

DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2021.11.004

# 杀青方法对紫色芽叶加工绿茶品质的影响

Effects of different fixation methods on the quality of green tea processed by purple bud leaves

宋宪颖<sup>1,2</sup> 黄艳梅<sup>1,2</sup> 崔俪丹<sup>1,2</sup> 肖文军<sup>1,2</sup> 龚志华<sup>1,2</sup>

SONG Xian-ying<sup>1,2</sup> HUANG Yan-mei<sup>1,2</sup> CUI Li-dan<sup>1,2</sup> XIAO Wen-jun<sup>1,2</sup> GONG Zhi-hua<sup>1,2</sup>

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 湖南长沙 410128;

2. 湖南农业大学国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南长沙 410128)

(1. Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. National Research Center of Engineering Technology for Utilization of Botanical Function Ingredients, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**摘要:**目的:探讨紫芽绿茶的最佳杀青方法。方法:以自选紫芽品系 9803 的一芽二、三叶为原料,分别用微波、锅炒、蒸汽、热风 4 种杀青方法对鲜叶进行杀青处理制备绿茶,并选取具有代表性绿茶样进行感官审评、滋味品质和香气品质分析。结果:4 种杀青方法中,微波绿茶样感官审评的综合得分最高(89.65),且微波绿茶样的主要理化成分——水浸出物、茶多酚、花青素、氨基酸和咖啡碱保留量显著高于其他 3 种绿茶( $P < 0.05$ );且酚氨比值、酯型儿茶素与总儿茶素的比值均为最低,分别为 12.18 和 0.72。结论:4 种杀青方法中以微波杀青工艺制备的紫芽绿茶品质最优。

**关键词:**紫芽茶;绿茶;杀青方法;感官品质;生化品质

**Abstract:** Objective: To explore the best fixation method of purple bud green tea. Methods: Using two or three leaves and a bud of self-selected purple bud strain 9803 as raw materials, fresh leaves were treated by microwave, pan-frying, steam and hot air to prepare green tea, and the representative green tea samples were selected for sensory evaluation and quality analysis of taste and aroma. Results: Among the four methods of fixation, the comprehensive score of sensory evaluation of microwave green tea was the highest (89.65), and the main physical and chemical components of microwave green tea, water extract, tea polyphenols, anthocyanins, amino acids, and caffeine remained signifi-

cantly higher than the other three green tea ( $P < 0.05$ ); the phenol ammonia ratio, ratio of ester catechin to total catechin were the lowest, and were 12.18 and 0.72, respectively. Conclusion: The quality of purple bud green tea prepared by microwave method was the best among the four methods.

**Keywords:** purple bud tea; green tea; fixation methods; sensory quality; biochemical quality

绿茶是中国的传统茶类,又称不发酵茶,即通过高温杀青钝化鲜叶中的酶活性,阻止多酚类物质的酶性氧化,防止芽叶红变,同时散失部分水分和低沸点香气物质<sup>[1]</sup>,为后续工艺创造条件,保证绿茶色香味的形成<sup>[2]</sup>。不同的杀青方式具有不同的加热原理,其对茶叶中的酶活性、含水量和内含物质转化的影响不同,最终影响茶叶中水溶性化合物含量和比例<sup>[3]</sup>,进而影响绿茶品质。

紫色芽叶是茶叶花青素在茶树新梢大量合成累积,而呈“紫色”的茶鲜叶。研究<sup>[4]</sup>发现紫芽叶具有一定的绿茶适制性,且含有较多茶多酚、花青素和咖啡碱。其中花青素含量约占干物质总量的 0.5%~1.0%,远高于绿色茶叶<sup>[5]</sup>,具有抗氧化<sup>[6-7]</sup>、降血压<sup>[8]</sup>、降血脂<sup>[9]</sup>、抗癌<sup>[10]</sup>、抗炎<sup>[11]</sup>、治疗心脑血管疾病<sup>[12]</sup>等多种健康功能。Kilel 等<sup>[13]</sup>研究表明,紫芽叶加工的绿茶品质要优于中国和日本的标标准茶品种(Hanlu 和 Yabukita)制成的绿茶;吕海鹏等<sup>[14]</sup>研究发现,用紫色芽叶加工的绿茶中花青素含量显著高于用同样原料加工而成的红茶和乌龙茶,且紫芽茶的茶汤清除 DPPH 自由基能力和总抗氧化能力与花青素含量呈显著正相关( $P < 0.05$ )。而传统的滚筒、热风、锅炒杀青所制的绿茶均易产生焦边、爆点,易带烟焦味,叶底欠匀;蒸青绿茶易带有水闷味<sup>[15-17]</sup>。研究拟以紫色芽叶为原料,在传统绿茶加工工艺的基础上,采用蒸汽、微波、热风、锅炒 4 种

**基金项目:**湖南省科技厅创新平台与人才计划项目(编号:2019NK4163);湖南省大学生创新创业项目(编号:S202010537046);“十三五”国家重点研发计划项目课题(编号:2017YFD0400803)

**作者简介:**宋宪颖,女,湖南农业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**龚志华(1969—),女,湖南农业大学教授,博士。

E-mail: gzh041211@163.com

**收稿日期:**2021-04-15

不同杀青方法制备绿茶,探究杀青方法对紫芽绿茶品质的影响,以期为茶树紫色芽叶的开发利用提供依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与amp;试剂

#### 1.1.1 试验原料

茶鲜叶:2018 年 6 月采摘于湖南农业大学长安教学实习基地自选茶树紫色芽叶品系 9803 的一芽二、三叶。

#### 1.1.2 主要仪器与amp;设备

龙井锅:6CDC-65 型,宁波北仑电器开关厂;

微波炉:P70D20TP~C6(WO)型,广东格兰仕集团有限公司;

