

云南种植玛咖不同部分化学成分和抗氧化活性分析

张 维, 张 铁, 王伟伟, 王国宇, 王 斌*, 李晓军

杭州艺福堂茶业有限公司研发中心, 杭州 310052

摘要:以云南丽江产玛咖植物的可食用部分根茎部分和地上部分为原料,通过强酸水解,邻苯二甲醛(OPA)和9-芴甲基氯甲酸酯(FMOC)柱前衍生法测定氨基酸含量,测试了两部分醇提后的氯仿萃取液中生物总碱的含量,并对该萃取液的抗氧化活性进行了研究。结果表明:根茎部分的氨基酸构成与地上部分种类相似,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%,然而从营养评价上来说,Thr,Ile,Lys,Leu在CS和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EAAI指数都优于根茎部分;两个部分都含有较高的生物碱成分,根茎部分为7.39 mg/g,地上部分为3.65 mg/g,都具有清除DPPH·和·OH的能力,但同绿茶相比处于较低水平。该研究为玛咖可食用的根茎部分营养评价提供了依据,为地上部分的营养价值提供了数据基础,为玛咖的生物活性机制研究提供了参考。

关键词:玛咖;地上部分;营养评价;生物碱;抗氧化活性

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

Chemical Composition and Antioxidant Activity Analysis of Different Parts of Maca Cultivated in Yunnan

ZHANG Wei, ZHANG Tie, WANG Wei-wei, WANG Guo-yu, WANG Bing*, LI Xiao-jun

Research and Development Center, Hangzhou Efuton Tea Co., LTD, Hangzhou 310052, China

Abstract: The purpose of this study was to determine the protein, alkaloids content in the roots and aerial parts of Maca cultivated in Lijiang, Yunnan. Constituents and content of protein in both parts was analyzed by hydrolyzing in HCl and pre-column derivatization using OPA and FMOC as auxiliary reagents. Both parts were successively extracted by ethanol and chloroform. The alkaloids content and radical scavenging capacity of the extract was studied. The amino acid composition of both parts was similar. Total amino acid content in roots (15.10%) was higher than that of aerial parts (14.29%). However, Scores of Thr, Ile, Lys, Leu in FAO/WHO and Egg system showed that nutritive value of aerial parts was significant higher than that roots ($P < 0.01$). The chloroform extract of both roots and aerial parts showed radicals (DPPH· and ·OH) scavenging capacity, and had no significant correlation with content of alkaloids. The content of alkaloids in roots and aerial parts was 7.39 mg/g and 3.65 mg/g, the radicals scavenging capacity of both parts were much lower than that of green tea. This work will be a base for development of antioxidative functional food for aerial parts of Maca as well as for the further investigation on the mechanism of biological efficacy of Maca.

Key words: Maca; aerial parts; nutritional evaluation; alkaloids; antioxidant activity

玛咖 (*Lepidium meyenii* Walp., Maca) 为一年或两年生十字花科 (Brassicaceae) 独行菜属 (*Lepidium*) 草本植物,原产于海拔 3800~4800 m 的秘鲁安第斯山区^[1]。印第安人将其作为一种治疗贫血、肺结核、不育和疲劳的一种药物^[2]。20世纪90年代以来,玛咖的种植、应用和研究在日本、欧洲和美国

逐渐兴盛,初期对玛咖的研究主要集中于它作为食品的安全性、功效和种植上产量的提高;中国在21世纪初开始引进和种植玛咖,主要以云南和黑龙江等地为主,经过十多年的发展,云南丽江地区玛咖的种植面积和产量达到 175 hm² 和 780 t,分别占据全国的 90% 和 93%^[3]。玛咖能够改善性功能障碍,提高记忆力和学习的能力,减轻焦虑,医学研究表明,玛咖提取物能够增强精子活力,调节血清中的荷尔蒙分泌,降低血压等。玛咖的生理活性与其化学组成有着密切的关系,其中蛋白质和生物碱被认为是

