

玛咖的化学成分、药理作用及质量评价研究进展

潘明佳^{1,2}, 时圣明², 王文倩², 龚莉³, 王春龙^{1,3*}, 陈常青^{1,2}

1. 天津中医药大学, 天津 300193

2. 天津药物研究院, 天津 300193

3. 天津泛博生物科技有限公司, 天津 300392

摘要: 玛咖又名迈恩独行菜 *Lepidium meyenii*, 含有丰富的营养成分和具有多种生物活性的次级代谢产物, 玛咖烯和玛咖酰胺被认为是玛咖特有的标志性物质。玛咖具有多方面的药理作用, 包括抗疲劳、抗氧化、改善性功能等, 这些都预示着玛咖在保健品和药用方面具有广阔的开发前景。对玛咖的化学成分、药理作用和质量评价方法的国内外研究现状进行综述。

关键词: 玛咖; 玛咖烯; 玛咖酰胺; 保健; 质量评价

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2015)12-1558-05

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2015.12.030

Research progress on chemical constituents, pharmacological activities, and quality evaluation of *Lepidium meyenii*

PAN Ming-jia^{1,2}, SHI Sheng-ming², WANG Wen-qian², GONG Li³, WANG Chun-long^{1,3}, CHEN Chang-qing^{1,2}

1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300070, China

2. Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300193, China

3. Tianjin Fanbo Biological Technology Co., Ltd., Tianjin 300392, China

Abstract: Maca is also called *Lepidium meyenii* Walp., and contains rich nutrients and has a variety of bioactive secondary metabolites. Macaenes and macamides are considered to be unique mark material of maca. Maca has various pharmacological activities, including anti-fatigue, anti-oxidation, improving sexual function and so on, which indicate that maca has a broad development prospects in terms of health care products and medicinal aspects. Research progress on chemical constituents, pharmacological activities, and quality evaluation of maca at home and abroad are reviewed.

Key words: *Lepidium meyenii* Walp.; macamides; macaenes; health care; quality evaluation

玛咖又名迈恩独行菜 *Lepidium meyenii* Walp., 为十字花科独行菜属一年或两年生草本植物, 生长在南美洲秘鲁海拔 4 000 m 以上的安第斯山区, 数千年来被当地居民食用和药用^[1]。玛咖地下膨大的根为主要的可食用部分, 因其下胚轴颜色的不同, 可分为白、黑、红、黄、紫等类型, 其块茎平均质量、生物学特性等有所差异。

近年来, 玛咖以独特的生理活性、丰富的营养价值、纯天然药用植物的特性及传统食用的安全性风靡于世界各国。玛咖于 2003 年引入我国云南丽江种植基地, 并相继在新疆、吉林、西藏等与安第斯

山脉气候相似的高海拔地区引种成功^[2]。玛咖含有丰富的蛋白质、氨基酸等多种营养物质, 还含有玛咖烯、玛咖酰胺、多糖等活性成分。玛咖具有抗疲劳、促进性欲、提高生育能力、抗骨质疏松、抗氧化等功效。目前玛咖的质量评价主要是针对单一成分或某类成分进行测定, 不能完全体现玛咖的真正质量。本文对玛咖的化学成分、药理作用以及质量评价现状进行综述, 并对玛咖药材及其产品今后的质量控制方法进行展望。

1 化学成分

玛咖主要的活性成分为玛咖酰胺和玛咖烯, 还

收稿日期: 2015-11-04

作者简介: 潘明佳, 女, 硕士在读, 主要从事中药学、出版及医药信息研究。E-mail: jiajiapety@126.com

*通信作者 王春龙, 硕士生导师, 主要从事药物制剂研究。E-mail: ddswecl@icloud.com

含有丰富的蛋白质、氨基酸、微量元素、矿物质等多种营养物质,以及多糖、生物碱、挥发油等成分,构成了玛咖保健和药用的物质基础。

1.1 玛咖烯和玛咖酰胺

玛咖烯和玛咖酰胺是玛咖的特征性成分,也是主要的活性成分。玛咖烯是一种不饱和脂肪酸,玛咖酰胺是玛咖烯的氨基化合物。研究显示,玛咖烯和玛咖酰胺可能是玛咖发挥抗疲劳和改善性功能作用的物质基础^[3-4]。朱财廷等^[5]采用 HPLC-MS 法从玛咖提取物中分离得到 14 种玛咖烯和玛咖酰胺。郑茜等^[6]从吉林产玛咖中分离得到 2 种玛咖酰胺,分别为 *N*-甲基-3-羟基苯乙酰胺和 *N*-苄基十八碳酰胺。玛咖酰胺的母核结构见图 1。

