

罗汉果非甜苷浓缩汁化学成分及其抗炎、抗氧化活性研究

蔡宛桢<sup>1,2</sup>, 代兴华<sup>3</sup>, 韦玉璐<sup>2</sup>, 卢凤来<sup>2</sup>, 蒋小华<sup>2\*</sup>, 李典鹏<sup>4\*</sup>  
(1. 桂林医科大学药学院, 广西 桂林 541199; 2. 广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室, 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 3. 桂林吉福思罗汉果生物技术股份有限公司, 广西 桂林 541006; 4. 广西科学院, 广西南宁 530007)

**摘要:** **目的** 研究罗汉果非甜苷浓缩汁化学成分及其抗炎、抗氧化活性。**方法** 采用 MCI、ODS、硅胶、制备 HPLC、MPLC 及 HSCCC 进行分离纯化, 根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。采用 RAW264.7 细胞模型评价其体外抗炎活性, DPPH 法测定抗氧化活性。**结果** 从中分离得到 17 个化合物, 分别鉴定为正丁基- $\alpha$ -D-呋喃果糖苷 (**1**)、5-乙酰糠醇 (**2**)、2- (3-甲氧基-4-羟基苯基) -丙烷-1, 3-二醇 (**3**)、5-羟甲基糠醛 (**4**)、环- (S-脯氨酸-R-缬氨酸) (**5**)、环- (L-脯氨酸-L-脯氨酸) (**6**)、丁基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷 (**7**)、愈创木酰甘油 (**8**)、2-甲氧基-4- (2'-羟基乙基) -苯酚-1-O-D-吡喃葡萄糖苷 (**9**)、甲氧基对苯二酚二葡萄糖苷 (**10**)、淫羊藿次苷 D2 (**11**)、2-甲氧基-1, 4-苯基双- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷 (**12**)、parvispinoside C (**13**)、1-O-丁基- $\beta$ -D-吡喃甘露糖苷 (**14**)、3-甲基丁基  $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷 (**15**)、酩醇 1-O- $\beta$ -木糖基- (1 $\rightarrow$ 6) -O- $\beta$ -葡萄糖苷 (**16**)、2- (4-羟基苯基) -乙基-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷-6-O-D-吡喃葡萄糖苷 (**17**)。化合物 **1~17** 的 NO 抑制率为 (51.95 $\pm$ 3.22)% ~ (62.73 $\pm$ 1.93)%, **4**、**10** 和 **17** 的对 DPPH 自由基的 IC<sub>50</sub> 值分别为 (811.21 $\pm$ 31.48)、(403.01 $\pm$ 13.69)、(504.05 $\pm$ 1.91)  $\mu$ mol/L。**结论** 化合物 **1~3**、**5~17** 为首次从罗汉果中分离得到。化合物 **1~17** 具有体外抗炎活性, **4**、**10** 和 **17** 具有一定抗氧化活性。

**关键词:** 罗汉果; 非甜苷浓缩汁; 化学成分; 分离鉴定; 抗炎活性; 抗氧化活性

中图分类号: R284.1                      文献标志码: A                      文章编号: 1001-1528(2026)07-2238-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.07.016

Chemical constituents from the non-sweet glycoside concentrate of *Siraitiae Fructus* and their anti-inflammatory and antioxidant activities

CAI Wan-zhen<sup>1,2</sup>, DAI Xing-hua<sup>3</sup>, WEI Yu-lu<sup>2</sup>, LU Feng-lai<sup>2</sup>, JIANG Xiao-hua<sup>2\*</sup>, LI Dian-peng<sup>3\*</sup>  
(1. School of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin 541199, China; 2. Guangxi Key Laboratory for Plant Functional Phytochemicals and Sustainable Utilization, Guangxi Institute of Botany Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 3. Guilin GFS Monk Fruit Corp, Guilin 541006, China; 4. Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China)

**ABSTRACT: AIM** To study the chemical constituents from the non-sweet glycoside concentrate of *Siraitiae Fructus* and their anti-inflammatory and antioxidant activities. **METHODS** Separation and purification were performed using MCI, ODS, silica gel, preparative HPLC, MPLC and HSCCC, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. Their *in vitro* anti-inflammatory activity was evaluated using the RAW264.7 cells model. The antioxidant activity was determined by DPPH method. **RESULTS** Seventeen compounds were isolated and identified as *n*-butyl- $\alpha$ -D-fructofuranoside (**1**), 5-acetylfurfural (**2**), 2- (3-methoxy-4-hydroxyphenol) -propane-1, 3-diol (**3**), 5-hydroxymethyl- furfural (**4**), cyclo- (S-Pro-R-Val) (**5**), cyclo- (L-Pro-L-Pro) (**6**), butyl- $\beta$ -D-glucopyranoside (**7**), guaiacylglycerol (**8**),

收稿日期: 2025-11-05  
基金项目: 广西重点研发计划 (桂科 AB25069040); 自然科学基金项目 (2023GXNSFDA026053); 广西岐黄学者资助项目 (GXQH202401)  
作者简介: 蔡宛桢 (1999—), 女 (土家族), 硕士在读, 从事天然药物化学活性成分研究。E-mail: 1210166086@qq.com  
\* 通信作者: 蒋小华 (1977—), 女, 高级实验师, 从事天然产物的开发与利用研究。E-mail: jxh0126@foxmail.com  
李典鹏 (1968—), 男, 博士, 研究员, 从事天然产物的开发与利用研究。E-mail: phytoldp@hotmail.com

