

玛咖的研究进展

许敏^{1,2}, 徐丽¹, 宋晖¹, 马清³, 张译¹, 杨崇仁^{1,2*}

(1. 云南现代民族药工程技术研究中心, 昆明 650101; 2. 中国科学院昆明植物研究所西部植物化学与植物资源可持续利用国家重点实验室, 昆明 650201; 3. 昆明玛咖生物科技有限公司, 昆明 650011)

摘要: 玛咖(*Lepidium meyenii* Walp) (Maca)为十字花科独行菜属一年生或两年生草本植物, 原产海拔3500~4500 m的南美安第斯山区, 为当地常用蔬菜。我国本世纪初引种以来种植面积不断扩大, 云南为主要种植地区。玛咖含有丰富的蛋白质、碳水化合物、脂肪酸、纤维、维生素和矿物质含量, 具有较高的营养价值, 有“南美人参”之誉。此外, 玛咖含有玛咖酰胺、玛咖烯、生物碱、芥子油苷、甾醇和类固醇等主要次生代谢物。药理活性研究表明, 玛咖具有抗疲劳、增强免疫力、提高生育力、抗炎症、抗癌、抗氧化、抗病毒、降血压、缓解抑郁和治疗女性更年期综合征等多种作用。前期大量文章已对玛咖的化学成分和生理活性研究进展进行综述。本文对玛咖的安全性评价、玛咖成分的检测方法以及以不同色型玛咖的成分比较分析研究概况进行综述。

关键词: 玛咖; 安全性评价; 检测方法; 成分比较分析

Research advances on Maca

XU Min^{1,2}, XU Li¹, SONG Hui¹, MA Qing³, ZHANG Yi¹, YANG Chong-Ren^{1,2*}

(1. Center for Drug Discovery & Technology Development of Yunnan Traditional Medicine, Kunming 650101, China; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 3. Kunming Li Ma Biological Technology Co. Ltd., Kunming 650011, China)

ABSTRACT: Maca (*Lepidium meyenii* Walp), an annual or biennial herb of Brassicaceae family, is native in the South American Andean mountain, especially above sea level to the altitude 3500~4500 m. Maca has been used as vegetable by the local people. Since the beginning of this century, Maca was introduced into China at the beginning of this century. Up to now, Maca has been planting widely in Yunnan province of China. Maca riches in proteins, carbohydrates, fatty acids, fibers, vitamins and mineralizes. It has high nutritional value as well as some secondary metabolites, such as macamides, macaenes, alkaloids, glucosinolates and steroids. It is reported that Maca has many biological activates, such as anti-fatigue, immune enhancing, fertility improving, anti-inflammation, anti-cancer, anti-oxidation, anti-virus, blood pressure lowering and treatment of female climacteric syndrome. Research advances in chemical constituents and biological activity of Maca has already been reviewed in previous articles. The current article reviewed the research advances in safety evaluation and analyzing method of chemical constituents of Maca tubes, as well as analysis of chemical constituents of Maca tubes with different color.

基金项目: 云南省科技厅支持项目(13C26215305470)

Fund: Supported by Yunnan Provincial Science and Technology Department (13C26215305470)

*通讯作者: 杨崇仁, 研究员, 主要研究方向为中药资源和化学。E-mail: 1208558650@qq.com

*Corresponding author: YANG Chong-Ren, Professor, Center for Drug Discovery & Technology Development of Yunnan Traditional Medicine and State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. No. 132, Lanhei Road, Panlong District, Kunming 650201, China. E-mail: 1208558650@qq.com

KEY WORDS: Maca, safety evaluation, analysis method, analysis of chemical constituents

1 引言

玛咖(*Lepidium meyenii* Walp) (Maca)为十字花科独行菜属1年生或2年生草本植物,原产海拔3500~4500 m的南美安第斯山区,为当地常用蔬菜。玛咖营养成分丰富,为联合国世界粮农组织推荐的可食用的安全食品,我国2011年5月将玛咖列入食品新资源目录^[1,2]。我国本世纪初引种,云南为主要种植地区,种植规模不断扩大。玛咖含有丰富的蛋白质、碳水化合物、脂肪酸、纤维、维生素和矿物质,具有较高的营养价值,有“南美人参”之誉^[3]。此外,玛咖含有玛咖酰胺、玛咖烯、生物碱、芥子油苷、甾醇和类固醇等主要次生代谢物^[4-8],具有抗疲劳、增强免疫力、提高生育力、抗炎症、抗癌、抗氧化、抗病毒、降血压、缓解抑郁和治疗女性更年期综合征等多种作用^[2,9-23]。玛咖有白、黑、红、黄、紫等13种不同色型,不同色型玛咖中化学成分的含量有差别,如紫色玛咖中玛咖酰胺、玛咖烯及生物碱的含量高于其它色型,白色玛咖中芥子油苷和甾醇的含量高于其它色型^[24,25]。前期大量文献已对玛咖的化学成分和生理活性研究进展进行综述^[9-11,19]。本文对玛咖的安全性评价,玛咖成分的检测方法以及不同色型、不同部位和不同产地玛咖成分差异比较分析的研究概况进行综述。