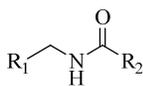


图 1 玛咖酰胺的母核结构

Fig. 1 Nuclear structure of macamide

1.2 芥子油苷及其衍生物

玛咖中芥子油苷的量约为 1%,高于其他十字花科植物^[7]。玛咖中的芥子油苷大多数属于芳香类化合物^[8-10]。艾中等^[11]对国产玛咖中芥子油苷的主要组分和量进行分析,结果发现各种玛咖样品的主要芥子油苷组分相同,均检测到苄基芥子油苷和间甲氧基苄基芥子油苷。芥子油苷在干根粉或根粉加工产物中会被黑芥子酶所分解,因而量低于新鲜组织^[7,9]。甘瑾等^[12]采用 HPLC 及 LC-ESI/MS 技术对云南产 3 种色型玛咖中芥子油苷的组成及量进行分析,结果 3 种色型玛咖中均含有苄基芥子油苷和甲氧基苄基芥子油苷,与艾中等^[11]的研究结果一致。鲜样中白色玛咖的芥子油苷量较高,干燥样品芥子油苷的量显著低于鲜样品,粉碎干燥加工使玛咖中的芥子油苷发生了严重水解。

1.3 生物碱

文献报道了 2 个双苄基异喹啉生物碱从玛咖根提取物中分离得到,分别为 lepidiline A、lepidiline B^[13]。Muhammad 等^[14]从玛咖块茎中得到 macaridine。甘瑾等^[15]对云南产 3 种色型玛咖的总生物碱的量进行了分析,紫色玛咖的总生物碱量最高。

1.4 挥发油

孟倩倩等^[16]采用 GC-MS 技术对云南栽培玛咖中的挥发油进行分析,总共鉴定出 90 个挥发性成

分。石油醚浸出部分主要含有 *t*-丁基苄醚、酰胺类 *N*-苄基-乙酰胺和苯二甲酸己辛酯;水蒸气蒸馏的油相部分主要含有 2-甲基苯异腈;水蒸气蒸馏水相乙醚萃取部分主要含有苯腈和甲氧基乙醛。

1.5 营养成分

玛咖富含多种氨基酸,包括苏氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、丝氨酸等 17 种氨基酸^[17]。除此之外,玛咖中还含有蛋白质、维生素、无机元素等营养成分^[18-19]。

1.6 其他

甘瑾等^[20]对云南产 3 种色型玛咖的中甾醇的组成及量进行了分析,结果表明,3 种色型玛咖中均含有 β -谷甾醇和菜油甾醇,组成相同,但 3 种色型玛咖中的甾醇总量差异明显,白色玛咖的量最高。玛咖中还含有多糖、绿原酸^[21]、槲皮素^[22]、苯甲胺、3-甲氧基苯乙酸、苯乙酸、4-羟基-3-甲氧基-苯甲酸、烟酸、3,4-二羟基甲酸甲酯、腺苷、*L*-缬氨酸、胡萝卜苷^[6]。

2 药理作用

由于玛咖含有丰富的营养成分和多种活性成分,其在抗疲劳和耐缺氧、改善性功能和促生育、抗骨质疏松、抗前列腺增生、抗氧化、抗抑郁以及抗肿瘤等方面具有显著的生物活性和保健价值,具有广泛的开发前景。

2.1 抗疲劳和耐缺氧

现代社会生活节奏快,工作压力大,加之环境问题,导致大多数人们处于亚健康状态,易疲劳,免疫力下降,因此,对于保健品的需求日益增强。玛咖由于其在抗疲劳方面的显著作用,近年来以玛咖为原料的保健品备受青睐。玛咖在抗疲劳和耐缺氧方面的研究也较集中。沈维治等^[23]采用小鼠负重游泳实验,对玛咖的抗疲劳作用进行研究,结果表明,玛咖粉(1.00、0.30、0.03 g/kg) ig 给药可显著延长健康小鼠的负重游泳时间,0.03 g/kg 剂量组能显著降低血乳酸量,0.30 g/kg 剂量组能显著降低血清尿素氮的量,显著增加血红蛋白和肝糖原的量,1.00 g/kg 组能显著增加血红蛋白和肝糖原的量,说明玛咖对健康小鼠具有显著的抗疲劳作用。文金隆等^[24]采用环磷酸腺苷诱导小鼠免疫低下、小鼠负重游泳和常压缺氧实验,研究云南栽培玛咖的非特异性免疫、抗疲劳、耐缺氧功能,结果表明,3 种色型(紫、白、黄)玛咖(5.0 g/kg) ig 给药均能提高免疫低下小鼠的单核巨噬细胞吞噬能力,均能明显延