2-methoxy-4- (2'-hydroxyethyl) -phenol-1-*O*-*D*-glucopyranoside (**9**), methoxy hydroquinone diglucoside (**10**), icaraside D2 (**11**), 2-methoxy-1, 4-phenylenebis- $\beta$ -*D*- glucopyranoside (**12**), parvispinoside C (**13**), 1-*O*-butyl- $\beta$ -*D*-mannopyranoside (**14**), 3-methylbutyl  $\beta$ -*D*-glucopyranoside (**15**), tyrosol-1-*O*- $\beta$ -xylopyranosyl- (1 $\rightarrow$ 6) -*O*- $\beta$ - glucopyranoside (**16**), 2- (4-hydroxyphenyl) -ethyl-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-6-*O*-*D*-glucopyranoside (**17**). The NO inhibition rates of compounds **1**–**17** ranged from (51.95 $\pm$ 3.22)% to (62.73 $\pm$ 1.93)%. The IC<sub>50</sub> values of compounds **4**, **10** and **17** against DPPH radical were (811.21 $\pm$ 31.48), (403.01 $\pm$ 13.69) and (504.05 $\pm$ 1.91)  $\mu$ mol/L, respectively. **CONCLUSION** Compounds **1**–**3** and **5**–**17** are isolated from *Siraitiae Fructus* for the first time. Compounds **1**–**17** exhibit *in vitro* anti-inflammatory activity, **4**, **10** and **17** show certain antioxidant activity.

**KEY WORDS:** *Siraitiae Fructus*; non-sweet glycoside concentrate; chemical constituents; isolation and identification; anti-inflammatory activity; antioxidant activity

罗汉果 *Siraitiae Fructus* 为葫芦科多年生藤本植物罗汉果 *Siraitia grosvenorii* (Swingle) C. Jeffrey 的干燥果实<sup>[1]</sup>, 是我国首批入选的药食同源药材, 主要分布于广西桂林永福、临桂及周边地区, 药用历史可追溯至《本草纲目》, 1977 年起被收录于《中国药典》, 具有清热润肺、利咽开音、滑肠通便的功效。罗汉果富含皂苷、黄酮、多糖等多种化学成分<sup>[2-3]</sup>, 具有镇咳、抗氧化、免疫调节、降血糖、保护肝脏、抗肿瘤等药理作用<sup>[4-9]</sup>。罗汉果因富含高甜度、低热量的甜苷而广受关注, 甜苷也因此成为其最核心的加工产品。目前, 约 50% 的罗汉果用于甜苷产品加工, 而其余非甜苷类成分则长期未得到充分重视, 资源利用率偏低<sup>[10]</sup>。值得关注的是, 为提升资源利用率与生产效益, 罗汉果加工企业正逐步重视产品综合利用, 已成功将甜苷生产过程中产生的副产物, 开发为不含甜苷的纯罗汉果浓缩汁。然而, 当前此类罗汉果浓缩汁的物质基础尚未开展系统研究, 这一现状直接阻碍了其合理应用与深度推广进程。本研究以纯罗汉果来源的非甜苷浓缩汁为对象, 对其化学成分进行提取分离, 并对得到的单体化合物进行抗炎及抗氧化活性评价, 以期为此类罗汉果制品的开发利用提供理论基础。

### 1 材料

Agilent 1260 分析型及半制备型高效液相色谱仪 (HPLC)、XDB-C<sub>18</sub> 制备色谱柱 (9.4 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m) (美国 Agilent 公司); GIS-C<sub>18</sub> 分析色谱柱 (4.6 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m, 日本岛津公司); Avance 500 MHz 超导核磁共振波谱仪 (德国 Bruker 公司); EVELA 旋转蒸发仪 (上海爱朗仪器有限公司); Tecan Spark 多功能酶标仪 (瑞士 Tecan 公司); 中压制备液相色谱仪 (MPLC, 日本

山善公司); 高速逆流色谱仪 (HSCCC, 上海同田生物技术有限公司)。ODS 反相十八烷基硅烷键合硅胶 (日本 YMC 公司); 硅胶 (300~400 目, 青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20 凝胶 (美国 GE 公司); MCI gel CHP 20P (日本三菱化学株式会社); 硅胶薄层板 (德国 Merck 公司)。DPPH (上海麦克林生化科技股份有限公司); 维生素 C (Vc, 批号 180530, 纯度 $\geq$ 99.7%, 西陇科学股份有限公司); CCK-8 试剂盒 (美国 MedChemExpress 公司); 地塞米松 (批号 ST1254, 纯度 $\geq$ 99%)、一氧化氮检测试剂盒 (上海碧云天生物技术股份有限公司); D<sub>2</sub>O、CD<sub>3</sub>OD (美国 CIL 公司)。甲醇 (色谱纯, 美国赛默飞世尔科技公司); 纯净水 (杭州娃哈哈集团有限公司); 其他试剂为分析纯。

罗汉果非甜苷浓缩汁由桂林吉福思罗汉果生物科技股份有限公司提供, 来源于罗汉果甜苷的生产过程, 具体为大孔树脂吸附罗汉果水提物中甜苷成分后的柱流液经过减压浓缩得到。

### 2 提取与分离

取罗汉果非甜苷浓缩汁 1 kg, 加入 3 kg 水搅拌均匀, 经 MCI gel CHP 20P 柱色谱分离, 采用甲醇-水 (0:100~20:80) 梯度洗脱, 获得 8 个组分 (Fr. A~Fr. H)。