2 玛咖的安全性

2.1 急性毒性

金文闻等按1.00、2.15、4.64和10.00 g/kg不同剂量,对每组10只小鼠灌胃给予玛咖干粉,连续观察7 d。研究结果表明,观察期间,各组动物均未发现有明显中毒反应,也无一例死亡,说明玛咖干粉对雌、雄性小鼠的半数致死剂量(LD₅₀,急性毒性)均大于10.00 g/kg。按急性毒性分级,玛咖干粉应属实际无毒物质^[26]。

田辉等也开展了2种性别的SPF级昆明种小鼠急性经口毒性试验,24 h累积2次灌胃总量为10 g/kg(相当于人群推荐日摄入量0.033 g/kg的300倍)。研究表明,2周内小鼠未显示明显中毒症状,无死亡,按急性毒性分级标准评价,玛咖细粉属实际无毒级^[27]。

2.2 慢性毒性

按低、中、高剂量组饲喂玛咖干粉13周,雌、雄性大鼠实际摄入受试物的量分别相当于人群推荐日摄入量的38、77、155倍和35、72、146倍。研究表明,实验过程中动物无死亡现象,无行为表现异常现象。玛咖干粉对大鼠的体重、进食量、食物利用率、白细胞分类、血常规均

没有显著影响。血生化指标检查结果显示,除中、高剂量组雌性大鼠的谷草转氨酶(AST)、高剂量组雌性大鼠总胆固醇(TCH)显著低于对照组外,其它各受试物剂量组大鼠血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、总蛋白(TP)、白蛋白(Alb)、葡萄糖(Glu)、尿素氮(BUN)、肌酐(Cr)、TCH、甘油三酯(TG)等生化指标均无显著性差异;脏器重量及脏/体比值也没有显著影响;病理组织学检查表明,正常对照组与高剂量组除少数肝、肾、肺组织切片可见可逆性改变外,其余被检查脏器均未见明显毒性所致的病理损伤^[1]。

田辉等的研究按低中高剂量组90 d喂养Wistar大鼠,研究结果表明血液学、生化学、脏器重量和系数以及病理组织学等指标无明显变化,未发现该受试物有明显的毒性作用^[27]。

2014年,Corazza等的研究表明滥用玛咖等食品作为性刺激剂,很有可能增加焦虑、产生幻觉、情志改变等精神障碍的风险,且有可能导致性功能障碍^[28]。

2.3 遗传毒性

小鼠经口Ames实验表明玛咖干粉无致突变性;小鼠骨髓微核实验表明玛咖干粉对小鼠体细胞染色体没有致突变作用;小鼠精子畸形实验表明玛咖干粉无致小鼠生殖细胞畸变作用^[26,27]。

3 玛咖成分分析方法的建立以及不同色型、不同产地和不同部位玛咖成分的比较分析

3.1 玛咖蛋白质、氨基酸、维生素及微量元素

玛咖干品含有丰富的蛋白质、氨基酸、脂肪、脂肪酸、糖类、矿物质、维生素等营养成分^[10,29]。

云南栽培玛咖含有16.7×10⁴ mg/kg的蛋白质、21.5×10⁴ mg/kg粗纤维、9.30%氨基酸、多种无机元素、多种维生素等营养成分。脂肪含量低,营养成分的种类与秘鲁玛咖类似。其中蛋白质、粗纤维、钙、铁、锌、V_C等成分的含量较高^[29,30-32]。

丽江产黄色、黑色、紫色和白色玛咖中氨基酸的含量分别为68.704、54.700、59.6256和51.600 mg/g;总蛋白的含量分别为19.10、8.90、10.24和10.69 mg/g;V_C的含量分别为0.6593、0.4944、0.5767和0.4122 mg/g。上述研究表明,丽江产黄色玛咖氨基酸、总蛋白和V_C的含量较黑色、紫色和白色玛咖为高^[25]。

丽江玛咖片和秘鲁玛咖片在营养组成和含量上基本相似。但丽江玛咖片在脂肪、铁元素含量上明显低于秘鲁,而在精氨酸含量和不饱和脂肪酸相对含量上高于秘鲁玛咖片(表1)^[33]。

表 1 玛卡片中营养成分和矿物质的含量
Table 1 Nutritional composition and mineral elements of Maca tablets

营养成分	含量 (g/100 g)		矿物元素种类	含量 (g/100 g)	
	丽江玛卡片	秘鲁玛卡片		丽江玛卡片	秘鲁玛卡片
水分	9.73	11.91	K	17.58	15.32
蛋白质	16.18	13.35	Na	23.08	19.62
脂肪	0.95	8.84	Ca	3460	2840
粗纤维	21.57	22.36	Mg	1310	1050
碳水化合物	47.49	39.30	Cu	0.95	0.53
灰分	4.08	4.24	Zn	2.80	1.22
V _C	0.36	0.40	Fe	1.02	11.71
			Se	0.02	未检出
			P	2700	2990
			Cr	0.02	0.04

