

玛咖抗疲劳作用及活性组分研究

沈维治, 邹宇晓, 林光月, 刘军, 廖森泰*

(广东省农业科学院 蚕业与农产品加工研究所, 广州 510610)

摘要: 150 只健康昆明小鼠随机分为 3 批 (5 组/批), 分别用于负重游泳实验和生化指标的检测。5 组动物依次分为阴性对照组 (control group, CG)、阳性对照组 (Yikang Capsule, YKC)、玛咖低、中、高剂量组 (L-MACA, M-MACA, H-MACA)。阳性对照组给予益康胶囊 (剂量 0.30 g/(kg·d)), 玛咖组分别灌胃给予 MACA 0.03、0.30、1.00 g/(kg·d), 持续 30 d。测定各组小鼠负重游泳时间、比色法测定血清尿素氮 (BUN)、血乳酸 (LAC)、血红蛋白 (Hgb)、乳酸脱氢酶 (LDH) 和肝糖原 (LG)。比色法或 HPLC 法对玛咖中抗疲劳相关活性组分氨基酸、多糖、果糖和芥子油苷等进行定量检测。结果表明: 玛咖含有丰富的氨基酸 (158.10 mg/g)、总黄酮 (20.83 mg/g)、多糖 (37.16 mg/g)、果糖 (31.27 mg/g)、总生物碱 (4.22 mg/g)、芥子油苷 (1.08 mg/g) 等成分。抗疲劳动物试验结果表明, 与阴性对照组相比, MACA 高、中、低剂量组均能显著延长健康小鼠负重游泳时间 ($P \leq 0.05$); MACA 低剂量组能显著降低血乳酸含量 ($P \leq 0.05$); MACA 中剂量组能显著降低血清尿素氮的含量, 显著增加血红蛋白和肝糖原的含量 ($P \leq 0.05$); MACA 高剂量组能显著增加血红蛋白和肝糖原的含量 ($P \leq 0.05$)。玛咖富含抗疲劳相关的多种活性组分, 对健康小鼠具有显著的抗疲劳功能, 是开发抗疲劳功能食品的理想原料。

关键词: 玛咖; 有效成分; 抗疲劳活性

中图分类号: S 63 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2014)07—0721—06

Bioactive Constituents and Anti-Fatigue Effects *in vivo* of *Lepidium meyenii* (Maca)

SHEN Weizhi, ZHOU Yuxiao, LIN Guangyue, LIU Jun, LIAO Sentai*

(Sericulture and Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

Abstract: 150 healthy Kunming mice were randomly divided into three batches (5 groups each batch) for loaded swimming test and biochemical analysis. We divided Maca into low, medium and high dose groups (0.03 g/kg.bw.d, 0.30 g/kg.bw.d, 1.00 g/kg.bw.d), and the control group (saline), positive control group (YiKang capsules for 0.30 g/kg.bw.d) respectively. Mice were administered ig daily for 30 d, then the loaded-swimming time, blood urea nitrogen, blood lactate, hemoglobin,

收稿日期: 2014-01-03

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项 (CARS-22); 广东省科技计划项目农业攻关项目 (2012B020312007)。

作者简介: 沈维治 (1982—), 男, 湖南岳阳人, 农学硕士, 助理研究员, 主要从事农产品加工研究。E-mail: skyforce12@163.com

* 通信作者: 廖森泰 (1962—), 男, 广东顺德人, 农学硕士, 研究员, 硕士研究生导师, 主要从事农产品加工及蚕桑资源综合利用研究。

E-mail: liaost@163.com

lactate dehydrogenase and hepatic glycogen of them were measured. In addition, active ingredients related to anti-fatigue in Maca such as amino acids, polysaccharides, fructose and glucosinolates were quantitatively detected through colorimetry or HPLC. Results show that, Maca is rich in amino acids (158.10 mg/g), total flavonoids (20.83 mg/g), polysaccharides (37.16 mg/g), fructose (31.27 mg/g), total alkaloids (4.22 mg/g), mustard oil glycosides (1.08 mg/g) and other ingredients. Animal testing results show that, the high, middle, low dose groups could all significantly prolong the time of loading swimming, increase the hemoglobin, lactate dehydrogenase and hepatic glycogen, decrease blood urea nitrogen and blood lactate in mice compared with negative control. Maca is rich in a variety of active ingredients related to anti-fatigue, and it has significant anti-fatigue function in healthy mice, may be ideal raw material for anti-fatigue functional foods.