Fr. B (1.8 g) 采用 HSCCC 分离, 以二氯甲烷-甲醇-水 (2:2:1) 为溶剂体系, 上相为固定相 (经 HSCCC 分离的, 固定相均为上相), 得到组分 Fr. B. 1~Fr. B. 7。Fr. B. 4 采用硅胶柱分离, 以二氯甲烷-甲醇 (80:20~65:35) 梯度洗脱, 得化合物 **4** (27.6 mg)。Fr. B. 6 经 MPLC 分离, 采用 ODS 层析柱, 以甲醇-水 (5:95~30:70) 梯度洗脱, 得化合物 **9** (6 mg)。

Fr. C (27.2 g) 采用 HSCCC 分离, 以二氯甲

烷-甲醇-水(2:2:1)为溶剂体系,得到7个组分(Fr. C. 1~Fr. C. 7)及化合物**10**(66 mg), Fr. C. 2采用HSCCC分离,以正己烷-乙酸乙酯-甲醇-水(4:6:4:6)为溶剂体系,得化合物**6**(211.3 mg); Fr. C. 7采用MPLC分离,再经ODS层析柱分离,以甲醇-水(20:80~50:50)梯度洗脱,得化合物**3**(156.5 mg)和**5**(6 mg)。

Fr. D(5.4 g)经Sephadex LH-20分离,以甲醇洗脱,得到组分Fr. D. 1~Fr. D. 7, Fr. D. 5经硅胶柱分离,采用二氯甲烷-甲醇(80:20~65:35)梯度洗脱,得化合物**1**(85 mg)、**2**(102 mg)和**11**(6 mg); Fr. D. 6采用制备HPLC分离,以甲醇-水(15:85)洗脱,得化合物**12**(2 mg,  $t_R$  = 8 min)和**15**(8 mg,  $t_R$  = 11 min)。

Fr. E(7.4 g)采用HSCCC分离,以二氯甲烷-甲醇-水(2:2:1)为溶剂体系,得组分Fr. E. 1~Fr. E. 10, Fr. E. 5再经制备HPLC(流动相甲醇-水20:80)纯化,得化合物**13**(10 mg,  $t_R$  = 11 min)、**14**(21 mg,  $t_R$  = 9 min)和**16**(12 mg,  $t_R$  = 10 min); Fr. E. 9采用硅胶柱分离,以二氯甲烷-甲醇(80:20~65:35)梯度洗脱,得组分Fr. E. 9. 1~Fr. E. 9. 8, Fr. E. 9. 8经制备HPLC分离,以甲醇-水(20:80)洗脱,最终得到化合物**7**(8 mg,  $t_R$  = 12 min)、**8**(8 mg,  $t_R$  = 13 min)和**17**(8 mg,  $t_R$  = 14 min)。本研究制备HPLC的体积流量均为3 mL/min,检测波长均为203 nm。

### 3 结构鉴定

化合物**1**:黄色油状物,HR-ESI-MS  $m/z$ : 259.114 3  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 3.63(3H, m, H-1a, 1'a, 6'a), 3.76(1H, dd,  $J$  = 12.1, 2.8 Hz, H-6'b), 3.84(1H, m, H-5'), 3.90(1H, dd,  $J$  = 7.0, 4.9 Hz, H-4'), 4.05(1H, d,  $J$  = 4.9 Hz, H-3'), 3.53(1H, dt,  $J$  = 9.1, 6.4 Hz, H-1b), 3.70(1H, d,  $J$  = 12.0 Hz, H-1'b), 0.93(3H, t,  $J$  = 7.3 Hz, H-4), 1.41(2H, m, H-3), 1.55(2H, m, H-2);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 62.7(C-6'), 83.9(C-5'), 78.5(C-4'), 83.3(C-3'), 108.8(C-2'), 61.9(C-1'), 14.2(C-4), 20.4(C-3), 33.3(C-2), 61.7(C-1)。上述数据与文献[11]报道基本一致,故鉴定为正丁基- $\alpha$ -D-呋喃果糖苷。

化合物**2**:黄色油状物,HR-ESI-MS  $m/z$ : 161.066 6  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 4.62(2H, s, H-6), 6.58(1H, d,  $J$  = 3.5 Hz,

H-3), 7.39(1H, d,  $J$  = 3.6 Hz, H-4);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 57.6(C-6), 179.5(COCH<sub>3</sub>), 163.2(C-5), 30.7(COCH<sub>3</sub>), 110.9(C-4), 153.9(C-2), 124.7(C-3)。上述数据与文献[12]报道基本一致,故鉴定为5-乙酰糠醇。

化合物**3**:白色粉末,HR-ESI-MS  $m/z$ : 221.141 6  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 3.85(3H, s, H-10), 6.68(1H, d,  $J$  = 8.1 Hz, H-6), 2.85(1H, m, H-7), 6.83(1H, d,  $J$  = 1.9 Hz, H-2), 6.74(1H, d,  $J$  = 8.1 Hz, H-5);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 65.2(C-9), 56.4(C-10), 65.7(C-8), 51.6(C-7), 146.3(C-4), 116.2(C-5), 113.1(C-2)。上述数据与文献[13]报道基本一致,故鉴定为2-(3-甲氧基-4-羟基苯基)-丙烷-1, 3-二醇。

