

文章编号: 1674-7054(2015)02-0158-05

海巴戟中7种矿物质元素的测定

聂风琴¹, 于文辉², 廖丹¹, 刘伯宏¹, 李彩凤¹, 符文英¹

(1. 海南大学农学院, 海南海口 570228; 2. 海南大学分析测试中心, 海南海口 570228)

摘要: 利用空气-乙炔火焰原子吸收光谱法对海巴戟果肉、叶、果实冻干粉及发酵果汁中的钾、钙、钠、镁、铁、锌、锰等7种重要矿物质元素进行测定。结果表明: 实验回收率为94%~107.2%; 海巴戟中钾、钙、锌、铁、锰元素含量丰富; 海巴戟果肉中钾元素含量高, 为24 215.81 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 钠元素含量相对较低, 仅为789.40 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 是一种典型的低钠高钾保健食品, 具有良好的保健养生价值。除钾元素外, 叶中其他元素含量均高于果肉中的, 尤其是微量元素铁、锌、锰的含量。海巴戟产品冻干粉中的7种元素含量与诺丽果肉中的接近。海巴戟发酵果汁与同一品种海巴戟果肉中的矿物质元素含量成一定比例, 7种矿物质元素均能够满足人体需求。

关键词: 火焰原子吸收光谱法; 海巴戟; 矿物质元素; 测定

中图分类号: S 563.4

文献标志码: A

海巴戟(*Morinda citrifolia* Linn) 国外俗称诺丽(Noni), 为茜草科巴戟天属植物。是一种发源于南太平洋岛屿的热带常绿多年生阔叶灌木或小乔木。国外主要分布在南太平洋诸岛, 国内则分布在海南岛、西沙群岛和台湾岛^[1]。海巴戟在南太平洋一带素有“仙果”之美称, 作为保健及药用饮料已有上千年的历史, 其果实、叶、枝干、根部均可入药。目前, 市场对海巴戟产品的需求以每年约50%的速度增加, 是全球最畅销的健康产品之一^[2-3]。海巴戟果可用来治疗多种疾病, 如糖尿病、高血压、心脏不适、疼痛、精神压抑及消化不良等^[4]。服用海巴戟果汁后, 机体的抗氧化能力增强, 从而减少疾病的产生及衰老的形成, 以达到抗衰老的保健目的^[5]。研究表明, 海巴戟富含多种对人体有益矿物质元素^[6], 但“万维1号”海巴戟的矿物质元素的含量测定尚未见报道。本实验以海南大面积种植的“万维1号”海巴戟为研究对象, 运用原子吸收光谱法测定其果肉、叶、冻干粉及发酵果汁中7种对人体有益的矿物质元素, 旨在测定海巴戟不同部位及产品中矿物质元素的具体含量, 为合理开发和利用海巴戟资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 主要仪器 TAS-990 原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限公司)、FW100 型高速万能粉碎机(天津泰斯特仪器有限公司)、ECH-II 微机控温加热板(上海新仪微波化学科技有限公司)、AUW220D 型电子分析天平(SHIMADZU CORPORATION JAPAN)、CS101-4EB 型电热鼓风干燥箱(重庆四达实验设备有限公司)、CS101-3EB 型电热鼓风干燥箱(重庆四达实验设备有限公司)、Elga-PURELAB Ultra Analytic 超纯水系统、压力消解罐等。

1.2 材料和试剂 海巴戟鲜果、海巴戟叶、冻干粉、发酵果汁(均由海南万维生物制药技术有限公司提供), 国家一级标准物质芹菜 GBW10048(北京世纪奥科生物技术有限公司), K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Mn(1 g · L⁻¹) 标准液(国家有色金属及电子材料分析测试中心), HNO₃(68%), H₂O₂(30%) 均为优级纯(上海国药集团)。

