

化学研究人员对这一特殊热带海洋植物类群资源分布和药用价值了解甚少。目前已发现海漆中二萜类成分有良好的抗肿瘤作用;红茄冬中的多糖有抗 HIV 作用。因此开展这方面的研究具有重要的应用价值。

## References

- [1] Zhang Q M, Zhang Y C, Sun S J. *Tropical Marine Research* (V) (热带海洋) [M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [2] Lin P, Fu Q. *Environmental Ecology and Economic Utilization of Mangroves in China* (中国红树林环境生态及经济利用) [M]. Beijing: High Education Press, 1995.
- [3] Lin P. Medicinal plants of mangrove in China [J]. *J Marine Drug* (海洋药物), 1984, 12(4): 45-51.
- [4] Hogg R W, Gillan F T. Fatty acids, sterols and hydrocarbons in the leaves from eleven species of mangrove [J]. *Phytochemistry*, 1984, 23(1): 93-97.

- [5] Ghosh A, Misra S, Dutta A K, *et al.* Pentacyclic triterpenoids and sterols from seven species of mangrove [J]. *Phytochemistry*, 1985, 24(8): 1725-1727.
- [6] Kokpol U, Chittawong V. Chemical constituents of the root of *Acathus illicifolius* [J]. *J Nat Prod*, 1986, 49(2): 355-356.
- [7] Wolf R B, Spencer G F, Plattner R D. Benzoxazolinone, 2, 4-dihydroxy-1, 4-benzoxazin-3-one, and its glucoside from *Acanthus mollis* seeds inhibit velvetleaf germination and growth [J]. *J Nat Prod*, 1985, 48(1): 59-63.
- [8] Kapi A, Sharma S, Wahidulla S. Leishmanicidal activity of 2-benzoxazolinone from *Acanthus illicifolius in vitro* [J]. *Planta Med*, 1994, 60(2): 187-188.
- [9] Minocha P K, Tiwari K P. A triterpenoidal saponin from *Acanthus illicifolius* [J]. *Phytochemistry*, 1981, 20(1): 135-137.

# 南美植物玛咖的研究进展

余龙江, 金文闻, 李 为, 程 华

(华中科技大学生命科学与技术学院, 湖北 武汉 430074)

玛咖 (Maca) 又名 Peruvian ginseng, maka 等, 是南美一年生或两年生草本植物, 属十字花科 (Cruciferae) 独行菜属 (*Lepidium* L.)<sup>[1,2]</sup>, 具体的种还有争议, 国际上普遍认为, *Lepidium meyenii* Walp. 和 *Lepidium peruvianum* Chacon. 两个种在生长繁殖、植物化学和保健功效上几乎没有差异<sup>[3]</sup>, 因此被统称为“Maca”(我们音译为“玛咖”)。玛咖在南美安第斯山区已经有几千年的栽培历史了, 而且在那些地区是不可缺少的作物之一, 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征等<sup>[2,4]</sup>, 这些保健作用使玛咖从 20 世纪 80 年代起逐步得到研究者的广泛关注, 近几年的研究则尤为活跃。为了促进玛咖在我国的应用推广, 本文对玛咖的资源现状、生长栽培、植物化学成分、保健作用及开发前景等方面进行了阐述。

## 1 玛咖资源现状

玛咖原产于海拔 3 500~ 4 500 m 的南美安第斯山区, 是少数几种可以生长在高地的作物之一, 玛咖现在主要分布在秘鲁中部的 Puno 生态区、Junin 湖泊周围和秘鲁东南部城市 Puno, 秘鲁矿业城市 Carro de Pasco 是当前最大的玛咖商业中心。20 世纪 90 年代中后期, 玛咖在全世界的种植面积约为 50 hm<sup>2</sup>, 总产量达到 750 吨, 近几年来联合国粮农组织 (FAO) 将玛咖作为国际重要营养食品故得到大力推广, 种植范围在不断扩大, 同时正在加强增加产量、减少贮藏和避免加工中损失等方面的研究<sup>[5]</sup>。

