

# 草珊瑚茶加工工艺及质量评价

张晓元<sup>1,2\*</sup>, 陈雄<sup>1,2</sup>, 蔡伟贤<sup>2</sup>, 吴晖<sup>2,3</sup>

(1. 华南理工大学工业技术研究院, 广东广州 510640)(2. 韶关市华工高新技术产业研究院, 广东韶关 512000)  
(3. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 为开发草珊瑚茶加工工艺、草珊瑚的综合利用提供理论依据。采用高效液相色谱法、气相色谱质谱联用法, 探明在不同干燥加工工艺条件下绿原酸、异嗪皮啶和迷迭香酸 3 种有效成分和挥发性成分的差异, 并结合感官评价、香气评价和统计分析进行评价。结果表明: 在草珊瑚茶不同加工方式中, 冷冻干燥法三种主要成分绿原酸(18.19 mg/g)、异嗪皮啶(1.39 mg/g)和迷迭香酸(64.01 mg/g)含量最高, 分别为室温阴干下的 14.3、2.04、7.99 倍。从感官评价结合挥发性物质分析出, 以 45 °C 干燥感官评分最高; 以室温阴干法有最多的挥发性成分种类(36 种)和相对含量(49.44%的酚酸类)。香气评价结果表明草珊瑚茶以烯烴类成分贡献芳香味, 柑橘味和淡薄荷香为主。综合比较认为, 以 45 °C 干燥法的草珊瑚茶有较好的制茶适性。该研究可为草珊瑚的综合开发提供理论依据和技术支撑。

**关键词:** 草珊瑚; 干燥加工; 主要成分; 挥发性成分

文章编号: 1673-9078(2023)08-199-205

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.8.0363

## The Processing Technology and Quality Evaluation of *Sarcandra glabra* Tea

ZHANG Xiaoyuan<sup>1,2\*</sup>, CHEN Xiong<sup>1,2</sup>, CAI Weixian<sup>2</sup>, WU Hui<sup>2,3</sup>

(1. Industrial Technology Research Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. Research Institute of Shaoguan Huagong High-tech Industry, Shaoguan 512000, China)

(3. School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to explore processing technology in *sarcandraglabratea*, and to provide theoretical basis for the comprehensive utilization of *sarcandraglabra*. Using high performance liquid chromatography (HPLC) and Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the differences of the active and volatile components of chlorogenic acid, isoazinyridine and rosmarinic acid under different drying processing conditions were investigated, and the differences were evaluated by sensory evaluation, aroma evaluation and statistical analysis. The results showed that, among different processing methods in *sarcandraglabratea*, the content of chlorogenic acid (18.19 mg/g), isoazinyridine (1.39 mg/g) and rosmarinic acid (64.01 mg/g) in three main components of freeze-drying method was the highest, which were 14.3, 2.04, 7.99 times of that under drying in the shade at room temperature, respectively. From the sensory evaluation and analysis of volatile substances, drying at 45 °C had the highest sensory score. Dried in the shade methods had the most volatile components (36 kinds) and relative content (49.44% phenolic acid compound), respectively. The results of aroma evaluation showed that the aroma of *sarcandraglabra* tea was mainly composed of olefin components, citrus and light lotus. It was concluded that the *sarcandraglabra* tea dried at 45 °C had better suitability for making tea. This study could provide theoretical basis and technical support for the comprehensive development of *sarcandraglabra*.

**Key words:** *sarcandraglabra*; drying processing; main components; volatile components

引文格式:

张晓元,陈雄,蔡伟贤,等.草珊瑚茶加工工艺及质量评价[J].现代食品科技,2023,39(8):199-205

ZHANG Xiaoyuan, CHEN Xiong, CAI Weixian, et al. The processing technology and quality evaluation of *Sarcandra glabra* tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(8): 199-205

草珊瑚 (*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai) 又叫肿节风、九节茶、接骨木、节骨茶等, 具有清热凉血、  
收稿日期: 2023-01-09

基金项目: 广东省科技计划项目 (200729176271266); 工业和信息化部  
中央财政中小企业发展专项 (粤财工[2020]105 号)

作者简介: 张晓元 (1964-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 天然产物  
应用开发、质量研究, E-mail: xyzh@scut.edu.cn

活血消斑、祛风通络等功效<sup>[1]</sup>。草珊瑚主要分布于广东、广西、福建、浙江、江西、云南等地, 目前以林下人工栽培种植较多<sup>[2]</sup>。在广东乳源, 规模化的林下仿生态种植近 20 年历史, 民间零星种植的历史更早。对草珊瑚的研究主要在化学成分及药用价值上<sup>[3]</sup>。草珊瑚的功能性成分为倍半萜类、黄酮类、香豆素类、有机酸类、多糖及挥发油类, 具有抗菌、抗病毒、抗