1.3 样品溶液制备 将新鲜的海巴戟叶及果洗净, 果切片、去籽, 于60℃的干燥箱中烘干。烘干后的果肉、叶样品分别在粉碎机中粉碎, 过60目筛备用。利用压力消解罐消解法进行消解, 准确称取0.5075 g

收稿日期: 2015-01-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31360066); 国家农业成果转化基金项目(2013GB2E200392)

作者简介: 聂风琴(1989-), 女, 海南大学农学院2012级硕士研究生, E-mail: 846179942@qq.com

通信作者: 符文英, 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 药用植物, E-mail: fwynoni@163.com

海巴戟果肉粉末、0.502 1 g 海巴戟叶粉末、0.504 4 g 冻干粉、3 g 果汁,分别置于酸煮洗净的聚四氟乙烯内罐中,然后用超纯水没过底部,加入5 mL的68%浓硝酸,于微机控温加热板上100 ℃加热10 min。待样品冷却至60 ℃后,加入2 mL的30% H₂O₂,盖好内盖,旋紧不锈钢外套,放入恒温干燥箱(150 ℃)中进行消解(300 min)。消解罐在箱内自然冷却至室温后拿出,将聚四氟乙烯内罐标号,拍下水珠,于微机控温加热板上开盖,100 ℃下挥发剩余酸10 min。消解液转入25 mL容量瓶中,用0.5%的HNO₃洗涤聚四氟乙烯内罐,洗涤液并入消解液中,定容摇匀,作为供试品溶液。吸取1 mL供试品溶液,加入4 mL的0.5% HNO₃溶液,稀释5倍,待测。标准物质芹菜和2组样品空白液,按上述相同方法进行处理。

1.4 标准溶液配制 量取质量浓度为1 g·L⁻¹的K、Ca、Na、Mg、Zn、Fe、Mn单元素标准溶液适量,用0.5%硝酸配制成质量浓度为10或100 mg·L⁻¹的上述元素的标准储备液,再分别量取上述标准储备液若干量,用0.5%硝酸稀释成的系列标准使用液(表1)。

表1 7种元素标准溶液质量浓度

Tab.1 The concentration of the standard solution of 7 elements mg·L⁻¹

元素 Element	1	2	3	4	5
K	0	10.00	20.00	50.00	100.00
Ca	0	2.00	5.00	10.00	15.00
Na	0	10.00	20.00	50.00	100.00
Mg	0	0.25	0.50	1.00	1.50
Zn	0	0.10	0.20	0.30	0.40
Fe	0	0.50	1.00	3.00	5.00
Mn	0	0.50	1.00	1.50	2.00

1.5 原子吸收仪工作条件 将标准溶液与稀释过的供试样品溶液分别注入TAS-990型原子吸收分光光度计中,按照表2设定的各个元素的工作参数,分别测定各元素的吸光度。

表2 原子吸收分光光度计工作参数表

Tab.2 Operating parameters of atomic absorption spectrophotometer

元素 Element	波长/nm Wavelength	灯电流/mA Lamp current	光谱带宽/nm Spectral bandwidth	乙炔流量/(mL·min ⁻¹) Acetylene flow	燃烧器高度/mm Burner height
K	766.5	2	2.0	1400	5
Ca	422.7	3	0.4	1700	5
Na	589.0	3	0.4	1300	6
Mg	285.2	3	0.4	1350	6
Zn	213.9	3	1.0	1500	6
Fe	248.3	3	0.2	1700	6
Mn	279.5	2	0.2	1500	6

2 结果与分析

2.1 标准溶液回归方程与相关系数 注入标准系列溶液绘制标准曲线的同时,仪器自动生成了各元素的回归方程及相关系数R。

从表3可以看出,各元素回归方程的相关系数接近1,标准曲线上各个点基本上位于同一直线上,表明在选定的工作范围内,各元素标准曲线线性关系良好。

2.2 实验回收率 在实验中,以国家一级标准物质芹菜作为参考物质,与海巴戟样品在同等实验条件下进行测定,从表4可以看出,其元素测量值与参考值接近,各元素的回收率(测定值与参考值的比值)在94%~107.2%之间。此种方法测定的回收率,化繁为简,准确度高。样品处理采用了湿法消化的方法,既高效完全地分解了大分子有机物,又避免了采用干法灰化时,微量金属离子损失较严重的问题,提高了各元素的回收率^[7]。

