

# 凤凰单丛古茶树叶片中硒含量及溶出特征

吴双桃<sup>1</sup>, 朱 慧<sup>2,\*</sup>

(1.韩山师范学院化学与环境工程学院, 广东 潮州 521041; 2.韩山师范学院生命科学与食品科技学院, 广东 潮州 521041)

**摘 要:** 选取10种珍贵的凤凰单丛古茶树为研究对象, 采用石墨消解法测定茶叶中的硒含量, 并分析硒元素在茶叶冲泡过程中的溶出特征。结果表明: 10种凤凰单丛古茶树的成熟叶与新叶的硒含量范围分别为0.056 0~0.352 5、0.045 5~0.299 0 mg/kg, 平均含量分别为0.180 9、0.154 5 mg/kg, 二者之间相差17.46%; 基于凤凰单丛“一芽二三叶”的采摘标准, 以0.2~4.0 mg/kg的硒含量作为富硒茶的标准, 则宋种蜜兰香(0.299 0 mg/kg)和宋种东方红(0.210 2 mg/kg)2种古茶树的茶叶达到富硒茶的含量要求; 以硒含量最高的宋种蜜兰香茶叶作为探讨硒元素溶出特征实验的材料。结果显示, 冲泡温度以95~100℃、单次冲泡时间小于5 min为宜, 且凤凰单丛古茶树茶叶耐多次冲泡; 冲泡温度、冲泡时间及冲泡次数( $x$ )与茶汤中硒溶出量( $y$ )的相关性分别符合直线方程( $y=0.000\ 4x-0.028\ 3$ ,  $R^2=0.939\ 8$ )、对数方程( $y=0.006\ 6\ln x+0.001\ 1$ ,  $R^2=0.957\ 9$ )及幂函数方程( $y=0.013\ 7x^{-0.786\ 6}$ ,  $R^2=0.948\ 6$ )。凤凰单丛古茶树具有一定的富硒茶开发潜力。

**关键词:** 凤凰单丛; 古茶树; 硒含量; 茶汤; 溶出特征

## Se Contents and Dissolution Characteristics in Leaves of Ancient Fenghuang Dancong Tea Trees

WU Shuangtao<sup>1</sup>, ZHU Hui<sup>2,\*</sup>

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China;

2. School of Life Sciences and Food Technology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

**Abstract:** Tea-drinking is an ideal way to supplement the trace element selenium (Se) for people. Se contents in the leaves of 10 cultivars of ancient tea trees for Fenghuang Dancong tea were measured by graphite digestion method, and Se dissolution characteristics were analyzed during brewing. The results were obtained as follows: 1) the Se contents in mature and young leaves were 0.056 0–0.352 5 and 0.045 5–0.299 0 mg/kg, with an average of 0.180 9 and 0.154 5 mg/kg, respectively, showing a 17.46% difference between both leaves; 2) Se contents in the cultivars Songzhong Milanxiang (0.299 0 mg/kg) and Songzhong Dongfanghong (0.210 2 mg/kg) met the requirement (0.2–4.0 mg/kg) of Se enriched Fenghuang Dancong tea made from ‘one bud with two or three leaves’; 3) the leaves of Songzhong Milanxiang with the highest Se content were selected as experimental materials for analyzing Se dissolution characteristics, and it was shown that 95–100℃ of brewing temperature and shorter than 5 min of brewing were fit for Fenghuang Dancong tea from the ancient tea tree, and these tea leaves could be brewed for many times; and 4) the relationship between either brewing temperature, time or number ( $x$ ) and Se dissolubility ( $y$ ) in tea infusion was consistent with linear equation ( $y = 0.000\ 4x - 0.028\ 3$ ,  $R^2 = 0.939\ 8$ ), logarithmic equation ( $y = 0.006\ 6\ln x + 0.001\ 1$ ,  $R^2 = 0.957\ 9$ ) and power function equation ( $y = 0.013\ 7x^{-0.786\ 6}$ ,  $R^2 = 0.948\ 6$ ), respectively. The ancient tea trees for Fenghuang Dancong tea have great potential for the development of Se-enriched tea.