长小鼠负重游泳时间, 其中紫玛咖的延长率最高, 黄玛咖次之, 白玛咖最弱; 紫、黄玛咖均能明显提高小鼠常压耐缺氧时间, 紫玛咖的延长率最高, 黄玛咖次之。云南栽培的 3 种色型玛咖功效与相关文献报道的秘鲁玛咖相似。赵裕虎等^[25]采用大强度耐力训练大鼠模型研究玛咖对运动训练大鼠睾酮及相关激素和抗疲劳能力的影响, 结果显示, 与运动组比较, 玛咖各剂量 (0.2、0.4、1.2 g/kg) 组体质量明显升高, 力竭游泳时间明显延长, 血清睾酮与皮质酮比值变化与睾酮变化较为一致, 血清睾酮水平明显提高, 血清睾酮水平显著升高, 提示玛咖是通过纠正由于运动导致的下丘脑-垂体-性腺轴功能的紊乱, 有效预防血清睾酮水平的降低, 进而增强抗疲劳能力。

2.2 改善性功能和促生育

玛咖在性功能低下和不孕不育方面也显示出潜在保健功能。曹东等^[26]通过雄性小鼠性行为实验研究丽江产玛咖不同提取物 ig 给药对小鼠性行为及性激素的影响, 结果表明, 丽江玛咖正丁醇和水提取物 (13 g/kg) 均能显著增强雄性小鼠的性行为, 但不影响雄性小鼠血清睾丸酮、雌二醇水平, 说明其增强性行为的作用与调节性激素无关。Cicero 等^[27]通过测试缺乏性经验的雄性大鼠的性欲表现来研究玛咖对性功能的影响, 结果表明, 玛咖己烷提取物能够显著缩短交配潜伏期和交配间隔, 显著增加交配次数, 氯仿和甲醇提取物能显著提高捕捉频率, 氯仿提取物显著提高爬上潜伏期, 且己烷提取物比氯仿和甲醇提取物的作用显著。

Gasco 等^[28]通过检测大鼠精子数, 研究玛咖对生育功能的影响, 并对玛咖进行了毒性评价。结果显示, 黄色和黑色玛咖水提物 (1 g/kg) 能够增加附睾的精子数和输精管的精子计数, 但不影响每天精子的生成, DNA 水平不受玛咖治疗的影响, 未表现出肝毒性。Gonzales 等^[29]研究表明 ig 黑玛咖水提物 (2 g/kg) 能够增加大鼠的精子数, 表现出提高生殖功能。Uchiyama 等^[30]通过测试雌性大鼠血清促黄体激素水平研究玛咖的促生育作用。结果表明, 50% 玛咖粉能显著提高发情前期雌性大鼠血清促黄体水平和卵泡中促卵泡激素, 表现出显著的促生育功能。

2.3 抗骨质疏松

赵云等^[31]通过大鼠骨质疏松模型研究玛咖对维甲酸诱导的骨质疏松症的影响, 结果显示 ig 玛咖块根的 95% 乙醇提取物 3 个剂量 (0.12、0.24、0.48 g/kg)

均能够有效改善维甲酸引起的骨小梁稀疏、断裂及骨小梁间距变宽等现象, 升高骨密度, 降低碱性磷酸酶及抗酒石酸酸性磷酸酶活性并能显著升高雌二醇水平 ($P < 0.05$), 表现出雌激素样作用, 但具体机制有待进一步证实。Zhang 等^[32]采用切除卵巢骨质疏松大鼠模型研究玛咖的抗骨质疏松作用, 结果表明, ig 高剂量 (0.24 g/kg) 的玛咖乙醇提取物能够有效地预防雌激素缺乏导致的大鼠骨质流失。