Keywords: *Lepidium meyenii*(Maca), bioactive constituents, anti-fatigue effects

玛咖 (*Lepidium meyenii*, Maca) 为十字花科 (Brassicaceae) 独行菜属 (*Lepidium*) 一年生草本植物, 原产于秘鲁海拔 3 500~4 500 m 的安第斯山区^[1]。传统上作为食物和草药用于增强精力、抗疲劳、改善性功能、提高生育力、治疗女性更年期综合症等^[2], 而且无任何毒副作用, 在当地民间有“秘鲁人参”和“南美人参”的美誉, 以玛咖为主要原料生产的各类保健品近年来在欧美、日本等市场上已得到越来越多消费者的青睐^[3-4]。

随着玛咖在美国、西班牙、日本、中国的引种成功^[5], 它已逐渐成为功能食品研究领域的热点^[6-7], 尽管围绕玛咖的抗疲劳作用及其活性成分已有少量报道^[8-9], 但各项研究所涉及的抗疲劳活性组分不尽统一, 抗疲劳功能评价方法和指标也存在差异。因此, 作者参考国家卫生部保健食品检验与评价技术规范 (2003 年版), 在测定玛咖全粉抗疲劳活性组分的基础上, 以具有缓解体力疲劳保健功能的汤臣倍健益康胶囊作为阳性对照药物, 全面考察了玛咖全粉对健康小鼠的抗疲劳作用, 研究结果将为玛咖抗疲劳功能食品开发提供依据和参考。

1 材料与方法

1.1 材料

玛咖, 纯玛咖粉制品: 塔什库尔干县帕米尔玛咖生物科技开发有限责任公司提供, 4 °C 密封避光保存。

1.2 实验动物

清洁级雄性昆明种小鼠 150 只, 购于南方医科大学试验动物中心, 体重 18~22 g, 许可证号为

SCXK 粤 2011-0015。随机分成 3 批, 每批动物 50 只, 分别进行负重游泳实验、血清尿素氮测定、血乳酸测定、血红蛋白测定、乳酸脱氢酶测定实验和肝糖原测定实验。每批动物又分为 5 组, 小鼠灌胃剂量以人体推荐量扩大 10 倍为基准, 上下设两个剂量组, 即玛咖高、中、低剂量组 (1.00, 0.30, 0.03 g/(kg·d)), 另外设空白对照组 (生理盐水) 和阳性对照组 (益康胶囊 0.30 g/(kg·d)), 每组动物 10 只, 小鼠常规光照、饮水, 25 °C 饲养。每日灌胃 1 次, 灌胃量为小鼠质量的 1%, 连续 30 d 后测各项指标。

1.3 主要试剂与仪器

尿素氮 (BUN) 测定试剂盒、糖原测定试剂盒、乳酸 (LD) 测定试剂盒、乳酸脱氢酶 (LDH) 测定试剂盒、微量游离血红蛋白 (Fhb) 测定试剂盒: 购自南京建成生物工程有限公司; Hitachi L-8900 氨基酸自动分析仪: HITACHI 日立集团产品; 电子分析天平: 上海精密仪器科学有限公司产品; 游泳箱、高速冷冻离心机: 美国热电公司产品; 电热恒温水浴锅: 上海一恒科技有限公司产品; 漩涡振荡器: 上海精科实业有限公司产品; UV-2450 紫外可见分光光度计: 日本岛津公司产品。

1.4 方法

1.4.1 抗疲劳有效成分测定 总氨基酸和精氨酸的测定采用酸水解后上氨基酸自动分析仪进行测定^[10]。1.0 g 玛咖干粉样品用 50 mL 6 mol/L HCl 水解 24 h, 用 4 mol/L NaOH 调 pH 值至中性, 用 0.02 mol/L 盐酸稀释至 50 mL, 过 0.45 μm 微孔滤膜后, 采用氨基酸自动分析仪测定总氨基酸。

