

# 火焰原子吸收光谱法测定 Borojo 果及其制品中的 8 种微量元素

孟平<sup>1</sup>, 焦红<sup>2</sup>, 孙超<sup>3</sup>, 胡焯敏<sup>3</sup>, 陈元浩<sup>3</sup>

(1. 广东黄埔出入境检验检疫局, 广东广州 510700) (2. 广东出入境检验检疫局, 广东广州 510623)

(3. 广州市宜健医学技术发展有限公司, 广东广州 510080)

**摘要:** Borojo 果是一种天然的高钾低钠水果, 是补充钾、钙和镁优良的食物来源。本文用火焰原子吸收光谱法测定 Borojo 果及其制品中铜、铁、镁、锌、锰、钾、钠、钙 8 种微量元素的含量, 为 Borojo 果功效开发及深加工提供科学依据。样品经硝酸消解过夜, 重复测定 6 次, 计算精密度。方法前处理简单快速, 重复性好, 试剂用量小, 加标回收率在 94%~104% 之间, 相对标准偏差  $\leq 3.15\%$ 。Borojo 冷冻干燥粉中 8 种微量元素分别是果肉的 3 倍左右。酶解浓缩粉中微量元素高于冷冻干燥粉, 铜、锌分别高 5 和 7 倍; 锰、镁、钾、钙、铁分别高 1.08, 1.16, 1.22, 1.12 和 1.23 倍, 钠高了 55 倍。Borojo 果肉、冷冻干燥粉和酶解浓缩粉中的钾: 钠比分别为 2435:1, 2870:1 和 63:1。8 种微量元素比例同金丝枣、榴莲和干枣中相似, 且比后者含有更多的镁。

**关键词:** Borojo; 火焰原子吸收光谱法; 微量元素

文章编号: 1673-9078(2012)2-223-225

## Determination of Eight Trace Elements in South American Fruit Borojo by FAAS

MENG Ping<sup>1</sup>, JIAO Hong<sup>2</sup>, SUN Chao<sup>3</sup>, HU Ye-ming<sup>3</sup>, CHENG Yuan-hao<sup>3</sup>

(1. Huangpu Inspection and Quarantine, Guangzhou 510700, China) (2. Guangdong Inspection and Quarantine Guangzhou, 510623, China) (3. Guangzhou Yi Jian Medical Technology Development Co., Ltd, Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** Borojo fruit is a natural fruit which contained high potassium and low sodium which is a good food source for supplement of potassium, calcium and magnesium. To detect the content of eight kinds of trace elements by FAAS: copper, iron, magnesium, zinc, manganese, potassium, sodium, calcium in Borojo fruit and its products, and to provide a scientific basis for the development and deep processing of Borojo efficacy. Samples were digested by nitric acid overnight and were detected for six times by flame atomic absorption spectrometry. The pre-treatment method was rapid, reproducible and reagentless. The recovery was between 94% and 104% and the relative standard deviation was no more than 3.15%. The contents of eight trace elements in Borojo freeze-dried powder were about 3 times more than those in the fruit. The concentrations of trace elements in enzymatic hydrolysis concentrated powder were higher than that in freeze-dried powder. The copper, zinc, manganese, magnesium, potassium, calcium, iron and sodium in concentrated powder were 5, 7, 1.08, 1.16, 1.22, 1.12, 1.23 and 55 times respectively higher than those in freeze-dried powder. The ratios of potassium to sodium in Borojo fruit, freeze-dried powder and concentrated powder were 2435:1, 2870:1 and 63:1, respectively. The proportion of eight trace elements in Borojo was similar with that in ziziphus jujube, durian and dried dates, while Borojo contained more magnesium.