高速冷冻干燥机:Alpha 1-4LSC plus 型,德国 CHRIST 公司;

分光光度计:722E 型,上海光谱仪器有限公司;

高效液相色谱仪:LC-20A 型,日本岛津公司;

气质联用色谱仪:GCMS-QP2010 型,日本岛津公司。

#### 1.1.3 主要试剂

磷酸二氢钾、二水合氯化亚锡:分析纯,西陇化工股份有限公司;

无水乙醇、甲醇、茚三酮、十二水合磷酸氢二钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

无水碳酸钠:分析纯,广东光华科技股份有限公司;

福林酚试剂:分析纯,合肥博美生物科技有限公司;

浓盐酸:分析纯,株洲市星空化玻有限公司;

没食子酸:标准品,上海瑞永生生物科技有限公司;

谷氨酸:标准品,天津市光复精细化工研究所。

### 1.2 方法

1.2.1 茶样处理 试验技术路线及具体参数见图 1。

1.2.2 感官审评 由 5 名专业教师组成感官审评小组,按 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》的要求,对微波、锅炒、蒸青、热风工艺处理的 4 个绿茶样进行密码审

评,评定茶样的外形、香气、汤色、滋味和叶底 5 项因子;总分采用加权法,品质总分=外形×0.25+汤色×0.10+香气×0.25+滋味×0.30+叶底×0.10。

#### 1.2.3 主要理化成分测定

(1) 水浸出物含量:按 GB/T 8305—2013 执行。

(2) 茶多酚含量:按 GB/T 8313—2018 执行。

(3) 游离氨基酸含量:按 GB/T 8314—2013 执行。

(4) 花青素含量:采用单一 pH 法<sup>[18]</sup>。

(5) 儿茶素、咖啡碱含量:采用高效液相色谱法,色谱柱为 Shim-pack VP-ODS(4.6 mm × 150 mm),流动相 A 为超纯水,流动相 B 为冰醋酸—甲酰胺—甲醇混合溶液( $V_{冰醋酸} : V_{甲酰胺} : V_{甲醇}$  为 1.5 : 40.0 : 2.0),柱温 40 °C,检测波长 278 nm,流速 1.1 mL/min,进样量 10 μL,梯度洗脱,0.00~0.01 min,86% A;0.01~13.00 min,86%~76% A;13.00~22.00 min,76%~66% A;22.00~28.00 min,66% A;28.00~30.00 min,66%~86% A;30.00~35.00 min,86% A。

#### 1.2.4 茶叶香气成分分析

(1) 样品前处理:分别取微波绿茶、锅炒绿茶、蒸青绿茶、热风绿茶各 2.00 g 于 10 mL 萃取瓶中,密封,80 °C 水浴 10 min,将预先老化 45 min 的 65 μm PDMS/DVB 萃取头插进萃取瓶上部,萃取 60 min 后取出并立即插入色谱仪进样口中,解吸 5 min,同时启动仪器采集数据。

(2) 气相色谱(GC)条件:色谱柱为 CD-WAX 弹性石英毛细管柱(30 m × 25 mm × 25 μm);进样口温度 240 °C;流速 0.98 mL/min;不分流进样;载气为 He,升温程序:初始温度 60 °C,保持 2 min;以 4 °C/min 升温至 180 °C,保持 10 min;以 10 °C/min 升温至 220 °C,保持 5 min;以 15 °C/min 升温至 240 °C,保持 5 min。

(3) 质谱(MS)条件:离子源为 EI 源;电子能量 70 eV;离子源温度 200 °C,界面温度 220 °C,扫描范围 45~500 ( $m/z$ )。

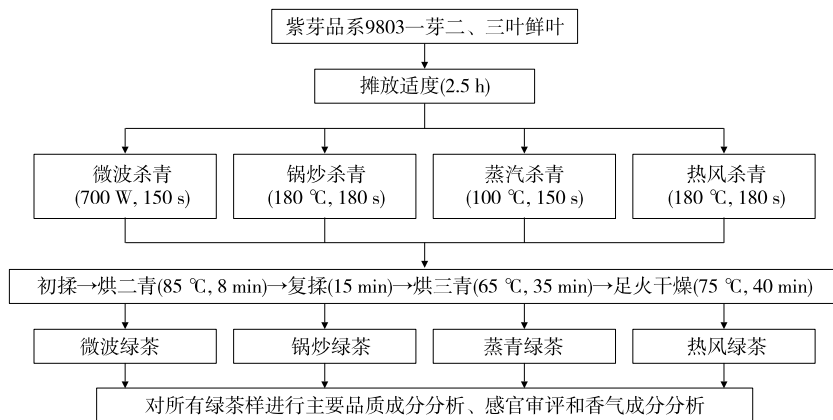


图 1 技术路线图

Figure 1 The progress of sample making

(4) 定性与定量:由 GC-MS 分析得到的数据在 NIST 98.L 标准谱库检索,并结合相关文献进行核对,确定其化学成分,采用峰面积归一法定量,得到各组分的相对含量(组分峰面积占总峰面积的百分比)。

1.2.5 统计分析 采用 Excel 2010、SPSS 24.0 软件进行数据处理,结果表示为平均数±标准差,并采用 Duncan's 法进行差异显著性分析, $P<0.05$  表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 杀青方法对紫芽绿茶感官品质的影响

由表 1 可知,微波绿茶外形墨绿匀整,汤色淡紫明亮,略带清香,滋味浓醇鲜爽,叶底靛青匀整;而锅炒绿茶外形色泽灰绿欠光泽,稍有破碎,汤色橙黄尚亮,柚花香,滋味尚醇厚;蒸青绿茶外形青褐带紫,汤色浅绿明亮,熟栗香,滋味鲜醇甜;热风绿茶外形墨绿较黄稍暗,汤色绿紫尚亮,嫩香,滋味甜较醇;而香气得分以锅炒杀青处理最优,微波最低;综合感官品质得分为微波绿茶>蒸青绿茶>锅炒绿茶>热风绿茶,说明微波杀青方法更适用于紫芽茶加工绿茶。