收稿日期: 2014-02-20 接受日期: 2014-04-22

基金项目: 杭州市农业发展基金(97); 杭州市“雏鹰计划”(20121831K0155)

* 通讯作者 Tel: 86-571-87000057; E-mail: wangb@efuton.com

玛咖的主要功效成分。2011年,玛咖的根茎部分被批准为新资源食品以来,大量的玛咖应用产品和延伸性产品不断涌现,到目前为止,国内外对玛咖根茎部分和玛咖地上部分化学成分的分析对比较少。为了进一步研究其成分,本文选取产自云南丽江的玛咖根茎和地上部分为材料,分析对比了其化学成分氨基酸和生物总碱,并对其醇提取的体外抗氧化活性进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玛咖样品(包括根茎部分和地上部分两部分),经两个月的自然晒干,粉碎备用,水分含量分别为8.7%和9.9%,由丽江市古城区爱洛斯生物科技有限公司提供。

18种氨基酸对照品(天门冬氨酸 ASP、谷氨酸 Glu、丝氨酸 Ser、组氨酸 His、甘氨酸 Gly、苏氨酸 Thr、精氨酸 Arg、丙氨酸 Ala、酪氨酸 Tyr、胱氨酸 Cys、缬氨酸 Val、蛋氨酸 Met、色氨酸 Trp、苯丙氨酸 Phe、异亮氨酸 Ile、亮氨酸 Leu、赖氨酸 Lys、脯氨酸 Pro,浓度为2.5 mM),苦参碱购于中国食品药品检定研究院;邻苯二甲醛(OPA),9-芴甲基氯甲酸酯(FMOC),3-巯基丙酸(3-MPA),邻二氮菲购置于TCI Shanghai;表没食子儿茶素没食子酸丙酯(EGCG), $\geq 97\%$ (HPLC),二苯代苦味酰基自由基(DPPH)购置于Sigma;乙腈和甲醇均为色谱纯,美国TEDIA; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NaH_2PO_4 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、

30% H_2O_2 、硼酸钠、溴麝香草酚蓝、三氯甲烷等均为国产分析纯试剂。

1.2 仪器与设备

Agilent1220型高效液相色谱仪(Agilent, Eclipse-AAA 色谱柱 $4.6 \times 150 \text{ mm}$, $5 \mu\text{m}$); UV-2102PC型紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;高速电动离心机80-II(上海江星仪器有限公司);FE20k型梅特勒PH计;RE52AA型旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂);DHG-9140A型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 氨基酸的测定

样品预处理:取50 mg干燥玛咖样品,置于安剖瓶中,加入5 mL 6.0 mol/L盐酸,吹入氮气封口,在 $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$ 水解24 h,取1 mL水解液蒸干后用蒸馏水定容2 mL,溶液用 $0.22 \mu\text{m}$ 膜过滤,滤液为待检测样品。

一级氨基酸衍生试剂OPA:10 mg OPA粉末用0.1 mL的甲醇溶解后,加入0.9 mL的硼酸盐缓冲液,然后加入0.01 mL的3-MPA,混合均匀;二级氨基酸衍生试剂FMOC:浓度为2.5 mg/mL的FMOC乙腈溶液,采用自动进样混合柱前衍生。流动相组成为A:40 mM NaH_2PO_4 溶液($\text{pH} = 7.2$);B:乙腈(ACN):甲醇(MeOH):水(H_2O)的体积比为45:45:10;流速2 mL/min,柱温箱温度:40 $^\circ\text{C}$,一级氨基酸检测波长为338 nm,二级氨基酸检测波长为262 nm。梯度洗脱,洗脱程序见表1。

表1 氨基酸检测梯度洗脱和检测波长程序

Table 1 Gradient elution and detection wavelength program for detection of amino acids