**Key words:** Borojo; flame atomic absorption spectrometry; trace elements

Borojo 是生长在南美洲热带雨林的水果, 茜草科林果属, 有 Borojoa patinoi Cuatrec 和 Borojoa sorbilis Cuatrec 两个品种<sup>[1]</sup>。果肉柔软, 味酸且粘稠。该水果在亚马河流域地区人群中习惯饮食, 俗称具有降低并

收稿日期: 2011-11-18

基金项目: 广东省科技攻关计划项目 (2011B010500014); 广州市科技计划项目 (11A61030347)

作者简介: 孟平 (1974-), 男, 工程师, 主要从事微量元素分析工作

维持人体血压, 帮助改善胆固醇症状, 增强免疫功能, 改善呼吸道炎症症状, 抗炎、抗氧化、降低人体血糖等功效, 但是公开的研究报道不多。国内林海丹等<sup>[1]</sup>曾对 Borojo 中的多糖含量进行了分析; 焦红等 (2010 年) 曾对 Borojo 鲜果中的全营养素做过分析报道<sup>[2]</sup>。水果中微量元素的相关分析方法较多<sup>[3-4]</sup>, 但对 Borojo 水果中微量元素的分析鲜有报道。本文中的样品经石墨消解炉消解后, 用火焰原子吸收光谱法测定了

Borojo 果肉、Borojo 冷冻干燥粉和 Borojo 酶解浓缩粉中的铜、铁、镁、锌、锰、钾、钠、钙微量元素的含量，为 Borojo 功效的开发及深加工提供科学依据。

### 1 实验部分

#### 1.1 样品和试剂

本文样品由厄瓜多尔东方食品集团提供的 Borojo 果肉、Borojo 冷冻干燥粉、Borojo 酶解浓缩粉各若干；Cu、Fe、Mg、Zn、Mn、K、Na、Ca 标准溶液购自于国家校准物质研究中心，含量均为 1 mg·mL<sup>-1</sup>；硝酸为优级纯；实验用水为超纯水。

#### 1.2 主要仪器

表 1 仪器工作参数

Table 1 Operating parameters of the instrument

元素	波长/nm	狭缝/nm	乙炔流量/(L/min)	测试方法
Cu	324.7	0.2	1.2	吸收法
Fe	248.3	0.2	1.2	吸收法
Mg	283.3	0.2	1.4	吸收法
Zn	213.9	0.2	1.2	吸收法
Mn	279.5	0.2	1.2	吸收法
Na	589.0	0.2	0.9	吸收法
K	766.5	0.2	0.9	发射法
Ca	422.7	0.2	0.9	吸收法

WFX-210 原子吸收分光光度计(北京瑞利分析仪器公司)，仪器工作参数见表 1；空心阴极灯，北京瑞利分析仪器公司；GWA-UN2 超纯水系统，北京普析通用公司；AL-204 电子天平，梅特勒-托利多仪器公司；石墨消解仪，莱伯泰克公司。

表 3 样品中各元素的平均含量 (n=6)

Table 3 Average content for each element in the sample

元素	2010 年果肉报道结果		果肉		冷冻干燥粉		酶解浓缩粉	
	含量/(mg/kg)		含量/(mg/kg)	RSD%	含量/(mg/kg)	RSD%	含量/(mg/kg)	RSD%
Cu	0.73~1.9		0.8	2.32	3.1	1.02	16.6	2.37
Fe	5.7~160		8.5	1.55	30.3	2.34	37.4	1.24
Zn	0.21~0.63		0.77	1.33	2.1	1.20	15.3	1.29
Mn	0.87~1.50		1.2	1.55	3.8	2.33	4.1	3.15
Na	0.19~6.10		1.7	2.24	4.0	2.44	220.9	3.11
Mg	240~357		2.73×10 <sup>2</sup>	1.22	7.572×10 <sup>2</sup>	2.99	8.753×10 <sup>2</sup>	2.39
K	1782~3500		4.14×10 <sup>3</sup>	2.66	11.480×10 <sup>3</sup>	2.78	13.994×10 <sup>3</sup>	3.13
Ca	240~375		2.952×10 <sup>2</sup>	2.87	9.942×10 <sup>2</sup>	2.15	11.100×10 <sup>2</sup>	2.29

从表 3 中可以得出本方法用于测量 Borojo 及其制品中的微量元素结果精确度高，6 次重复测定 RSD 在 1.02%~3.13%之间。同焦红、刘江晖等(2010 年)报道的<sup>[2]</sup>鲜果肉结果相比，本次样品中 8 种微量元素的锌和钾稍升高，这与不同时期送检的样品个体差异有