### 2.2 杀青方法对紫芽绿茶主要滋味品质成分的影响

2.2.1 理化成分含量 水浸出物含量的高低决定茶汤的鲜浓与淡薄,与茶叶品质呈一定的正相关<sup>[19]</sup>。由表 2 可知,微波绿茶、蒸青绿茶和热风绿茶的水浸出物含量差异显著( $P<0.05$ ),其中微波绿茶的最高,为 41.41%。茶多酚在茶汤中呈涩味和浓郁的口感<sup>[20]</sup>;微波绿茶与其他绿茶间的茶多酚含量均有显著性差异( $P<0.05$ ),锅炒绿茶和热风绿茶与蒸青绿茶的茶多酚含量均有显著性差异( $P<0.05$ ),其中微波绿茶的最高,为 21.08%。花青素属于茶多酚,具有苦涩味<sup>[21]</sup>,微波绿茶和锅炒绿茶与热风绿茶和蒸青绿茶均有显著差异( $P<0.05$ ),热风绿茶与蒸青

绿茶有显著差异( $P<0.05$ ),且微波绿茶的最高,为 5.74%。氨基酸是茶叶生津润甜的成分,具有类似味精的鲜爽味<sup>[22]</sup>,微波绿茶与热风绿茶的氨基酸含量有显著差异( $P<0.05$ ),其中微波绿茶的最高,为 1.73%,且微波绿茶的酚氨比值最低,为 12.18。咖啡碱具有苦味,能与儿茶素缔合后呈鲜爽味<sup>[22]</sup>。4 种绿茶样的咖啡碱含量均有显著差异( $P<0.05$ ),且微波绿茶的最高,为 3.44%;由于微波杀青温度高、时间短,茶多酚的氧化分解减少,氨基酸被破坏较少而保留较多,咖啡碱升华损失少而保留较多<sup>[23-24]</sup>。

2.2.2 儿茶素含量 由表 3 可知,微波绿茶、锅炒绿茶和热风绿茶三者的简单儿茶素含量均与蒸青绿茶的有显著差异( $P<0.05$ ),含量为微波绿茶>锅炒绿茶>热风绿茶>蒸青绿茶;微波绿茶与蒸青绿茶的表没食子酸儿茶素(EGC)含量差异显著( $P<0.05$ );而 4 种绿茶之间的儿茶素(DL-C)和表儿茶素(EC)含量均无显著差异。微波绿茶和锅炒绿茶与蒸青绿茶和热风绿茶的酯型儿茶素含量差异显著( $P<0.05$ ),蒸青绿茶与热风绿茶的酯型儿茶素含量差异显著( $P<0.05$ ),含量为锅炒绿茶>微波绿茶>热风绿茶>蒸青绿茶;微波绿茶和锅炒绿茶与蒸青绿茶和热风绿茶的表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)含量差异显著( $P<0.05$ ),蒸青绿茶与热风绿茶的 EGCG 含量差异显著( $P<0.05$ );而 4 种绿茶的表儿茶素没食子酸酯(EGC)含量差异不显著;微波绿茶和锅炒绿茶与蒸青绿茶和热风绿茶的总儿茶素含量差异显著( $P<0.05$ ),含量为微波绿茶>锅炒绿茶>热风绿茶>蒸青绿茶。儿茶素是茶汤中主要的呈味物质,酯型儿茶素收敛性较强,滋味苦涩<sup>[25]</sup>;简单儿茶素收敛性较小,苦涩味较弱,呈味先苦后甘、清新爽口,利于绿茶的风味形成,两种儿茶素组合比例适当利于绿茶的风味形成<sup>[26]</sup>;酯型儿茶素与儿

表 1 不同方法杀青紫芽绿茶的感官品质

Table 1 Sensory quality of purple bud green tea made by different fixation methods

样品	外形	汤色	香气	滋味	叶底	总分
微波绿茶	墨绿匀整	淡紫明亮	略带清香	浓醇鲜爽	叶色靛青、明亮、匀整	89.65
锅炒绿茶	灰绿欠光泽	橙黄尚亮	柚花香	尚醇厚	叶色深绿、叶质柔软、稍有破碎	88.20
蒸青绿茶	青褐带紫	浅绿明亮	熟栗香	鲜醇甜	深绿带紫、叶质柔软、较匀整	89.40
热风绿茶	墨绿较黄稍暗	绿紫尚亮	嫩香	甜较醇	靛青、较匀整	88.03

表 2 绿茶样主要理化成分含量及方差分析<sup>†</sup>

Table 2 The content and analysis of variance of main flavor compound of green tea samples

样品	水浸出物/%	氨基酸/%	咖啡碱/%	茶多酚/%	花青素/%	酚氨比
微波绿茶	41.41±0.25 <sup>a</sup>	1.73±0.23 <sup>a</sup>	3.44±0.01 <sup>a</sup>	21.08±0.12 <sup>a</sup>	5.74±0.03 <sup>a</sup>	12.18
锅炒绿茶	40.38±1.39 <sup>ab</sup>	1.57±0.11 <sup>ab</sup>	3.28±0.11 <sup>b</sup>	20.41±0.04 <sup>b</sup>	5.65±0.03 <sup>a</sup>	13.00
蒸青绿茶	39.79±0.00 <sup>b</sup>	1.36±0.10 <sup>bc</sup>	2.37±0.33 <sup>d</sup>	20.70±0.15 <sup>c</sup>	4.01±0.03 <sup>c</sup>	15.22
热风绿茶	39.19±0.92 <sup>b</sup>	1.29±0.03 <sup>c</sup>	3.22±0.14 <sup>c</sup>	20.51±0.40 <sup>b</sup>	4.76±0.11 <sup>b</sup>	15.89