**Key words:** Fenghuang Dancong; ancient tea tree; Se content; tea infusion; dissolution characteristics

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604023

中图分类号: Q944.53

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 04-0127-05

引文格式:

吴双桃, 朱慧. 凤凰单丛古茶树叶片中硒含量及溶出特征[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 127-131. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604023. <http://www.spkx.net.cn>

WU Shuangtao, ZHU Hui. Se contents and dissolution characteristics in leaves of ancient Fenghuang Dancong tea trees[J]. Food Science, 2016, 37(4): 127-131. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604023. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-05-30

基金项目: 广东省协同创新与平台环境建设专项(2014A070713039); 广东省高等学校科技创新重点项目(cxzd1131); 韩山师范学院博士启动项目(QD20140325); 广东普通高校工程技术开发中心项目(GCZX-A1415)

作者简介: 吴双桃(1976—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物化学与环境化学研究。E-mail: csfwst@163.com

\*通信作者: 朱慧(1976—), 男, 副教授, 博士, 主要从事植物化学与生理生态学研究。E-mail: gdzhuhui@126.com

硒是人和动物生命活动中的必需微量元素,其对人体具有重要的保健功能,中国营养学会将硒列为15种每日膳食营养素之一<sup>[1-3]</sup>。通过食物摄入硒是一种安全有效的途径<sup>[4]</sup>。茶被誉为“药食同源”的“国饮”,如果茶汤中含有硒,则饮茶为人体补充硒元素的理想途径<sup>[5]</sup>。湖北恩施、陕西紫阳及贵州六盘水等地生产的富硒茶因其良好的保健功能深受消费者的青睐<sup>[6-7]</sup>。截止目前,对茶叶中硒元素的研究主要集中于含量、存在形态、溶出特征及生物活性等方面<sup>[8]</sup>。茶树叶片是硒积累的主要器官,杜琪珍等<sup>[9]</sup>通过同位素技术发现有机态硒为茶叶中硒的主要存在形态(约占80%),李慧等<sup>[10]</sup>认为富硒茶叶中硒含量与对应土壤中硒含量之间存在明显的相关性;茶叶中硒在茶汤中的溶出特征对于硒元素的保健功能至关重要,王银华<sup>[11]</sup>、赵宁<sup>[12]</sup>等认为冲泡时间、温度、次数、液料比及茶叶硒含量等因素均影响硒溶出特征;胡秋辉等<sup>[13]</sup>发现富硒茶能大大增加动物血液和肝脏中的硒含量及谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性,降低脂质过氧化产物丙二醛的含量,证明富硒茶具有减少脂质过氧化物和清除自由基的能力,薛慧<sup>[14]</sup>研究表明长期饮用富硒茶能显著改善高胆固醇、血脂及脂蛋白的代谢状况。

现存的古茶树是研究茶树起源与演化的珍贵活体标本,是茶树良种选育和茶产业可持续发展的重要种质资源<sup>[15]</sup>。凤凰单丛古茶树主要分布在海拔600 m以上的凤凰单丛茶发源地——凤凰山区域,现存凤凰单丛古茶树被认为是罕见多香型、多品种及多栽培型的珍稀茶树资源<sup>[16]</sup>,以凤凰单丛古茶树茶叶为原料生产出来的乌龙茶具有极高的经济价值<sup>[17]</sup>。截止目前,对凤凰单丛古茶树的研究包括资源调查、保护技术、遗传多样性及其文化价值等<sup>[16-19]</sup>,但对于其茶叶矿质元素的研究鲜见报道。本实验拟选择最具代表性的10株凤凰单丛古茶树为研究对象,对叶片中的硒含量进行测定,并探讨温度、冲泡时间及冲泡次数等因素对茶叶中硒元素溶出特征的影响,旨在进一步了解凤凰单丛古茶树茶叶的保健价值与开发潜力。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