时间 Time (min)	流动相 Mobile phase (v/v, %)		时间 Time (min)	检测波长 Detection wavelength (nm)
	A	B		
0.00	100	0	0	338
1.90	100	0	15.50	338
18.10	43	57	15.51	262
18.60	0	100	24.00	262
22.30	0	100	24.01	338
23.20	100	0	26.00	3.38
26.00	100	0		

1.3.2 生物总碱的测定

样品预处理:取玛咖样品,粉碎过200目筛,精确称取1.000 g,加入20 mL甲醇,超声提取1.5 h(或浸泡24 h),过滤,取提取液。如此重复2次,将

滤液合并,并低温浓缩为膏,用质量分数为2%的稀盐酸溶液洗涤浓缩膏,共洗涤3次,合并洗涤液,5000 rpm离心10 min,取酸液,用质量分数为10%的NaOH调至pH值为10.0,再用等体积氯仿萃取3

次,合并萃取液浓缩定容至 10 mL。

样品配置:溴麝香草酚蓝,精密称取溴麝香草酚蓝 0.125 g,溶解于 pH = 7.0 的磷酸盐缓冲液;苦参碱标准溶液,称取苦参碱对照品 10 mg,氯仿溶解并定容至 10 mL,制得浓度为 1 mg/mL 的苦参碱标准溶液。

样品测试:0.5 mL 的样品提取液加入 0.5 mL 的三氯甲烷,混合均匀,分别加入 5 mL 的溴麝香草酚蓝显色剂和 5 mL 的三氯甲烷,震荡 2 min,静止 2 h,取三氯甲烷层 4 mL,加入无水硫酸钠 0.2 g,摇匀

后静置 10 min,于 414 nm 比色。以氯仿代替样品为空白组。

1.3.3 体外抗氧化活性测试

DPPH · 清除率测定方法:如下表 2 中的添加方法,将各组试剂混合均匀,于室温避光反应 30 min,517 nm 下测定吸光值。DPPH · 清除率按照以下公式计算: $DPPH \cdot 清除率(\%) = [1 - (OD_{样品} - OD_{样参比}) / OD_{对照}] \times 100\%$,以茶叶中主要的儿茶素成分 EGCG 为样品阳性对照。

表 2 DPPH · 清除率测定方法

Table 2 Determination of the DPPH · scavenging rate

试剂 Reagent	空白管 Blank group	对照管 Control group	样品管 Sample group	样品参比管 Reference group
无水乙醇 Anhydrous ethanol (mL)	4	0.1	-	3.9
0.4mM DPPH · (mL)	-	3.9	3.9	-
样品 Sample (mL)	-	-	0.1	0.1

羟自由基 (·OH) 清除率测定方法:采用邻二氮菲-Fe²⁺ 和 Fenton 反应方法,如下表 3 中的添加方法,将各组试剂混合均匀,于 37 °C 恒温反应 60 min,

536 nm 下测试。·OH 清除率 (%) = $[1 - (OD_{样品} - OD_{样参比}) / OD_{对照}] \times 100\%$,以茶叶中主要的儿茶素成分 EGCG 为样品阳性对照。

表 3 羟自由基清除率测定方法

Table 3 Determination of ·OH scavenging rate

试剂 Reagent	空白管 Blank group	对照管 Control group	样品管 Sample group	样品参比管 Reference group
蒸馏水 Distilled water (mL)	4.4	0.6	0.6	0.6
pH = 7.4 PBS 缓冲液 PBS buffer (pH 7.4) (mL)	-	1.6	1.6	1.6
5 mM 邻二氮菲溶液 5 mMPhenanthroline (mL)	-	1	1	1
7.5mM FeSO ₄ 溶液 (mL)	-	0.4	0.4	0.4
样品 Sample (mL)	-	0.8	0.4	-
1% H ₂ O ₂ (mL)	-	-	0.4	0.8