<sup>†</sup> 同列小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著。

表 3 各样品儿茶素组成及含量<sup>†</sup>

Table 3 Composition and content of catechins of different samples

样品	EGC	DL-C	EC	EGCG	GCG	ECG	简单儿茶素	酯型儿茶素	总儿茶素	酯型/总儿茶素
微波绿茶	1.96±0.17 <sup>a</sup>	0.92±0.19	0.39±0.04	5.75±0.16 <sup>a</sup>	2.53±0.18 <sup>a</sup>	1.02±0.24	3.27±0.16 <sup>a</sup>	9.30±0.22 <sup>a</sup>	12.95±0.37 <sup>a</sup>	0.72
锅炒绿茶	1.97±0.20 <sup>ab</sup>	0.78±0.09	0.37±0.06	5.82±0.14 <sup>a</sup>	2.76±0.11 <sup>a</sup>	1.07±0.27	3.12±0.26 <sup>a</sup>	9.65±0.22 <sup>a</sup>	12.77±0.99 <sup>a</sup>	0.76
蒸青绿茶	1.67±0.13 <sup>b</sup>	0.75±0.11	0.25±0.14	5.01±0.18 <sup>c</sup>	1.98±0.28 <sup>b</sup>	0.86±0.19	2.67±0.23 <sup>b</sup>	7.85±0.29 <sup>c</sup>	10.52±0.51 <sup>b</sup>	0.75
热风绿茶	1.86±0.19 <sup>ab</sup>	0.73±0.22	0.39±0.08	5.47±0.35 <sup>b</sup>	2.14±0.19 <sup>b</sup>	0.95±0.11	2.95±0.48 <sup>a</sup>	8.56±0.37 <sup>b</sup>	11.51±0.84 <sup>b</sup>	0.74

<sup>†</sup> 同列小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著;EGCG、GCG、ECG 为酯型儿茶素;EGC、DL-C、EC 为简单儿茶素。

茶素总量比值为蒸青绿茶>锅炒绿茶>热风绿茶>微波绿茶。

绿茶各滋味成分含量比例协调才能呈现出绿茶清香浓郁、醇和爽口的口感, 综上, 较其他杀青方法所制的绿茶相比, 微波绿茶的简单儿茶素含量和氨基酸含量最高, 且酯型儿茶素与儿茶素总量比值和酚氨比值最小, 其滋味应较为醇爽<sup>[27]</sup>, 与感官审评中微波绿茶滋味浓醇鲜爽相符; 解东超<sup>[28]</sup>研究表明, 杀青过程对紫鹃茶花青素的稳定性和含量影响极大; 试验表明微波杀青方法能较好地保留紫芽绿茶中花青素及其他主要滋味品质成分。绿茶在进行微波杀青时, 由微波发射器辐射出的微波透过茶叶表面促进内部水分子等极性分子剧烈运动, 产生摩擦热使茶叶温度升高, 加快茶叶中酶的变性失活<sup>[29]</sup>, 具有穿透力强、升温迅速、均匀加热<sup>[27,30-31]</sup>的特点, 从而大大缩短杀青时间, 有利于保留茶叶中的主要品质成分<sup>[32]</sup>, 利于形成绿茶色、香、味品质<sup>[33-34]</sup>; 赵沙鸥等<sup>[35]</sup>研究表明, 微波杀青能有效阻止紫芽茶的酶促反应, 最大限度保留茶叶的内含成分, 加工的紫芽绿茶滋味品质较好; 因此, 杀

青方法与茶样中生化成分的含量存在密切关系, 且微波杀青绿茶的理化成分含量高, 更适宜紫色芽叶制备绿茶。

2.3 杀青方法对紫芽绿茶主要香气品质成分的影响

由表 4 可知, 4 种处理成品茶样检测出香气物质共 124 种, 其中 4 种绿茶共有香气成分 22 种, 分别是 2,6,10-三甲基十二烷、2,6,11-三甲基十二烷、正十四烷、5,5-二甲基十三烷、正十六烷、(3E,7E)-4,8,12-三甲基-3-1,3,7,11-四烯、壬醛、5-甲基-2-异丙基庚醇、芳樟醇、苯乙醇、植物醇、反式-橙花叔醇、 $\alpha$ -毕橙茄醇、反式-芳樟醇-3,7-氧化物、棕榈酸、 $\beta$ -紫罗酮、2-乙基-1,2,3-丙三基丁酸酯、乙基-2-甲基烯丙基富马酸酯、2-甲基戊酸酐、2,4-二叔丁基酚、咖啡碱、 $\beta$ -紫罗兰酮环氧化物。

4 种绿茶主要香气物质均以碳氢类、醇类、酮类、酯类为主, 碳氢类物质多具有植物清香, 醇类化合物常有清香或花果香, 酯类化合物多具有花果香<sup>[36]</sup>; 由表 4 和表 5 可知, 蒸青绿茶所含的碳氢类含量最高且种类最多, 特有的香气物质有  $\delta$ -毕橙茄烯、 $\gamma$ -毕橙茄醇和  $\alpha$ -紫罗酮, 故蒸青绿茶具有独特的清香; 锅炒绿茶的醇类和酯类、醛类含量

表 4 紫芽绿茶的主要香气物质种类

Table 4 The types of the main aromas of purple bud green tea made by different fixation methods

样品	碳氢类	醛类	醇类	酸类	酮类	酯类	其他类	香气种类总数
微波绿茶	18	1	22	2	4	8	12	64
锅炒绿茶	14	1	21	4	3	11	10	66
蒸青绿茶	18	1	15	2	4	4	14	59
热风绿茶	18	1	17	1	3	9	8	58