化合物**4**:白色粉末,HR-ESI-MS  $m/z$ : 149.025 5  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 9.53(1H, s, 6-CHO), 5.69(1H, s, 6-OH), 6.58(1H, d,  $J$  = 3.6 Hz, H-5), 7.38(1H, d,  $J$  = 3.6 Hz, H-4);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 179.4(C-6), 153.5(C-5), 110.9(C-4)。上述数据与文献[14]报道基本一致,故鉴定为5-羟甲基糠醛。

化合物**5**:白色粉末,HR-ESI-MS  $m/z$ : 219.098 7  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 0.93(3H, ddd,  $J$  = 6.9 Hz, H-11), 2.68(2H, m, H-10), 4.04(1H, q,  $J$  = 1.6, 0.9 Hz, H-9), 4.21(1H, ddd,  $J$  = 9.7, 6.5, 2.1 Hz, H-6), 2.32(2H, m, H-5), 1.94(2H, m, H-4), 3.53(2H, m, H-3);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 61.5(C-9), 60.1(C-6), 29.5(C-5), 46.2(C-3)。上述数据与文献[15]报道基本一致,故鉴定为环-(S-脯氨酸-R-缬氨酸)。

化合物**6**:白色粉末,HR-ESI-MS  $m/z$ : 217.095 0  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 3.50(2H, m, H-9, 12), 2.30(2H, m, H-8, 11), 2.09(2H, m, H-7, 10), 4.36(2H, t,  $J$  = 8.0 Hz, H-2, 5);<sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 46.2(C-9, 12), 28.7(C-8, 11), 168.6(C-3, 6), 61.8(C-2, 5)。上述数据与文献[16]报道基本一致,故鉴定为环-(L-脯氨酸-L-脯氨酸)。

化合物**7**:白色粉末,HR-ESI-MS  $m/z$ : 259.117 7  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 1.41(2H, dq,  $J$  = 15.0, 7.5 Hz, H-3), 1.60

(2H, dt,  $J = 14.8, 6.9$  Hz, H-2), 4.26 (1H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-1);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 62.7 (C-6'), 77.9 (C-5'), 71.5 (C-4'), 77.6 (C-3'), 74.9 (C-2'), 104.2 (C-1'), 14.2 (C-4), 20.1 (C-3), 32.8 (C-2), 70.5 (C-1)。上述数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定为丁基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 8: 黄色油状, HR-ESI-MS  $m/z$ : 239.065 8  $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 3.58 (1H, m, H-9b), 3.67 (1H, m, H-9a), 3.73 (1H, m, H-8), 3.86 (3H, s,  $\text{OCH}_3$ ), 4.53 (1H, d,  $J = 6.3$  Hz, H-7), 6.76 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-6), 7.01 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-2);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 64.5 (C-9), 56.4 ( $\text{OCH}_3$ ), 76.1 (C-8), 76.7 (C-7), 121.1 (C-6), 148.7 (C-3, 4), 134.8 (C-1)。上述数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定为愈创木酰甘油。

化合物 9: 无色针晶, HR-ESI-MS  $m/z$ : 353.159 5  $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 7.65 (1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-6), 7.20 (1H, dd,  $J = 8.5, 2.6$  Hz, H-5), 7.56 (1H, d,  $J = 2.6$  Hz, H-3);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 40.5 (C-1'), 56.1 ( $-\text{OCH}_3$ ), 57.5 (C-6''), 60.6 (C-2'), 69.4 (C-5''), 75.6 (C-4''), 76.4 (C-3''), 72.8 (C-2''), 99.8 (C-1''), 114.8 (C-6), 123.6 (C-5), 133.2 (C-4), 111.9 (C-3)。上述数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定为2-甲氧基-4-(2'-羟基乙基)-苯酚-1-O-D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 10: 黄色油状, HR-ESI-MS  $m/z$ : 463.147 3  $[\text{M-H}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 3.65 (1H, dd,  $J = 11.9, 5.6$  Hz, H-6'b), 3.81 (3H, s,  $-\text{OCH}_3$ ), 3.85 (1H, dd,  $J = 12.4, 1.9$  Hz, H-6'a), 4.13 (1H, dd,  $J = 11.7, 2.0$  Hz, H-1''), 4.36 (1H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-1'), 7.04 (1H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-6), 6.33 (1H, dd,  $J = 8.7, 2.7$  Hz, H-5), 6.48 (1H, d,  $J = 2.7$  Hz, H-3), 3.27 (4H, m, H-2);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 56.6 ( $\text{OCH}_3$ ), 62.7 (C-6''), 69.7 (C-6'), 120.4 (C-6), 107.8 (C-5), 71.7 (C-4''), 71.4 (C-4'), 154.8 (C-4), 75.2 (C-2''), 75.1 (C-2'), 151.9 (C-2), 77.9 (C-3'), 101.9 (C-3), 104.7 (C-1''), 104.1 (C-1'), 141.2 (C-1)。上述数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为甲氧基对苯二酚二葡萄糖苷。

化合物 11: 无色片晶, HR-ESI-MS  $m/z$ :

345.118 1  $[\text{M}+\text{HCOO}]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 2.77 (2H, t,  $J = 6.6$  Hz, H- $\beta$ ), 3.12 ~ 3.34 (4H, m, H-2', 5'), 3.76 (2H, t,  $J = 6.6$  Hz, H- $\alpha$ ), 5.05 (1H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-1'), 7.05 (2H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-3, 5), 7.22 (2H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-2, 6);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 37.1 (C- $\beta$ ), 60.6 (C-6'), 62.8 (C- $\alpha$ ), 75.6 (C-5'), 76.2 (C-3'), 73.1 (C-2'), 100.4 (C-1'), 69.4 (C-4), 134.1 (C-1)。上述数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定为淫羊藿次苷 D2。