总黄酮测定采用 Al(NO₃)₃-NaNO₂ 分光光度比

色法^[11]。用芦丁标准品配制成浓度为0.118 mg/mL的芦丁标准品溶液。精密取该溶液0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mL, 分别加入0.3 mL质量分数5% NaNO₂, 摇匀静置6 min, 再加入0.3 mL质量分数10% Al(NO₃)₃, 摇匀静置6 min, 再加入4 mL 4%质量分数NaOH, 用体积分数80%乙醇定容至10 mL, 摇匀静置12 min, 以不加芦丁为空白, 在510 nm波长下测定吸光度。以溶液质量浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$)为X轴, 吸光度(OD)为Y轴, 制作标准曲线并得出回归方程与回归系数, $y=0.010\ 7x+0.065\ 6$ ($R^2=0.999\ 2$), 线性范围为5.9~59 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。称取玛咖干粉2.0 g, 用体积分数80%的乙醇40 mL超声中提取10 min, 减压抽滤, 体积分数80%乙醇定容至100 mL, 摇匀后再稀释5倍即得样品溶液。以不加样品溶液为空白, 测定吸光度, 参照标准曲线计算浓度, 平行测定3次取其平均值。

多糖测定采用硫酸苯酚法^[12]。称取干燥至恒重的葡萄糖0.050 0 g, 置于500 mL容量瓶中, 蒸馏水稀释至刻度, 摇匀得100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的葡萄糖标准液。分别取该标准液0, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 mL, 补充蒸馏水至2.0 mL, 加入1.0 mL质量分数6%苯酚, 摇匀, 迅速滴入5.0 mL浓硫酸, 摇匀, 冷却, 室温放置20 min, 490 nm测OD值, 以糖质量浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$)X轴, 吸光度(OD)为Y轴, 制作标准曲线并得出回归方程与回归系数, $y=0.006x+0.029\ 4$, $R^2=0.999\ 5$, 线性范围为0~20.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。称取玛咖3.0 g, 加沸水25 mL, 超声提取10 min, 抽滤, 残渣用沸蒸馏水洗涤过滤, 滤液真空减压浓缩至10 mL, 加30 mL无水乙醇, 静置1 h, 待多糖沉淀析出, 过滤, 滤渣用无水乙醇洗涤后, 将带滤纸的漏斗移至25 mL容量瓶上, 分批用蒸馏水将多糖沉淀完全溶入容量瓶, 蒸馏水定容即得样品溶液, 取1 mL样品溶液, 以不加样品溶液为空白, 测定吸光度, 参照标准曲线计算浓度, 平行测定3次取其平均值。

果糖测定采用间苯二酚分光光度法^[13]。精确吸取0.50 mg/mL果糖溶液0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 mL, 再加入间苯二酚显色剂9 mL, 无水乙醇定容至100 mL容量瓶中, 水浴加热至100 $^{\circ}\text{C}$ 并恒温8 min。取出后流水冷却, 以蒸馏水为空白, 于473 nm处测其吸光度。回归方程为 $y=0.054x+0.045\ 1$, $R^2=0.999\ 2$, 线性范围为2.5~17.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。称取玛咖5.0 g置三角瓶, 脱脂后用体积分数85%乙醇提取可

溶性糖, 检测其中的果糖含量。

总生物碱的测定采用雷氏盐比色法^[14], 称取4-羟基哌啶醇1.00 g, 用0.05 mol/L的盐酸溶解, 配成0.04 mol/L的储备液。分别取0.1, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 mL储备液定容至2 mL, 配制成质量浓度为0.002、0.008、0.016、0.024、0.032 mol/L标准溶液。加入3 mL 6.67 mg/mL雷氏铵盐溶液, 涡旋混匀, 冰浴2 h, 4 000 r/min离心10 min, 除上清, 加入体积分数99%乙醚1.0 mL, 4 000 r/min离心10 min, 除上清, 自然挥发, 加入5.0 mL体积分数70%丙酮溶液, 测定在525 nm波长处吸光度。以溶液物质的浓度(mol/L)为X轴, 吸光度(OD)为Y轴, 回归方程为 $y=18.029x-0.054\ 8$ ($R^2=0.999\ 1$), 线性范围为0.002~0.032 mol/L。准确称取约2.0 g玛咖, 乙醇-盐酸(0.05 mol/L)溶液60 mL, 混匀, 静置2 h过滤减压浓缩, 大孔树脂HPD 100过柱, 纯水洗脱, 洗脱液减压浓缩, 定容10 mL。按“标准曲线的制作”中的方法测定样品溶液的吸光度, 利用回归方程计算出提取液总生物碱浓度(mol/L), 再计算桑叶中总生物碱质量分数, 每个样品测定3次取平均。