表 5 杀青方法对紫芽绿茶香气物质相对含量的影响<sup>†</sup>

Table 5 The relative content of aroma substances in purple bud green tea made by different fixation methods

类别	香气成分	香气物质的相对含量/%			
		微波绿茶	锅炒绿茶	蒸青绿茶	热风绿茶
	4-甲基十烷	0.27	—	—	—
	2-甲基-5-乙基辛烷	1.30	3.18	—	1.37
	十二烷	0.92	—	1.18	0.90
碳氢类	2,6,10-三甲基十二烷	0.55	0.90	1.40	1.25
	2,6,11-三甲基十二烷	15.32	9.42	15.43	12.46
	正十八烷	0.44	—	—	—
	正十四烷	2.86	3.83	4.87	3.51

续表 5

类别	香气成分	香气物质的相对含量/%			
		微波绿茶	锅炒绿茶	蒸青绿茶	热风绿茶
碳氢类	11-(1-乙基丙基)二十一烷	0.35	—	—	—
	十一烷基环戊烷	1.36	—	0.89	—
	正二十一烷	1.82	—	—	1.78
	正二十烷	0.16	0.47	0.57	—
	2,6,11,15-四甲基十六烷	0.73	0.98	—	1.32
	4-叔戊基环己烯	0.84	—	1.26	—
	5,5-二甲基十三烷	0.10	0.24	0.20	0.23
	正十六烷	1.42	3.12	10.78	1.68
	(3 <i>E</i> ,7 <i>E</i> )-4,8,12-三甲基三-1,3,7,11-四烯	4.50	2.52	1.69	2.40
	4-甲基十一烷	—	10.51	—	—
	4,6-二甲基十二烷	—	0.79	—	—
	1-乙基-2-丙基环己烷	—	—	—	9.49
	2,6,10,14-四甲基十八烷	—	0.31	—	—
	5,7-二甲基十一烷	—	—	1.89	—
	2-甲基十四烷	—	—	0.38	0.38
	2,3,5,8-四甲基十烷	—	—	0.49	—
	十七烷	—	—	3.06	—
	5-甲基-5-丙基壬烷	—	—	0.30	—
	4-甲基十三烷	—	—	—	0.36
	壬基环戊烷	—	—	—	1.26
	4-甲基十四烷	—	—	—	0.18
	3,3,5-三甲基-1,4-己二烯	—	—	—	0.12
	新植二烯	—	—	—	0.17
	2( <i>E</i> )-4-甲基-2,4-二苯基戊烯	—	—	—	0.43
	$\gamma$ -萜澄茄烯	—	—	1.84	—
	3,3,5-三甲基-1,4-己二烯	0.11	0.13	—	—
	$\delta$ -萜橙茄烯	—	—	2.11	—
	4-甲基-5-丙基壬烷	—	0.29	—	—
	总量	33.05	36.69	48.04	39.29
	醛类	壬醛	0.71	1.07	0.79
总量		0.71	1.07	0.79	0.67
醇类	5-甲基-2-异丙基庚醇	8.27	1.62	13.01	11.80
	氧化芳樟醇(II)	7.43	10.83	—	6.49
	11-甲基十二烷醇	1.04	1.06	1.24	—
	芳樟醇	5.27	8.56	3.69	7.13
	2-己基十二烷醇	0.82	—	—	—
	十九醇	0.30	—	—	—
	2-丙基庚醇	0.67	0.31	—	—
	$\alpha$ -松油醇	0.33	0.35	0.30	—
	( <i>S</i> )-顺式-马鞭草烯醇	0.10	—	—	—
	异香叶醇	0.09	0.26	—	0.20
香叶醇	1.61	3.64	—	1.35	

续表 5

类别	香气成分	香气物质的相对含量/%			
		微波绿茶	锅炒绿茶	蒸青绿茶	热风绿茶
醇类	苯乙醇	0.94	1.10	0.27	1.05
	植物醇	2.68	0.62	2.67	0.29
	反式-橙花叔醇	0.36	0.79	0.39	0.41
	1-甲基马鞭草醇	0.09	—	—	—
	雪松醇	0.14	0.22	0.34	—
	$\tau$ -萜澄茄醇	0.32	—	0.50	—
	$\alpha$ -萜橙茄醇	0.36	0.44	0.55	0.34
	$\delta$ -雪松醇	0.15	—	—	—
	2-己基癸醇	—	0.81	0.40	0.33
	1,2-十四碳二醇	—	—	—	0.26
	2,6-二甲基环己醇	0.66	—	1.53	—
	反式-芳樟醇-3,7-氧化物	1.58	2.89	1.76	1.38
	苯甲醇	—	0.15	—	—
	(-)-异雪松醇	—	0.26	—	—
	芳樟醇氧化物	—	1.12	—	—
	5,8,10-三烯-3-十一醇	—	—	—	0.16
	2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇	—	1.02	1.31	—
	4,5,6,6-四甲基双环[3.1.1]庚-3-烯-2-醇	—	—	0.19	0.09
	十五醇	—	0.34	—	—
	二氢芳樟醇	—	0.86	—	—
	反式-罗勒烯醇	—	—	—	0.34
	橙花醇	—	—	—	0.29
	$\alpha$ -2,2,6-四甲基环己基丙醇	—	—	—	1.38
	萜澄茄油烯醇	0.18	—	—	—
	总量	33.39	37.25	28.15	34.44
	酸类	肉豆蔻酸	0.11	0.14	—
棕榈酸		0.46	0.83	1.26	0.45
辛酸		—	0.19	—	—
花生四烯酸		—	—	0.25	—
硬脂酸		—	0.22	—	—
总量		0.57	1.38	1.51	0.45
酮类	4,6,8-三甲基壬酮	9.00	6.71	—	8.76
	3-十三酮	0.15	—	0.21	0.13
	香叶基丙酮	2.68	0.35	0.41	—
	$\beta$ -紫罗酮	0.99	1.65	1.05	1.04
	$\alpha$ -紫罗酮	—	—	0.14	—
	总量	10.55	8.71	4.08	9.93
酯类	癸基十一烷基碳酸酯	0.95	—	—	0.73
	2-乙基-1,2,3-丙三基丁酸酯	0.90	1.07	2.32	1.47
	2-甲基-2-乙基-3-羟基己基丙酸酯	0.47	—	—	—
	十二烷基丁酸酯	0.26	—	—	—
	顺式-3-己烯丁酸酯	—	0.89	—	1.20