凤凰单丛古茶树树龄都在100 a以上,分布在海拔400~1 300 m的凤凰单丛发源地——凤凰山区域,具有非常高的经济价值和文化价值。按照凤凰单丛茶的不同香型,选取了10株具有代表性的凤凰单丛古茶树作为研究对象,如表1所示,分别采集新叶与成熟叶茶叶样品,其中,新叶以凤凰单丛“一芽二三叶”的采摘标准进行采样<sup>[20]</sup>。

表1 凤凰单丛古茶树

Table 1 Information about the ancient tea trees for Fenghuang Dancong tea

| 编号 | 古茶树名      | 海拔/m  | 树高/m | 树龄/a | 成茶香型 |
|----|-----------|-------|------|------|------|
| 1  | 鸭屎香       | 403   | 3.0  | >100 | 银花香  |
| 2  | 柚叶单丛      | 765   | 4.0  | >100 | 柚花香  |
| 3  | 通天香       | 769   | 4.0  | >300 | 姜花香  |
| 4  | 宋种1号(团树叶) | 800   | 5.8  | >600 | 肉桂香  |
| 5  | 鸡笼刊       | 831   | 5.0  | >300 | 芝兰香  |
| 6  | 杏仁香(锯刺仔)  | 1 000 | 3.7  | >200 | 杏仁香  |
| 7  | 八仙        | 1 050 | 4.8  | >100 | 芝兰香  |
| 8  | 宋种蜜兰香     | 1 100 | 5.0  | >900 | 蜜兰香  |
| 9  | 宋种东方红     | 1 150 | 6.0  | >600 | 黄栀香  |
| 10 | 夜来香       | 1 150 | 5.0  | >300 | 夜来香  |

盐酸(配制质量分数5%盐酸溶液) 广州化学试剂厂;硼氢化钾(KBH<sub>4</sub>) 国药集团化学试剂有限公司;GSBG62029-90(3401)硒标准储备液(1 000 μg/mL) 国家标准物质中心。

硒标准储备液与硒标准应用于4℃冰箱中储存备用。实验用水为超纯水,试剂为分析纯或优级纯。

### 1.2 仪器与设备

硒编码空心阴极灯(942339030341) 美国Thermo公司;胜谱DS-360石墨消解仪 中国广州分析测试中心;BT25S电子天平 德国Sartorius公司。玻璃器皿用前用质量分数3%稀硝酸溶液浸泡,蒸馏水洗涤,烘干。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 茶叶样品的制备与消解

表2 石墨消解程序

Table 2 Graphite digestion procedure

| 步骤 | 温度/℃ | 升温时间/min | 保持时间/min |
|----|------|----------|----------|
| 1  | 60   | 10       | 10       |
| 2  | 90   | 10       | 10       |
| 3  | 120  | 30       | 15       |
| 4  | 180  | 25       | 60       |

新鲜茶叶洗净,恒温80℃烘干,粉碎并过100目筛,混匀,装入塑料密封袋,编号备用。

茶叶硒含量测定:分别准确称取0.4 g(准确至0.000 1 g)茶样于石英消解罐中,加8 mL浓硝酸(浸泡过夜),再加2 mL双氧水,置于石墨消解仪中安装好相关装置,按表2步骤进行消解,同时设置空白对照,消解至剩余1~2 mL淡黄色的溶液,终止程序,冷却后加7 mL浓盐酸,继续煮沸15 min,定容至50 mL,过滤,待测<sup>[21]</sup>。每个实验重复5次。下同。

#### 1.3.2 茶汤中硒的溶出量与泡茶用水温度的关系

准确称取6.0 g茶叶置于100 mL锥形瓶中,向锥形瓶内分别加入90、95、98、100℃超纯水60 mL,从加完蒸馏水开始计时,浸泡5 min把茶汤倒出,过滤后取30 mL于石英消解罐中,添加试剂与消解方法同1.3.1节。