1.4 蛋白质营养评价

蛋白质的营养价值 (E/T),必须氨基酸 (EAA) 与总氨基酸 (TAA) 之比。

$$E/T(\%) = \frac{\sum EAA_i}{\sum EAA_j} \times 100$$

式中,EAA_i 为单位被评价蛋白中必须氨基酸含量 (mg),TAA_j 为单位被评价蛋白中总氨基酸含量。

FAO/WHO 推荐的氨基酸评分 (AAS),化学评分 (CS) 和必须氨基酸指数 (EAAI)

$$AAS(\%) = \frac{AA_i}{AA_i(FAO/WHO)} \times 100$$

$$CS(\%) = \frac{AA_i}{AA_i(egg)} \times 100$$

$$EAAI(\%) = \left\{ \prod_{i=1}^n \left[\frac{EAA_i}{EAA_i(egg)} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} \times 100$$

式中,AA_i 为被单位评价蛋白中氨基酸含量 (mg),AA_i(FAO/WHO) 为 FAO/WHO 推荐模式的氨基酸单位含量 (学龄前儿童),AA_i(egg) 单位质量全鸡蛋蛋白同种氨基酸含量 (mg),n 为必须氨基酸种类数量。

1.5 半数清除率 IC₅₀

在 DPPH 自由基清除、邻二氮菲-Fe²⁺ 和 Fenton

反应体系中,自由基清除率达到 50% 的时对应的原料样品重量(g)为半数清除率(IC₅₀)。

1.6 统计方法

本实验结构用 SPSS 17.0 统计软件进行分析,描述性统计值使用平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示,差异性显著性分析通过比较均值下的 *t* 检验。

2 结果与分析

2.1 氨基酸组成和蛋白质营养评价

玛咖在消除疲劳,提高耐受力和记忆力等方面

有明显的效果,玛咖中的氨基酸的含量和组成与此有密切的关系,对于玛咖来说,长期以来的关注和研究都集中于玛咖的根茎部分。玛咖根部的粗蛋白含量高达 10.2% ~ 14.0%,其粗蛋白质的含量明显高于根茎类果实的马铃薯(6.4%)、胡萝卜(4.7%)和甘薯(5.3%)等,高于稻米中的蛋白含量(8.5%),接近山药中的蛋白含量(11.1%)和谷物类作物小麦蛋白质的含量。为此,将玛咖的根茎部分与玛咖地上部分的蛋白质成分进行了对比分析,表 4 是玛咖根茎部和地上部分氨基酸含量与组成的分析。

表 4 玛咖样品氨基酸的一般构成 ($n=6, \bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of amino acids in Maca sample ($n=6, \bar{x} \pm s$)

氨基酸 Amino acids	线性关系 Linear relation ($Y = aX + b$)		浓度范围 Concentration range (mM)	相关性 R^2	玛咖 Maca (%)	
	a	b			根茎 Roots	地上部分 Aerial Parts
Asp ^a	0.0371	-0.0765	0.01-1.00	0.997	1.29 ± 0.06	1.62 ± 0.08
Glu	0.0327	-0.0630	0.01-1.00	0.998	1.87 ± 0.14	2.19 ± 0.11
Ser	0.0318	-0.0670	0.01-1.00	0.998	0.49 ± 0.02	0.61 ± 0.02
His	0.0535	-0.0336	0.01-1.00	0.998	0.33 ± 0.01	0.22 ± 0.01
Gly	0.0307	-0.0705	0.01-1.00	0.998	0.70 ± 0.05	0.81 ± 0.03
Thr [*]	0.0345	-0.0724	0.01-1.00	0.998	0.46 ± 0.02	0.67 ± 0.02
Arg ^a	0.0331	-0.0657	0.01-1.00	0.999	1.13 ± 0.06	0.15 ± 0.00
Ala	0.0321	-0.0761	0.01-1.00	0.998	0.55 ± 0.02	0.79 ± 0.04
Tyr	0.0345	-0.0667	0.01-1.00	0.998	0.21 ± 0.01	0.30 ± 0.01
Cys	0.022	-0.0574	0.01-1.00	0.997	-	-
Val [*]	0.0352	-0.0787	0.01-1.00	0.997	0.72 ± 0.03	0.92 ± 0.03
Met [*]	0.0304	-0.0627	0.01-1.00	0.998	0.17 ± 0.01	0.21 ± 0.01
Trp [*]	0.0359	-0.0697	0.01-1.00	0.998	-	-
Phe ^{*a}	0.0335	-0.0682	0.01-1.00	0.998	0.45 ± 0.04	0.70 ± 0.02
Ile [*]	0.0334	-0.0724	0.01-1.00	0.998	0.45 ± 0.04	0.62 ± 0.02
Leu ^{*a}	0.0331	-0.0789	0.01-1.00	0.997	0.71 ± 0.06	1.11 ± 0.08
Lys [*]	0.0200	-0.0582	0.01-1.00	0.998	0.87 ± 0.04	0.67 ± 0.01
Pro ^a	0.0611	-0.3429	0.01-1.00	0.997	4.70 ± 0.14	2.63 ± 0.04
		TAA			15.10	14.29
		E/T ^a			25.4	34.5