苏丹等人采用柱前衍生-液相色谱法(RP-HPLC)对云南会泽引种玛咖中水解氨基酸与游离氨基酸的种类与含量进行了测定,发现玛咖中含有 18 种氨基酸,其中人体所必需的 8 种氨基酸占总氨基酸比例为 36.75%。同时用含量阈值比(ratio of content and taste threshold, RCT)来评价各种氨基酸对玛咖口感的贡献。研究发现玛咖中甜味氨基酸含量较高的为脯氨酸(34.96 g/kg),其 RCT 值为 11.65,是氨基酸中甜味贡献的主体;苦味氨基酸中精氨酸含量较高(9.17 g/kg),RCT 值高达 91.70;而谷氨酸和天冬氨酸构成了玛咖中氨基酸的鲜味味觉;玛咖中芳香族氨基酸中仅有 Cys 的 RCT 值大于 1,对玛咖的芳香果味有少量贡献。上述研究结果表明(见表 2),水解氨基酸与游离氨基酸的含量对玛咖的风味有一定的影响^[34]。

杨申明等采用电感耦合等离子体发射光谱仪测定玛咖玛咖中的微量元素(表 3),结果表明黄色的玛咖 Ca 含量高于紫色,而 P 含量略低于紫色玛咖, Mg、Fe 含量相差不大, Cu、Zn、Mn 的含量以紫色玛咖含量略高^[35]。

云南丽江产玛咖根茎部分的氨基酸种类与地上部分相似,但是根茎部分的氨基酸含量高于地上部分。总氨基酸含量,根茎部分为 15.10%,地上部分为 14.29%,然而从蛋白质营养评价上来说[必须氨基酸(EAA)与总氨基酸(TAA)之比],苏氨酸(Thr)、异亮氨酸(Ile)、赖氨酸(Lys)和亮氨酸(Leu)在化学评分体系(CS)和氨基酸评分(AAS)两种评分体系下地上部分优于根茎部分,并且差异极显著($P < 0.01$),地上部分必须氨基酸指数(EAAI)指数都优于根茎部分^[36]。

3.2 玛咖多糖

陈燕青等用硫酸-苯酚法测定,测定波长为 490 nm,通过正交试验设计选择得到玛咖多糖的最佳显色条件。测得玛咖多糖含量为 2.55%^[37]。

高大方等研究表明玛咖多糖的含量与其生态型有一定的关系,云南引种的不同生态型玛咖块根的总多糖含量为黄色(6.53%)、紫色(7.02%)、绿色(6.75%)、黑色(6.93%),根皮颜色越深,玛咖中可溶性多糖含量越高^[38]。

3.3 玛咖挥发油

金文闻等采用气质联用技术(GC-MS)对 4 种来源不同或者处理方式不同的玛咖以及与之容易混淆的 3 种植物(包括萝卜、人参和西洋参)进行挥发油的比较分析。结果表明玛咖挥发油谱图具有独特特征,主要特征峰为苯乙腈、苯甲醛和 3-甲氧基苯乙腈。而几种玛咖样品的图谱特征峰非常接近,仅在总含量上有 0.88%到 1.59%的波动。表明 GC-MS 的方法可用于玛咖的质量控制^[39]。

气相(GC)分析研究检测到了 32 种新疆玛咖根茎挥发油成分,其中硫氰酸苄酯、苯乙腈为主要成分,总挥发油含量为 1.72%^[40]。

单云等采用裂解-气相色谱-质谱方法对丽江产玛咖根茎的挥发油进行分析,鉴定出裂解产物 49 个,相对含量最高的是苯酚 6.274%,其次是肉豆蔻酸酯异丙酯 4.702%以及 2,3-二氢苯并呋喃 4.433%^[41]。

冷蕾等采用水蒸气蒸馏法提取吉林产玛咖挥发油,应用 GC-MS 共分离出 70 个峰,鉴定了其中 27 个化学成分,

表 2 玛卡片中氨基酸和脂肪酸的含量
Table 2 Amino acid content and fatty acid composition of Maca tablets

氨基酸	含量 (g/100 g)		脂肪酸	含量 (g/100 g)	
	丽江玛卡片	秘鲁玛卡片		丽江玛卡片	秘鲁玛卡片
脯氨酸(Pro)	5290	4460	亚油酸	22.08	3.02
精氨酸(Arg)	2960	600	亚麻酸	40.64	1.15
谷氨酸(Glu)	829	640	棕榈酸	20.22	29.38
天门冬氨酸(Asp)	752	550	棕榈油酸	0.50	未检出
赖氨酸(Lys)	662	340	油酸	2.58	1.14
缬氨酸(Val)	566	440	豆蔻酸	0.32	0.27
亮氨酸(Leu)	529	400	硬脂酸	1.71	62.86
甘氨酸(Gly)	462	330	月桂酸	0.78	未检出
苏氨酸(Thr)	418	270	十五烷酸	0.33	未检出
异亮氨酸(Ile)	408	290	十七烷酸	0.31	未检出
丝氨酸(Ser)	394	270	花生酸	未检出	0.58
苯丙氨酸(Phe)	392	370	不饱和脂肪酸	65.80	5.31
丙氨酸(Ala)	387	400	饱和脂肪酸	23.67	93.09
组氨酸(His)	265	150	亚油酸	22.08	3.02
酪氨酸(Tyr)	250	200			
胱氨酸(Cys)	106	90			
蛋氨酸(Met)	未检出	20			
氨基酸总量	14670	9620			