化合物 12: 黄色油状, HR-ESI-MS  $m/z$ : 509.150 1  $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 4.16 (1H, dd,  $J = 11.5, 2.1$  Hz, H-1'), 4.36 (1H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-1''), 6.71 (1H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-3), 6.76 (1H, d,  $J = 2.7$  Hz, H-6), 6.62 (1H, dd,  $J = 8.7, 2.7$  Hz, H-5);  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 55.1 ( $\text{OCH}_3$ ), 59.5 (C-6''), 61.3 (C-6'), 68.5 (C-4''), 69.9 (C-4'), 70.3 (C-4), 76.5 (C-3''), 76.6 (C-3'), 103.4 (C-3), 73.7 (C-2''), 73.5 (C-2'), 102.5 (C-1''), 102.1 (C-1'), 114.5 (C-6)。上述数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定为2-甲氧基-1, 4-苯基双- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 13: 黄色粉末, HR-ESI-MS  $m/z$ : 425.217 1  $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 1.94 (3H, d,  $J = 1.3$  Hz, H-13), 1.01 (3H, s, H-12), 0.99 (3H, s, H-11), 3.59 (1H, dd,  $J = 10.8, 7.5$  Hz, H-10b), 3.68 (1H, dd,  $J = 12.3, 6.0$  Hz, H-6'b), 3.88 (1H, dd,  $J = 12.3, 2.3$  Hz, H-6'a), 3.94 (1H, dd,  $J = 10.7, 3.6$  Hz, H-10a), 4.31 (1H, d,  $J = 7.9$  Hz, H-1'), 4.42 (1H, m, H-9), 5.75 (1H, dd,  $J = 15.8, 6.1$  Hz, H-8), 5.94 (1H, dd,  $J = 15.8, 1.3$  Hz, H-7), 6.01 (1H, t,  $J = 1.3$  Hz, H-4), 3.29 (1H, m, H-5'), 3.31 (1H, dd,  $J = 9.4, 9.0$  Hz, H-4'), 3.35 (1H, dd,  $J = 9.4, 9.0$  Hz, H-3'), 3.28 (1H, dd,  $J = 9.4, 7.8$  Hz, H-2');  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{D}_2\text{O}$ )  $\delta$ : 18.8 (C-13), 23.3 (C-12), 22.3 (C-11), 72.6 (C-10), 70.6 (C-9), 129.9 (C-8), 131.6 (C-7), 80.1 (C-6), 166.5 (C-5), 126.3 (C-4), 202.5 (C-3), 49.1 (C-2), 41.8 (C-1), 60.4 (C-6'), 75.7 (C-5'), 69.7 (C-4'), 76.3 (C-3'), 73.3 (C-2'), 102.7 (C-1')。上述数据与文献 [23] 报道基本一致, 故鉴定为 parvispinoside C。



化合物 **14**: 黄色粉末, HR-ESI-MS  $m/z$ : 259.103 3  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (500 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 0.87 (3H, t,  $J=7.5$  Hz, H-4'), 1.33 (2H, m, H-3'), 1.56 (2H, m, H-2'), 3.88 (2H, m, H-6), 4.41 (1H, d,  $J=8.0$  Hz, H-1); <sup>13</sup>C-NMR (125 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 13.1 (C-4'), 18.5 (C-3'), 30.9 (C-2'), 70.6 (C-1'), 60.9 (C-6), 75.8 (C-5), 69.4 (C-4), 75.9 (C-3), 73.2 (C-2), 102.2 (C-1)。上述数据与文献 [24] 报道基本一致, 故鉴定为 1-*O*-丁基- $\beta$ -*D*-吡喃甘露糖苷。

化合物 **15**: 白色粉末, HR-ESI-MS  $m/z$ : 273.101 6  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (500 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 0.78 (3H, d,  $J=6.6$  Hz, H-5), 0.79 (3H, d,  $J=6.6$  Hz, H-4), 1.69 (1H, m, H-3), 3.68 (1H, dt,  $J=7.0, 9.6$  Hz, H-1), 1.56 (2H, m, H-2'), 4.85 (1H, d,  $J=8.0$  Hz, H-1'); <sup>13</sup>C-NMR (125 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 60.9 (C-6'), 75.9 (C-5'), 69.9 (C-4'), 76.1 (C-3'), 73.5 (C-2'), 101.5 (C-1'), 20.6 (C-5), 22.1 (C-4), 35.6 (C-3), 37.9 (C-2)。上述数据与文献 [25] 报道基本一致, 故鉴定为 3-甲基丁基  $\beta$ -*D*-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **16**: 白色粉末, HR-ESI-MS  $m/z$ : 455.116 2  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (500 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 2.76 (2H, t,  $J=6.6$  Hz, H-7), 7.21 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-3), 7.05 (1H, d,  $J=8.5$  Hz, H-2); <sup>13</sup>C-NMR (125 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 68.3 (C-6'), 65.1 (C-5''), 75.4, (C-5'), 69.2 (C-4''), 69.4 (C-4'), 75.6 (C-3''), 75.5 (C-3'), 72.9 (C-2'), 73.1 (C-2''), 37.1 (C-7), 62.6, (C-8), 100.2 (C-1'), 103.5 (C-1''), 134.1 (C-4), 130.4 (C-3), 116.8 (C-2), 155.5 (C-1)。上述数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定为酪醇 1-*O*- $\beta$ -木糖基- (1 $\rightarrow$ 6) -*O*- $\beta$ -葡萄糖苷。