### 1.3.3 茶汤中硒的溶出量与冲泡时间的关系

准确称取6.0 g茶叶置于100 mL锥形瓶中,向锥形瓶内加入60 mL刚沸腾蒸馏水(100℃)。分别冲泡2、5、10、15、30 min,每到一个冲泡时间,倒出锥形瓶内的茶汤,过滤后取30 mL于石英消解罐中,添加试剂与消解方法同1.3.1节。

### 1.3.4 茶汤中硒的溶出量与冲泡次数的关系

准确称取6.0 g茶叶置于100 mL的锥形瓶中,向锥形瓶内加入60 mL刚沸腾蒸馏水,5 min后倒出全部茶汤,经过滤取30 mL用于实验测定,每5 min重复上述过程,依次进行5次。每次冲泡的茶汤的硒含量的测定方法同1.3.1节。

### 1.3.5 试样测定

硒标准曲线:分别量取0.00、0.50、1.00、1.50、2.00、2.50 mL(10 μg/L)硒标准应用液置于50 mL容量瓶中,分别加浓盐酸7.00 mL,用水定容至50 mL,混匀,分别得到质量浓度为0、1、2、3、4、5 μg/L硒标准系列溶液,现配现用。

试样测定前,先进入空白测量状态,用空白消解液进样,取均值作为空白值。然后按测定标准曲线的条件依次测定各试样。

## 2 结果与分析

### 2.1 加标回收率

用一次标准加入法对4种样品进行加标回收实验,如表3所示。结果显示样品中硒的加标回收率在99.35%~99.61%之间。

表3 样品中硒的加标回收率  
Table 3 Recovery rates of Se spiked into samples

| 样品含量/(μg/L) | 加入量/(μg/L) | 测得值/(μg/L) | 回收率/% |
|-------------|------------|------------|-------|
| 2.67        | 10         | 12.62±0.03 | 99.61 |
| 1.84        | 10         | 11.78±0.05 | 99.49 |
| 2.83        | 10         | 12.75±0.04 | 99.38 |
| 0.78        | 10         | 10.71±0.05 | 99.35 |

### 2.2 精密度和检出限

精密度:取10 μg/L的硒(IV)溶液进行连续10次测定,进行精密度实验表明:质量浓度为10 μg/L的标准溶液的标准差为0.193 6,相对标准偏差为1.18%。

检出限:对空白对照进行连续11次测定,计算出标准偏差,再根据检出限=3×标准偏差/曲线斜率,可得本方法的检出限为0.097 μg/L。

### 2.3 凤凰单丛古树茶茶叶中硒含量

10种古茶树的成熟叶中平均硒含量为0.056 0~0.352 5 mg/kg,如表4所示,其中,含量达到0.2 mg/kg的有通天香、杏仁香(锯刺仔)、八仙、宋种蜜兰香、宋

种东方红及夜来香6种,其中宋种蜜兰香的含量最高(0.352 5 mg/kg);而古茶树新叶的硒含量均低于成熟叶,其相差比率在15.18%~22.70%之间,其中仅宋种蜜兰香和宋种东方红2种古茶树茶叶的硒含量超过0.2 mg/kg,分别为0.299 0 mg/kg和0.210 2 mg/kg,其次为八仙及夜来香等。根据GH/T 1090—2014《富硒茶》的规定,富硒茶产品的硒含量应在0.2~4.0 mg/kg范围内<sup>[22]</sup>,根据此标准,宋种蜜兰香和宋种东方红符合富硒茶的标准要求。当然,新叶与成熟叶中的硒含量存在一定的差异,表明硒的吸收、累积与叶片的发育过程存在一定的相关性。