## 2 玛咖的生长栽培

玛咖是一年生或两年生草本植物, 地下膨大的贮藏根是主要食用部分, 直径 2~ 5 cm, 表面颜色大多为黄色或紫色, 肉质白色或淡黄色, 具有刺激性气味。玛咖的生长能力极强。在安第斯山区, 玛咖 9-10 月份播种, 播种密度一般为每 15~ 20 kg 土壤就 1 kg 种子, 种子在 25℃ 下一周就可萌发, 在平均土壤温度 12℃~ 20℃, 平均湿度 70%, 年平均雨量 720 mm 下, 土壤类型为粘土地区或石灰石地区, 生长约 8 个月就可以收获玛咖根。说玛咖是一年生或两年生植物, 是因为在条件合适情况下, 玛咖可以在一年内完成一个生长周期; 但更多时候当玛咖根长到最大直径约 5 cm, 受雨水量限制, 人们将它挖起, 晒干, 贮藏一段时间, 等条件合适时, 玛咖根可以萌发, 栽培后 4~ 6 个月收获种子, 这样玛咖就需要两年才完成一个生长周期<sup>[3,6]</sup>。

在玛咖生长的自然条件下, 温度和水分是最为关键的, 尤其是温度<sup>[6,7]</sup>, 而且玛咖耐受低温的能力要比高温强得多。玛咖栽培时的肥料也很重要, 当地人通过施用牛羊粪以提高玛咖产量, 精心的栽培、施肥可以使玛咖每公顷产量由 3~ 4 吨上升到 15~ 20 吨<sup>[2,5]</sup>。

## 3 玛咖的化学成分

玛咖的化学成分研究 60 年代开始增多, 主要围绕着玛咖根的营养成分、生物碱和芥子油苷 (glucosinolates) 等。20 世纪 90 年代以后则更为系统和深入, 意大利人 Dini 等<sup>[8]</sup>发表了对干燥玛咖根组成成分的详细分析。近几年玛咖的化学成分及其结构得到进一步确认, 尤其是玛咖根中发现的新物

收稿日期: 2002-04-29

作者简介: 余龙江 (1966-), 男, 博士, 教授, 现为华中科技大学生命科学与技术学院副院长, 教育部生物科学与工程教学指导委员会委员, 湖北省植物学会常务理事, 教育部骨干教师。主要从事微生物工程、天然产物研究与开发、药用植物生物技术等方面的研究。

质玛咖酰胺 (macamides) 和玛咖烯 (macaenes), 以及芥子油苷、甾醇等植物次生代谢产物。

3.1 玛咖中丰富的营养成分<sup>[8,9]</sup>: 玛咖的保健作用与玛咖根中含有丰富的营养成分是分不开的, 尤其是玛咖根中蛋白质、氨基酸、还原糖、矿物质 (锌、铁、钙) 的含量较为突出。我们对干燥玛咖根粉中氨基酸进行检测时发现玛咖根粉中含有微量的具有保健作用的牛磺酸, 之前未见有关报道。

玛咖根的脂肪酸中不饱和脂肪酸含量较高, 占已知脂肪酸总量的 56% 以上, 其中亚麻酸和亚油酸对人体健康极为有利。

### 3.2 玛咖的次生代谢产物

3.2.1 玛咖生物碱: 生物碱是玛咖根中较早发现的次生代谢物质, Chacón 从玛咖中获得 4 种微量的生物碱<sup>[10]</sup>, 但没有分析其结构。最近在干燥的玛咖根中发现了一类玛咖生物碱——玛咖酰胺类物质 (macmides), 这是一类新的化合物, Zheng 等人对玛咖根进行提取, 醇提取物通过反相液相层析等分离纯化, 用 GS-M 等进行结构鉴定, 检出 3 种新的成分: ① *N*-benzyl octanamide, ② *N*-benzyl-16-hydroxy-9-oxo-10E, 12 E, 14E-octadecatrieneamide, ③ *N*-benzyl-9, 16-dioxo-10E, 12E, 14E-octadecatrieneamide 该实验还分离到一种新的植物化合物玛咖烯 (macaenes), 总共得到 17 种玛咖烯和玛咖酰胺的类似物。玛咖酰胺和玛咖烯在玛咖提取物中的含量达到 0.6%<sup>[9]</sup>。

3.2.2 芥子油苷和异硫氰酸酯 (isothiocyanate): Johns 等在玛咖中发现了芥子油苷和具有挥发性的异硫氰酸酯类物质, 研究表明异硫氰酸酯类物质主要有异硫氰酸对甲氧基苄酯 (*p*-methoxybenzylisothiocyanate)、异硫氰酸苄酯 (benzyl isothiocyanate)<sup>[9, 11]</sup>。这暗示玛咖根中所含的芥子油苷的 R 基中芳环比例较高, 至于玛咖根中不含吲哚芥子油苷和脂肪酸类芥子油苷, 目前还未见报道。异硫氰酸苄酯在玛咖根醇提取物中的含量为 0.10~0.13%<sup>[9]</sup>。

