

## 鹤庆产黄玛咖抗骨质疏松活性部位的化学成分研究

刘艳梅<sup>1</sup>, 赵德<sup>2</sup>, 肖蒙蒙<sup>1</sup>, 邓君<sup>1\*</sup>

(1. 西南大学药学院·中医药学院, 重庆 400715; 2. 重庆桑禾动物药业有限公司, 重庆 401519)

**摘要:** 对云南鹤庆产黄玛咖 (*Lepidium meyenii* Walp.) 的抗骨质疏松部位进行了化学成分研究。采用 MCI 大孔吸附树脂、正相硅胶色谱、反相硅胶色谱、Sephadex LH-20 色谱、半制备 HPLC 柱色谱以及重结晶等多种分离手段, 从黄玛咖的正丁醇部位分离得到 7 个化合物, 对所得单体化合物依据理化性质及波谱数据进行结构鉴定, 分别为: macaolidine (1)、色氨酸 (2)、胡萝卜苷 (3)、(3*S*)-1,2,3,4-四氢- $\beta$ -卡波林-3-羧酸 (4)、绿原酸 (5)、木犀草素 (6) 和金丝桃苷 (7)。化合物 1 为一个新的酰胺类生物碱, 化合物 4~7 均为首次从该植物中分离得到。

**关键词:** 黄玛咖; 十字花科; 化学成分; macaolidine

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 0513-4870 (2017) 06-0943-05

## Studies on the chemical constituents of the anti-osteoporotic part of *Lepidium meyenii* Walp. produced in Heqing

LIU Yan-mei<sup>1</sup>, ZHAO De<sup>2</sup>, XIAO Meng-meng<sup>1</sup>, DENG Jun<sup>1\*</sup>

(1. College of Pharmaceutical Sciences and Chinese Medicine, Southwest University, Chongqing 400715, China;  
2. Chongqing Honoroad Animal Health Co. Ltd, Chongqing 401519, China)

**Abstract:** This study was designed to investigate the chemical constituents of the anti-osteoporotic part of *Lepidium meyenii* Walp. (maca) produced in Heqing, Yunnan. Seven compounds were isolated from the *n*-BuOH extract of maca using combination of column chromatographies on MCI resin, silica gel, C<sub>18</sub> bonded silica gel, and Sephadex LH-20, followed by semi-preparative HPLC and recrystallization. The purified compounds were identified on the basis of their physicochemical properties and spectral data as macaolidine (1), tryptophan (2), daucosterol (3), (3*S*)-1,2,3,4-tetrahydro- $\beta$ -carboline-3-carboxylic acid (4), chlorogenic acid (5), luteolin (6), and hyperoside (7). Compound 1 is a new phenylacetamide alkaloid, and compounds 4–7 were isolated from *Lepidium meyenii* for the first time.

**Key words:** *Lepidium meyenii*; Brassicaceae; chemical constituents; macaolidine

玛咖为十字花科独行菜属一年生或两年生草本植物 *Lepidium meyenii* Walp. 的根茎, 原产于秘鲁的安第斯山区, 被当地土著人用作蔬菜和保健药物。现代药理学研究证明, 玛咖具有改善性功能、提高生育能力、增强免疫力、抗疲劳、预防骨质疏松、改善更年期综合征等多种功效<sup>[1-5]</sup>, 很快被国际主流社会广

泛接受, 其消费量大增。因原产地的玛咖产量远远不能满足市场需求, 世界粮农组织建议推广种植玛咖, 美国、日本、欧洲等国都有引种<sup>[6]</sup>。我国也在云南、吉林、新疆、西藏等地引种了玛咖<sup>[7-10]</sup>。但目前对我国产玛咖的药理作用尚缺乏深入的研究, 其能否替代秘鲁产玛咖尚未可知, 故急需对国产玛咖进行质量评价。但玛咖的有效成分至今尚未阐明, 成为玛咖质量评价的障碍。本课题组采用活性导向的成分分离法, 研究玛咖的化学成分, 意在阐明玛咖的药效成分。

彭璐等<sup>[11]</sup>发现, 云南产玛咖的乙醇提取物对维

收稿日期: 2017-01-09; 修回日期: 2017-02-09.