总芥子油苷的测定采用氯化钼比色法^[15]。用黑芥子苷配制成0.50 mmol/L的标准液, 分别取0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 mL, 补加蒸馏水到2.0 mL, 再加入质量分数0.15%羧甲基纤维素钠溶液4 mL, 充分摇匀, 加入2 mL PdCl₂显色溶液, 盖上塞子, 再充分摇匀并25 $^{\circ}\text{C}$ 下放置4 h, 用1 mL比色皿, 以水-PdCl₂-羧甲基纤维素钠空白溶液作参比溶液, 于540 nm处测定吸光度, 绘制标准曲线, 计算回归方程, $y=0.816x+0.056$ ($R^2=0.999\ 5$), 线性范围为0~0.125 mmol/L。称取0.10 g玛咖在105 $^{\circ}\text{C}$ 温度下蒸20 min, 然后转移到试管中加入10 mL沸水, 沸水浴中蒸煮30 min, 冷却后加入1 mL 0.375 mol/L醋酸铅溶液, 放置15 min, 4 000 r/min离心10 min, 取上清液, 定容到10 mL, 取2 mL按照标曲方法显色, 于540 nm处测定吸光度, 与标准曲线对照, 求出总芥子油苷质量分数。

1.4.2 小鼠负重游泳实验 末次给予受试药物30 min后, 将鼠尾根部负荷体重5%的铅丝, 置小鼠于游泳箱(40 cm \times 60 cm \times 36 cm)中游泳, 水深不低于30 cm, 水温(25 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$, 记录小鼠自游泳开始至死亡的时间, 即小鼠负重游泳时间。

1.4.3 小鼠血清尿素氮、血乳酸、血红蛋白、乳酸脱

乳酸的测定 末次给予受试物 30 min 后,将小鼠放于游泳箱中不负重游泳 90 min,水温(30±1)℃,休息 60 min 后摘眼球取血,血液样品以 3 000 r/min 离心 5 min 以分离血清。用尿素氮(BUN)测定试剂盒测定血清尿素氮,用乳酸(LD)测定试剂盒测定血乳酸,用微量游离血红蛋白(FHb)测定试剂盒测定血红蛋白,用乳酸脱氢酶(LDH)测定试剂盒测定乳酸脱氢酶。

1.4.4 肝糖原测定 末次给予受试物 30 min 后脱颈椎处死。取肝脏,以生理盐水漂洗后用滤纸吸干,用糖原测定试剂盒测定肝糖原。

1.4.5 统计分析 数据处理和统计分析采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件,结果以平均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。

2 结果

2.1 抗疲劳有效成分测定

表 1 为玛咖中总氨基酸、精氨酸、总黄酮、多糖、果糖、总生物碱和总芥子油苷的测定结果。由表 1 结果知,玛咖中含有较丰富的促进抗疲劳作用的有效成分。

表 1 玛咖中抗疲劳有效成分质量分数

Table 1 Anti-fatigue ingredients in MACA ($\bar{x}\pm s$)

有效成分	质量分数/(mg/g)	百分比/%
总氨基酸	158.10±12.36	15.81
精氨酸	40.60±5.83	4.06
总黄酮	20.83±2.15	2.08
多糖	37.16±2.07	3.72
果糖	31.27±2.86	3.13
总生物碱	4.22±4.07	0.42
总芥子油苷	1.08±0.14	0.11

2.2 不同试样对小鼠终末体重的影响

由表 2 可知,连续灌喂 30 d 后,各组小鼠体重的增长无显著性差异($P>0.05$),表明玛咖对小鼠体重无显著影响。

2.3 对小鼠负重游泳时间的影响

运动耐力的提高是抗疲劳能力加强最有力的宏观表现,游泳时间的长短可以反映动物运动疲劳的程度。由表 3 可知,玛咖低剂量组、中剂量组、高剂量组和阳性对照组游泳时间明显长于空白对照组($P<0.05$),说明玛咖和益康胶囊均能显著延长小鼠的游泳时间。其中玛咖高剂量组小鼠游泳时间增加的效果最明显,益康胶囊效果次之。

表 2 不同处理组对小鼠终末体重的影响

Table 2 Terminal body weight of mice treated with different samples ($\bar{x}\pm s$)