炎、抗氧化等作用<sup>[4]</sup>。在瑶药中,草珊瑚还是一种重要且常用的跌打药<sup>[5]</sup>。

草珊瑚常以冬季采收全植物晒干或阴干后提取加工为浸膏,用于中成药生产。在广式凉茶中,草珊瑚与其他原料进行配伍,对感冒病症具有缓解作用<sup>[6]</sup>。民间有将草珊瑚嫩叶作为一种茶叶煮水饮用,对慢性咽炎和扁桃体炎等具有明显的控制作用<sup>[7,8]</sup>。

研究表明,不同干燥方式对草珊瑚药材的药性成分和主要活性成分有较大影响<sup>[9,10]</sup>。但目前草珊瑚茶的加工相关技术(如干燥工艺技术等)对草珊瑚主要成分及挥发性成分的影响尚不明确。草珊瑚幼嫩叶的药效成分含量是传统的草珊瑚药材的数倍多,本研究以草珊瑚的幼嫩叶,以揉捻、凋萎、发酵和干燥的工艺,获得草珊瑚茶,采用高效液相色谱法、气相色谱质谱联用法,对在不同干燥加工工艺条件下,绿原酸、异嗪皮啶和迷迭香酸3种有效成分和挥发性成分的差异进行研究,结合感官评价、香气评价等分析,揭示加工工艺对草珊瑚茶主要成分变化的影响,为药食同源草珊瑚茶的深加工和综合利用等提供技术基础。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与amp;设备

#### 1.1.1 主要仪器设备

Wates e2695 高效液相色谱仪、Waters e2998 PAD 紫外检测器,美国 Waters 公司; Agilent 7890A 5975C 型气质联用仪,美国 Agilent 公司; Turbomatrix 16 型全自动顶空进样器,美国 PerkinElmer 公司; BSA224S

分析天平,德国赛普利斯公司; GZX-9030MBE 电热鼓风干燥箱,上海博迅公司; SCIENTZ-12N 冷冻干燥机,宁波新芝公司。

#### 1.1.2 试剂

甲醇和乙腈为色谱纯;磷酸为优级纯;异嗪皮啶,成都曼思特生物科技有限公司;迷迭香酸,中国食品药品检定研究院;绿原酸,广州佳途科技股份有限公司。

#### 1.1.3 材料

草珊瑚幼嫩叶采集于广东省韶关市,系人工仿生态林下抚育。经广东药科大学曾令杰教授鉴定为金粟兰科植物草珊瑚[Sarcandra glabra (Thunb.) Nakai]的干燥全草。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 草珊瑚茶加工

将草珊瑚嫩叶或顶芽叶采集后净选叶片。室温(20~25℃)下摊晾3~5h散失水分,取嫩叶进行制茶。经揉捻后发酵2~3h,采用不同方式进行干燥(室温阴干;室外晒干;真空冷冻干燥;45℃、80℃、105℃烘干)。以不经加工的草珊瑚嫩叶进行室温阴干作为传统干燥方式进行对比。

### 1.2.2 感官评价

参照 GB/T 23776-2018《茶叶感官审评方法》对茶进行感官评价(见表1)<sup>[11]</sup>。分别称取六种不同加工干燥方式的草珊瑚3g,放于特定茶杯中,加入沸水150mL,加盖,冲泡5min后开汤,先查看外形,后闻香气,再看汤色,尝滋味,最后评叶底,记录评语及评分以反映其香气感官品质特征。

表1 感官评定分数表

Table 1 Score of sensory evaluation

分数	外形	汤色	香气	滋味	叶底
90~100	色泽红亮均匀,形态匀整,净度好	整体均匀清澈,明亮	高爽,香气较浓	浓醇,鲜爽	明亮,匀齐
80~89	色泽暗红,形态尚匀整,净度较好	整体均匀,暗红,发亮	尚高爽,清香,气味足	清爽,浓尚醇,尚纯厚	尚明亮,较匀齐
70~79	色泽暗褐色或陈灰色或灰绿或偏黄,较匀整,净度尚好	无异物,整体均匀清澈	尚纯,香气较为明显	尚醇,味淡	偏亮,稍匀齐
60~69	色泽黑褐色或灰色或深黄,稍匀整,净度稍差	表面略有浮起物,整体较为清澈	香气独特,无杂异气味	稍醇、微涩	偏暗、微匀齐
50~59	色泽发暗,欠匀整,净度差	颜色发黑,发暗	香气较淡	欠醇,略有粗糙感	易碎,发灰,发黑,欠匀齐
50以下	残渣,易碎,净度极差	混浊	无香气	口感生涩,粗糙	较硬,混浊,不匀齐,残渣状