2.4 抗前列腺增生

Gonzales 等^[33]通过睾酮诱导的大鼠前列腺增生模型研究玛咖的抗前列腺增生作用, 结果显示, 红色玛咖能够显著减小睾酮诱导的前列腺增生大鼠模型的前列腺大小和降低锌的水平, 表现出抗前列腺增生作用。Gonzales 等^[34]进一步研究了玛咖抗前列腺增生的作用, 红色玛咖能够通过调节前列腺基质水平, 降低前列腺质量, 减少前列腺间质面积 1.42 倍, 具有抗成年小鼠前列腺增生作用。

2.5 抗氧化

孙晓东等^[35]通过二苯基苦肼基自由基 (DPPH·)、羟自由基 ($\cdot\text{OH}$)、超氧阴离子自由基清除实验对丽江产玛咖多糖体外的抗氧化作用进行了研究, 结果表明玛咖多糖对 DPPH· 的清除活力随多糖浓度的增加而增强。当多糖质量浓度为 8 mg/mL 时, 玛咖多糖对 DPPH· 清除率可达到 61.32%。玛咖多糖对 $\cdot\text{OH}$ 的清除能力较弱, 浓度增加到 10 mg/mL 时, 对 $\cdot\text{OH}$ 自由基的清除率为 46.73%。玛咖多糖对超氧阴离子自由基清除率均随浓度的增加而增大, 即有一定的剂量效应关系。周意等^[36]研究表明, 玛咖多糖高剂量 (0.24 g/L) 组能延长果蝇平均寿命及最高寿命, 中、高剂量 (0.03、0.08 g/L) 组能延长过氧化氢和百草枯急性氧化损伤下果蝇的存活时间, 各剂量组均能提高超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化氢酶 (CAT) 的活性, 降低脂褐素水平, 通过提高果蝇的抗氧化能力, 抑制脂质过氧化, 延长果蝇寿命。

2.6 其他

玛咖还具有益智和抗抑郁作用以及抗肿瘤作用。Rubio 等^[37]研究表明黑玛咖对去卵巢大鼠的学习记忆能力表现出明显的促进作用, 通过小鼠强迫游泳实验表明各色型 (黄、红、黑) 玛咖具有显示抗抑郁活性。Bai 等^[38]通过体外细胞实验发现玛咖黄酮类成分苜蓿素 4'-O-[苏- β -愈创木基-(7'-甲基)-甘油基]醚、苜蓿素、香草酸 4- β -D-葡萄糖苷对 HL-60 细胞有选择性抑制活性, IC_{50} 分别是 40.4、52.0、

52.1 μmol/L。

3 质量评价

目前玛咖的质量评价相对单一，主要是通过某一种分析方法对某一成分或某类成分进行测定，包

括玛咖烯和玛咖酰胺、芥子油苷、挥发油、甾醇和生物碱等成分；分析方法主要有 HPLC、HPLC-MS、GC-MS、柱前衍生化 HPLC 等，玛咖的主要质量评价方法见表 1。

表 1 玛咖的质量评价方法

Table 1 Quality evaluation method of *L. meyenii*

| 成分 | 方法 | 结果 | 文献 |
|--------------|------------|--|----|
| 玛咖烯和 玛咖酰胺 | HPLC | 酰胺 1、2、3 分别在 0.88~132、0.85~128、0.96~144 μg/mL 线性关系良好； 酰胺 1、2 的平均回收率 RSD 均 < 2% | 39 |
| | HPLC-MS | 分离出 14 种玛咖烯和玛咖酰胺，3 个不同品种的玛咖中玛咖烯和玛咖酰胺的 量不完全相同，云南产的黑色玛咖的量最高 | 5 |
| 芥子油苷 | LC-MS | 不同色型玛咖的主要芥子油苷组分相同，在玛咖叶片、块根、须根 3 个不同 部位量差别很大，须根中量高于主根，主根中高于叶片 | 11 |
| 挥发油 | GC-MS | 共分离出 70 个峰，鉴定了其中 27 个化学成分，已鉴定成分占挥发油总量的 99.82% | 40 |
| 甾醇 | GC-MS | 3 种色型玛咖中含有相同的甾醇类化合物；白色玛咖的甾醇量及总量均最高， 白、紫、黄玛咖中的甾醇总量分别是 0.366 0、0.323 8、0.279 7 mg/g | 16 |
| 氨基酸 | 柱前衍生化 HPLC | 玛咖地上部分至少含 17 种氨基酸，氨基酸总量为玛咖地上部分的 28.67%， 其中有 7 种人体必需氨基酸 | 18 |
| 生物碱 | 酸性染料比色法 | 紫、色、黄 3 种色型玛咖的总生物碱量分别为 4.407 8、2.919 3、2.224 1 mg/g | 15 |