组别	剂量/(g/(kg·bw·d))	游泳组体重/g	生化组体重/g
空白组	0	42.15±4.06	42.86±3.70
玛咖低剂量组	0.03	38.98±4.22	42.08±2.49
玛咖中剂量组	0.30	40.21±4.95	41.48±3.32
玛咖高剂量组	1.00	40.86±3.18	40.53±2.63
阳性对照组	0.30	39.10±4.10	40.93±2.38

表 3 不同处理组对小鼠负重游泳时间的影响

Table 3 Swimming time of mice treated with different samples

组别	剂量/(g/(kg·bw·d))	游泳时间/s
空白组	0	957.75±196.70d
玛咖低剂量组	0.03	1 588.00±429.03c
玛咖中剂量组	0.30	1 881.75±457.52c
玛咖高剂量组	1.00	3 952.00±612.63a
阳性对照组	0.30	3 163.33±68.22b

2.4 对小鼠运动后生化指标的影响

由表 4 可知,经口给予玛咖和益康胶囊 30 d,与正常对照组比较,益康胶囊、玛咖中剂量组均能显著降低游泳后小鼠血清尿素氮的含量,其中益康胶囊效果显著,玛咖中剂量组效果次之,低、高剂量组效果不明显。玛咖低剂量组能显著降低游泳后小鼠血乳酸的含量,玛咖中、高剂量组、益康胶囊效果不明显。玛咖中剂量组和高剂量组均能显著增加游泳后小鼠血红蛋白的含量,其中玛咖中剂量组效果最明显,玛咖高剂量组效果次之。玛咖高剂量组能显著增加小鼠乳酸脱氢酶的含量。益康胶囊、玛咖低、中剂量组也能增加小鼠乳酸脱氢酶的含量,但效果不明显。玛咖中剂量组和益康胶囊的肝糖原含量显著升高,且玛咖中剂量组效果更明显。

3 结语

玛咖中的一些营养成分能对玛咖的功效起到促进作用,例如玛咖中的蛋白质、氨基酸、糖类物质、矿物质铁等对玛咖抗贫血、抗运动中血糖下降、抗疲劳等功效中具有重要作用^[6]。通过测定,发现玛咖中含有丰富的氨基酸、黄酮、多糖、果糖、生物碱、芥子油苷等有效成分。

表 4 不同处理组对小鼠生化指标的影响

Table 4 Biochemical effects in mice treated with different samples

组别	剂量/(g/(kg·bw·d))	血清尿素氮/(mg/L)	血乳酸/(mmol/L)	血红蛋白/(mg/L)	乳酸脱氢酶/(U/L)	肝糖原/(mg/g)
空白组	0	452.48±64.39a	25.58±3.57ac	24.26±7.39b	3 319.81±644.69bc	13.36±1.59c
玛咖低剂量组	0.03	414.26±73.20a	21.18±4.44b	35.67±8.35bc	3 537.58±419.77bc	12.65±2.34c
玛咖中剂量组	0.30	378.38±41.90b	24.78±4.45a	54.66±14.86a	3 790.93±473.87ac	19.11±1.72a
玛咖高剂量组	1.00	397.01±77.28ac	26.56±5.24a	42.78±11.78ac	4 240.79±1040.45a	13.49±0.55c
阳性对照组	0.30	325.62±55.45b	21.84±2.84bc	41.15±7.80bc	3 960.09±481.81ac	16.90±2.71b

研究表明,大剂量精氨酸具有显著的免疫促进作用,是创伤后的必需氨基酸,创伤后增加精氨酸摄入可降低氮的损失,从而促进创伤的愈合^[17]。黄酮具有自由基抑制活性,能增加机体的抗疲劳能力^[18]。多糖是一种广泛存在于植物中的天然大分子物质,药理研究发现多糖具有广泛的生物活性^[19],研究表明,植物多糖能增强机体抗疲劳能力^[20],玛咖多糖可能通过提高机体 SOD 活力,降低 MDA 含量,减少自由基的堆积,加速体内脂质过氧化物的及时清除,从而提高小鼠游泳耐力和抗疲劳作用。果糖被称为健康糖,吸收代谢快,可迅速给机体补充能量,已被开发出运动饮料、能量型饮料,不但可增加体能和耐力,还可保持体力,迅速消除疲劳。生物碱具有降血糖、抑菌抗病毒、抗肿瘤、抗疲劳等多种活性,玛咖中含有玛咖烯、玛咖酰胺等生物碱活性成分,是药食同源作物,传统上常用于抗疲劳、改善性功能、提高生育力、治疗女性更年期综合症等。许多芥子油苷都具有生物活性,据推测,玛咖中的芥子油苷可能与其提高生育力和增强性功能有关,但缺乏具体的研究证明。