百分制打分评判草珊瑚茶的外形、汤色、香气、滋味和叶底五项。感官评审人员选取接受过培训的食品或茶学专业人员 20 人参与评分, 评分结果取平均值。后各项分别加权外形 25%、汤色 10%、香气 25%、滋味 30%及叶底 10%, 最终得分等于各项因子所得分数乘以各自的权数所得的总和, 品质优异者在 80 分以上, 品质中等者在 70 分以上, 品质较差者在 60 分以下。

### 1.2.3 主要成分测定

绿原酸、异嗪皮啶和迷迭香酸的测定参考《中国药典》2020 版<sup>[1]</sup>, 色谱条件: 色谱柱为 C<sub>18</sub> 柱 (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相: A 0.1%磷酸溶液, B 乙腈; 梯度洗脱: 0~8 min, 90% A; 8~13 min, 85% A; 13~43 min, 60% A; 43~48 min, 30% A; 48~51 min, 90% A; 51~56 min, 90% A。检测波长: 342 nm; 柱温: 30 °C; 流速: 1 mL/min; 进样量: 10 μL。

### 1.2.4 挥发性成分测定

气相色谱条件参考方法<sup>[12,13]</sup>: DB-5MS 石英毛细管柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 初始温度 60 °C, 以 20 °C/min 升温至 120 °C, 保持 1 min, 再以 2 °C/min 升温至 160 °C, 保持 2 min, 以 25 °C/min 升温至 280 °C, 保持 5 min; 柱压力 12 psi, 恒压模式; 进样口温度 260 °C, 分流比 10:1, 进样量 1 μL。质谱方法: EI 源、70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 150 °C, 扫描质量范围 50~550 m/z。

取干燥的草珊瑚茶 3.0 g, 粉碎后加入 10 mL 蒸馏水于顶空进样瓶中密封。顶空自动进样器参数为恒压模式, 压力 16 psi, 炉温 80 °C, 取样针温度 105 °C, 传输线温度 220 °C。

以 Mass Hunter 软件分析挥发性成分, 利用 NIST 11 谱库中的匹配度、保留时间和保留指数对质谱数据进行检索定性。以面积归一化法计算各组分相对含量。

### 1.2.5 挥发性成分香气评价

相对气味活度 (ROVA) 可反映挥发性成分对整个系统香气的贡献程度。对挥发性成分的 ROVA 值进行测定, 可以评价不同加工方式对草珊瑚茶风味的贡

献程度。风味物质的贡献程度采用相对含量进行计算, 即相对气味活度值 (ROVA)。定义系统中挥发性风味贡献最大的组分 ROVA=100, 挥发性风味物质的 ROVA 值均在 0~100 之间, 且 ROVA 值越大, 表明该化合物对风味贡献越大。一般认为, 1<ROVA≤100 为系统中关键的挥发性成分, 0.1<ROVA≤1 为系统中具有修饰作用的成分, ROVA≤0.1 为系统中潜在的成分。ROVA 的计算公式如下<sup>[14]</sup>:

$$ROVA_i = \frac{OAV_i}{OAV_{max}} = 100 \times \frac{rc_i}{rc_{max}} \times \frac{T_{max}}{T_i} \quad (1)$$

式中:

ROVA<sub>i</sub>——成分对整体的相对气味活度值;

OAV<sub>i</sub>——样品中风味贡献的组分;

OAV<sub>max</sub>——样品中总体风味贡献最大的组分;

rc<sub>i</sub>——该成分的相对含量;

rc<sub>max</sub>——系统中对挥发性风味贡献最大的成分的相对含量;

T<sub>i</sub>——该成分的感觉阈值;

T<sub>max</sub>——系统中对挥发性成分贡献最大的成分感觉阈值。

### 1.2.6 数据分析处理

以 SPSS 19.0 和 Origin 9.0 进行数据处理和绘图, 单因素方差法进行数据统计分析, 数据均采用 3 次平行处理, 组间差异采用 S-N-K 法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 草珊瑚茶茶汤及感官品质分析