\*通讯作者 Tel: 18623347156, E-mail: dengjq@163.com

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2017-0033

甲酸致大鼠骨质疏松有较好的预防作用。本课题组发现, 给维甲酸所致骨质疏松小鼠灌胃云南鹤庆产黄玛咖正丁醇提取物  $39.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  一个月, 可明显改善模型小鼠的骨质疏松症状, 包括增加模型动物的股骨长度和股骨干重至正常对照水平, 骨磷含量也恢复至正常对照水平, 且逆转模型动物的骨显微结构破坏, 使骨小梁数量增加至接近正常水平。本文对该玛咖正丁醇萃取物进行了化学成分研究, 拟为确定玛咖的抗骨质疏松有效成分提供筛选试样, 也为评价玛咖质量提供含量测定的对照品。最终, 从鹤庆产黄玛咖的正丁醇提取物中分离得到 7 个化合物, 分别鉴定为 macaolidine (**1**)、色氨酸 (**2**)、胡萝卜苷 (**3**)、(3*S*)-1,2,3,4-四氢- $\beta$ -卡波林-3-羧酸 (**4**)、绿原酸 (**5**)、木犀草素 (**6**) 和金丝桃苷 (**7**) (图 1)。化合物 **1** 为一个新的酰胺类生物碱, 化合物 **4**~**7** 均为首次从该植物中分离。

化合物 **1** 白色无定形结晶粉末。UV  $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$  (nm): 250、282。IR  $\nu^{\text{KBr}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3 329、3 327、3 076、3 047、2 918、2 845、1 647、1 587、1 527、1 411.89、1 367、1 242、1 010、694; HR-ESI-MS:  $m/z$  409.226 1 [ $\text{M}+\text{H}$ ] $^{+}$  (计算值 409.219 5), 分子式为  $\text{C}_{23}\text{H}_{28}\text{N}_4\text{O}_3$ , 有 11 个不饱和度。IR 光谱显示, 分子结构中存在  $-\text{CONH}-$  ( $3\ 329$ 、 $3\ 327$ 、 $1\ 647$ 、 $1\ 527$ 、 $1\ 242 \text{ cm}^{-1}$ ), 结合  $^1\text{H}$ NMR 谱中的氨基氢信号  $\delta_{\text{H}} 8.57$  (1H, brs) 及  $^{13}\text{C}$  NMR 谱中的羰基碳信号  $\delta_{\text{C}} 172.4$  和  $169.8$ , 推测 **1** 含有两种酰胺基。 $^1\text{H}$ NMR 谱中的 5 个芳香质子信号  $\delta_{\text{H}} 7.33\sim 7.21$  (5H, m, H-Ph), 结合  $^{13}\text{C}$  NMR 谱中的 4 个芳香碳信号  $\delta_{\text{C}} 140.0$ 、 $128.7$ 、 $127.6$ 、 $127.1$ , 提示该化合物含单取代苯环。根据其  $^1\text{H}$ NMR 谱、 $^{13}\text{C}$  NMR 谱信号数目和分子量、不饱和度, 推断该化合物为对称结构。HMBC 谱 (图 2) 中, 亚甲基质子信号  $\delta_{\text{H}} 4.26$  (2H, d,