表 3 回归方程及相关系数
Tab. 3 Regression and correlation coefficients

元素 Element	回归方程 Regression	相关系数 <i>R</i> Correlation coefficients <i>R</i>
K	$A = 0.0023c - 0.0025$	0.9995
Ca	$A = 0.0566c + 0.0235$	0.9993
Na	$A = 0.0052c + 0.0059$	0.9996
Mg	$A = 0.2537c + 0.0137$	0.9950
Zn	$A = 0.4320c + 0.0018$	0.9997
Fe	$A = 0.0881c + 0.0087$	0.9988
Mn	$A = 0.2537c + 0.0048$	0.9996

表 4 各元素回收率
Tab. 4 Recovery of each element

元素 Element	参考物质芹菜 Reference material celery		回收率/% Recovery
	测定值/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Measured value	参考值/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Reference value	
	K	25 773.79	
Ca	17 796.59	16 600	107.20
Na	23 071.53	21 700	106.32
Mg	5 129.96	5 300	96.80
Zn	27.18	26	104.53
Fe	560.70	597	94.00
Mn	43.23	45	96.07

2.3 测定结果 海巴戟果肉、叶、冻干粉、果汁中 K、Ca、Na、Mg、Zn、Fe、Mn 元素含量见表 5。从表 5 可以看出,所测 7 种元素在海巴戟不同部位、不同产品间具有一定差异。海巴戟果肉中 K 元素含量很高,而 Na 元素含量较低,7 种矿物质元素平均含量排列顺序为 $K > Ca > Mg > Na > Mn > Zn > Fe$ 。在所测的品种中,海巴戟果和叶的矿物质元素含量具有较大差异,除 K 外,叶中所测其他元素含量均高于果中。海巴戟果

表 5 样品中的元素含量
Tab. 5 Element content in the Noni samples $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

元素 Element	海巴戟果肉 Fruit flesh	海巴戟果叶 Leaves	冻干粉 Freeze-dried fruit powder	海巴戟果汁 Fruit juice
K	24 215.81	10 617.42	15 320.25	1 887.61
Ca	4 102.53	16 253.81	4 130.76	193.23
Na	789.40	4 000.95	568.25	45.41
Mg	1 656.11	3 877.37	1 731.73	176.40
Zn	33.15	59.40	14.94	1.53
Fe	14.83	394.95	35.33	1.23
Mn	80.49	289.21	34.29	6.17

注:表中除海巴戟果汁外,其他均为各元素质量占干质量之比

Note: All the data mean the ratio of element mass to dry weight in the sample, except in fruit juice

叶中 7 种矿物质元素平均含量排列顺序为 $\text{Ca} > \text{K} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn}$ 。冻干粉中所测元素含量与海巴戟果肉中元素含量相近,此次实验所使用的冻干粉系不同品种海巴戟鲜果混合批量生产的海巴戟果实冻干粉。其 7 种矿物质元素平均含量排列顺序为 $\text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn}$ 。海巴戟果汁是由“万维一号”品种海巴戟鲜果发酵而成,与同一品种海巴戟果肉中矿物质元素含量成一定比例。海巴戟果汁中矿物质元素平均含量排列顺序为 $\text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Fe}$ 。