续表 5

类别	香气成分	香气物质的相对含量/%			
		微波绿茶	锅炒绿茶	蒸青绿茶	热风绿茶
酯类	肉豆蔻酸异丙酯	0.37	0.48	—	0.40
	邻苯二甲酸二异丁酯	0.75	0.14	—	0.48
	邻苯二甲酸二丁酯	0.46	0.01	—	0.10
	乙基-2-甲基烯丙基富马酸酯	0.13	0.09	0.24	0.17
	反式-( <i>R,R</i> )-菊酸( <i>R</i> )-2-甲基丁酸酯	—	0.42	—	—
	癸基十四碳酸酯	—	0.54	—	—
	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯	—	0.46	—	0.42
	二乙二醇丁醚乙酸酯	—	0.89	—	—
	5-甲基-2-己基邻苯二甲酸丁酯	—	0.20	—	—
	八氰基五氟丙酸八辛酯	—	—	1.00	—
	2-甲基-3-羟基-2,2,4-三甲基丙酸戊酯	—	—	0.45	—
	对氯苯异氰酸酯	—	—	—	0.31
	总量	4.29	5.19	4.01	5.28
	其他类	氯代十六烷	0.38	—	—
碘壬烷		0.16	—	—	—
2-甲基-四氢噻吩		—	—	—	0.49
2-甲基戊酸酐		0.11	0.81	0.19	0.47
二十二烷基壬醚		0.96	—	—	—
1-异丙基-4,7-二甲基-1,2,3,5,6,8 $\alpha$ -六氢萘		1.44	—	—	—
1-亚甲基-6-甲基-4-异丙基-1,2,3,4-四氢萘		0.13	0.18	—	—
2,6-二叔丁基对甲基苯酚		0.20	—	—	—
8 $\alpha$ -甲基六氢-1,8(2 <i>H</i> ,5 <i>H</i> )-萘二酮		0.98	1.61	0.94	—
2,4-二叔丁基酚		1.06	1.27	0.91	1.18
咖啡碱		3.62	2.98	2.94	5.00
乙基-5-辛基-2,2-双(三氟甲基)-1,3-二氧戊环		—	—	0.59	—
2-丁基四氢噻吩		—	0.92	0.64	—
壬基十四烷基醚		—	—	0.73	—
法呢烯环氧化物		—	—	0.23	0.10
二乙二醇丁醚		—	—	1.24	—
2-甲基萘		—	—	0.21	—
1-亚甲基-6-甲基-4-异丙基-1,2,3,4-四氢萘		—	—	0.13	—
4-甲基-2,6-二叔丁基苯酚		—	0.16	0.09	—
吡啶		—	—	0.39	—
1,3-丙二醇,乙基醚		3.47	—	—	—
苧烯-6-醇,新戊酸盐		—	0.26	—	—
1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-1,2,3,4,4 $\alpha$ ,7,8,8 $\alpha$ -辛醇-[1 <i>R</i> -(1 $\alpha$ ,4 $\beta$ ,4 $\alpha\beta$ ,8 $\alpha\beta$ )]萘酚		—	0.14	—	—
乙基乙二醇胺, <i>O,O</i> -二乙酰基		—	—	—	0.35
$\beta$ -紫罗兰酮环氧化物	0.50	0.68	0.43	0.65	
十六烷基壬基醚	—	—	—	1.08	
总量	12.51	9.01	9.66	9.32	
香气物质总量	95.07	99.30	96.24	98.23	

† “—”表示未检出。

最高且种类最多,特征性香气物质有苯甲醇、芳樟醇氧化物、二氢芳樟醇,具有花果香;微波绿茶香气成分以醇类和碳氢类含量最高,特有的香气物质为 $\delta$ -雪松醇,具有木香;热风绿茶的特征性香气物质有反式-罗勒烯醇、橙花醇,具有清甜玫瑰香;综合分析表明,锅炒绿茶香气物质含量最高(99.30%),是由于锅炒杀青温度高,热裂解和酯类作用较强,酯类化合物含量最高,有强烈的花果香<sup>[37]</sup>,感官审评香气得分最高(93.00),而微波绿茶香气物质种类多但含量最低(95.07%),这是由于微波杀青升温迅速,阻止了茶叶物质的转化,抑制了茶叶香气的挥发<sup>[23]</sup>,所以感官审评香气得分最低(88.00),与周天山等<sup>[24]</sup>的结果相符。综上,不同杀青方式对紫芽绿茶的香气物质种类和数量有影响,各香气物质以不同种类、浓度综合形成了茶叶的特征香气。

### 3 结论

以 9803 紫芽品系一芽二、三叶茶鲜叶为原料,经微波、锅炒、蒸汽、热风 4 种杀青方法加工成绿茶。结果表明,微波杀青处理的紫芽茶中水浸出物、茶多酚、氨基酸、花青素、儿茶素等滋味品质成分相对含量较高,最大限度保留了紫芽绿茶中的花青素,且酚氨比和酯型儿茶素与总儿茶素含量比值均为最小,有利于紫芽绿茶滋味的改善;其干茶外形墨绿,汤色淡紫明亮,叶底靛青、明亮、匀整,香气稍欠佳,但香气物质种类多,其中酮类物质含量最高,具有强烈而稳定的令人愉快的香气,微波绿茶感官综合得分最高;因此,微波杀青是一种值得广泛推行的紫芽绿茶的杀青方式。后续可进一步优化微波杀青工艺参数。