$J = 6.0 \text{ Hz}$ ) 与芳碳信号  $\delta_{\text{C}} 127.6$  (C-3',7'),  $140.0$  (C-2') 及羰基碳信号  $\delta_{\text{C}} 172.4$  (C-1) 有远程相关, 表明分子结构中有 *N*-苄基酰胺片段。HSQC 谱中,  $\delta_{\text{H}} 1.98\sim 1.89$  (1H, m) 和  $\delta_{\text{H}} 1.89\sim 1.81$  (1H, m) 均与  $\delta_{\text{C}} 27.7$  相关, 表明有一个与手性 C 相连的  $-\text{CH}_2-$ ; 由 HMBC 谱中的相关峰  $\delta_{\text{H}} 2.32$  (2H, t,  $J = 7.5 \text{ Hz}$ )/ $\delta_{\text{C}} 27.7$ 、 $\delta_{\text{H}} 3.16$  (1H, t,  $J = 6.5 \text{ Hz}$ )/ $\delta_{\text{C}} 27.7$ 、 $\delta_{\text{H}} 1.98\sim 1.89$ / $\delta_{\text{C}} 32.5$ 、 $\delta_{\text{H}} 1.89\sim 1.81$ / $\delta_{\text{C}} 32.5$ 、 $\delta_{\text{H}} 1.98\sim 1.89$ / $\delta_{\text{C}} 54.2$ 、 $\delta_{\text{H}} 1.89\sim 1.81$ / $\delta_{\text{C}} 54.2$ , 结合 HSQC 相关峰  $\delta_{\text{H}} 2.32$ / $\delta_{\text{C}} 32.5$ 、 $\delta_{\text{H}} 3.16$ / $\delta_{\text{C}} 54.2$ , 推断 **1** 含有  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-$  片段。HMBC 相关峰  $\delta_{\text{H}} 2.32$ / $\delta_{\text{C}} 172.4$  提示,  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-$  片段的亚甲基侧与 *N*-苄基酰胺片段的羰基相连;  $\delta_{\text{H}} 3.16$  和  $\delta_{\text{C}} 169.8$  的远程相关表明,  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-$  片段的次甲基侧与另一  $-\text{NH}-\text{CO}-$  的胺基相连。根据  $^{13}\text{C}$  NMR 谱中  $\delta_{\text{C}} 172.4$  和  $\delta_{\text{C}} 169.8$  的信号强度差异推测,  $172.4 \text{ ppm}$  处的酰胺基有 2 个, 而  $169.8 \text{ ppm}$  处的酰胺基只有 1 个。分子还剩 1 个不饱和度, 故 **1** 还应含有 1 个环, 应为两个对称的  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-$  片段通过次甲基相连, 构成 2-咪唑烷酮。综上所述, 确定化合物 **1** 为一个新的酰胺类生物碱化合物 (图 1), 命名为 macaolidine。

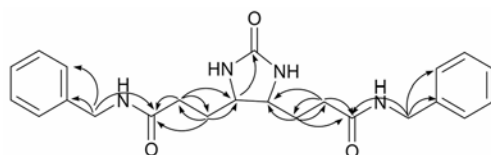


Figure 2 Key HMBC of compound **1**

## 实验部分

Bruker AVANCE III-400 MHz 核磁共振波谱仪 (瑞士 Bruker 公司); Xevo G2-S Qtof 质谱仪 (美国 Waters 公司); 岛津 LC-20AD 型高效液相色谱仪 (日

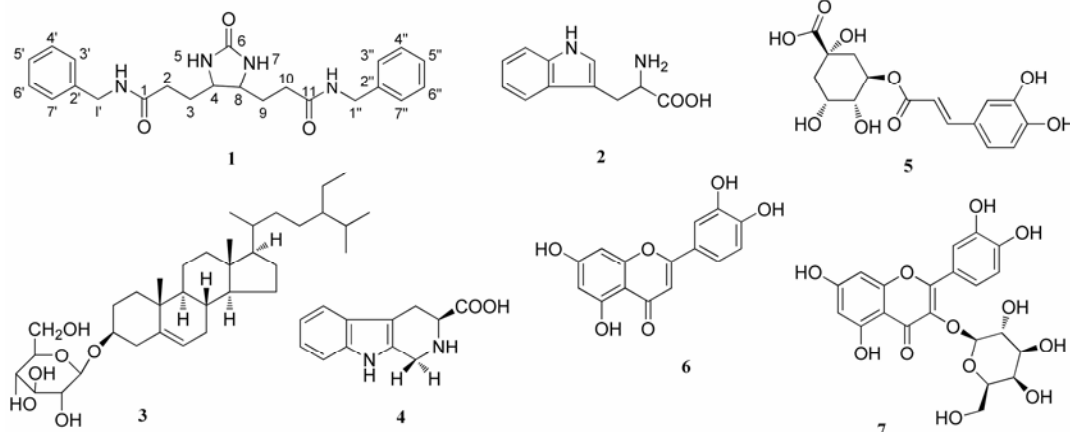


Figure 1 Structures of compounds **1**–**7**

本 Shimadzu 公司); 岛津 Prestige-21 型红外光谱仪 (日本 Shimadzu 公司); UV-2550 型紫外-可见分光光度计 (日本 Shimadzu 公司)。

柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂)、薄层色谱硅胶 GF<sub>254</sub> (青岛海洋化工厂); C<sub>18</sub> 键合硅胶 (50 μm, 加拿大 SiliCycle 公司); MCI 大孔吸附树脂 (日本三菱化学株式会社); Sephadex LH-20 (上海玉博生物科技有限公司)。高效液相色谱及质谱仪分析使用试剂为色谱纯, 其他均为分析纯。

鹤庆产黄玛咖于 2014 年 10 月购自云南, 经西南大学药学院中药教研室邓君博士鉴定为十字花科独行菜属植物玛咖 *Lepidium meyenii* Walp. 的根及根茎。标本 (标本号: No.141023) 保存于西南大学药学院中药教研室。

## 1 提取与分离

干燥玛咖根茎 5.0 kg 粉碎后, 用 95% 乙醇室温浸泡提取 3 次, 每次 24 h, 其间不时搅拌。合并提取液, 减压浓缩得浸膏 612 g, 加适量水混悬, 依次用石油醚、乙酸乙酯、水饱和正丁醇各萃取 3 次, 合并各部分萃取液, 减压回收溶剂, 得到石油醚部位 97 g、乙酸乙酯部位 35 g、正丁醇部位 43 g。

正丁醇萃取物经 MCI 大孔树脂柱色谱, 依次用水、30% EtOH、50% EtOH、70% EtOH、95% EtOH 梯度洗脱, 各洗脱部分蒸干, 得到 5 个流份 (Fr.A~Fr.E)。Fr.B 用少量甲醇溶解, 硅胶拌匀, 水浴蒸干后研细, 上硅胶 (含 20% 水) 柱色谱, 氯仿-甲醇 (10 : 1~1 : 1) 梯度洗脱, 得到 7 个流分 (Fr.B1~7), Fr.B2 用反相半制备 HPLC 纯化, 甲醇-水 (30 : 70) 洗脱, 重结晶得化合物 1 (12 mg); Fr.B3 经硅胶柱色谱, 氯仿-甲醇 (9 : 1~1 : 1) 梯度洗脱得化合物 2 (12 mg)、3 (15 mg); Fr.B4 经 C<sub>18</sub> 键合硅胶柱色谱 (甲醇-水 20 : 80 洗脱) 得化合物 4 (6 mg); Fr.D 依次经 Sephadex LH-20 柱色谱 (甲醇洗脱)、C<sub>18</sub> 键合硅胶柱色谱 (甲醇-水, 20 : 80~50 : 50 梯度洗脱), 得到化合物 5 (18 mg)、6 (14 mg) 和 7 (21 mg)。

## 2 结构鉴定

化合物 1 白色无定形结晶粉末。HR-ESI-MS:  $m/z$  409.226 1 [M+H]<sup>+</sup> (计算值 409.219 5), 分子式为 C<sub>23</sub>H<sub>28</sub>N<sub>4</sub>O<sub>3</sub>。UV λ<sub>max</sub><sup>MeOH</sup> (nm): 250、282。IR ν<sup>KBr</sup> (cm<sup>-1</sup>): 3329、3327、3076、3047、2918、2845、1647、1587、1527、1411.89、1367、1242、1010、694。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) 和 <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) 见表 1。

**Table 1** <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) and <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) of compound 1 (δ, J in Hz)

Position	δ <sub>H</sub>	δ <sub>C</sub>	HMBC
1,11		172.4	
2,10	2.32 (2H, t, J = 7.5)	32.5	H-2/C-1,3,4
3,9	1.81-1.89 (1H, m) 1.89-1.98 (1H, m)	27.7	H-3/C-1,2,4
4,8	3.16 (1H, t, J = 6.5)	54.2	H-4/C-2,3,6
5,7			
6		169.8	
1',1"	4.26 (2H, t, J = 6.0)	42.5	H-1'(1'')/C-1,2',3',7'
2',2"		140.0	
3',7',3'',7''	7.26 (1H, m)	127.6	H-3'(7')/C-1',2',4',5'
4',6',4'',6''	7.33 (1H, m)	128.7	H-4'(6')/C-2',3',5'
5',5"	7.21 (1H, m)	127.1	H-5'/C-2', 3', 4'
NH	8.57 (1H, brs)		