注: * 必须氨基酸,“-”未检出,^a 具有显著性差异的成分 ($P < 0.01$)。

Note: * ;EAA,“-” not detected,^a $P < 0.01$.

玛咖根茎部和地上部分,氨基酸的含量也较为接近,根茎部分略高于地上部分;对被称为食品营养学上第一限制性氨基酸,蛋白质转化效率较高,豆类和花生蛋白中都极为缺乏的赖氨酸,玛咖的根茎部和地上部分含量都较为丰富,根部(0.87%)略高于地上部分(0.67%);氨基酸的种类齐全,半胱氨酸

(Cys)和色氨酸(Trp)都是根茎部和地上部分处于检测浓度以下的成分;脯氨酸(Pro)、谷氨酸(Glu)、天门冬氨酸(Asp)均为根茎部和地上部分含量最为丰富的氨基酸成分,其中脯氨酸(Pro)在两部分中的含量尤为突出,根茎部(4.70%)显著高于地上部分(2.63%),脯氨酸(Pro)作为植物细胞中的调节渗

透压、稳定细胞生存环境,抗逆性(旱、寒、冷、冻等)生存调节的重要物质,其在玛咖根茎部和地上部分的积累与玛咖的种植和生存环境有密切关系。精氨酸(Arg)是人体条件性必须氨基酸,对人体有着很多生化的功效,如增强机体免疫力和促进伤口愈合等,一般在动物蛋白,如鱼等中含量较为丰富,玛咖根茎部精氨酸含量(1.13%)比地上部分的含量

(0.15%)高出7倍以上,接近一些鱼类中的含量(1.35%)^[4]。

根据FAO/WHO的理想氨基酸模式,蛋白质的营养价值(E/T)含量在36%以上方可视为优质蛋白,玛咖根茎部的蛋白质营养价值(25.4)显著低于地上部分蛋白质(34.5)的营养价值,接近完全性植物蛋白大豆蛋白的营养价值。

表5 玛咖样品的蛋白质营养评价

Table 5 Protein nutrition evaluation of Macasamples (mg/g,N)

玛咖 Maca	评价模式 Evaluation mode		根茎 Roots		地上部分 Aerial parts	
	FAO/WHO	Egg	AAS	CS	AAS	CS
Thr ^{a,b}	2.50	2.92	63.2	54.1	84.7	72.5
Val ^a	3.10	4.10	79.8	60.3	93.8	70.9
Ile ^{a,b}	2.50	3.31	61.8	46.7	78.4	59.2
Lys ^{a,b}	4.40	5.34	67.9	55.9	48.1	39.7
Phe + Tyr ^a	3.80	5.65	59.6	40.1	83.2	56.0
Met + Cys	2.20	3.86	26.5	15.1	30.2	17.2
Val ^b	3.40	4.41	72.7	56.1	85.5	66.0
Leu ^{a,b}	0.60	0.99	406.4	246.3	584.9	354.5
EAAI				95.3		115.4