#### 2.1.1 草珊瑚茶茶汤色泽分析

将草珊瑚嫩叶经在相同温度下经过萎凋、揉捻及发酵后经过不同的干燥处理制得茶, 经沸水冲泡后如上 (见图 1)。从茶汤的色泽可以看出, 冷冻干燥法茶汤色浅黄透亮, 整体颜色偏淡, 自然晒干和 45 °C 干燥色深发暗, 80 °C 干燥与 105 °C 干燥色泽度适中, 颜色偏亮, 说明不同干燥温度对茶汤的色泽差异性较为明显。

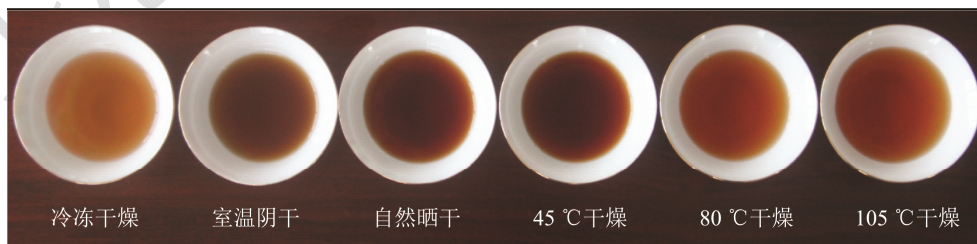


图 1 不同干燥方法草珊瑚茶冲泡的汤色

Fig.1 Comparison of different drying methods of *Sarcandra glabra* tea brewing color

#### 2.1.2 草珊瑚茶感官品质分析

不同干燥方式的草珊瑚茶在外形, 汤色, 香气,

滋味和叶底上得分见表 2。从综合得分来看, 45 °C 干燥, 80 °C 干燥和冷冻干燥得分较高, 以室温阴干和自

然晒干的得分相比最低。在汤色、香气和滋味方面, 室温阴干, 自然晒干和 45 °C 烘干汤色较为深沉, 净度稍差, 口感浓醇。80 °C 和 105 °C 所制得草珊瑚色泽较为清澈明亮, 滋味清爽, 质感偏硬。研究表明, 采用高温烘干法, 水分去除较快, 香味突出, 但也有一些异杂味产生, 堆味较重<sup>[15]</sup>。冷冻干燥所制草珊瑚茶

滋味略苦涩, 香气较淡, 叶底完整质感偏脆。冷冻干燥法能够保留叶片原有的形态结构, 以及对叶片的热敏物质及叶绿素、类胡萝卜素等色素有极好的保留效果, 极大丰富了茶的形状、口感和色泽<sup>[16]</sup>。综上, 以 45 °C 干燥和冷冻干燥有最适的口感和风味。

表 2 草珊瑚不同干燥方法感官评价分数表

Table 2 Sensor analysis of different drying methods of *Sarcandra glabra*

不同干燥方式	外形	汤色	香气	滋味	叶底	总分
冷冻干燥	80.14±3.44 <sup>a</sup>	82.57±5.06 <sup>a</sup>	82.71±3.65 <sup>b</sup>	78.43±2.64 <sup>b</sup>	87.43±4.40 <sup>a</sup>	81.24±1.04 <sup>b</sup>
室温阴干	77.30±2.81 <sup>b</sup>	72.71±4.12 <sup>b</sup>	70.71±3.77 <sup>c</sup>	72.86±2.20 <sup>c</sup>	81.30±4.40 <sup>a</sup>	74.26±0.78 <sup>c</sup>
自然晒干	75.00±3.27 <sup>b</sup>	72.14±2.54 <sup>b</sup>	67.14±4.04 <sup>c</sup>	63.30±3.68 <sup>d</sup>	52.00±2.77 <sup>c</sup>	66.94±1.85 <sup>d</sup>
45 °C 干燥	83.29±3.35 <sup>a</sup>	85.43±4.50 <sup>a</sup>	88.43±2.47 <sup>a</sup>	95.14±4.14 <sup>a</sup>	86.43±4.04 <sup>a</sup>	88.86±1.34 <sup>a</sup>
80 °C 干燥	83.57±3.64 <sup>a</sup>	86.00±4.08 <sup>a</sup>	85.57±4.40 <sup>ab</sup>	84.71±3.60 <sup>a</sup>	75.86±4.77 <sup>b</sup>	83.93±2.18 <sup>b</sup>
105 °C 干燥	83.20±4.92 <sup>a</sup>	88.57±4.71 <sup>a</sup>	82.29±3.59 <sup>b</sup>	73.57±4.43 <sup>c</sup>	52.29±4.27 <sup>c</sup>	77.48±2.08 <sup>c</sup>