化合物 2 白色粉末, 分子式为 C<sub>11</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) δ: 10.99 (1H, brs, -NH), 7.57 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-4), 7.35 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-7), 7.23 (1H, s, H-2), 7.06 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-6), 6.97 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-5), 3.46 (1H, dd, J = 8.0, 4.0 Hz, -CH), 3.31 (1H, dd, J = 15.0, 4.0 Hz, -CH<sub>2</sub>), 2.98 (1H, dd, J = 16.0, 9.0 Hz, -CH<sub>2</sub>); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) δ: 124.5 (C-2), 110.0 (C-3), 127.7 (C-3a), 118.8 (C-4), 118.7 (C-5), 121.3 (C-6), 111.7 (C-7), 136.8 (C-7a), 55.2 (-CH), 27.5 (-CH<sub>2</sub>), 170.5 (-COOH)。以上数据与文献报道色氨酸的波谱数据<sup>[12]</sup>基本一致, 故鉴定该化合物为色氨酸。

化合物 3 白色粉末。该化合物在 TLC 上喷洒 10% 硫酸-乙醇溶液显紫红色, Liebermann-Burchard 反应呈阳性, Molish 反应呈阳性, 提示该化合物为甾体萜类化合物, 经与胡萝卜苷对照品进行 TLC 比较, R<sub>f</sub> 值和显色相同, 故鉴定该化合物为胡萝卜苷。

化合物 4 白色粉末。ESI-MS:  $m/z$  217 [M+H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>12</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) δ: 10.91 (1H, brs, 9-NH), 7.45 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-5), 7.33 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-8), 7.08 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-7), 6.99 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-6), 4.21 (2H, dd, J = 15.5, 22.5 Hz, H-1), 3.63 (1H, dd, J = 10.5, 5.0 Hz, H-3), 3.16 (1H, dd, J = 16.0, 5.0 Hz, H-4α), 2.82 (1H, dd, J = 16.0, 10.5 Hz, H-4β); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) δ: 40.9 (C-1), 128.2 (C-1a), 57.1 (C-3), 23.4 (C-4), 107.1 (C-4a), 118.2 (C-5), 126.7 (C-5a), 119.2 (C-6), 121.7 (C-7), 111.6 (C-8), 136.7 (C-8a), 169.9 (-COOH)。以上数据与文献报道 (3S)-1,2,3,4-四氢-β-卡波林-3-羧酸的波谱数据<sup>[13]</sup>基本一致, 故鉴定该化合物为 (3S)-1,2,3,4-四氢-β-卡波林-3-羧酸。δ 3.63 (H-3)

的 H 信号的耦合常数表明 H-3 为直立键, 即-COOH 位于平伏键。H-4 的两组信号 ( $\delta$  3.16 和  $\delta$  2.82) 的耦合常数也支持 H-3 为直立氢。

**化合物 5** 白色粉末, 分子式为  $C_{16}H_{18}O_9$ 。 $^1H$ NMR (400 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 7.46 (1H, d,  $J = 16.0$  Hz, H-7'), 6.95 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2'), 6.85 (1H, dd,  $J = 8.0, 2.0$  Hz, H-6'), 6.68 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5'), 6.16 (1H, d,  $J = 16.0$  Hz, H-8'), 5.23 (1H, td,  $J = 9.0, 4.5$  Hz, H-5), 4.07 (1H, m, H-3), 3.63 (1H, dd,  $J = 8.5, 3.0$  Hz, H-4), 1.92~2.15 (4H, m, H-2, 6);  $^{13}C$  NMR (100 MHz,  $CD_3OD$ )  $\delta$ : 74.7 (C-1), 37.4 (C-2), 72.1 (C-3), 70.5 (C-4), 69.9 (C-5), 36.8 (C-6), 175.6 (C-7), 126.4 (C-1'), 113.9 (C-2'), 145.3 (C-3'), 148.1 (C-4'), 115.0 (C-5'), 121.5 (C-6'), 145.6 (C-7'), 113.8 (C-8'), 167.2 (C-9')。以上波谱数据与文献报道绿原酸的波谱数据<sup>[14]</sup>基本一致, 故鉴定该化合物为绿原酸。