3.2.3 甾醇及其衍生物: 玛咖根中的甾醇及其衍生物包含 β-谷甾醇 (β-sitosterol)、菜子甾醇 (brassicosterol)、菜油甾醇 (campesterol)、豆甾醇 (stigmasterol)、麦角甾醇 (ergosterol)、Δ<sup>7</sup>, 22-麦角二烷醇 (Δ<sup>7</sup>, 22-ergostadienol)、β-蜕皮激素 (β-ecdysone) 等<sup>[9, 12]</sup>。干燥玛咖根醇提取物中的甾醇含量可达到 0.03%~0.04%<sup>[9]</sup>。

3.2.4 其他次生物质: 在玛咖根中还有一些微量的次生代谢物质如鞣质、皂角苷、硫氢酸苄 (benzyl thiocyanate) 等<sup>[8, 10, 13]</sup>。

## 4 玛咖的药理作用

高营养价值、合理的营养结构以及多种具有生物活性的次生代谢产物使玛咖具备多种保健功能, 传统上可用于增强精力, 提高生育力, 改善性功能, 治疗更年期综合征、风湿症、抑郁症、贫血, 另外还有抗癌和抗白血病的功效<sup>[1]</sup>。现代医学研究表明, 玛咖具有抗疲劳、调节内分泌等多种独特功效。

4.1 抗疲劳作用: 玛咖根粉末中含有丰富的氨基酸、牛磺酸、矿物质锌等抗疲劳营养物质。如支链氨基酸 (BCAA) (亮

氨酸、缬氨酸、异亮氨酸) 在消除运动性中枢疲劳和肌体疲劳中有重要作用<sup>[14, 15]</sup>; 锌则通过激活神经内分泌激素、能量代谢所涉及的有关酶如乳酸脱氢酶等控制核酸、蛋白质、糖和脂肪的代谢过程, 起到抗疲劳作用。在玛咖抗疲劳动物实验中, 用不同剂量的玛咖根粉末对小鼠进行 30 d 的喂养, 发现玛咖喂养组小鼠负重游泳时间要比对照组大大延长, 而且小鼠运动时血清尿素氮和小鼠血乳酸水平降低, 充分证明了玛咖的抗疲劳功能。

4.2 提高生育力: 玛咖可显著提高哺乳动物和鱼类的生育力<sup>[9, 16~19]</sup>。玛咖提高生育力的机制可能是提高动物成熟卵泡小体的数量、精子的流动性和精子的数量<sup>[4, 9]</sup>, 这与玛咖中含有的生物碱、丰富的精氨酸和果糖等关系密切。玛咖中生物碱可以刺激动物生殖系统, 用生物碱提取液喂小鼠可以使雌鼠成熟的卵泡小体成倍增加, 雄鼠精子产生数增加<sup>[8]</sup>; 而精氨酸对提高生育力也有明显作用, 不仅因为精氨酸是精子中氨基酸主要的组成成分, 而且表现在可以提高精子的运动性上<sup>[20]</sup>; 而果糖则可以为精子提供能力<sup>[21]</sup>。

4.3 改善性功能: 玛咖改善性功能的作用在 60 年代就有提及, 研究者通过用玛咖喂养小鼠, 发现小鼠的扑捉能力提高<sup>[6]</sup>, 而 2000 年 Zheng 等用玛咖根醇提取物喂养小鼠后发现雌雄小鼠的性功能有了明显提高, 雄鼠勃起能力提高, 而且通过实验推断引起性功能改善的物质可能是玛咖烯和玛咖酰胺, 而且芥子油苷和异硫氰酸苄酯也可能对改善性功能有影响<sup>[9]</sup>。而最近的报道进一步证明了玛咖无论在短期还是长期喂养中, 都会提高小鼠的性能力<sup>[22]</sup>。

4.4 调节内分泌功能: 玛咖传统上可用于治疗女性更年期综合征, 经现代研究表明, 玛咖中含有的生物碱作用于视丘下部和脑垂体, 调节内分泌腺如肾上腺、甲状腺、胰腺、卵巢等的功能, 从而平衡荷尔蒙<sup>[10]</sup>。而且玛咖可以作为代替外源雌激素来缓解下丘脑和脑垂体功能亢进, 也是因为其中的生物碱可以补充雌二醇分泌的不足<sup>[23]</sup>。