化合物 **17**: 白色粉末, HR-ESI-MS  $m/z$ : 485.131 5  $[M+Na]^+$ 。<sup>1</sup>H-NMR (500 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 3.86 (1H, dd,  $J=7.5, 17.1$  Hz, H-8), 2.70 (2H, t,  $J=7.5$  Hz, H-7), 6.59 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-3), 6.98 (1H, d,  $J=8.4$  Hz, H-2); <sup>13</sup>C-NMR (125 MHz, D<sub>2</sub>O)  $\delta$ : 60.8 (C-6''), 68.6 (C-6'), 75.1 (C-5'), 71.2 (C-4''), 69.7 (C-4'), 75.7 (C-3''), 75.9 (C-3'), 73.1 (C-2''), 73.1 (C-2'), 102.8 (C-1''), 100.3 (C-1'), 69.5 (C-8), 34.4 (C-7), 115.5 (C-3), 130.3 (C-2)。上述数据与文献 [27] 报道一致, 故鉴定为 2- (4-羟基苯基) -乙

基-*O*- $\beta$ -*D*-吡喃葡萄糖苷-6-*O*- $\beta$ -*D*-吡喃葡萄糖苷。

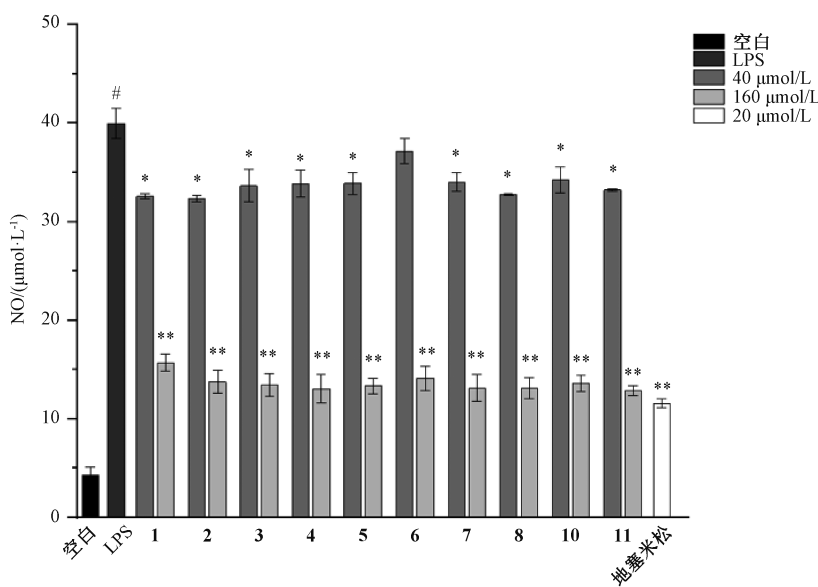
4 活性研究

4.1 体外抗炎活性 参照文献 [28-29] 方法并稍作修改, 将 RAW264.7 细胞悬液以  $2\times 10^5$  个/mL 的密度接种于 96 孔板中, 每孔 100  $\mu$ L, 设置空白组、模型组、阳性药组及样品组, 培养 24 h。阳性药组加入 20  $\mu$ mol/L 地塞米松溶液, 样品组加入不同浓度单体化合物, 1 h 后加入 LPS 处理, 每孔设置 3 个复孔, 培养 24 h。收集细胞上清, 使用一氧化氮 (NO) 试剂盒完成指标检测, 在 540 nm 波长处测定吸光度。结果显示, 化合物 **1~17** 在 40、160  $\mu$ mol/L 浓度下, 均能不同程度地抑制 NO 生成, 见图 1。各化合物在 160  $\mu$ mol/L 浓度下, NO 抑制率范围为  $(51.95\pm 3.22)\%$  ~  $(62.73\pm 1.93)\%$ , 阳性药地塞米松在 20  $\mu$ mol/L 浓度下, 抑制率为  $(79.63\pm 1.26)\%$ 。

4.2 体外抗氧化活性 DPPH 体外抗氧化活性参照文献 [14, 30] 方法并稍作修改, 将单体化合物配制成不同浓度待测液, 于 96 孔板精密加入 100  $\mu$ L 待测液和 100  $\mu$ L DPPH-无水乙醇溶液 (0.2 mmol/L) 混匀, 每组设置 3 个复孔, 避光反应 30 min, 在 517 nm 波长处测定吸光度。配制相同浓度的维生素 C 作为阳性对照。结果显示, 维生素 C 的 IC<sub>50</sub> 值为  $(30.93\pm 3.07)$   $\mu$ mol/L, 化合物 **4**、**10** 和 **17** 的 IC<sub>50</sub> 值分别为  $(811.21\pm 31.48)$ 、 $(403.01\pm 13.69)$ 、 $(504.05\pm 1.91)$   $\mu$ mol/L, 具有一定的 DPPH 自由基清除能力; 其余化合物无显著的 DPPH 自由基清除能力。