4 结语

玛咖含有丰富的营养成分和具有多种生物活性的次级代谢产物，玛咖烯和玛咖酰胺被认为是玛咖特有的标志性物质，这两种物质被推测是玛咖抗疲劳和增强性功能的主要活性物质。玛咖具有多方面的药理作用，如抗疲劳、抗氧化、改善性功能等，这些都预示着玛咖在保健品和药用方面具有广阔的开发前景。

目前，市场上玛咖保健品十分丰富，主要有玛咖酒、玛咖咖啡、玛咖胶囊、玛咖片、玛咖粉，质量控制方法基本上都是以单一成分或某一类成分（如玛咖酰胺、氨基酸等）为指标进行质量控制，但玛咖成分种类繁多，且不同的成分发挥了玛咖的不同药理作用，只以某个成分或某类成分为指标的评价方法不能完全评价玛咖的质量。今后可通过建立不同色型玛咖的化学成分指纹图谱，并与不同药理实验模型进行关联，建立谱效关系，得到各成分对玛咖药理作用的贡献度，从而揭示玛咖发挥药理作用的物质基础，为保障及其相关产品的质量提供依据。

参考文献

[1] 余龙江, 金文闻, 李 为, 等. 南美植物玛咖的研究进展 [J]. 中草药, 2003, 34(2): 197-199.

[2] 李 磊, 周昇昇. 玛咖的食品营养与安全评价及开发前景 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 376-378.

[3] 刘跃金, 王钰楠, 冯鸿雁, 等. *N*-苜基十六碳酰胺与玛咖醇提物小鼠抗疲劳作用 [J]. 中国公共卫生, 2015, 31(1): 92-93.

[4] Zheng B L, He K, Kim C H, *et al.* Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats [J]. *Urology*, 2000, 55(4): 598-602.

[5] 朱财延, 李炳辉, 罗成员, 等. 高效液相色谱 - 质谱法分析植物玛咖中的玛咖烯和玛咖酰胺 [J]. 分析仪器, 2014(5): 44-49.

[6] 郑 茜, 张庆贺, 卢 丹, 等. 吉林产玛咖的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(17): 2457-2460.

[7] Li G Y, Ammermann U, Quirós C E. Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacon) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products [J]. *Econ Bot*, 2001, 55(2): 255-262.

[8] Flores H E, Walker T S, Guimaraes R L, *et al.* Andean root and tuber crops: underground rainbows [J]. *Hort Sci*, 2003, 38(2): 161-168.

[9] Piacente S, Carbone V, Plaza A, *et al.* Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.) [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(20): 5621-5625.

[10] Dini I, Tenore G C, Dini A. Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*) [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2002, 30(11):