3 讨 论

本实验结果表明,海巴戟中钾、钙、锌、铁、锰等重要元素相对丰富。钾、钠是人体必需的营养元素,其来源就在于人体每日摄入的食物。当体内缺钾时,会造成全身无力、疲乏、心跳减弱、头昏眼花,严重缺钾还会导致呼吸肌麻痹死亡。因此,食品中钠、钾含量的测定对于保证人体健康有重要意义^[8]。本测定结果表明,海巴戟中 K 元素含量十分丰富,在海巴戟果肉中高达 $24\ 215.81\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,成人每日钾元素推荐摄入量为 $2\ \text{g}^{[9]}$ 。海巴戟中 Na 元素含量相对较低,在海巴戟果肉中,仅为 $789.40\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。人体所需 Na 元素主要来自食盐^[9],日常膳食足以满足人体所需,不会出现缺钠症状。海巴戟最主要的产品发酵果汁的钾钠含量比值为 41.57,而传统低钠高钾水果橙汁钾钠比值为 15.92^[10],苹果果肉的为 1.25^[11],标准物质芹菜的为 1.24,表明海巴戟是一种良好的低钠高钾的保健食品。研究发现,增加钾的摄入量能够降低血压^[12],因此,海巴戟产品特别适合高血压人群食用。钙是构成人体骨骼牙齿血液等几乎身体的各个组成部分的不可或缺的成分,对女性而言,钙可增强排卵机能,与妊娠密切相关,还可以缓解精神压力,减轻生理不适^[13]。海巴戟中 Ca 元素含量丰富,尤其是海巴戟叶中钙元素含量是果肉中的 3.96 倍。镁在人体中表现出多种生物学作用,参与人体多种生理活动,能维持 DNA 和 RNA 结构的稳定性,激活体内多种酶,抑制神经的兴奋性,参与蛋白质合成和肌肉收缩,是人体内多种酶的重要激活剂。镁在人体内失衡,会引起多种疾病^[14]。海巴戟中 Mg 元素比较丰富,在海巴戟叶中的含量为 $3\ 877.37\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。铁主要参与血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素氧化酶及触酶的合成,并与许多酶的活性有关。体内缺铁会患缺铁性贫血症。海巴戟果叶中 Fe 元素含量丰富($394.95\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$),是果肉中的 26.63 倍。缺锌能导致许多疾病,如侏儒症、糖尿病、高血压、生殖器及第二性征发育不全、男性不育等疾病^[15],同时 Zn 元素具有加速生长发育、增加创伤组织的修复、协调免疫反应等重要作用^[16]。海巴戟中 Zn 元素含量丰富,海巴戟叶中的 Zn 元素含量高达 $59.40\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,能够补充人体对 Zn 元素的需求,也是海巴戟能加快治愈伤口的原因之一。冻干粉中 Zn 元素含量较低,可能是由于加工过程中对 Zn 元素有一定的损耗。锰是多种酶中的成分,它能促进氨基酸之间的相互转换,活化肽酶,促进蛋白质在肠内水解。海巴戟中锰离子还能与超氧化物歧化酶结合,消除细胞内的自由基,具有抗氧化和抗衰老的作用^[13]。海巴戟中 Mn 元素含量很高,尤其是叶($289.21\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)。这也是海巴戟能够延缓衰老原因之一。

海巴戟适合开发为药食两用的产品。不同品种,不同地域的海巴戟所含矿物质元素有所差异,海巴戟果之间的矿物质含量差别与收获时气候、土壤条件、品种差异有一定关系^[17]。赵俊凌^[6]测定的结果表明,云南的海巴戟果实 K 含量为 $695.12\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,Na 含量为 $871.06\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,Ca 含量为 $223.15\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,Mg 含量为 $363.08\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,钾钠比值为 0.80,远远低于“万维一号”海巴戟果肉中的钾钠比值。“万维一号”海巴戟果肉中 Ca、Mg 元素含量高于云南分所海巴戟果实中的。本测定结果表明,同一品种中,海巴戟果肉和叶的矿物质元素含量有所不同,除 K 外,叶中的其他元素含量均高于果肉中的,表明海巴戟叶也极具开发价值。冻干粉中所测元素含量与海巴戟果肉中的相近,采用 FD 超低温冻干技术生产的海巴戟冻干粉,能很大程度上保存其营养元素。海巴戟果汁是由海巴戟鲜果发酵、过滤而成,其中所含矿物质元素能满足我国居民日常膳食所需。

参考文献:

- [1]张洪财,王文娟,刘树民. 诺丽果化学成分的研究进展[J]. 哈尔滨医药, 2011, 31(3): 213-216.
- [2]YANINE C B, FABRICE V, ANA M P, et al. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and the therapeutic properties[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006(19): 645-654.