注:^aAAS评分下具有显著性差异($P < 0.01$),^bCS评分下显著性差异($P < 0.01$)。

Note:^a mode AAS($P < 0.01$),^b mode CS($P < 0.01$)。

玛咖根茎部分和地上部分比较接近理想蛋白模式的氨基酸分别为缬氨酸(79.8)和苏氨酸(84.7)、缬氨酸(93.8),第一限制性氨基酸均为Met + Cys,可以与Met + Cys含量较为丰富的食品搭配食用,比如发酵类食品。根茎部分第二限制性氨基酸为Phe + Tyr,而地上部分第二限制性氨基酸为Lys。在根茎部和地上部分Leu均显著超过理想模式和鸡蛋模式中推荐的标准,可以作为配料补充其他缺乏Leu的食品。根据EAAI来判断,地上部分(115.4)相对于根茎部(95.3)处于较高的营养水平。根茎部分和地上部分在成分上通过两种评价模式,除第一限

制性氨基酸Met + Cys均无显著性差异外,AAS下Thr、Val、Ile、Lys、Phe + Tys、Leu均差异极显著($P < 0.01$),地上部分优于根茎部分的成分为Thr、Val、Ile、Phe + Tyr、Leu;CS模式下Thr、Ile、Lys、Leu差异极显著,评分结果与AAS下一致。

2.2 生物总碱与体外抗氧化活性

2.2.1 生物总碱含量与体外抗氧化活性

以苦参碱为标准品,绘制标准品,得到方程为: $Y = 0.6704X + 0.1164$ ($R^2 = 0.9998$),玛咖根茎部分和地上部分,生物总碱的含量和体外抗氧化活性如表6。

表6 玛咖根茎部和地上部分生物总碱含量与体外抗氧化活性($n = 6, \bar{x} \pm s$)

Table 6 Total alkaloids contents and antioxidant activity of the roots and aerial parts of Maca ($n = 6, \bar{x} \pm s$)

玛咖 Maca	生物总碱 Total alkaloid content ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	DPPH·清除率 DPPH·scavenging rate(%)	·OH清除率 ·OHscavenging rate(%)
Roots	7.39 \pm 0.24	31.22 \pm 0.66	61.92 \pm 2.86
Aerial Parts	3.65 \pm 0.17	77.33 \pm 2.81	58.46 \pm 2.99

玛咖的根茎部生物总碱的含量(7.39%)约为地上部分(3.65%)的两倍,两个部分的提取液均对

表现出DPPH·和·OH的清除能力。

玛咖烯(macaene)和属于玛咖生物碱(macam-

ides)的玛咖酰胺(macaridines)等次生代谢产物是玛咖中独有的成分^[5],对玛咖生理功效起主要作用的物质在玛卡烯,玛咖酰胺和苜基芥子油苷(Benzyl glucosinolate)之间存在争议^[6]。有研究认为,苜基芥子油苷能轻易的被转化为异硫氰酸苯酯,而将其排除在活性成分之外^[7]。玛咖中生物总碱的含量与其对·OH的清除能力呈现一定的相关性,而生物碱含量与DPPH·的清除能力却无显著相关性。玛咖根茎部分和地上部分生物碱成分从自由基清除方面可能与其他成分有协同功效。

2.2.2 体外自由基清除能力

EGCG是茶叶中的标志性成分之一,其体外自由基清除能力和生理活性被广泛的研究,其自由基清除能力强于维生素C^[8],在茶叶中的含量在10.07%~4.19%之间^[9]。玛咖根茎部分和地上部分的自由基清除能力弱于绿茶(图1),绿茶的DPPH清除能力分别为玛咖根茎部分和地上部分的13.45倍和5.43倍,·OH清除能力分别为13.26倍和14.05倍。玛咖根茎部分在·OH清除能力上与地上部分相当,而在DPPH·清除能力上却与地上部分有较大的差距。玛咖根茎部分对DPPH的清除能力高于其对·OH的清除能力,这与EGCG的表现类似,而玛咖地上部分则呈现相反的结果。

