Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids [J]. *Chem Pharm Bull*, 1993, 41(9): 1640-1643.
- [12] Kwon Y S, Kim C M. Antioxidant constituents from the stem of *Sorghum bicolor* [J]. *Arch Pharm Res*, 2003, 26(7): 535-539.
- [13] Vladimir P P, Dusica S, Sladjana B N, *et al.* Structural characterization of some vanilic Mannich bases: Experimental and theoretical study [J]. *J Mol Struct*, 2015, 1098(10): 34-40.
- [13] Vatcharin R, Nanthaphong K, Yaowapa S, *et al.* Cyclohexene, diketopiperazine, lactone and phenol derivatives from the sea fan-derived fungi *Nigrospora* sp. PSU-F11 and PSU-F12 [J]. *Arch Pharm Res*, 2010, 33(3): 375-380.
- [14] Ayer W A, Singer P P. Phenolic metabolites of the bird's nest fungus *Nidula niveo-tomentosa* [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19(12): 2717-2721.
- [15] Kumar V, Sharma A, Sinha A K, *et al.* Solid-supported green synthesis of substituted hydrocinnamic esters by focused microwave irradiation [J]. *Helv Chim Acta*, 2006, 89(3): 483-495.
- [16] Ramachandra, M S, Subbaraju G V, *et al.* Synthesis and bioactivity of novel caffeic acid esters from *Zuccagnia punctata* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2006, 8(8): 683-688.
- [17] Chen P Y, Wu Y H, Hu M H, *et al.* Cerium ammonium nitrate-mediated the oxidative dimerization of *p*-alkenylphenols: a new synthesis of substituted ($\pm$)-*trans*-dihydrobenzofurans, [J]. *Tetrahedron*, 2013, 69(2): 653-657.

• 封面图片介绍 •

甘草花



甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. 别名：国老、甜草、乌拉尔甘草、甜根子。豆科、甘草属多年生草本，根与根状茎粗壮，是一种补益中草药。药用部位是根及根茎，药材性状根呈圆柱形，长 25~100 cm，直径 0.6~3.5 cm。外皮松紧不一，表面红棕色或灰棕色。根茎呈圆柱形，表面有芽痕，断面中部有髓。气微，味甜而特殊。功能主治清热解毒、祛痰止咳、脘腹等。喜阴暗潮湿，日照长气温低的干燥气候。甘草多生长在干旱、半干旱的荒漠草原、沙漠边缘和黄土丘陵地带。