4.5 抗肿瘤作用: 玛咖传统上可用抗癌, 可能与其含有芥子油苷和异硫氰酸苄酯等含硫有机化合物有关, 已有不少报道表明这两种物质具有抗癌效果, 如对胃癌、食道癌、肺癌、白血病等均有一定的作用<sup>[23~29]</sup>。此外, 玛咖中含有的多不饱和脂肪酸和 Vc 也有一定抗癌作用。

4.6 其他作用: 玛咖可用于治疗慢性疲劳综合征、抑郁症, 这可能与玛咖调节内分泌作用有关; 玛咖传统上还用于治疗哮喘症, 这与玛咖中含有的类固醇以及促肾上腺素类物质有关; 玛咖的强化肌肉的作用主要与含有的高蛋白和甾醇有关; 玛咖还可以预防各种类型的贫血, 这与玛咖的高营养尤其是含有的矿物质如钙、铁密不可分。

4.7 毒理实验: 急性毒性试验结果表明, 玛咖对小鼠的 LD<sub>50</sub>> 10 g/kg, 属实际无毒物质。Ames 试验、小鼠骨髓微核试验与精子畸形试验均为阴性。大鼠 30 d 喂养试验中, 按人体推荐摄入量的 25, 50, 100 倍即 1.00, 2.00, 4.00 g/kg 给予受试物, 并设立正常对照组, 测定结果显示各组大鼠体重增长、食物利用率、脏器比、血象与血清生化指标均在正常

值范围内。

### 5 玛咖的开发和市场前景

玛咖在秘鲁安第斯山区作为当地人的高营养作物已有几千年的食用历史,而其提高人的精力、耐力和性功能等传统药用价值也广为流传。把玛咖鲜根与蜂蜜和水果一起榨成汁作为饮料在当地也很流行,玛咖的叶子在欧洲作为布丁中的蔬菜也深受喜爱,另外在国际市场上还出现了玛咖酒、玛咖酱、玛咖口香糖等多种形式的玛咖产品。但现在更多的玛咖用途是将玛咖根干燥后磨成粉末或进行提取浓缩后制成保健食品和药品,国际市场上已有几十种玛咖保健产品从美国、日本、澳大利亚、西班牙、秘鲁、英国、台湾、香港等地推出,功能主要用于增强精力,提高生育力,改善性功能,治疗更年期综合征等。由于在国际上人们越来越崇尚非处方药和功能食品,这给具有药食两用特性的玛咖带来了良好的发展前景,推进了玛咖在国际上的研究热潮。

目前有关玛咖的基础研究尚不十分深入,因此,在中国大力开展玛咖这种洋中药的推广及应用的深入研究具有十分重要而深远的意义。

致谢:玛雅生物工程(湖北)有限公司研究所、中国驻秘鲁大使馆翻译人员参与部分工作。文中玛咖的抗疲劳动物实验和毒理实验是我们在校同济医学院保健食品功能学检测中心完成。

### References

[1] Quiñés C F, Cárdenas R A. Maca [A]. Hermann M, Heller J. *Andean Roots and Tubers. Ahipa, Arracacha, Maca and Yacón* [C]. Rome: IPGR—Promoting Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops 21, 1997, 175-195.

[2] Rea J. Maca (*Lepidium meyenii*) [A]. Hernando B, Leon J. *Neglected crops. 1492 from a different perspective* [C]. Rome: FAO—Plant Production and Protection Series No. 26, 1994, 165-179.

[3] Quiñés C F, Epperson A, Hu J, et al. Physiological studies and determination of chromosome number in Maca, *Lepidium meyenii* (Brassicaceae) [J]. *Econ Bot*, 1996, 50(2): 216-223.

[4] Obregón L. *Maca, Planta Medicinal Y Nutritivo del Perú* [M]. Lima: Instituto de Fitoterapia Americana, 1998.

[5] National Research Council. *Lost Crops of the Incas. Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation* [M]. Washington DC: National Academy Press, 1989.

[6] León J. The maca (*Lepidium meyenii*), a little-known food plant of Peru [J]. *Econ Bot*, 1964, 18(2): 122-127.

[7] Tello J. La mace (*Lepidium meyenii* Walpers): Cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas [R]. La Paz. In VII Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 1991.