**化合物 6** 黄色粉末, 分子式为  $C_{15}H_{10}O_6$ 。 $^1H$ NMR (400 MHz,  $DMSO-d_6$ )  $\delta$ : 12.98 (1H, s, 5-OH), 10.66 (1H, s, 7-OH), 9.73 (1H, s, 4'-OH), 7.95 (1H, s, 3'-OH), 7.43 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-6'), 7.41 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2'), 6.90 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5'), 6.67 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-8), 6.20 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-6);  $^{13}C$  NMR (100 MHz,  $DMSO-d_6$ )  $\delta$ : 164.3 (C-2), 103.4 (C-3), 182.0 (C-4), 161.8 (C-5), 99.4 (C-6), 164.5 (C-7), 94.2 (C-8), 157.6 (C-9), 104.2 (C-10), 121.9 (C-1'), 113.7 (C-2'), 146.2 (C-3'), 150.1 (C-4'), 116.4 (C-5'), 119.4 (C-6')。以上波谱数据与文献报道的木犀草素的波谱数据<sup>[15]</sup>基本一致, 故鉴定该化合物为 3',4',5,7-四羟黄酮, 即木犀草素。

**化合物 7** 黄色粉末, 分子式为  $C_{21}H_{20}O_{12}$ 。 $^1H$ NMR (400 MHz,  $DMSO-d_6$ )  $\delta$ : 12.63 (1H, s, 5-OH), 10.85 (1H, s, 7-OH), 9.72 (1H, s, 4'-OH), 9.14 (1H, s, 3'-OH), 7.68 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-6'), 7.53 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2'), 6.83 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5'), 6.41 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-8), 6.20 (1H, s,  $J = 2.0$  Hz, H-6), 5.39 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-1'), 5.13 (1H, d,  $J = 4.5$  Hz, 2''-OH), 4.85 (1H, d,  $J = 5.5$  Hz, 3''-OH), 4.44 (1H, s, 4''-OH), 3.28~3.65 (4H, m, H-2'', H-3'', H-4'', H-5'');  $^{13}C$  NMR (100 MHz,  $DMSO-d_6$ )  $\delta$ : 156.2 (C-2), 133.9 (C-3), 177.9 (C-4), 161.2 (C-5), 99.1 (C-6), 164.5 (C-7), 93.9 (C-8), 156.2 (C-9), 104.3 (C-10), 121.5 (C-1'), 115.6 (C-2'), 145.2 (C-3'), 148.9 (C-4'), 116.4 (C-5'), 122.4 (C-6'), 102.3 (C-1''), 68.3 (C-2''), 73.6 (C-3''), 71.6 (C-4''), 76.2 (C-5''), 60.6 (C-6'')。以上波谱数据与文献报道槲皮素-3-O- $\beta$ -D-吡喃半乳糖苷的波谱数据<sup>[16]</sup>基本一致, 故鉴定该化合物为槲皮素-3-O- $\beta$ -D-吡喃半乳糖苷, 即金丝桃苷。

### 3 讨论

细胞水平实验显示, 绿原酸可降低骨髓间充质干细胞来源的软骨样细胞在缺氧环境下的凋亡<sup>[17]</sup>; 且绿原酸表现出调控成骨细胞增殖和分化的能力, 通过促进骨基质的形成和钙化来促进新骨成熟, 具有一定的成骨活性<sup>[18]</sup>。Lin 等<sup>[19]</sup>发现金丝桃苷通过 BMP 和 Wnt/ $\beta$ -catenin 信号通路共同促进成骨细胞 MC3T3-E1 的碱性磷酸酶的活性和细胞矿化结节的表达, 并且具有剂量依耐性。因为绿原酸 (化合物 5) 和金丝桃苷 (化合物 7) 在鹤庆产黄玛咖的正丁醇部位含量较高, 故依据文献推测, 绿原酸和金丝桃苷可能是鹤庆产黄玛咖的抗骨质疏松活性成分。至于黄玛咖是否还含有别的抗骨质疏松活性成分, 本实验室正拟测试本文报道的其他几个化合物对破骨细胞和成骨细胞的作用, 以期阐明玛咖抗骨质疏松的物质基础和作用机制。