常用的体力疲劳的评价方法主要有两个:运动耐力实验和生化指标的检测。实验过程中对小鼠体重进行定期检测,每天称量体重,终末体重结果显示,玛咖粉及阳性对照益康胶囊对各剂量组小鼠体重均无影响。

通过小鼠尾部负重游泳实验可见,玛咖粉可延长小鼠游泳负重时间,提高运动耐力,具有一定的

抗疲劳作用。血清尿素氮是蛋白质代谢的终产物,是评定机体对运动适应能力的重要指标之一,机体血清尿素氮含量随劳动及运动负荷的增加而增加,机体对负荷适应能力越差,血清尿素氮增加越明显。实验结果显示,玛咖粉能明显降低小鼠剧烈运动后血清尿素氮水平,说明保护剧烈运动中蛋白质的过量分解,提高了机体对剧烈运动的适应能力,使耐力增加。血乳酸是评价机体疲劳的重要标志物,机体在长时间剧烈运动后,体内堆积过多乳酸是引起运动性疲劳的一个重要原因,因为机体内乳酸积累过多会影响机体内环境的相对稳定和体内正常代谢过程。作者观察到补充玛咖粉可具有抑制血乳酸升高作用,说明玛咖粉能及时消除由于剧烈运动而产生的乳酸,从而减轻疲劳。通过提高乳酸脱氢酶活力以降低血乳酸水平是提高机体抗疲劳能力的途径之一。实验测得玛咖粉能明显地增强乳酸脱氢酶活力,有效地降低运动后血乳酸产生的量,增强小鼠运动耐力。血红蛋白的主要功能是运输氧气,其含量直接影响机体的运动耐力,实验结果表明,玛咖能维持或增加小鼠血红蛋白的含量,保证机体氧气供应充足,进而促进机体有氧代谢的进行和乳酸的消除,提高运动耐力。肝糖原是血糖的储存库,在机体血糖降低时可迅速分解释放入血,以维持血糖水平的稳定。实验结果表明,玛咖能够提高肝糖原储备量和减少运动时肝糖原的消耗,为机体提供更多的能量来达到抗疲劳的目的。

参考文献:

- [1] Leon T. The 'Maca' (*Lepidium meyenii*): a little known food plant of Peru[J]. *Econ Bot*, 1964, 18(2): 122-127.
- [2] Obregon L. Maca, Planta medicinal y nutritivo del Peru[M]. Lima (Peru). *Instituto de Fitoterapia Americana*, 1998: 91-120.
- [3] 肖伟,彭勇,许利嘉,等. 秘鲁特产药用植物玛卡研究的新进展[J]. *世界科学技术: 中医药现代化*, 2007, 9(3): 102-106.
XIAO Wei, PENG Yong, XU Lijia, et al. Recent advances in study of Peruvian *lepidium meyenii* (maca)[J]. *World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica*, 2007, 9(3): 102-106. (in Chinese)
- [4] 余龙江,金文闻. 玛卡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, 14(5): 24-27.