#### 参考文献

- [1] HUA Jin-jie, YUAN Hai-bo, YIN Jun-feng, et al. Optimization of fixation process by electromagnetic roller-hot air coupling machine for green tea[J]. Editorial Office of Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(12): 260-267.
- [2] WANG Hua-jie, HUA Jin-jie, JIANG Yong-wen, et al. Influence of fixation methods on the chestnut-like aroma of green tea and dynamics of key aroma substances[J]. Food Res Int, 2020, 136(5): 109479.
- [3] ALEXANDER L, DALENE D D, MAGDALENA M, et al. Modifying the sensory profile of green honeybush (*Cyclopia maculata*) herbal tea through steam treatment [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 82: 49-57.
- [4] 邱华丽, 傅冬和, 王树芝, 等. 茶树紫色芽叶的绿茶适制性研究[J]. 茶叶通讯, 2007, 34(2): 19-21.  
QIU Hua-li, FU Dong-he, WANG Shu-zhi, et al. Study on productable characters of purple shoot for green tea [J]. Journal of Tea Communication, 2007, 34(2): 19-21.
- [5] 李智. 不同环境因子调控茶树紫色芽叶形成的分子机制研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014: 1-2.  
LI Zhi. Effect of main environmental factors on anthocyanin content and related genes expression of purple tea shoots[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2014: 1-2.
- [6] KERIO L C, WACHIRA F N, WANYOKO J K, et al. Total polyphenols, catechin profiles and antioxidant activity of tea products from purple leaf coloured tea cultivars[J]. Food Chem, 2013, 136(3/4): 1405-1413.
- [7] RASHID K, WACHIRA F N, NYABUGA J N, et al. Kenyan purple tea anthocyanins ability to cross the blood brain barrier and reinforce brain antioxidant capacity in mice [J]. Nutritional Neuroscience, 2014, 17(4): 178-185.
- [8] 赵瑜, 周家春, 张靖伟, 等. 紫娟茶提取物对血管紧张素转换酶、 $\alpha$ -淀粉酶和胰脂肪酶的体外抑制作用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 11-20.  
ZHAO Yu, ZHOU Jia-chun, ZHANG Jing-wei, et al. Inhibitory effects of Zijuan tea (*Camellia sinensis* var.kitamura) extracts on angiotensin converting enzyme,  $\alpha$ -amylase and pancreatic lipase in vitro[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(19): 11-20.
- [9] 赵海田, 王振宇, 王路, 等. 花色苷类物质降血脂机制研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(3): 139-144.  
ZHAO Hai-tian, WANG Zhen-yu, WANG Lu, et al. Recent advance in hypolipidemic mechanisms of anthocyanins[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43(3): 139-144.
- [10] 徐贞贞, 廖小军. 花色苷生理功能研究进展[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(10): 65-68.  
XU Zhen-zhen, LIAO Xiao-jun. Analysis of cooking essentials of braised pork in brown sauce[J]. Food and Nutrition in China, 2014, 20(10): 65-68.
- [11] XUE You-lin, MIYAKAWA T, HAYASHI Y, et al. Isolation and tyrosinase inhibitory effects of polyphenols from the leaves of persimmon, *Diospyros kaki* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(11): 6011-6017.
- [12] 陈琼, 杨燕军. 茶树紫芽的抗炎作用研究[J]. 安徽医药, 2011, 15(6): 676-678.  
CHENG Qiong, YANG Yan-jun. Anti-inflammatory effects of purple tea leaves[J]. Anhui Medical and Pharmaceutical Journal, 2011, 15(6): 676-678.
- [13] KILEL E C, FARAJ A K, WANYOKO J K, et al. Green tea from purple leaf coloured tea clones in Kenya- their quality characteristics[J]. Food Chemistry, 2013, 141(2): 769-775.
- [14] 吕海鹏, 梁名志, 张悦, 等. 特异茶树品种“紫娟”不同茶产品主要化学成分及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(12): 122-127.  
LU Hai-peng, LIANG Zhi-ming, ZHANG Yue, et al. Major chemical components and antioxidant activity in tea infusion of tea products obtained from the special tea germplasm ‘zijuan’ using different processing technologies[J]. Food Science, 2016, 37(12): 122-127.
- [15] 葛庆丰, 张聪, 于海, 等. 绿茶的微波-热风联合杀青工艺研究[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 196-199.  
GE Qing-feng, ZHANG Cong, YU Hai, et al. Green tea fixation by simultaneous microwave and hot air treatment[J]. Food Science, 2011, 32(24): 196-199.
- [16] 王兴奎, 夏兵, 孙达. 杀青方式对绿茶加工过程中品质的影