### References

- [1] Zheng BL, He K, Kimet CH, et al. Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats [J]. Urology, 2000, 55: 598–602.
- [2] Gonzales GF, Cordava A, Vega K, et al. Effect of *Lepidium meyenii* (maca), a root with aphrodisiac and fertility-enhancing properties on serum reproductive hormone levels in adult healthy men [J]. J Endocrinol, 2003, 176: 163–168.
- [3] Miao H. The research on the impact of maca polypeptide on sport fatigue [J]. Open Biomed Eng J, 2015, 9: 322–325.
- [4] Liu H, Jin WW, Fu CH, et al. Discovering anti-osteoporosis constituents of maca (*Lepidium meyenii*) by combined virtual screening and activity verification [J]. Food Res Int, 2015, 77: 215–220.
- [5] Zhang YZ. Experimental Study of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) on Menopause Syndrome and Osteoporosis (玛咖对更年期综合症及骨质疏松的实验研究) [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [6] Hermann M, Heller J. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon [R]. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1997.
- [7] Gan J, Feng Y, He Z, et al. Total alkaloids in maca (*Lepidium meyenii*) cultivated in Yunnan [J]. Food Sci (食品科学), 2010, 31: 415–419.
- [8] Leng L, Yu M, Liu JP, et al. GS-MS analysis chemical components of volatile oil from *Lepidium meyenii* Walp. grown in Jilin area [J]. Guide China Med (中国医药指南), 2012, 22: 696–700.

- [9] Jin WW, Wang QF, Li S, et al. GS-MS analysis chemical components of essential oil from *Lepidium meyenii* grown in Xinjiang area [J]. Food Sci (食品科学), 2009, 30: 241–245.
- [10] Tang WM, Chu BQ, Gao WL, et al. Comparative studies of chemical compositions and antioxidant capacity of low-polarity components from Tibeta turnip (*Brassica rapavar L.*) and maca (*Lepidium meyenii* Walp.) [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2015, 27: 674–680.
- [11] Peng L, Zhao Y, Xu XD, et al. Anti-osteoporosis activity of *Lepidium meyenii* (maca) introduced into Yunnan province in the retinoic acid-induced osteoporosis model [J]. Pharmacol Clin Chin Mater Clin Med (中药药理与临床), 2014, 30: 98–101.
- [12] Jia L, Zhong LJ, Li HF, et al. Chemical constituents in water fraction of *Abelmoschus esculentus* [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2011, 42: 2186–2188.
- [13] Li GQ, Deng ZW, Lin WH, et al. Chemical constituents from starfish *Asterias rollestoni* [J]. J Chin Pharm Sci, 2004, 13: 81–86.
- [14] Li J, Yu DQ. Chemical constituents from herbs of *Erigeron breviscape* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2011, 36: 1458–1462.
- [15] Huang FJ, Song JX, Liu JJ, et al. Chemical constituents in *Thunbergia* from Africa [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2013, 38: 1183–1187.
- [16] Ren HC, Wan DR, Gu J, et al. Chemical constituents from *Polygonum chinensis L.* [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2012, 24: 1387–1389.
- [17] Liu Z, Li SY, Song YL, et al. Protective effect of chlorogenic acid on differentiated chondrogenic MSCs apoptosis induced by hypoxia [J]. Chin Pharmacol Bull (中国药理学通报), 2011, 27: 206–210.
- [18] Yi JL. Preliminary Study of Chlorogenic Acid on Activity of Cultured Osteoblasts *In Vitro* (绿原酸对体外培养成骨细胞活性影响的初步研究) [D]. Wuhan: South-Central University for Nationalities, 2013.
- [19] Lin SJ. The Study of Hyperoside Stimulates Osteoblast Proliferation and Differentiation Through the BMP and Wnt/ $\beta$ -catenin Signaling Pathways in MC3T3-E1 Cells (金丝桃苷通过 BMP 和 Wnt/ $\beta$ -catenin 信号通路调控成骨细胞 MC3T3-E1 增殖分化的实验研究) [D]. Nanchang: Nanchang University, 2015.