- YU Longjiang, JIN Wenwen, WU Yuanxi, et al. A survey of botany and pharmacological effects on MACA (*Lepidium meyenii* Walp., *Lepidium peruvianum* Chacon.)[J]. **Natural Product Research and Development**, 2002, 14(5):24-27. (in Chinese)
- [5] 谢荣芳, 瞿熙. 玛卡的引种及栽培技术[J]. 云南农业科技, 2008(4):42-43.
- XIE Rongfang, QU Xi. Maca introduction and cultivation techniques [J]. **Yunnan Agricultural Science and Technology**, 2008(4):42-43. (in Chinese)
- [6] 高大方, 张泽生. 新资源食品玛咖中功能成分的 UPLC-MS/MS 研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2):830-832, 912.
- GAO Dafang, ZHANG Zesheng. Functional constituents identification in maca, a novel food, by UPLC-MS/MS [J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 2013, 41(2):830-832, 912. (in Chinese)
- [7] 浦跃武, 王金全. 超声波提取玛咖多糖的工艺研究[J]. 食品科技, 2010, 35(3):174-177.
- PU Yuewu, WANG Jinquan. Study on technology of extracting maca polysaccharides by ultrasonic wave [J]. **Food Science and Technology**, 2010, 35(3):174-177. (in Chinese)
- [8] 朱学良, 罗彤, 叶伟, 等. 玛咖多糖的抗疲劳作用研究[J]. 中国食品工业, 2010(11):59-60.
- ZHU Xueliang, LUO Tong, YE Wei, et al. The anti-fatigue effect of polysaccharide in Maca [J]. **Food and Beverage Industry**, 2010(11):59-60. (in Chinese)
- [9] 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, 25(2):164-166.
- YU Longjiang, JIN Wenwen. Study on the nutritional components and the anti-fatigue effects of dry powder of Maca (*Lepidium meyenii*) [J]. **Food Science**, 2004, 25(2):164-166. (in Chinese)
- [10] 吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [11] 许晖, 孙兰萍, 张斌, 等. 响应面法优化花生壳黄酮提取工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(1):107-111.
- XU Hui, SUN Lanping, ZHANG Bin, et al. Optimization of extraction technique of flavonoids from peanut hull using response surface methodology [J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2009, 24(1):107-111. (in Chinese)
- [12] Gabriela C, Norma S, Maria B, et al. Quantitative determination of pneumococcal capsular polysaccharide serotype 14 using a modification of phenol-sulfuric acid method [J]. **J Microbiol Meth**, 2003(1):69-73.
- [13] 哈森其木格, 贺锋嘎. 间苯二酚分光光度法测定芥菜多糖中的果糖含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(3):446-448.
- Hasenqinmeng, HE Fengga. Resorcinol-spectrophotometric method for the determination of fructose in mustard leaf's amylose [J]. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, 2002, 22(3):446-448. (in Chinese)
- [14] 刘凡, 李平平, 廖森泰, 等. 98 份不同桑树品种资源的桑叶总生物碱及 1-脱氧野尻霉素含量测定[J]. 蚕业科学, 2012, 38(2):6-12.
- LIU Fan, LI Pingping, LIAO Sentai, et al. Determination of total alkaloids and 1-deoxyojirimycin contents in leaves of 98 mulberry variety resources [J]. **Science of Sericulture**, 2012, 38(2):6-12. (in Chinese)
- [15] 吴谋成. 油菜籽(饼)中硫代葡萄糖甙总量的快速定量测定[J]. 华中农学院学报, 1983, 2(3):73-81.
- WU Moucheng, HUANG Ronghan. A rapid method for the quantitative determination of the total glucosinolates of rapeseed (rape cake) [J]. **Journal of Huazhong Agricultural College**, 1983, 2(3):73-81. (in Chinese)
- [16] 金文闻. 药食两用植物玛咖的活性物质研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009:26.
- [17] 王冀平, 李亚南. 浙江省 11 种淡水鱼营养成分研究[J]. 营养学报, 1997, 19(4):477-481.
- WANG Jiping, LI Yanan. Nutrient compositions of 11 kinds of fresh water fish in Zhejiang province [J]. **Acta Nutrimenta Sinica**, 1997, 19(4):477-481. (in Chinese)
- [18] 周桃英. 鱼腥草黄酮对小鼠的抗疲劳作用[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(2):195-198.
- ZHOU Taoying. Anti-fatigue activity of flavonoids from *Herbahouttuynia* [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(2):195-198. (in Chinese)
- [19] 丁保金, 金丽萍, 吕建新. 多糖的生物活性研究进展[J]. 中国药学杂志, 2004, 39(8):561-564.
- DING Baojin, JIN Liping, LV Jianxin. Progress in the biological activity of polysaccharide [J]. **Chinese Pharmaceutical Journal**, 2004, 39(8):561-564. (in Chinese)
- [20] 李清宇, 杨颖, 贾琳斐, 等. 板栗多糖的分离纯化、结构分析及抗疲劳作用的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(7):767-772.
- LI Qingyu, YANG Ying, JIA Linfei, et al. Purification, Structural Analysis and Antifatigue Assay of Polysaccharide from *Castanea mollissima* Blume [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(7):767-772. (in Chinese)