注: 同列中不同小写字母代表数据间差异性显著 ( $P<0.05$ )。下表同。

## 2.2 草珊瑚中 3 种有效成分含量变化分析

草珊瑚不同干燥方式下三种有效成分的含量见表 3。真空冷冻干燥法三种有效成分含量与其他干燥方式差异性极显著 ( $P<0.01$ )。相比于室温阴干, 真空冷冻干燥的草珊瑚茶绿原酸含量为室温阴干下的 14.3 倍, 异嗪皮啶为 2.04 倍, 迷迭香酸为 7.99 倍。冷冻干燥能使植物细胞被快速冷冻失活, 在真空条件下水分被直接升华, 酚酸类和香豆素类有效成分得以极大保留。研究表明, 中药材冷冻干燥技术使得干燥在低温和稀薄空气下进行, 因此可避免常见干燥加工过程中物料热敏性成分的破坏和易氧化成分的氧化劣变, 产品活性物质保留率较高<sup>[17,18]</sup>。

在草珊瑚不同干燥方式(晒干、阴干和烘干)之间, 三种有效成分的含量差异性显著 ( $P<0.05$ )。其中自然晒干方式的有效成分含量最低, 这是由于绿原酸、迷迭香酸等酚酸类化合物含有邻苯二酚结构, 对光较为敏感, 易受光分解<sup>[19]</sup>。相比传统干燥方式, 经过揉捻、发酵及自然晒干的草珊瑚在绿原酸和迷迭香酸的含量分别降低了 30% 和 57.5%, 而室温阴干方式三种有效成分分别提升了 1.31 倍、13.6 倍和 1.97 倍。室温阴干水分散失比较缓慢, 有利于药性的自然转变, 有助于有效成分的保留。与室温阴干方式相比, 通过设备烘干可以加快水分的迁移, 45 °C 干燥绿原酸的含量为室温阴干方式下的 3.47 倍, 迷迭香酸为 1.27 倍。但随着温度升高 80~105 °C, 绿原酸的含量降低了 92.5%~93.7%, 异嗪皮啶的含量降低了 18%~32%, 迷迭香酸的含量降低了 97.1%~97.8%。这是因为绿原酸和迷迭香酸等酚酸类化合物受热不稳定会被分解其他

化合物, 过高的温度会将其分解破坏<sup>[20,21]</sup>。徐翔英等<sup>[22]</sup>通过研究不同干燥方式对草珊瑚全草有效成分含量的影响, 认为干燥的最适温度在 50 °C 干燥 4 h。与本实验只选取草珊瑚嫩叶并经 45 °C 干燥相比, 绿原酸的含量是其 4.64 倍, 迷迭香酸含量是其 5.19 倍, 而异嗪皮啶含量比其减少了 36%。由此可见, 草珊瑚茶 3 种功效成分在叶片上较多, 且易受到温度、光照和干燥时间的影响。

表 3 草珊瑚不同干燥方式中 3 种有效成分含量

Table 3 The content of three active ingredients in different drying methods of *Sarcandra glabra* (mg/g)

不同干燥方式	绿原酸	异嗪皮啶	迷迭香酸
传统干燥	0.97±0.04 <sup>c</sup>	0.05±0 <sup>f</sup>	4.12±0.04 <sup>c</sup>
室温阴干	1.27±0.09 <sup>c</sup>	0.68±0.03 <sup>b</sup>	8.01±0.22 <sup>c</sup>
自然晒干	0.68±0.04 <sup>c</sup>	0.32±0.02 <sup>e</sup>	1.75±0.09 <sup>d</sup>
45 °C 干燥	4.41±0.42 <sup>b</sup>	0.50±0.01 <sup>c</sup>	10.18±0.28 <sup>b</sup>
80 °C 干燥	0.28±0.09 <sup>c</sup>	0.41±0.05 <sup>d</sup>	0.22±0.01 <sup>e</sup>
105 °C 干燥	0.33±0.02 <sup>c</sup>	0.34±0.09 <sup>de</sup>	0.30±0.03 <sup>e</sup>
真空冷冻干燥	18.19±1.42 <sup>a</sup>	1.39±0.09 <sup>a</sup>	64.01±3.50 <sup>a</sup>

## 2.3 挥发性成分定性与定量分析

不同干燥方式下草珊瑚茶挥发性成分的种类和相对含量见图 2。结果显示, 草珊瑚茶主要以醇类(45 种), 酚酸类(37 种)和萜烯类(35 种)化合物为主。在不同的干燥方式中, 以室温阴干法保留化合物的种类最多(36 种), 晒干后的化合物种类相比减少了 44%。不同温度的烘干干燥中, 随温度的上升化合物种类逐步减少。相对含量占比最高的为酚酸类和萜烯类, 其中室温阴干方式(49.44%)和 45 °C 干燥