- [3] WEST B J, JENSEN C J, WESTENDORF J, et al. A safety review of noni fruit juice [J]. J. Food Sci., 2006, 71(8): 100.
- [4] 黄惠玲, 李建勇, 蒋江云. 诺丽果中脂肪酸成分与含量的分析 [J]. 热带作物学报, 2003, 24(1): 73-75.
- [5] 张建军, 王林元, 欧丽娜, 等. 诺丽果汁对老龄小鼠抗氧化功能影响的实验研究 [J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 392-406.
- [6] 赵俊凌. 火焰原子吸收光谱法测定海巴戟中的微量元素 [J]. 光谱实验室, 2013, 30(3): 1049-1052.
- [7] 唐清, 左嘉平. 火焰原子吸收光谱法测定苋菜中 8 种矿物元素 [J]. 化学试剂, 2006, 28(2): 101-103.
- [8] 覃毅磊. 火焰原子吸收光谱法测定食品中钠、钾的含量 [J]. 东莞理工学院学报, 2005, 12(1): 96-98.
- [9] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [10] 祝优珍, 史洪云. 微波消解技术测定苹果中的矿物质元素 [J]. 上海应用科技学院学报, 2004, 4(4): 275-278.
- [11] 牛丽影, 胡小松, 赵镭, 等. 橙汁主要矿物质元素含量的特征分析 [J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(1): 259-262.
- [12] 金有豫. 钠和钾与高血压的相关性: 对防治高血压饮食的启示 [J]. 食品与药品, 2007, 11(9): 5-6.
- [13] 邢怡旺. 诺丽与平衡健康 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2013.
- [14] 李青仁, 蒋君辉, 高阳, 等. 镁对人体健康的影响 [J]. 世界元素医学, 2007, 14(1/2): 37-40.
- [15] 夏敏. 必需微量元素的生理功能 [J]. 微量元素与健康研究, 2003, 20(3): 41-44.
- [16] 陈文强. 微量元素锌与人体健康 [J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 62-65.
- [17] BRETT J W, DENG Shixin, JENSEN J C. Nutrient and phytochemical analyses of processed noni puree [J]. Food Research International, 2011, 44: 2295-2301.

Determination of Mineral Elements in *Morinda citrifolia* L.

NIE Fengqin¹, YU Wenhui², LIAO Dan¹, LIU Bohong¹, Li Caifeng¹, FU Wenyong¹

(1. College of Agronomy, Hainan University, Haikou, Hainan 570228;

2. Analytical and Testing Center of Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: The fruit flesh, leaves, freeze-dried powder of fruit, and fermented fruit juice of Noni (*Morinda citrifolia* L.) were determined in terms of mineral elements, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn and Mn, by using Air-acetylene flame atomic absorption spectrometry. These elements had a recovery rate ranging from 94% to 107.2%. Noni was found to contain high K, Ca, Zn, Fe and Mn. In the fruit flesh K content was the highest, upto 24 215.81 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ while the Na content was relatively lower, only 789.4 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Noni is hence a typical low-sodium and high-potassium food with high healthcare value. The leaves contained higher elements except K than the fruit flesh, especially Fe, Zn and Mn, and hence have a good value for development. The freeze-dried fruit powder contained similar elements to the fruit flesh. The fermented fruit juice contained elements proportionate to the fruit flesh of the same variety of Noni, and the content of the elements was found to meet the needs of human being.

Key words: flame atomic absorption spectrometry; *Morinda citrifolia* L.; mineral element; determination