表 3 玛咖的微量元素比较分析
Table 3 Mineral elements of Maca samples

元素	样品 1# 丽江玛咖(黄色)	样品 2# 丽江玛咖(紫色)	样品 3# 楚雄玛咖(黄色)
Ca	3110	2810	2190
Mg	850	933	775
P	1690	1820	1630
Cu	4.41	9.36	17.93
Zn	17.00	28.05	34.25
Mn	10.95	20.65	17.45
Fe	384	369	579
Cr	-	-	-
Hg	-	-	-
Pb	-	-	-
As	-	-	-

其中主要成分为苯乙腈、3-甲氧基苯甲醛和正十六烷酸^[42]。

Jin 等通过 TLC 和 GC-MS 结合的方法检测市场中出售的玛咖精油主要成分为苯乙腈、3-甲氧基苯乙腈和苯甲醛^[43]。

应用 GC-MS 法从云南、西藏、新疆和四川玛咖中分别鉴定出 36、57、43 和 40 种脂溶性成分, 其中共有成分为 15 个, 说明产地不同, 玛咖的挥发性成分有一定差异^[44]。

云南丽江产玛咖水蒸气蒸馏法提取的挥发油的主要成分为苯腈(56.29%)、甲氧基乙醛(10.35%)。而石油醚浸出部分的挥发性主成分为 *t*-丁基苯醚(26.00%)、*N*-苄基-乙酰胺(23.47%)和苯二甲酸己辛酯(23.49%)。研究表明 *N*-苄基-乙酰胺可以作为丽江栽培玛咖中石油醚提取的特征成分之一^[45]。

3.4 芥子油苷

芥子油苷(glucosinolates)为玛咖主要次生代谢产物玛咖烯和玛咖酰胺的前体。芥子油苷可以采用改良的氯化钼比色法快速检测, 玛咖干根中芥子油苷含量为 1.92%, 商品化干粉仅为 0.13%。通过芥子油苷溶出-降解动力学曲线可以发现在传统的水提或者稀醇提取方法中, 玛咖中芥子油苷都有一定程度的损失, 但通过灭酶等工艺调整可以减小损失^[26]。

对不同颜色、不同地区玛咖及玛咖不同部位的芥子油苷和含量的比较研究表明, 不同玛咖样品的主要芥子油苷均以苄基芥子油苷和间-甲氧基苄基芥子油苷为主, 其中苄基芥子油苷占总含量约 75%。芥子油苷在不同颜色玛咖中含量差异较小。在玛咖叶片、块根、须根 3 个不同部位含量差别很大, 须根的高于主根, 主根的高于叶片。国内不同地区玛咖中芥子油苷含量有较大差别^[46]。

云南栽培的 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, 其中苄基芥子油苷含量均明显高于甲氧基苄基芥子油苷。紫色、黄色和白色玛咖鲜样中的总芥子油苷含量分别为 50.14、46.35 和 84.57 $\mu\text{mol/g}$, 自然干燥样品的总含量分别为 13.05、14.35 和 14.94 $\mu\text{mol/g}$, 而真空干燥样品含量分别只有 0.24、0.05、0.29 $\mu\text{mol/g}$ 。研究表明, 云南产白色玛咖的芥子油苷含量高于紫色和黄色。不同的干燥方法对芥子油苷的含量有显著影响^[24]。对玛咖不同部位芥子油苷的比较分析表明玛咖种子中芥子油苷的含量最高^[47]。

3.5 玛咖酰胺和玛咖烯衍生物

不同产地玛咖中玛咖酰胺含量差别较大。朱财延等采用 6224 液相色谱-飞行时间器串联质谱仪可以快速对玛咖中的玛咖烯和玛咖酰胺成分进行分析研究, 鉴定出 14 种玛咖烯和玛咖酰胺。对比分析 3 个不同品种的玛咖, 分析结果表明云南产黄色、黄褐色和黑色 3 种不同品种的玛咖中, 玛咖烯和玛咖酰胺总的相对含量分别为 7.24、9.75 和 10.55,

云南产黑色玛咖最高^[51]。朱颖秋等采用 HPLC 比较不同产地玛咖切片中玛咖酰胺含量, 分析结果显示丽江、香格里拉、会泽、攀枝花产玛咖中玛咖酰胺的含量分别 0.0874%、0.04%、0.0354%和 0.0839%, 云南丽江产的黑色玛咖中玛咖酰胺总的含量最高^[48]。