5 讨论与结论

目前, 罗汉果相关研究多集中于标志性甜味活性物质甜苷, 针对非甜苷部位的化学成分与药理活性研究较少。本研究采用多种色谱分离技术, 对罗汉果非甜苷浓缩汁进行分离纯化与结构鉴定, 并结合体外细胞实验开展抗炎、抗氧化活性筛选, 最终得到并鉴定了 17 个化合物, 按结构类型划分, 包括 10 个糖苷类 (**7**、**9~17**)、2 个酚类 (**3**、**8**)、5 个其他类 (**1**、**2**、**4~6**)。其中, 除化合物 **4** 外, 其他化合物均首次从罗汉果中分离得到。抗炎活性实验显示, 各化合物在 160  $\mu$ mol/L 浓度下, 对 RAW264.7 细胞均未表现出明显的增殖抑制作用, 具有较好的细胞安全性。以此浓度为基础开展抗炎活性筛选, 经 LPS 诱导的炎症细胞释放大量 NO, 给予化合物处理后 NO 含量均出现不同幅度降低。在抗氧化活性方面, 化合物 **4**、**10** 和 **17** 对 DPPH 自



注：与空白比较, #*P*<0.05；与 LPS 比较, \**P*<0.05, \*\**P*<0.01。

图 1 化合物对 NO 水平的影响

Fig.1 Effects of compounds on NO level

由基具有清除活性，对应的 IC<sub>50</sub> 值分别为(811.21±31.48)、(403.01±13.69)、(504.05±1.91) μmol/L。课题组前期研究及相关文献报道显示，罗汉果的主要生物活性成分罗汉果甜苷在浓度低于640 μmol/L 时表现出剂量依赖性的抗炎活性<sup>[31]</sup>，其对 DPPH 自由基的清除能力 IC<sub>50</sub> 值约为 1118.1 μg/mL<sup>[32]</sup>。综上所述，罗汉果非甜苷浓缩汁中的非皂苷类成分具备一定的抗炎与抗氧化潜力，该类物质可能通过协同作用促进整体药效的发挥，是罗汉果发挥药理作用的重要组成部分。本研究进一步丰富了罗汉果化学成分多样性，也为罗汉果非甜苷浓缩汁的资源开发利用及功能性应用提供了实验数据和科学依据。

参考文献：

[ 1 ] Guo Y X, Chen X F, Gong P, et al. *Siraitia grosvenorii* as a homologue of food and medicine: a review of biological activity, mechanisms of action, synthetic biology, and applications in future food[J]. *J Agric Food Chem*, 2024, 72 ( 13 ): 6850-6870.

[ 2 ] Guo Q H, Shi M K, Sarengaowa, et al. Recent advances in the distribution, chemical composition, health benefits, and application of the fruit of *Siraitia grosvenorii*[J]. *Foods*, 2024, 13(14): 2278.

[ 3 ] Li H, Li R L, Jiang W, et al. Research progress of pharmacological effects of *Siraitia grosvenorii* extract[J]. *J Pharm Pharmacol*, 2022, 74(7): 953-960.

[ 4 ] 张 进, 武慧宁, 赵林露, 等. 基于网络药理学和分子对

接探究罗汉果提取物抗炎作用机制[J]. *动物营养学报*, 2025, 37(2): 1325-1339.

[ 5 ] 黄盼玲, 肖颖梅, 李泊村, 等. 罗汉果皂苷改善糖尿病小鼠血糖的作用研究[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(5): 8-13.

[ 6 ] 李浩雨, 徐兴军, 李雪涵, 等. 罗汉果总黄酮对慢性睡眠剥夺小鼠抗氧化能力及炎症反应的影响[J]. *动物营养学报*, 2023, 35(7): 4668-4677.

[ 7 ] 方秀云, 韦玉璐, 卢凤来, 等. 干燥处理对罗汉果抗炎活性及功能成分的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2025, 51(5): 291-298; 370.

[ 8 ] 魏炳琦, 高小雨, 刘延鑫, 等. 罗汉果苷的功能及应用研究进展[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(11): 434-441.

[ 9 ] 张伟利, 王 青, 张 杰, 等. 罗汉果多糖提取工艺、结构表征及生物活性研究进展[J]. *中南农业科技*, 2025, 46(5): 244-249.

[ 10 ] 吴 超, 刘俊凯, 程思敏, 等. 广西药食同源植物资源及利用研究进展[J]. *广西植物*, 2025, 45(3): 450-465.

[ 11 ] 高 巍, 杨 柳, 李慧慧, 等. 杯鞘石斛的化学成分研究[J]. *中国现代中药*, 2015, 17 ( 4 ): 311-314.

[ 12 ] 赵 倩, 饶凯瑞, 周 艳, 等. 蜘蛛香炮制品的化学成分和抗炎活性研究[J]. *中国药学杂志*, 2022, 57(7): 539-548.

[ 13 ] 叶 琦, 汪 洋, 李思嫔, 等. 维药洋甘菊化学成分及 DPPH 自由基清除活性研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2019, 31(11): 1907-1911.

[ 14 ] 邓超凡, 南泽东, 王真真, 等. 赛北紫堇正丁醇部位化学成分及其抗氧化活性研究[J]. *中成药*, 2024, 46(11): 3671-3676.

[ 15 ] 李小华, 曹钰镁, 金梦莹, 等. 冬虫夏草内生真菌 *Nigrospora oryzae* 的化学成分分离鉴定[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(22): 126-131.

[16] 刘丛彬, 刘海涛, 杨家欣, 等. 宁前胡内生真菌 *Fusarium tricinctum* 次生代谢产物研究[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(9): 1580-1584.

[17] 刘现磊, 李 琨, 孙文静, 等. 川芎化学成分、药理作用及质量标志物的预测分析[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1569-1576.

[18] 刘紫薇, 徐紫晨, 朱飞飞, 等. 火麻仁化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1615-1623.