表4 茶叶中硒含量  
Table 4 Se contents in tea leaves

| 编号 | 古茶树名      | 硒含量/(mg/kg)     |                 | 相差比率/% |
|----|-----------|-----------------|-----------------|--------|
|    |           | 成熟叶             | 新叶              |        |
| 1  | 鸭屎香       | 0.056 0±0.001 1 | 0.045 5±0.000 5 | 18.75  |
| 2  | 柚叶单丛      | 0.092 5±0.001 2 | 0.071 5±0.000 4 | 22.70  |
| 3  | 通天香       | 0.212 0±0.002 0 | 0.175 5±0.001 3 | 17.22  |
| 4  | 宋种1号(团树叶) | 0.118 5±0.001 1 | 0.100 5±0.000 8 | 15.22  |
| 5  | 鸡笼刊       | 0.118 5±0.001 0 | 0.097 6±0.000 7 | 17.65  |
| 6  | 杏仁香(锯刺仔)  | 0.206 5±0.001 3 | 0.168 6±0.001 2 | 18.34  |
| 7  | 八仙        | 0.227 5±0.001 8 | 0.190 1±0.002 1 | 16.45  |
| 8  | 宋种蜜兰香     | 0.352 5±0.002 1 | 0.299 0±0.001 4 | 15.18  |
| 9  | 宋种东方红     | 0.252 5±0.001 5 | 0.210 2±0.001 5 | 16.75  |
| 10 | 夜来香       | 0.222 5±0.001 4 | 0.186 1±0.000 9 | 16.35  |
| 均值 |           | 0.180 9±0.001 3 | 0.154 5±0.001 0 | 17.46  |

### 2.4 茶汤中硒的溶出量与冲泡水温的关系

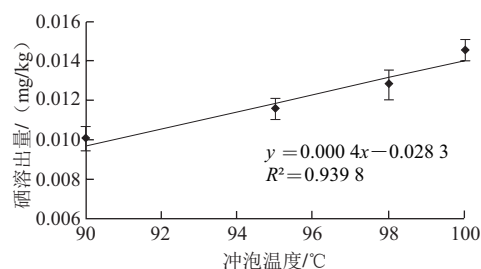


图1 硒溶出量与冲泡温度的关系

Fig.1 Relationship between Se dissolution and brewing temperature

选用硒元素含量最高的宋种蜜兰香茶叶进行冲泡温度实验,如图1所示。随着冲泡温度的升高,茶叶中硒的溶出量也迅速增加,100℃时的硒溶出量比90℃的溶出量增加了约30.82%。在90~100℃的冲泡温度范围内,茶叶的硒溶出量(y)与冲泡温度(x)的拟合曲线为直线方程: $y=0.000\ 4x-0.028\ 3$ ,相关系数 $R^2$ 为0.939 8。因此,冲泡茶叶的温度控制在95~100℃有利于茶叶中硒的溶出。

### 2.5 茶汤中硒的溶出量与冲泡时间的关系

如图2所示,从0~5 min内,茶汤中的硒溶出量迅速增加,第5分钟的硒溶出量较第2分钟增加了37.89%;

5~10 min内, 硒溶出量增加幅度迅速减少, 总溶出量趋于稳定; 而冲泡时间达到10 min以后, 硒溶出量基本不再增加。冲泡时间( $x$ )与硒溶出量( $y$ )的相关性方程为:  $y=0.0066\ln x+0.0011$ , 相关系数 $R^2$ 为0.9579。

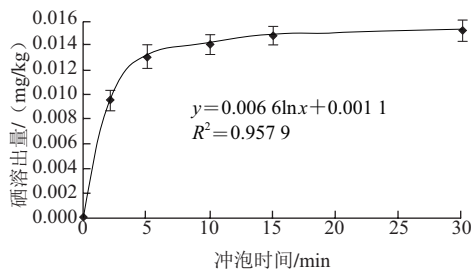


图2 冲泡时间与硒溶出量的关系

Fig.2 Relationship between Se dissolution and brewing time

## 2.6 茶汤中硒的溶出量与冲泡次数的关系

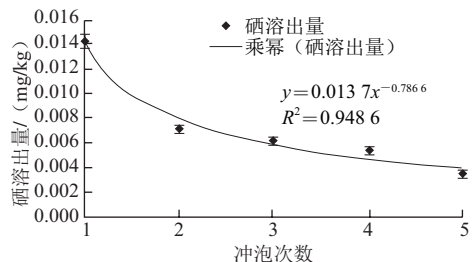


图3 硒溶出量与冲泡次数的关系

Fig.3 Relationship between Se dissolution and brewing number

如图3所示, 第1次冲泡的硒溶出量最高, 接着迅速下降, 如第2次冲泡的硒溶出量较第1次下降了51.75%, 随后继续呈现下降趋势, 截止第5次冲泡, 仍能检测到较低的硒含量。通过拟合发现, 茶汤中硒的溶出量( $y$ )与茶叶冲泡次数( $x$ )之间具有显著的幂函数曲线关系, 具体方程为:  $y=0.0137x^{-0.7866}$ , 相关系数 $R^2$ 为0.9486。