Ganzera 等建立了玛咖中 5 种主要玛咖酰胺和玛咖烯的 HPLC 定量检测方法, 比较分析了 9 种市面上的玛咖产品, 研究表明不同玛咖产品的 5 种主要的玛咖酰胺和玛咖烯的含量有显著差异, 变化范围在 0.15%~0.84%之间^[49]。

用液相-紫外-二级质谱联用(HPLC-UV-MS/MS)的分析方法对玛咖烯类衍生物进行定量分析, *n*-苄基十六烷酰胺(*n*-benzylhexadecanamide)为内标物。研究表明, 玛咖烯在玛咖干样中的含量范围为 0.0016%~0.0123%^[50]。

3.6 生物碱类衍生物

滴定法检测结果表明云南省会泽产玛咖干根中总生物碱为 0.82%^[26]。

酸性染料比色法和酸碱滴定法研究表明云南产紫色、白色和黄色 3 种色型玛咖的总生物碱含量分别为 4.4078、2.9193、2.2241 mg/g。其中紫色玛咖的总生物碱含量最高, 并与相关文献测定的来源于秘鲁的玛咖干粉的总生物碱含量相近^[52-54]。

研究表明丽江产黄色、黑色、紫色和白色玛咖中, 黄色、黑色和紫色玛咖中总生物碱的含量较高, 其中又以黑色玛咖中的含量最高^[8]。

丽江产玛咖根茎和地上部分均含有较高的生物碱成分, 分别为 7.39、3.65 mg/g^[36]。

4 结 论

玛咖为安全性食品, 近年来成为国际上热销的保健食品之一, 具有多种对人体有益的重要营养物质和生理活性成分。前期的研究表明, 不同生态型和不同产地玛咖的化学成分显示了一定差异。紫玛咖和黑玛咖中玛咖酰胺和玛咖烯的含量高于白玛咖和黄玛咖。玛咖酰胺和玛咖烯的含量也与采收后的干燥过程相关。玛咖挥发油 GC-MS 谱图具有独特特征, GC-MS 的方法可用于玛咖挥发油的质量控制。综上所述, 有必要基于前期药理活性、化学成分、安全性评价和质量控制研究的基础上, 建立玛咖原料、玛咖后加工过程和玛咖食品的质量控制体系, 为市场上大量的玛咖产品提供质量保障。

参考文献

- [1] 徐俊, 余元涛, 侯凯翔, 等. 独行菜属植物玛咖(*Lepidium meyenii*)的微观形态研究[J]. 植物科学学报, 2014, 32(1): 1-7.
- Xu J, Yu YT, Hou KX, et al. Micromorphology Characters of Mac (*Lepidium meyenii*) [J]. Plant Sci J, 2014, 32(1): 1-7.
- [2] 余龙江, 金文闻, 吴元喜, 等. 玛咖的植物学及其药理作用研究概况[J].