- 响[J]. 现代农业科技, 2014(22): 271-272.
- WANG Xing-kui, XIAO Bing, SUN Da. Effects of blanching methods on green tea quality in machining process[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2014(22): 271-272.
- [17] 袁英芳. 绿茶杀青技术研究概述[J]. 茶叶通讯, 2010, 37(1): 37-39.
- YUAN Ying-fang. Summary on green tea water removal[J]. Tea Communication, 2010, 37(1): 37-39.
- [18] 黄意欢. 茶学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 125-126.
- HUANG Yi-huan. Tea science experimental technology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 125-126.
- [19] 陈美丽, 唐德松, 龚淑英, 等. 绿茶滋味品质的定量分析及其相关性评价[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2014, 40(6): 670-678.
- CHEN Mei-li, TANG De-song, GONG Shu-ying, et al. Quantitative analysis and correlation evaluation on taste quality of green tea[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Sciences), 2014, 40(6): 670-678.
- [20] 童华荣, 金孝芳, 龚雪莲. 茶多酚感官性质及其对茶叶涩味的影响[J]. 茶叶科学, 2006(2): 79-86.
- TONG Hua-rong, JIN Xiao-fang, GONG Xue-lian. Sensory characteristics of tea polyphenols and its effects on astringency of tea[J]. Journal of Tea Science, 2006(2): 79-86.
- [21] 赵先明, 王孝仕, 杜晓. 茶树紫色芽叶的呈味特征及降低苦涩味的研究[J]. 茶叶科学, 2009, 29(5): 372-378.
- ZHAO Xian-ming, WANG Xiao-shi, DU Xiao. Taste characteristics of purple tea leaf and the reduction of bitterness and astringency[J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(5): 372-378.
- [22] 金孝芳. 绿茶滋味化合物研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007: 5-6.
- JIN Xiao-fang. The research on taste compounds of green tea[D]. Chongqing: Southwest University, 2007: 5-6.
- [23] 朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺. 不同杀青方法对绿茶品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 275-279.
- ZHU De-wen, YUE Peng-xiang, YUAN Di-shun. Effects of different fixation methods on the quality of green tea[J]. Transaction of the CSAE, 2009, 25(8): 275-279.
- [24] 周天山, 余有本, 李冬花, 等. 微波杀青对绿茶品质的影响[J]. 中国茶叶, 2010, 32(2): 20-21.
- ZHOU Tian-shan, YU You-ben, LI Dong-hua, et al. Effects of microwave fixation methods on the quality of green tea[J]. China Tea, 2010, 32(2): 20-21.
- [25] 宋玉欣, 朱静静, 张拓, 等. 不同茶树品种茶鲜叶加工黄茶的适制性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 193-198.
- SONG Yu-xin, ZHU Jing-jing, ZHANG Tuo, et al. Study on the suitability of fresh tea leaves from different tea varieties for yellow tea processing[J]. Food & Machinery, 2019, 35(9): 193-198.
- [26] 胡云铃, 黄建安, 施兆鹏. 不同杀青方式对绿茶品质的影响[J]. 茶叶, 2008, 34(1): 24-28.
- HU Yun-ling, HUANG Jian-an, SHI Zhao-peng. The effect of different fixation methods on quality of green tea[J]. Journal of Tea, 2008, 34(1): 24-28.
- [27] 刘晓东, 张文文. 微波加热技术对茶叶品质的影响[J]. 广西农学报, 2008, 23(4): 49-50.
- LIU Xiao-dong, ZHANG Wen-wen. Microwave heating technology's impacts on tea quality[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2008, 23(4): 49-50.
- [28] 解东超. 紫娟茶中花青素及其在加工过程中变化规律研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017: 23-24.
- XIE Dong-chao. Research on anthocyanins of zijuana and their varying patterns during the process[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017: 23-24.
- [29] 罗丽. 茶叶加工中微波技术的系统应用[J]. 福建茶叶, 2002(1): 23-25.
- LUO Li. System application of microwave technology in tea processing[J]. Fujian Tea, 2002(1): 23-25.
- [30] 权启爱, 姚作为. 微波加热技术在茶叶加工中的应用[J]. 中国茶叶, 2006, 28(2): 10-11.
- QUAN Qi-ai, YAO Zuo-wei. Application of microwave heating technology in tea processing[J]. China Tea, 2006, 28(2): 10-11.
- [31] 赖凌凌, 郭雅玲. 微波加热技术应用于名优绿茶加工的研究综述[J]. 中国茶叶加工, 2006(3): 15-17.
- LAI Ling-ling, GUO Ya-ling. Review of high quality green tea processing by microwave heating technology[J]. China Tea Processing, 2006(3): 15-17.
- [32] 齐桂年, 谢建国, 吴永刚, 等. 微波在茶叶加工中对绿茶品质影响的初探[J]. 福建茶叶, 2004(3): 3-4.
- QI Gui-nian, XIE Jian-guo, WU Yong-gang, et al. A preliminary study on the influence of microwave on green tea quality in tea processing[J]. Fujian Tea, 2004(3): 3-4.
- [33] 杨晓萍, 郭大勇, 黄友谊. 微波加热技术在茶叶加工中的应用[J]. 茶叶机械, 2002(3): 4-6.
- YANG Xiao-ping, GUO Da-yong, HUANG You-yi. Application of microwave heating technology in tea processing[J]. Tea Machinery, 2002(3): 4-6.
- [34] 安江珊, 吴冲, 朱新鹏. 微波技术在绿茶加工应用中的研究进展[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(6): 50-52.
- AN Jiang-shan, WU Chong, ZHU Xin-peng. Research progress of microwave technology in green tea application[J]. Packaging and Food Machinery, 2018, 36(6): 50-52.
- [35] 赵沙鸥, 石旭平, 李文金, 等. 不同杀青方式对夏秋茶品质的影响研究[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2013(6): 24-26.
- ZHAO Sha-ou, SHI Xu-ping, LI Wen-jin, et al. Study of the effect of different fixation on the quality of summer and autumn tea[J]. Newsletter of Sericulture and Tea, 2013(6): 24-26.
- [36] 李拥军, 施兆鹏. 炒青和烘青绿茶香气的对比分析[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 65-67.
- LI Yong-jun, SHI Zhao-peng. Comparative analysis of aroma of the roasted and the backed green tea[J]. Food Science, 2001, 22(11): 65-67.
- [37] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 232-233.
- WAN Xiao-chun. Tea biochemistry[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007: 232-233.