## 3 讨论

### 3.1 凤凰单丛古茶树茶叶中硒含量的评价

虽然部分凤凰单丛古茶树的硒含量符合富硒茶的标准(0.2~4.0 mg/kg), 但与国内著名的富硒茶产区的茶叶硒含量相比仍存在较大的差距, 如湖北恩施的乌云牌富硒茶的春茶硒含量均值为2.5 mg/kg, 而夏茶均值达到4.8 mg/kg<sup>[7,23]</sup>。梁春燕等<sup>[24]</sup>对广东茶区部分茶叶的含硒量进行了初步测定, 其中与凤凰单丛古茶树产于同一区域的大乌叶单丛的硒含量为0.118 mg/kg, 而乌龙茶的硒含量均值为0.1263 mg/kg。本实验选择的10种古茶树的硒元素平均含量为0.1545 mg/kg, 高于广东产区乌龙茶的平均含量, 这可能与古茶树树龄较大、根系发达且扎

根较深有关, 这些特征使茶树具有更强的矿质元素吸收能力<sup>[17,19]</sup>, 而如果参照DB61/T 556—2012《富硒食品与其相关产品硒含量标准》(0.15~5.00 mg/kg), 则通天香、杏仁香、八仙及夜来香4种古茶树也达到了富硒茶的标准。此外, 凤凰单丛古茶树的新叶的硒含量平均低于成熟叶17.64%, 两者之间存在显著差异, 表明硒的吸收与累积与叶片的发育过程存在一定的相关性<sup>[25]</sup>, 是一个随叶片发育逐渐积累的过程。生长于同一区域的凤凰单丛古茶树之间在叶片中硒元素含量上存在显著差异, 可能与2个原因有关: 不同品种(系)的凤凰单丛古茶树在生理生态方面存在差异, 从而导致植株对土壤中硒元素的吸收能力不同; 选择的10种凤凰单丛古茶树虽然同处于凤凰山脉, 但分布的海拔差异明显, 因而各个生境土壤中硒元素的含量及土壤的理化性质可能存在较大的差异, 如低海拔的土壤以红壤为主, 而高海拔主要是黄壤<sup>[20]</sup>, 生境的异质性导致土壤与植物体之间硒元素吸收与转运的差异。

### 3.2 凤凰单丛古茶树茶叶中硒元素的溶出特征

作为日常饮品, 除了茶叶本身的品质之外, 茶汤的口感还与3个冲泡方面的因素有关: 冲泡温度、冲泡时间及冲泡次数<sup>[26]</sup>。凤凰单丛乌龙茶是适合多次冲泡的茶叶类型, 是潮汕工夫茶的主要用茶<sup>[20]</sup>。从硒元素溶出量的角度考虑, 冲泡凤凰单丛古茶树茶叶的温度以95~100℃为佳, 这也符合一般的凤凰单丛乌龙茶的冲泡温度, 能使凤凰单丛特有的花果香型和醇厚的滋味释放出来; 单次冲茶的时间控制在5 min之内为最佳, 硒元素能大量溶出, 而且能保证茶味不至于过苦<sup>[20]</sup>; 凤凰单丛茶素以耐冲泡的特点而闻名, 虽然茶叶中的硒在第1次和第2次冲泡时的溶出量较大, 但直到第5次冲泡, 仍然在茶汤中检测到硒的含量。通过拟合, 上述3个因素( $x$ )与硒元素溶出量( $y$ )的相关性分别符合直线方程、幂函数方程及对数方程。此外, 硒在茶叶或茶汤中的赋存形态与其生物利用率及生理活性密切相关<sup>[8-9]</sup>, 因此, 凤凰单丛古茶树茶叶中硒元素的存在形态需要进一步测定。