- 天然产物研究与开发, 2002, 5: 71-74.
- Yu LJ, Jin WW, Wu YX, *et al.* A Survey of botany and pharmacological effects on Maca (*Lepidium meyenii* Walp, *Lepidium peruvianum* Chacon.) [J]. Nat Prod Res Dev, 2002, 5: 71-74.
- [3] 余龙江, 金文闻. 玛咖(*Lepidium meyenii*)干粉的营养成分及抗疲劳作用研究[J]. 食品科学, 2004(02): 164-166.
- Yu LJ, Jin WW. Nutrient components and anti-fatigue effect of Maca powder [J]. Food Sci, 2004, 2: 164-166.
- [4] Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, *et al.* Chemical composition of *Lepidium meyenii* [J]. Food Chem, 1994, 49 (4): 347-349.
- [5] Duarte DS, Dolabela MF, Salas CE, *et al.* Chemical characterization and biological activity of Macfadyena unguis-cati (Bignoniaceae) [J]. J Pharm Pharmacol, 2000, 52 (3): 347-352.
- [6] Tellez MR, Khan IA, Kobaisy M, *et al.* Composition of the essential oil of *Lepidium meyenii* (Walp) [J]. Abstracts of Papers, 222nd ACS National Meeting, Chicago, IL, United States, August 26-30, 2001, 2001: AGFD-062.
- [7] Muhammad I, Zhao J, Dunbar DC, *et al.* Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca' [J]. Phytochemistry, 2002, 59 (1): 105-110.
- [8] Cui B, Zheng BL, He K, *et al.* Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii* [J]. J Nat Prod, 2003, 66 (8): 1101-1103.
- [9] 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): 105-107.
- Yu LJ, Jin WW, Li W, *et al.* Research advances on Peruvian Maca [J]. Chin Trad & Herb Drugs, 2003, 34(2): 105-107.
- [10] 尹子娟, 杨成金, 尹品耀, 等. 玛咖的营养成分及功效研究进展[J]. 云南农业科技, 2012, 5: 61-64.
- Yin ZJ, Yang CJ, Ying PY, *et al.* Research progress on nutritional composition and functioning of Maca [J]. Yunnan Agric Technol, 2012, 5: 61-64.
- [11] 兰玉倩, 王玲, 张之会. 玛咖研究进展[J]. 北京农业, 2013, 30: 47.
- Lan YQ, Wang L, Zhang ZH. Research advances on Maca [J]. Beijing Agric, 2013, 30: 47.
- [12] Zhao J, Muhammad I, Dunbar DC, *et al.* New alkamides from maca (*Lepidium meyenii*) [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53 (3): 690-693.
- [13] Cicero AF, Bandieri E, Arletti R. *Lepidium meyenii* Walp improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity [J]. J Ethnopharmacol, 2001, 75 (2-3): 225-229.
- [14] Gonzales GF, Cordova A, Gonzales C, *et al.* *Lepidium meyenii* (Maca) improved semen parameters in adult men [J]. Asian J Androl, 2001, 3 (4): 301-303.
- [15] Gonzales GF, Cordova A, Vega K, *et al.* Effect of *Lepidium meyenii* (MACA) on sexual desire and its absent relationship with serum testosterone levels in adult healthy men [J]. Andrologia, 2002, 34 (6): 367-372.
- [16] 张永忠, 余龙江, 金文闻, 等. 玛咖多糖抗氧化保健作用研究[J]. 食品科技, 2005, 8: 97-99.
- Zhang YZ, Yu LJ, Jin WW, *et al.* Study on antioxidative activity of polysaccharide from maca (*Lepidium meyenii* walp.) *in vitro* [J]. Food Sci Technol, 2005, 8: 97-99.
- [17] 余龙江, 张永忠, 金文闻, 等. 玛咖醇提取物对小鼠的抗衰老作用[J]. 中草药, 2006(01): 81-83.
- Yu LJ, Zhang YZ, Jin WW, *et al.* Anti-senility effect of ethanol extract in rhizome of *Lepidium meyenii* in mice [J]. Chin Trad & Herb Drugs, 2006, 37(1): 81-83.
- [18] 张永忠. 玛咖对更年期综合征及骨质疏松的实验研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- Zhang YZ. Experimental study of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) on menopause syndrome and osteoporosis [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [19] 肖伟, 彭勇, 许利嘉, 等. 秘鲁特产药用植物玛咖研究的新进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2007, 9(3): 102-106.
- Xiao W, Peng Y, Xu LJ, *et al.* Recent advances in study of Peruvian *Lepidium meyenii* (Maca) [J]. World Sci Technol Mode Trad Chin Med Mate Med, 2007, 9(3): 102-106.
- [20] Pino-Figueroa A, Nguyen D, Maher TJ. Neuroprotective effects of *Lepidium meyenii* (Maca) [J]. Ann NY Acad Sci, 2010, 1199: 77-85.
- [21] Shirwaikar A, Khan S, Kamariya YH, *et al.* Medicinal plants for the management of post menopausal osteoporosis: a review [J]. Open Bone J, 2010, 2: 1-13.
- [22] Lee MS, Shin BC, Yang EJ, *et al.* Maca (*Lepidium meyenii*) for treatment of menopausal symptoms: A systematic review [J]. Maturitas, 2011, 70 (3): 227-233.
- [23] Del Valle MJ, Pumarola T, Gonzales LA, *et al.* Antiviral activity of maca (*Lepidium meyenii*) against human influenza virus [J]. Asian Pac J Trop Med, 2014, 7S1: S415-420.
- [24] 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.
- Gan J, Feng Y, Zhang H, *et al.* Analysis on composition and content of glucosinolate in 3 color types of Maca (*Lepidium meyenii*) [J]. Scientia Agric Sinica, 2012, 45(7): 1365-1371.
- [25] 曾雪燕. 丽江产不同品种玛咖中四类化学成分含量的分析[D]. 大理: 大理学院, 2014.
- Zeng XY. Analysis of the chemical components in 4 kinds of Maca produced in Lijiang [D]. Dali: Dali University, 2014
- [26] 金文闻. 药食两用植物玛咖(*Lepidium meyenii*)的功效物质研究[D]. 华中科技大学, 2007.
- Jin WW. Study on the functional factors of *Lepidium meyenii*, a plant with medicine and food characteristics [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2007.
- [27] 田辉, 樊柏林, 孙凡中, 等. 玛咖细粉毒理安全性实验研究[J]. 实验动物科学, 2007, 24(3): 6-11, 29.
- Tian H, Fang BL, Sun FZ, *et al.* Study on toxicity and safety of maca powder [J]. Lab Anim Sci, 2007, 24(3): 6-11, 29.
- [28] Corazza O, Schifano F, Martinotti G, *et al.* Sexual enhancement products for sale online: raising awareness of the psychoactive effects of yohimbine, Maca, horny goat weed, and Ginkgo biloba [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 798-841.
- [29] 杨晶明, 王竹, 杨月欣. 玛咖(Maca)干品营养成分分析与比较[J]. 中国食品卫生杂志, 2007(03): 201-205.
- Yang JM, Wang Z, Yang YX. Analysis and comparison of nutritional composition for Dried Maca [J]. Chin J Food Hygie, 2007, 19(3): 201-205.
- [30] 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.
- Feng Y, He Z, Xu LF, *et al.* Nutritive elements analysis and evaluation of Maca (*Lepidium meyenii*) cultivated in Yunnan [J]. Forest Res, 2009, 22(5): 696-700.
- [31] 杜萍, 单云, 孙卉, 等. 云南玛咖营养成分分析[J]. 食品科学, 2010,