[19] 王春丽, 潘春柳, 姚李祥, 等. 鸡血藤的化学成分和药理作用研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2021, 35(2): 96-102.

[20] Doungwichitrkul T, Damsud T, Phuwapraisirisan P.  $\alpha$ -Glucosidase inhibitors from cold-pressed black sesame (*Sesamum indicum*) meal: characterization of new furofuran lignans, kinetic study, and *in vitro* gastrointestinal digestion[J]. *J Agric Food Chem*, 2024, 72(2): 1044-1054.

[21] 雷 铁, 赵秋叶, 李珍全, 等. 小花八角果实中 1 个新的木脂素[J]. 药学学报, 2025, 60(8): 2555-2560.

[22] 石舒雅, 崔红花, 尹永芹, 等. 宽叶打碗花化学成分研究[J]. 中草药, 2019, 50(1): 36-41.

[23] 张红艳, 冉淦侨, 韩姗姗, 等. 微生物多级发酵对中药方剂功能活性及有效组分的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(11): 90-96.

[24] 杨钧屹. 苗药头花蓼化学成分及检测方法的研究进展[J]. 农技服务, 2019, 36(9): 46-48.

[25] 刘建云, 夏家朗, 白 猛, 等. 红树无瓣海桑果实中糖苷鉴定及其延缓线虫衰老活性研究[J]. 热带海洋学报, 2025, 44(3): 148-156.

[26] 张 毅, 张建华, 吴 佳, 等. 黄腊果根的化学成分研究[J]. 华西药学杂志, 2016, 31(5): 443-447.

[27] Chen D J, Fan J T, Wang P, *et al.* Isolation, identification and antioxidative capacity of water-soluble phenylpropanoid compounds from *Rhodiola crenulata*[J]. *Food Chem*, 2012, 134(4): 2126-2133.

[28] 蒋小华, 韦玉璐, 白 军, 等. 山银花茎叶化学成分及其抗炎活性研究[J]. 中成药, 2024, 46(2): 484-489.

[29] 刘海杨, 杨银河, 杨大松. 基胡蜂化学成分及其抗炎活性研究[J]. 中成药, 2025, 47(8): 2593-2597.

[30] 何欢欢, 宋静茹, 卢凤来, 等. 干燥方法对罗汉果多糖结构及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(17): 223-231.

[31] Li Y, Zou L Y, Li T, *et al.* Mogroside V inhibits LPS-induced COX-2 expression/ROS production and overexpression of HO-1 by blocking phosphorylation of AKT1 in RAW264.7 cells[J]. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2019, 51(4): 365-374.

[32] Liu H S, Wang C C, Xiang Q Y, *et al.* Antiglycation and antioxidant activities of mogroside extract from *Siraitia grosvenorii* (Swingle) fruits[J]. *J Food Sci Technol*, 2018, 55(5): 1880-1888.

古钩藤根化学成分及其体外抗炎活性研究

刘 禹, 李 琰, 王 坤, 李 华\*  
(河南省中医院/河南中医药大学第二附属医院, 河南 郑州 450006)

**摘要:** **目的** 探讨古钩藤根的化学成分及其体外抗炎活性。**方法** 采用硅胶、Sephadex LH-20 进行分离纯化, 根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。采用 LPS 诱导的 RAW264.7 模型评价体外抗炎活性。**结果** 从中分离得到 26 个化合物, 分别鉴定为 koaburaside (**1**)、sipandinolide (**2**)、procurecumenol (**3**)、atractylenother (**4**)、schizandrin (**5**)、rubrosterone (**6**)、poststerone (**7**)、3, 7-二羟基-4'-甲氧基黄酮 (**8**)、5, 7, 4'-三甲氧基黄酮 (**9**)、5, 7, 4'-三羟基-6-甲氧基黄酮 (**10**)、3, 5, 3-三羟基-4, 7-二甲氧基黄酮 (**11**)、matricarin (**12**)、8-羟基-6, 7-二甲氧基香豆素 (**13**)、springaldehyde (**14**)、syringaresinol (**15**)、5-oxymaltol (**16**)、schumannione (**17**)、polybotrin (**18**)、cannabispiranol (**19**)、5, 8-二羟基-1, 4-萘醌 (**20**)、medioresino (**21**)、confluentin (**22**)、8-hydroxy-6, 7-dihydrolinalool (**23**)、sintenin (**24**)、chalepensin (**25**)、atractylochromene (**26**)。化合物 **3**、**7**、**12**、**15** 和 **22** 的 IC<sub>50</sub> 值为 (13.16±0.69) ~ (73.54±0.73)  $\mu$ mol/L, **22** 的 IC<sub>50</sub> 值与阳性药吲哚美辛相当 ( $P>0.05$ )。**结论** 化合物 **1~26** 均为首次从古钩藤中分离得到。化合物 **22** 具有显著的体外抗炎活性。

**关键词:** 古钩藤; 根; 化学成分; 分离鉴定; 体外抗炎活性

**中图分类号:** R284.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-1528(2026)07-2244-09

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.07.017

收稿日期: 2025-10-20  
基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题 (2024ZY2063)  
作者简介: 刘 禹 (1987—), 男, 硕士, 主治医师, 研究方向为中西医结合治疗危急疾病。E-mail: liuyu666zy@126.com  
\* 通信作者: 李 华 (1977—), 女, 硕士, 主任医师, 研究方向为内科急危重症、脓毒症。E-mail: zhangbuxin6666@163.com