### 3.3 凤凰单丛古茶树的开发价值

一般情况下, 富硒或高硒土壤才是生产富硒食品的理想区域, 如湖北省恩施市鱼塘坝和陕西省紫阳县双安乡2个高硒地区的土壤平均硒含量分别达到20.82、23.53 mg/kg<sup>[27-28]</sup>。根据广东省地质局的调查, 广东省的珠江三角洲、韩江三角洲及梅州等地发现大片富硒土壤, 面积达3万多 km<sup>2</sup>, 其中硒含量高于0.60 mg/kg的土壤面积达14 784 km<sup>2</sup>, 而凤凰单丛的发源地和主产地凤凰山脉毗邻韩江三角洲地区, 其土壤硒含量虽然未有权权威数据发布, 但凤凰单丛古茶树茶叶中较高的硒元素含量显示, 凤凰单丛古茶树具有一定的富硒茶开发潜力和价值, 尤其是宋种蜜兰香和宋种东方红2种古茶树。但凤凰

单丛古树茶叶的硒含量与生境土壤理化性质及其品种(系)的相关性需要进一步的实验加以分析<sup>[18,29]</sup>。

#### 4 结 论

凤凰单丛古树宋种蜜兰香和宋种东方红符合富硒茶的标准,而通天香、杏仁香(锯剁仔)、八仙及夜来香4种茶叶的硒含量次之。

从硒元素溶出量的角度考虑,冲泡凤凰单丛古树茶叶的适宜水温、时间及次数分别为95~100℃、5 min之内及5次。通过拟合,水温、冲泡时间及冲泡次数3个因素( $x$ )与硒元素溶出量( $y$ )的相关性分别符合直线方程、幂函数方程及对数方程: $y=0.0004x-0.0283$  ( $R^2=0.9398$ );  $y=0.0066\ln x+0.0011$  ( $R^2=0.9579$ );  $y=0.0137x^{-0.7866}$  ( $R^2=0.9486$ )。凤凰单丛古树茶具有一定的富硒茶开发潜力和价值,尤其是宋种蜜兰香和宋种东方红。