- 31(24): 345–347.
- Du P, Shan Y, Sun H, *et al.* Nutritional compositions in fruit of maca (*Lepidium meyenii* Walp.) cultivated in Yunnan [J]. Food Sci, 2010, 31(24): 345–347.
- [32] 王未, 毛日文, 赵婷, 等. 玛咖营养成分分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 285–286.
- Wang W, Mao RW, Zhao T, *et al.* Analysis of nutritional compositions in Maca [J]. Jiangsu Angri Sci, 2013, 41(4): 285–286.
- [33] 孙晓东, 杜萍, 单云, 等. 丽江玛卡片和秘鲁玛卡片营养成分对比分析和评价[J]. 食品科学, 2011, 32(19): 214–216.
- Sun XD, Du P, Shan Y, *et al.* Comparative analysis and evaluation of nutritional composition of 2 types of maca tablets [J]. Food Sci, 2011, 32(19): 214–216.
- [34] 苏丹, 朱伟伟, 王齐, 等. 云南会泽引种玛卡中氨基酸组成与含量对营养与风味的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2013, (07): 940–944.
- Su D, Zhu WW, Wang Q, *et al.* The Effect of amino acid composition and content on the nutritive value and flavor of Maca from Yunnan Huize [J]. Nat Prod Res Dev, 2013, 25(7): 940–944.
- [35] 杨申明, 张蒙, 汪启莲, 等. ICP-AES 测定玛咖中微量元素的含量[J]. 微量元素与健康研究, 2015, 32(1): 26–27.
- Yang SM, Zhang M, Wang QL, *et al.* Determination of trace elements in of Maca Nationality's medicine by ICP - AES [J]. Stud Trace Eleme & Health, 2015, 32(1): 26–27.
- [36] 张维, 张铁, 王伟伟, 等. 云南种植玛咖不同部分化学成分和抗氧化活性分析[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(6): 813–818, 823.
- Zhang W, Zhang T, Wang WW, *et al.* Chemical composition and antioxidant activity analysis of different parts of maca cultivated in Yunnan [J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26(6): 813–818, 823.
- [37] 陈燕青, 陈思浩, 丁德润. 玛咖多糖含量的测定[J]. 食品科技, 2007, 2: 231–233.
- Chen YQ, Chen SH, Ding DR. Determination of polysaccharide in Maca [J]. Food Sci Tech, 2007, 2: 231–233.
- [38] 高大方, 张泽生. 不同生态型云南引种玛咖的多糖含量及多糖纯化工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(36): 17756–17757.
- Gao DF, Zhang ZS. Comparison of polysaccharides content in different eco-types of maca cultivated in Yunnan and the purification process of polysaccharides in Maca [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 40(36): 17756–17757.
- [39] Jin WW, Xiong Y, Yu LJ. Identification and quality evaluation of *Lepidium meyenii* (Maca) based on gas chromatographic analysis of its essential oils from roots [J]. Agric Sci Tech, 2006, 7(3): 2–9.
- [40] 金文闻, 王晴芳, 李硕, 等. 新疆产玛咖的挥发油成分研究[J]. 食品科学, 2009, 30(12): 241–245.
- Jin WW, Wang QF, Li S, *et al.* GC-MS analysis of chemical components of essential oil from *lepidium meyenii* grown in xinjiang area [J]. Food Sci, 2009, 30(12): 241–245.
- [41] 单云, 孙晓东, 杜萍, 等. 丽江产玛卡根茎裂解-气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 244–247.
- Shan Y, Sun XD, Du P, *et al.* Pyrolysis-GC-MS determination of chemical composition of *Lepidium meyenii* (Maca) root from Lijiang [J]. Food Sci, 2011, 32(24): 244–247.
- [42] 冷蕾, 于淼, 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.
- Leng L, Yu M, Liu JP, *et al.* GC-MS analysis of components of volatile oil from *Lepidium meyenii* in Jilin [J]. Guide of China Med, 2012, 10(24): 43–45.
- [43] Jin W, Zhang Y, Mei S, *et al.* Identification of *Lepidium meyenii* (Walp.) based on spectra and chromatographic characteristics of its principal functional ingredients [J]. J Sci. Food Agric, 2007, 87 (12): 2251–2258.
- [44] 王江瑞, 郭力, 许莉, 等. 不同产地玛卡脂溶性成分 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2014, 37(11): 2026–2029.
- Wang JR, Guo L, Xu L, *et al.* GC-MS analysis of components of volatile oil from *Lepidium meyenii* in different distribution [J]. J Chin Med Mat, 2014, 37(11): 2026–2029.
- [45] 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.
- Meng QQ, Zeng XY, Yang YK, *et al.* Differences of the main compounds of essential oils extracted from *Lepidium meyenii* Walpers cultivated in Yunnan with different solvents [J]. Fine Chem, 2013, 30(4): 442–446.
- [46] 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.
- Ai Z, Cheng AF, Meng JY, *et al.* Analysis of chemical components and content of glucosinolate from domestic Maca [J]. Food Sci Tech, 2012, 37(4): 182–186.
- [47] Li G, Ammermann U, Quiros CF. Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacon) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products[J]. Econ. Bot., 2001, 55 (2): 255–262.
- [48] 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.
- Zhu YK, Deng XK, Shen Y, *et al.* Determination of Macamides in *Lepidium meyenii* from different regions [J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26(12): 1982–1985.
- [49] Ganzera M, Zhao J, Muhammad I, *et al.* Chemical profiling and standardization of *Lepidium meyenii* (Maca) by reversed phase high performance liquid chromatography [J]. Chem. Pharm. Bull., 2002, 50 (7): 988–991.
- [50] McCollom MM, Villinski JR, McPhail KL, *et al.* Analysis of macamides in samples of Maca (*Lepidium meyenii*) by HPLC-UV-MS/MS [J]. Phytochem Anal, 2005, 16 (6): 463–469.
- [51] 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.
- Zhu CY, Li BH, Luo CY, *et al.* Analysis of macaenes and macamides in maca plant by high performance liquid chromatography-mass [J]. Anal Instru, 2014, 5: 44–49.
- [52] 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.
- Gan J, Feng Y, He Z, *et al.* Total alkaloids in maca (*Lepidium meyenii*) cultivated in Yunnan [J]. Food Sci, 2010, 31(24): 415–419.
- [53] 杜广香, 浦跃武. 酸性染料比色测定玛咖总生物碱含量的条件考察[J]. 广东农业科学, 2011, 5: 142–144.
- Du GX, Pu YW. Determination of total alkaloids in mac by acid dye colorimetry [J]. Guangdong Sci, 2011, 5: 142–144.
- [54] 卢馨, 刘文虎, 曾里, 等. 酸性染料比色法测定玛咖总生物碱含量的方法研究[J]. 食品工业, 2014, 35(1): 241–244.
- Lu X, Liu WH, Zeng L, *et al.* Determination of total alkaloids in mac by acid dye colorimetry [J]. Food Ind, 2014, 35(1): 241–244.