- 1087-1090.
- [11] 艾中, 程爱芳, 孟际勇, 等. 国产玛咖芥子油苷的组分分析和含量测定 [J]. 食品科技, 2012, 37(4): 182-186.
- [12] 甘瑾, 冯颖, 张弘, 等. 三种色型玛咖芥子油苷组分及含量分析 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(7): 1365-1371.
- [13] Cui B, Zheng B L, He K, *et al.* Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii* [J]. *J Nat Prod*, 2003, 66(8): 1101-1103.
- [14] Muhammad I, Zhao J P, Dunbar D C, *et al.* Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca' [J]. *Phytochemistry*, 2002, 59(1): 105-110.
- [15] 甘瑾, 冯颖, 何钊, 等. 云南栽培3种颜色玛咖中总生物碱含量分析 [J]. 食品科学, 2010, 31(24): 415-419.
- [16] 孟倩倩, 曾晓鹰, 杨叶坤, 等. 云南丽江栽培玛咖的挥发性成分分析 [J]. 精细化工, 2013, 30(4): 442-446.
- [17] 张鸣关, 刘品华, 汪帆. 云南玛咖地上部分氨基酸含量的测定 [J]. 贵州农业科学, 2014, 42(12): 56-59.
- [18] 冯颖, 何钊, 徐珑峰, 等. 云南栽培玛咖的营养成分分析与评价 [J]. 林业科学研究, 2009, 22(5): 696-700.
- [19] 彭珍华, 杨凡, 王仕兴, 等. ICP-MS同时测定玛咖中16种稀土元素的研究 [J]. 现代仪器与医疗, 2013, 19(2): 67-69.
- [20] 甘瑾, 冯颖, 张弘, 等. 三种色型玛咖甾醇组分及含量分析 [J]. 林业科学研究, 2013, 26(1): 129-132.
- [21] 丁晓丽, 赵丽凤, 买买提吐尔逊, 等. 帕米尔高原玛咖中绿原酸及其他营养成分分析 [J]. 山东大学学报: 理学版, 2014, 49(5): 16-19.
- [22] 丁晓丽, 楚刚辉, 李慧. 高效液相色谱法测定帕米尔高原玛咖中槲皮素的含量 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(6): 2660-2662.
- [23] 沈维治, 邹宇晓, 林光月, 等. 玛咖抗疲劳作用及活性组分研究 [J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(7): 721-726.
- [24] 文金隆, 何芳雁, 韩春妮, 等. 云南引种玛咖对小鼠非特异性免疫, 抗疲劳, 耐缺氧功能的影响 [J]. 云南中医学院学报, 2012, 35(5): 4-7.
- [25] 赵裕虎, 曹建民, 郭娟, 等. 玛咖对运动训练大鼠睾酮及相关激素和抗疲劳能力的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(23): 164-168.
- [26] 曹东, 薛润光, 顾鉴秋. 丽江玛咖不同提取物对小鼠性行为及性激素的影响 [J]. 云南中医中药杂志, 2012, 33(9): 53-54.
- [27] Cicero A F, Piacente S, Plaza A, *et al.* Hexanic maca extract improves rat sexual performance more effectively than methanolic and chloroformic maca extracts [J]. *Andrologia*, 2002, 34(3): 177-179.
- [28] Gasco M, Aguilar J, Gonzales G F. Effect of chronic treatment with three varieties of *Lepidium meyenii* (Maca) on reproductive parameters and DNA quantification in adult male rats [J]. *Andrologia*, 2007, 39(4): 151-158.
- [29] Gonzales G F, Nieto J, Rubio J, *et al.* Effect of black maca (*Lepidium meyenii*) on one spermatogenic cycle in rats [J]. *Andrologia*, 2006, 38(5): 166-172.
- [30] Uchiyama F, Jikyo T, Takeda R, *et al.* *Lepidium meyenii* (Maca) enhances the serum levels of luteinising hormone in female rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(2): 897-902.
- [31] 赵云, 许旭东, 盖雅婷, 等. 玛咖对维甲酸诱导的骨质疏松症的抑制作用 [J]. 中药药理与临床, 2014, 30(3): 98-101.
- [32] Zhang Y, Yu L, Ao M, *et al.* Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii* Walp. on osteoporosis in ovariectomized rat [J]. *J Ethnopharmacol*, 2006, 105(1/2): 274-279.
- [33] Gonzales C, Leiva-Revilla J, Rubio J, *et al.* Effect of red maca (*Lepidium meyenii*) on prostate zinc levels in rats with testosterone-induced prostatic hyperplasia [J]. *Andrologia*, 2012, 44(Suppl 1): 362-369.
- [34] Gonzales G F, Gasco M, Malheiros-Pereira A, *et al.* Antagonistic effect of *Lepidium meyenii* (red maca) on prostatic hyperplasia in adult mice [J]. *Andrologia*, 2008, 40(3): 179-185.
- [35] 孙晓东, 唐辉, 杜萍, 等. 丽江玛咖的营养成分分析及多糖体外的抗氧化作用 [J]. 光谱实验室, 2013, 30(5): 2365-2371.
- [36] 周意, 栾洁, 刘玉香, 等. 玛咖多糖对果蝇的抗衰老作用 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(18): 151-154.
- [37] Rubio J, Caldas M, Dávila S, *et al.* Effect of three different cultivars of *Lepidium meyenii* (Maca) on learning and depression in ovariectomized mice [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2006, 6: 23.
- [38] Bai N, He K, Roller M, *et al.* Flavonolignans and other constituents from *Lepidum meyenii* with activities in anti-inflammation and human cancer cell lines [J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(9): 2458-2463.
- [39] 朱颖秋, 邓小宽, 沈洋, 等. 不同产地玛咖中酰胺含量分析 [J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(12): 1982-1985.
- [40] 冷蕾, 于森, 刘金平, 等. 吉林产玛咖根茎挥发油的GC-MS分析 [J]. 中国医药指南, 2012, 10(24): 43-45.