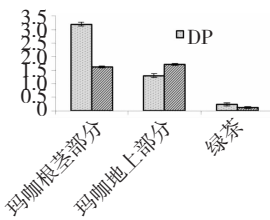


图1 玛咖根茎部分、地上部分和绿茶的IC₅₀

Fig. 1 IC₅₀ of roots, aerial parts of Maca and green tea

3 讨论与结论

目前玛咖根茎部分的研究已经有诸多报道,而对其地上部分的营养评价和活性分析较为少见,玛咖中的一些独有成分由于其含量低,稳定性差,确立功效成分和其作用机制,仍然是科研人员的一项重要挑战。大量研究表明,食物中的氨基酸除了作为蛋白质合成的原料底物之外,还能通过其通过自身或者代谢产物介入细胞信号转导,内分泌系统的调节和基因的表达调控实现抗氧化应激和免疫等方面的功效。氮自由基和羟自由基的异常积累与机体抗

氧化能力减弱时,平衡就被破坏,可能导致进一步的病例变化。

对玛咖根茎部分和地上部分的营养评价表明:玛咖地上部分氨基酸含量略低于被批准为食用部分的根茎部分,从E/T、EAAI指数来看,玛咖地上部分要优于玛咖的根茎部分,有作为新资源食品开发的潜力,有待进一步的毒理实验的研究和论证。Arg是能够作为信号分子促进血管舒张,降低与脂肪合成和糖异生作用的相关基因表达的NO的唯一前体,而玛咖根茎部门的含量为地上部分的8.8倍。关于玛咖地上部分与玛咖根茎部分的抗疲劳、提高记忆力等生理功效有待进一步的确认和研究。

玛咖中的一些独有成分属于生物碱类,也是玛咖中潜在的生理活性的物质,通过酸性比色法测定的生物碱含量发现,与一些报道过的植物如荷叶(0.28%~0.465%)^[10],苦参(0.10%~0.27%)^[11]等中的生物碱含量相比,玛咖根茎部分含量较高,而玛咖地上部分则处于同一水平。然而玛咖提取成分虽然有一定的自由基清除能力,却与生物碱的含量没有显著的相关性,同时,相比于具备自由基清除能力的EGCG含量较为丰富的绿茶,玛咖根茎部分和地上部分都无优势,因此,玛咖根茎部分和地上部分成分的生理功效可以更多的从细胞信号传导通路和成分协同功效方面进行研究。

参考文献

- 1 Valerio LG Jr, Gonzales GF. Toxicological aspects of the South American herbs cat's claw (*Uncaria tomentosa*) and Maca (*Lepidium meyenii*): a critical synopsis. *Toxicol Rev*, 2005, 24: 11-35.
- 2 Ganzera M, Zhao JP, Muhammad I, et al. Chemical profiling and standardization of *Lepidium meyenii* (Maca) by reversed phase high performance liquid chromatography. *Chem Pharm Bull*, 2002, 50: 988-991.
- 3 Yang SH(杨少华), Li GZ(李国政), Xue RG(薛润光), et al. Present situation and promoting strategies of Maca industry in Yunnan province. *World Sci Technol/Mod Tradit Chin Med Mater Med*(世界科学技术—中医药现代化), 2012, 4: 1921-1925.
- 4 Deng JM(邓君明), Zhang X(张曦), Long XW(龙晓文), et al. Analysis and evaluation of nutritional composition in muscle of three *Schizothorax* species. *Acta Nutri Sin*(营养学报), 2013, 4: 391-393.