[8] Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, et al. Chemical composition of *Lepidium meyenii* [J]. *Food Chem*, 1994, 49(4): 347-349.

[9] 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.

[10] Chaón G. Estudio fitoquímico de *Lepidium meyenii* Walp [D]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1962.

[11] Timothy A J. Ethnobotany and phytochemistry of *Tropaeolum tuberosum* and *Lepidium meyenii* from Andean South America [D]. Canada: The University of British Columbia, 1980.

[12] Espinoza C L, Poma L P. Determinación de aminoácidos es-

enciales de la maca (*Lepidium meyenii*) y elaboración de una mezcla profética a base de alimentos andinos [D]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 1995.

[13] Paugam L, Menard R, Larue J P, et al. Optimization of glucosinolate separation by micellar electrokinetic capillary chromatography using a Doehlert's experimental design [J]. *J Chromatogr A*, 1999, 864: 155-162.

[14] Herlin P M, James J H, Gimmon Z, et al. Combined or individual administration of branched-chain amino acids following total hepatectomy in the rat: effects on amino acids and indoleamines in brain [J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 1982, 6(5): 383-387.

[15] Zhao W X, Wang X Y, Xu Z Q, et al. Myocardium and skeletal muscle of athletic mice on branch amino acid absorbed and effect of protein composed [J]. *Chin J Appl Physiol*, 1999, 15(2): 127-129.

[16] Tovar M. Efecto de la "Maca" (*Lepidium meynii* Walp.) En la presentación de celo en vaquillas Holstein en el estable "Chacra Valdivia" Matahuasi—Concepcion [D]. Huancayo: Universidad Nacional de Centro del Peru, 1995.

[17] Mendrano A. Utilización de diferentes niveles de Maca en la fertilidad de cobayos [D]. Pasca: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, 1993.

[18] Minaya M M. Efectos de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) Sobre los parametros productivos y reproductivos de cuyes raza Wanka [D]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru, 1995.

[19] Lee K J, Dabrowski K, Rinchard J. Effects of maca meal on growth and sex differentiation of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Aquaculture*, 2001, 1: 21-25.

[20] Ratna S P, Sudha S, Anant B P. Arginine induced motility in goat spermatozoa: a NMR study [J]. *Prog Biophys Mol Biol*, 1996, 65(Suppl 1): 202.

[21] Onyechi O, Lawrence U S E, Akuoma H O. Effect of scopoletin on male guinea pig reproductive organs. I. Levels of citric acid and fructose [J]. *Nutr Res*, 1999, 19(3): 443-448.

[22] Cicero A F G, 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.

[23] Mithen R F, Dekker M, Verkerk R, et al. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods [J]. *J Sci Food Agr*, 2000, 80(7): 967-984.

[24] Getahun S M, Chung F L. Conversion of glucosinolates to isothiocyanates in humans after ingestion of cooked watercress [J]. *Canc Epidemiol Biomark Prev*, 1999, 8(5): 447-451.

[25] Xu K, Thomalley P J. Studies on the mechanism of the inhibition of human leukaemia cell growth by dietary isothiocyanates and their cysteine adducts *in vitro* [J]. *Biochem Pharmacol*, 2000, 60(2): 221-231.

[26] Stoner G D, Kresty L A, Carlton P S, et al. Isothiocyanates and freeze-dried strawberries as inhibitors of esophageal cancer [J]. *Toxicol Sci*, 1999, 52(2): 95-100.

[27] Hecht S S, Kenney P M J, Wang M Y, et al. Effects of phenethyl isothiocyanate and benzyl isothiocyanate, individually and in combination, on lung tumorigenesis induced in A/J mice by benzo[a]pyrene and 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone [J]. *Cancer Lett*, 2000, 150(1): 49-56.

[28] Kassie F, Qin H M, Rabot S, et al. Protection of organ specific genotoxic effects of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline (IQ) by benzyl isothiocyanate (Bitec), glucotropaeolin (Gt) and garden cress juice *in vivo* single cell gel electrophoresis (Sge) assay with primary rat hepatocytes and colonocytes [J]. *Neoplasma*, 1999, 46: 41-44.

[29] Pintao A M, Pais M S S, Coley H, et al. *In vitro* and *in vivo* antitumor activity of benzyl isothiocyanate—a natural product from *Tropaeolum majus* [J]. *Planta Med*, 1995, 61(3): 233-236.