表 2 各元素工作溶液标准系列、回归方程及线性系数

Table 2 Standard working curve, regression equation and correlation coefficients

元素	标准溶液浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )					回归方程	R <sup>2</sup>
Cu	0.02	0.10	0.20	0.30	0.40	0.2135C-0.0012	0.9997
Fe	0.10	0.50	1.00	1.50	2.00	0.1304C+0.0219	0.997
Mg	0.20	0.40	0.80	1.00	2.00	0.7355C-0.0361	0.9999
Zn	0.02	0.08	0.15	0.30	0.40	0.6320C+0.0844	0.996
Mn	0.02	0.08	0.15	0.20	0.30	0.4294C+0.0002	0.9999
Na	0.02	0.04	0.08	0.10	0.20	0.12270C+0.0221	0.999
K	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	8.5010C+10.5706	0.9999
Ca	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	0.0021C+0.0002	0.9997

#### 1.3 样品处理

称取果肉 1.2000 克、Borojo 冷冻干燥粉和 Borojo 酶解浓缩粉各 0.5000 克于消解管中，加入 10 mL 硝酸，浸泡过夜。次日消解至透明，蒸发体积至近干，加入 15 mL 水，1 mL 硝酸，加热煮沸，取下冷却后用超纯水定容至 25 mL，待测；测 K、Ca、Mg 时将溶液稀释 50 倍加适量铈盐定容后待测；同法一并制备试样空白。

#### 1.4 标准系列及回归方程

分别用 Cu、Fe、Mn、Zn、Mg、Na、K、Ca 标准储备液(1.00 g/L)逐级稀释成校准系列工作溶液。标准系列、线性回归方程相关系数见表 2。

### 2 结果与讨论

#### 2.1 样品中 8 种微量元素的含量

微量元素含量测试结果如表 3。

关，其他都在原报道结果的范围内。

#### 2.2 方法的回收率及检出限

本文对酶解浓缩粉做了加标回收率及检出限的测定，见表 4。结果表明，各元素的回收率在 93.75%~103.64%之间，检出限和浓度范围满足检验结果的需

要。采用火焰原子吸收光谱法测定 Borojo 中微量元素试剂用量少, 操作简便, 效果良好, 结果准确可靠。

表4 Borojo 酶解浓缩粉中微量元素测定回收率及检出限 (n=6)

Table 4 Recovery and detection limit of trace element in enzymatic hydrolysis concentrated powder

元素	样品均值 ( $\mu\text{g/mL}$ )	加入量 ( $\mu\text{g/mL}$ )	测定均值 ( $\mu\text{g/mL}$ )	回收率 /%	检出限 (n=11,mg/L)
Cu	0.33	0.2	0.52	98.11	0.0001
Fe	0.75	1.0	1.72	98.29	0.0007
Mg	0.35	0.2	0.57	103.64	0.0007
Zn	0.30	0.2	0.48	96.0	0.0035
Mn	0.08	0.2	0.27	96.43	0.0004
K	5.60	2.0	7.16	94.21	0.05
Ca	0.44	0.2	0.60	93.75	0.0003
Na	4.42	1.0	5.09	93.91	0.0016