(42.07%) 酚酸类化合物占比最高, 冷冻干燥方式萜烯类(43.41%)化合物的相对含量较高。与室温阴干相比, 自然晒干后的酚酸类化合物相对含量降低了一半, 且随烘干温度的升高含量逐步下降。说明酚酸类化合物受温度和光照的影响较大, 这与前文中结论基本一致。酯类化合物在烘干温度上升时含量逐步增高, 说明干燥温度对挥发油的含量具有一定影响。郑冬梅等<sup>[12]</sup>分析草珊瑚整株 50 °C 干燥与晒干挥发油组分的区别, 认为挥发油主要集中在叶和根中, 其中叶中 50 °C 烘干比晒干挥发油含量多一倍。其原因在于温度和光照对挥发油具有分解和破坏作用。黄刚骅等<sup>[23]</sup>通过阴干、阴晒结合、晒干、烘干四种方式对云南白茶的香气组分的影响, 结果表明相对含量最高为醇类和萜烯类化合物, 其中阴干方式的种类最多。

草珊瑚茶挥发性成分的产生主要来源于两个过程, 其一是在揉捻的作用下萜烯类和芳樟醇类配糖体被大量水解产生不同的风味物质; 其二是在干燥过程中随温度的升高低沸点类化合物易挥发, 高沸点类芳香化合物得以保留<sup>[24,25]</sup>。冷冻干燥使水分在真空条件下被直接升华, 草珊瑚中主要成分如黄酮类、萜烯类、酚酸类化合物和挥发油等物质被保存, 一些低沸点类化合物会随水升华被真空抽出; 高温烘干使低沸点和热敏感性成分被分解; 自然晒干由于在变温下干燥时间较长, 物料中水分的迁移速率

不稳定, 造成了酚酸类挥发性成分及光敏感类化合物的损失及转化<sup>[26,27]</sup>。

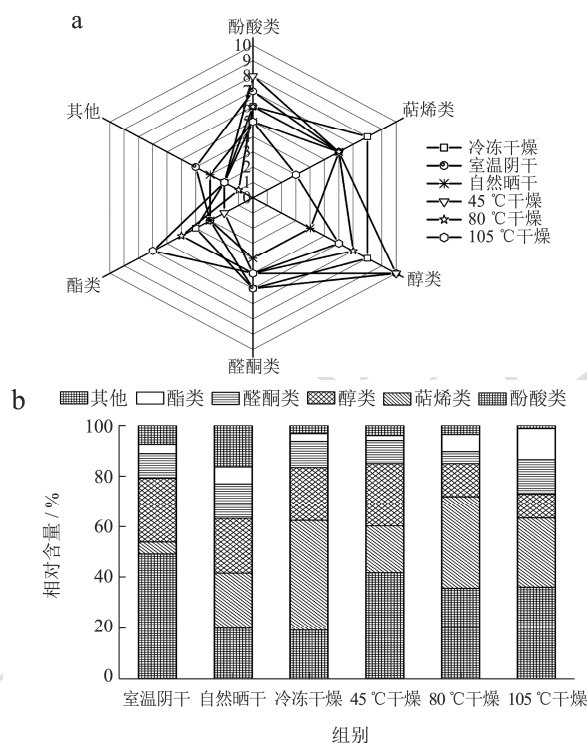


图 2 不同干燥方式下草珊瑚茶挥发性成分种类 (a) 与相对含量 (b)

Fig.2 Variety (a) and relative content (b) of volatile components under different drying methods of *Sarcandra glabra*

表 4 不同干燥方式下草珊瑚挥发性成分的 ROVA 值

Table 4 ROVA value of volatile components under different drying methods of *Sarcandra glabra*

化合物	英文名称	感官阈值 / (mg/kg)	ROVA 值/%					
			室温阴干	自然晒干	冷冻干燥	45 °C 烘干	80 °C 烘干	105 °C 烘干
苈烯	Camphene	0.000 88	100	180	67.70	98.1	55.0	29.1
$\alpha$ -水芹烯	$\alpha$ -Phellandrene	0.036	1.17	0.29	1.01	<0.1	-	-
$\alpha$ -异松油烯	$\alpha$ -Terpinolene	0.041	0.77	<0.1	-	-	<0.1	-
对伞花烃	<i>p</i> -Cymene	0.034	2.97	-	1.03	0.76	2.06	12.50
<i>d</i> -柠檬烯	<i>d</i> -Limonene	0.038	5.18	0.39	7.75	0.93	6.41	18.60
$\beta$ -松油烯	$\beta$ -Terpinene	0.2	0.10	<0.10	-	0.10	0.13	0.16
3-甲基苯甲醛	<i>m</i> -Tolualdehyde	0.018 75	1.64	0.77	-	0.93	1.29	3.19
芳樟醇	Linalool	0.003	7.13	2.90	7.87	8.64	11.6	20.20
桉树醇	Cineole	0.012	3.21	0.57	5.51	2.88	2.34	4.81
乙酸二氢香芹酯	Dihydrocarveyl acetate	0.009	-	-	-	16.3	-	-