#### 参考文献:

- [1] GARY S B, LIN Z Q, YIN X B. Selenium in the environment and human health[M]. London: Taylor and Francis Group, 2014: 29-47.
- [2] 李培青. 硒元素与人体健康[J]. 化学化工, 2004, 23(2): 35-36. DOI:10.3969/j.issn.1671-9743.2004.02.011.
- [3] 吴正奇, 刘建林. 硒的生理保健功能和富硒食品的相关标准[J]. 中国食物与营养, 2005, 11(5): 43-46. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2005.05.015.
- [4] 吕心泉, 高翔, 安欣欣, 等. 富硒茶饮料研制[J]. 食品工业科技, 2000, 21(2): 29-31. DOI:10.3969/j.issn.1002-0306.2000.02.012.
- [5] 池爱平, 李虹, 康琛喆, 等. 富硒茶多糖的提取及其对运动疲劳恢复的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(13): 240-244. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201413047.
- [6] 冯文盼, 程新峰, 周元雪. 紫阳富硒茶可发展空间和品牌建设研究[J]. 价值工程, 2015, 24(4): 172-173.
- [7] 彭祚全, 程景春. 恩施富硒茶的品质与保健功能[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(6): 59-61. DOI:10.3969/j.issn.1005-5320.2008.06.026.
- [8] 温立香, 郭雅玲. 富硒茶的研究进展[J]. 热带作物学报, 2013, 34(1): 201-206.
- [9] 杜琪珍, 沈星荣, 方兴汉. 茶叶中的硒成分分析[J]. 茶叶科学, 1991, 11(2): 133-137.
- [10] 李慧, 魏昌华, 鲍征宇, 等. 恩施富硒茶叶中Se含量与对应土壤中Se及重金属元素As、Cd、U的关系[J]. 地质科技情报, 2011, 30(3): 103-107.
- [11] 王银华, 李凯, 王金成, 等. 茶叶硒含量测定及影响富硒茶浸出率的因素[J]. 河北科技大学学报, 2006, 27(2): 143-145; 154.
- [12] 赵宁, 何梦飞, 张清安. 紫阳富硒茶冲泡过程中部分成分的溶出研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014, 15(10): 45-48; 51.
- [13] 胡秋辉, 潘根兴, 安欣欣, 等. 富硒茶对大鼠抗氧化功能的影响[J]. 茶叶科学, 2001, 21(1): 44-47. DOI:10.3969/j.issn.1000-369X.2001.01.011.
- [14] 薛慧. 硒茶与非硒茶对高胆固醇饮食小鼠血脂的影响[J]. 医学研究杂志, 2000, 30(4): 49-50. DOI:10.3969/j.issn.1673-548X.2001.05.022.
- [15] 龚雪, 周顺珍, 陈正武, 等. 古树茶研究概述[J]. 茶叶通讯, 2014, 41(2): 36-38. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2014.02.010.
- [16] 萧力争, 晏嫦好, 李家贤, 等. 凤凰单丛古树茶资源的遗传多样性 AFLP分析[J]. 茶叶科学, 2007, 27(4): 280-285. DOI:10.3969/j.issn.1000-369X.2007.04.002.
- [17] 沈钿洲, 林伟周. 潮州凤凰名优古树茶保护技术[J]. 农业与技术, 2014, 34(8): 161-162. DOI:10.3969/j.issn.1671-962X.2014.08.141.
- [18] 吴清韩, 庄东红, 朱慧, 等. 48份凤凰单丛茶品种间的遗传多样性的 ISSR分析[J]. 热带作物学报, 2015, 36(3): 1-7.
- [19] 方金福. 潮州凤凰茶区古树茶见闻录[J]. 茶业通报, 2005, 27(1): 20-21.
- [20] 叶汉钟, 黄柏梓. 凤凰单丛[M]. 上海: 上海文化出版社, 2009: 23-57.
- [21] 钱薇, 蒋倩, 王如海, 等. 程序控温石墨消解-氢化物原子荧光光谱法测定植物中痕量硒[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(1): 235-240. DOI:10.3964/j.issn.1000-0593(2014)01-0235-06.
- [22] 中华全国供销合作总社. GH/T 1092—2014 富硒茶[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [23] 彭祚全. 生命元素硒-兼谈恩施硒资源[M]. 北京: 大中华文化出版社, 2005: 248-254.
- [24] 梁春燕, 唐颢, 罗一帆. 广东茶区茶叶含硒量初步调查分析[J]. 广东农业科学, 2014, 45(8): 43-46. DOI:10.3969/j.issn.1004-874X.2014.08.011.
- [25] 刘海燕, 黄彩梅, 周盛勇, 等. 茶叶锌、硒含量变化与种植土壤差异的研究[J]. 植物科学学报, 2015, 33(2): 237-243. DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2015.20237.
- [26] 孙慕芳, 张洁, 郭桂义. 冲泡条件对信阳红茶茶汤内含物浸出规律的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(15): 15-19. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2014.15.05.
- [27] 赵成义, 任景华, 薛澄泽. 紫阳富硒区土壤中的硒[J]. 土壤学报, 1993, 30(3): 253-259.
- [28] 马作江, 陈永波, 王尔慧. 恩施高硒区土壤、水及几种植物硒含量的测定[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(12): 3131-3133. DOI:10.3969/j.issn.0439-8114.2009.12.070.
- [29] 王雅玲, 潘根兴, 刘洪莲, 等. 皖南茶区土壤硒含量及其与茶叶中硒的关系[J]. 农村生态环境, 2005, 21(2): 54-57. DOI:10.3969/j.issn.1673-4831.2005.02.012.