### 2.3 Borojo 不同加工制品中 8 种微量元素的比较

为便于比较, 将图 1 中 K 的实际含量缩小 100 倍,

Ca、Mg 实际含量各缩小 10 倍。

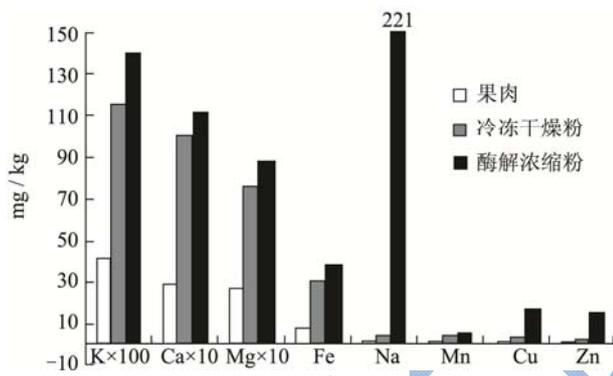


图 1 Borojo 及其制品中 8 种元素含量的比较

Fig.1 Contents of 8 elements in borojo and its products

由图 1 可见, Borojo 中 8 种元素含量从大到小依次为:  $K > Ca > Mg > Fe > Na > Mn > Cu > Zn$ 。Borojo 鲜果肉的水分平均为 70.99%<sup>[1]</sup>, 以 Borojo 果肉为原料脱水制成的冷冻干燥粉, 其中 8 种元素是果肉中各元素的 3 倍左右, 说明制作工艺过程中未受损失, 各微量元素都能很好地保存了下来。酶解浓缩比冷冻干燥工艺所得各微量元素的含量总体较高, 但不同元素间差别较大。酶解浓缩粉中铜、锌的含量高于冷冻干燥粉 5~7 倍; 锰、镁、钾、钙、铁分别高了 1.08、1.16、1.22、1.12 和 1.23 倍; 钠却高了 55 倍, 这可能是酶解过程中使用了含钠的酶制剂的原因。Borojo 果肉、冷冻干燥粉和酶解浓缩粉中的钾钠比分别为: 2435:1、2870:1 和 63:1, 这一点也充分说明 Borojo 及其制品是一种天然的高钾低钠的水果原料。

### 2.4 Borojo 与其他水果中 8 种微量元素的比较

文献<sup>[5]</sup>报道, 金丝枣中各种微量元素含量均衡,

是慢性胃炎、慢性胃溃疡、慢性肝炎、肝硬化、贫血的理想食疗食品。从表 5 中可见, Borojo 中的各元素和金丝枣<sup>[5]</sup>中微量元素比例相似, 但比金丝枣含有更多的镁和钾。同榴莲<sup>[6]</sup>相比, Borojo 中的锌、铁和钙分别低 332, 4.8 和 7.36 倍, 但镁的含量高于榴莲, 而钠的含量远低于榴莲 80 倍。经过脱水冻干的 Borojo 冻干粉中 8 种微量元素都比干枣<sup>[5]</sup>高, 尤其是钙、镁和钾的含量分别比干枣 1.48、1.97 和 1.42 倍。

表 5 Borojo 及其制品与其它水果元素含量比较 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 5 Contents of 8 elements between borojo, its products and

元素	Borojo 果肉	鲜金丝枣	榴莲	Borojo 冻干粉	干枣
Cu	0.8	1.5	11	3.1	3.0
Fe	8.5	7.6	41	30.3	8.0
Zn	0.77	3.3	256	2.1	5.6
Mn	1.2	1.2	11	3.8	2.6
Na	1.7	30	136	4.0	61
Mg	273	178	214	757	385
K	$4.140 \times 10^3$	$3.82 \times 10^3$	$4.53 \times 10^3$	$11.480 \times 10^3$	$8.09 \times 10^3$
Ca	295	356	2170	994	672

## 3 结论

本文用原子吸收光谱法对南美水果 Borojo 及其制品中的 8 种元素进行了分析, 确立了最佳仪器工作参数, 比较了 Borojo 及其制品中各元素的含量, 并同干枣、金丝枣、榴莲中的 8 种元素做了比较。Borojo 是一种优良的补充钾、钙和镁的食品来源。因此以 Borojo 为原料开发研制降血压、降血糖、天然抗衰老、抗肿瘤、抗炎、增强免疫性功能药物方面具有广阔的前景。

## 参考文献

- [1] 林海丹, Ka-Hing Wong, 焦红, 等. 热带雨林博罗霍果多糖的单糖组成分析[J]. 现代食品科技, 2010, 11(26): 1264-1266
- [2] 焦红, 孟平, 李丹, 等. 热带水果 Borojo 全营养素分析[J]. 中国食物与营养 2011.8(17): 68-71
- [3] 余磊, 彭湘君, 李银保, 等. 原子吸收光谱法测定茶叶中 7 种微量元素[J]. 光谱实验室, 2006, 23(5): 962-965
- [4] 李丽, 郭金英, 宋立霞, 等. 原子吸收光谱法测定葡萄酒中金属元素[J]. 酿酒科技 2009, 2(176): 105-108
- [5] 孙继春, 赵法兰, 王秋菊, 等. 金丝枣中 11 种元素的定量分析及其与健身防病的相关研究[J]. 微量元素与健康研究, 2001, 2(18): 46-48
- [6] 刘冬英, 谢剑锋, 方少瑛, 等. 榴莲的营养成分分析[J]. 广东微量元素科学 2004, 11(10): 57-59