注: “-”表示未检出。

## 2.4 草珊瑚茶不同干燥方式挥发性成分的贡献程度

草珊瑚茶挥发性成分主要为烯烃、醇类、醛类和酯类化合物。不同干燥方式下草珊瑚茶挥发性成分的

感觉阈值和 ROVA 值见表 4。苈烯、对伞花烃、*d*-柠檬烯、乙酸二氢香芹酯、桉树醇、芳樟醇、3-甲基苯甲醛为干燥过程中关键的挥发性成分;  $\alpha$ -水芹烯为系统中具有重要修饰作用的挥发性成分;  $\alpha$ -异松油烯是系统中潜在的挥发性成分。郑冬梅等<sup>[12]</sup>认为对  $\alpha$ -蒎烯、苈烯、蒎烯、柠檬烯、芳樟醇、乙酸龙脑酯、 $\beta$ -

橙烯和 $\beta$ -石竹烯是草珊瑚叶挥发油中的主要成分。但由于本实验采用草珊瑚嫩叶进行顶空固相萃取与之前有所不同,部分化合物并未在本实验中检测出。蒎烯、柠檬烯对挥发性成分的主要贡献对应于图2中主要的挥发性成分为烯烃类成分,其特征表现为淡樟脑味,柠檬香味。 $\alpha$ -水芹烯、 $\beta$ -松油烯和 $\alpha$ -异松油烯主要表现为松木香、薄荷味<sup>[28]</sup>。芳樟醇、桉树醇通常带有浓郁的玫瑰香、柑橘味和芳香味,在植物体内通常以葡萄糖苷的形式存在,挥发性较差<sup>[29]</sup>。通过萎凋、揉捻、发酵以结合态形式存在的芳樟醇葡萄糖苷因细胞破碎而产生酶解反应,因而芳樟醇也为红茶的特异性标志物<sup>[30]</sup>。而烯烃类化合物主要由脂肪氧化降解产生,发生在发酵和干燥的过程中<sup>[31]</sup>。综合而言,以45℃干燥和阴干加工的草珊瑚茶有更为丰富的口感层次。

### 3 结论

本研究表明,不同干燥温度对草珊瑚茶加工工艺和质量有显著影响。冷冻干燥法绿原酸、异嗪皮啶和迷迭香酸的含量保留最多,以45℃干燥有效成分含量次之;烘干法草珊瑚茶有更好的色泽,香气和滋味,其中45℃烘干感官综合得分最高。室温阴干,45℃干燥和冷冻干燥相比其他方式挥发性成分种类和含量较为显著,其中45℃干燥生理功能性物质的含量更高;相对气味活度值(RVOA $\geq$ 1)表明草珊瑚茶的风味主要表现为柠檬香味,淡薄荷香味,柑橘味和芳香味。综上,以45℃干燥对草珊瑚茶加工有最佳的适制性,该研究可为草珊瑚的加工和综合利用提供理论基础和技术依据。