(责任编辑: 卢忆)

作者简介



许 敏, 副研究员, 博士, 主要研究方向为天然药物化学。
E-mail: xumin@mail.kib.ac.cn



杨崇仁, 研究员, 主要研究方向为中
药资源和化学。
E-mail: 1208558650@qq.com

“食品化学与营养”专题征稿函

食品中成分相当复杂, 有些成分是动、植物体内原有的; 有些是在加工过程、储藏期间新产生的; 有些是人为添加的; 有些是原料生产、加工或储藏期间所污染的; 还有的是包装材料带来的。食品营养是指人体从食品中所能获得的满足自身生理需要的必要的生物学过程, 而食品营养学是研究食物、营养与人体生长发育和健康的关系以及提高食品营养价值的措施。食品化学就是从化学的角度和分子水平上研究食品中化学成分的结构、理化性质、营养作用、安全性及可享受性, 以及各种成分在食品生产、食品加工和储藏期间的变化及其对食品营养性、享受性和安全性影响的科学, 为改善食品品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、改进食品包装、加强食品质量与安全控制及提高食品原料加工和综合利用水平奠定理论基础。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品化学与营养”专题, 由西南大学食品科学学院副院长, 西南大学“食品科学与工程”一级学科博士学位授权点、重庆市重点一级学科“食品科学与工程”和重庆市“食品科学与安全优秀教学团队”的带头人, 重庆市营养学会的副理事长, 重庆市营养学会营养与保健食品专业委员会的主任委员, 重庆市食品安全促进会专家委员会主任委员, 重庆市营养师协会副会长, 国家食品药品监督管理局保健食品审评专家 **阚建全 教授** 担任专题主编, 围绕 **食品中的营养成分、微量及添加成分、生理活性成分及以上各成分在食品加工、储藏过程中的次生物质的分离与分析, 食品加工、储藏和运销过程对食品化学成分的影响, 营养与膳食平衡、能量平衡、疾病防治的关系, 食品的营养素强化与功能性食品等方面**或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2015 年 10 月份出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及专题主编 **阚建全 教授** 特邀请您和您的团队为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 9 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与与支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部