### 参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2020年版一部[M].北京:中国医药科技出版社,2020.
- [2] 楼少卿.肿节风主要经济性性状地理种源变异规律[D].杭州:浙江农林大学,2010.
- [3] Liu J J, Li X C, Lin J, et al. *Sarcandra glabra* (Caoshanhu) protects mesenchymal stem cells from oxidative stress: A bioevaluation and mechanistic chemistry [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2016, 16(1): 423-430.
- [4] Wei S S, Chi J, Zhou M M, et al. Anti-inflammatory lindenane sesquiterpenoids and dimers from *Sarcandra glabra* and its upregulating AKT/Nrf2/HO-1 signaling mechanism [J]. Industrial Crops and Products, 2019, 137: 367-376.
- [5] Yuan K, Zhu J X, Jin P, et al. Studies on chemical constituents and antibacterial activity from n-butanol extract of *Sarcandra glabra* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2008, 33(15): 1843-1849.
- [6] 伍美梨.广东凉茶配方的功效研究[D].广州:广州中医药大学,2015.
- [7] Chen Q L, Shi Z Y, Wang Y D, et al. Study on effects of sweating treatment and different drying methods on the quality of *Gentiana macrophyllae* Radix [J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 9717.
- [8] 韩碧群.中国别样茶的系统整理研究[D].北京:北京协和医学院,2012.
- [9] An K J, Zhao D D, Wang Z F, et al. Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiberofficinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure [J]. Food Chemistry, 2016, 197(15): 1292-1300.
- [10] Xia J J, Guo Z L, Fang S, et al. Effect of drying methods on volatile compounds of burdock (*Arctiumlappa* L.) root tea as revealed by gas chromatography mass spectrometry-based metabolomics [J]. Foods, 2021, 10(4): 868-885.
- [11] GB/T 23776-2009,茶叶感官评审方法[S].
- [12] 郑冬梅,韩海丽,周云飞,等.不同干燥方式草珊瑚挥发油8个活性成分含量的GC法测定[J].时珍国医国药,2019,30(12):2895-2898.
- [13] Ferracane R, Graziani G, Gallo M, et al. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctiumlappa*) seeds, roots and leaves [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2010, 51(2): 399-404.
- [14] Shi Y, Chen G J, Chen K W, et al. Assessment of fresh star anise (*Illicium verum* Hook. F.) drying methods for influencing drying characteristics, color, flavor, volatile oil and shikimic acid [J]. Food Chemistry, 2020, 342(1): 128359.
- [15] Xue Y L, Hanh T, Liu C J, et al. Multivariate analyses of the volatile components in fresh and dried turnip (*Brassica rapa* L.) chips via HS-SPME-GC-MS [J]. Journal of Food Science and Technology, 2020, 57(9): 3390-3399.
- [16] 盛金凤,陈坤,唐雅园,等.不同干燥方式茉莉花理化性质及挥发性成分分析[J].现代食品科技,2022,38(8):247-259,34.
- [17] Liz W, Lij L. Optimization of spray drying processing technology of mulberry powder [J]. Agricultural Science & Technology, 2016, 17(11): 2661-2663, 2667.
- [18] 刘松雨,黄勤挽,吴纯洁,等.冷冻干燥技术在中药领域的研究进展[J].中草药,2022,53(3):930-936.
- [19] 郁峰,王志宏,张光耀,等.天然低共熔溶剂提取杜仲叶绿原酸及其抗氧化活性[J].林产化学与工业,2022,42(1):101-109.

- [20] 阮洪生,曹玲.刺芪颗粒中有效药用成分及异嗪皮啉的提取工艺研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2008,20(3):61-63.
- [21] 张锦华,张敏,范三红.紫苏迷迭香酸的提取工艺及质谱鉴定[J].中国调味品,2020,45(10):6-13.
- [22] 徐翔英,袁林清,刘乾松,等.不同干燥方式对草珊瑚中 5 个有效成分的影响[J].中药材,2018,41(6):1343-1347.
- [23] 黄刚骅,李沅达,邓秀娟,等.四种干燥方式云南白茶的香气组分分析[J].食品工业科技,2022,43(18):283-292.
- [24] Tian Y T, Zhao Y T, Huang J J, et al. Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms [J]. Food Chemistry, 2016, 197(A): 714-722.
- [25] Liu P, Chen J, Zhou B, et al. Analysis of variation of coumarin and volatile compounds in *Angelica dahuricae* Radix in different drying methods and conditions [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2014, 39(14): 2653-2659.
- [26] Carmen Diez-Simon, Roland Mumm, Robert D Hall. Mass spectrometry-based metabolomics of volatiles as a new tool for understanding aroma and flavour chemistry in processed food products [J]. Metabolomics, 2019, 15(3): 41.
- [27] LV Mengying, SUN Jianbo, WANG Min, et al. Comparative analysis of volatile oils in the stems and roots of *Ephedra sinica* via GC-MS-based plant metabolomics [J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2016, 14(2): 133-140.
- [28] 王近近,袁海波,滑金杰,等.足火工艺参数对工夫红茶热风干燥特性和品质的影响[J].农业工程学报,2020,36(10):287-296.
- [29] 陆安霞.低温处理对茶树鲜叶物质代谢及其所制工夫红茶品质的影响[D].重庆:西南大学,2020.
- [30] 刘飞,王云,张厅,等.红茶加工过程香气变化研究进展[J].茶叶科学,2018,38(1):9-19.
- [31] Yang Y W, Liu Y, Liu Y, et al. Effect of different drying methods on drying characteristics, appearance and active components of *Belamcandae rhizoma* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(2): 366-373.