

# ‘柿大茶’品系间芳香类物质、儿茶素及游离氨基酸差异分析

周汉琛<sup>1,2</sup>, 王辉<sup>1</sup>, 雷攀登<sup>1</sup>, 黄建琴<sup>1\*</sup>

(1. 安徽省农业科学院茶叶研究所, 安徽 黄山 245000; 2. 茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 安徽农业大学, 合肥 230000)

**摘要:** 为探究太平猴魁茶品质特点和‘柿大茶’无性系良种选育, 对‘柿大茶’3个品系(No. 6、No. 7、No. 23)的芳香类物质、儿茶素和游离氨基酸等生化成分进行了分析。结果表明, ‘柿大茶’3个品系相对含量较高的香气组分有顺-3-己烯醇、月桂烯、柠檬烯、顺- $\beta$ -罗勒烯、芳樟醇及其氧化物、水杨酸甲酯、顺-己酸-3-己烯酯和顺-茉莉酮等, 分别占 No. 6、No. 7、No. 23 绿茶香气总量的 74.70%、81.72% 和 83.71%。‘柿大茶’3个品系间的儿茶素总量、咖啡碱含量和游离氨基酸总量差异显著, 酚氨比分别为 7.75、16.49 和 7.69。No. 6 和 No. 23 两个品系加工而成的绿茶香气高爽度、滋味醇厚度均优于 No. 7。因此, No. 6 和 No. 23 品系适宜作为选育无性系良种的材料。

**关键词:** ‘柿大茶’; 太平猴魁茶; 芳香类物质; 儿茶素; 游离氨基酸

doi: 10.11926/jtsb.3809

## Analysis of Aromatics, Catechins and Free Amino Acids in Different Strains of ‘Shida Tea’

ZHOU Han-chen<sup>1,2</sup>, WANG Hui<sup>1</sup>, LEI Pan-deng<sup>1</sup>, HUANG Jian-qin<sup>1\*</sup>

(1. Tea Research Institution, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Huangshan 245000, Anhui, China; 2. State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization; Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** In order to understand the quality characteristic of Taiping Houkui tea and clonal breeding of ‘Shida tea’, the aromatics, catechins and free amino acids in three strains of ‘Shida tea’ (No. 6, No. 7, No. 23) were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry, liquid chromatography and amino acid analyzer. The results showed that (*Z*)-3-Hexen-1-ol, myrcene, limonene, *cis*- $\beta$ -ocimene, linalool, linalool oxide, methyl salicylate, *cis*-hexanoic acid-3-hexenyl ester and *cis*-jasmone are main aroma components of ‘Shida tea’, accounting for 74.70%, 83.65%, 87.73% of total aroma in No. 6, No. 7 and No. 23, respectively. Contents of catechins, caffeine and amino acids had significant differences among three strains, the ratio of polyphenols to amino acids were 7.75, 16.49, 7.69, respectively. According to the sensory evaluation, green tea processed from No. 6 and No. 23 in fresh smell and mellow taste were better than that from No. 7. Therefore, the strains No. 6 and No. 23 are suitable to be used as materials for clonal breeding.

**Key words:** ‘Shida tea’; Taiping Houkui tea; Aromatic compound; Catechin; Free amino acid

太平猴魁茶以扁平挺直、色泽苍绿、兰香高爽、量低、氨基酸含量高, 其酚氨比值较低; 主要香气  
滋味甘醇著称, 有研究表明, 太平猴魁茶的多酚含 成分为雪松醇、氧化芳樟醇、橙花叔醇、苯甲酸芳

收稿日期: 2017-08-21

接受日期: 2017-11-02

基金项目: 安徽省农业科学院科技创新团队项目(18C0817); 安徽省重大科技专项(16030701074); 安徽省茶产业技术体系项目资助  
This work was supported by the Project for Science and Technology Innovation Team of Anhui Academy of Agricultural Sciences (Grant No. 18C0817), the Key Project for Science and Technology of Anhui Province (Grant No.16030701074), and the Project for Tea Technology System in Anhui Province.

作者简介: 周汉琛(1989~), 女, 硕士, 主要从事生物化学研究。E-mail: teazhc@163.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: Tuesday1011@163.com

樟酯、叔丁基对甲酚等物质<sup>[1]</sup>。主成分分析表明,太平猴魁茶第一主成分主要是桉烯、 $\beta$ -雪松烯、十七烷、法尼烷、香叶醇、顺-氧化芳樟醇、庚醛、月桂烯等<sup>[2]</sup>。目前,太平猴魁茶栽培品种为群体种,还未选育出优良的无性系品种,其主要栽培品种为‘柿大茶’,为有性系安徽省地方良种。‘柿大茶’6号(No. 6)、7号(No. 7)和23号(No. 23)是从‘柿大茶’群体种中获得的无性系品系,6号具有嫩性强的特性,7号为早芽型,而23号具有高香的特性。

茶树重要的次级代谢产物主要有多酚类物质、芳香类物质、茶氨酸等,这些次级代谢产物影响着茶叶色泽、香气、滋味等感官品质的形成。多酚类物质的生物合成途径主要涉及莽草酸途径、苯丙烷代谢途径和类黄酮合成途径<sup>[3]</sup>。其中儿茶素是多酚类化合物中最重要的组成成分,占多酚类总量的70%~80%,主要包括非酯型儿茶素 EC (epicatechin)、EGC (epigallocatechin)和酯型儿茶素 ECG (epicatechin gallate)、EGCG (epigallocatechin gallate)。非酯型儿茶素代谢途径关键酶基因的研究已经很深入,近年来关于酯型儿茶素代谢途径研究也取得重要进展,研究表明酯型儿茶素的合成涉及到两步酶促反应<sup>[4]</sup>。萜类化合物是茶树中重要的芳香类物质,其作为糖配体形成的糖苷类香气前体是茶叶重要的香气物质基础<sup>[5]</sup>。咖啡碱、游离氨基酸是茶树中重要的呈味物质,前者影响着茶汤的苦味,后者影响着茶汤的鲜爽度<sup>[6-7]</sup>。本研究拟采用气相质谱联用仪(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)、液相色谱仪及氨基酸分析仪研究‘柿大茶’不同品系间的代谢谱变化,探究太平猴魁茶品质形成的遗传基础,挖掘出具有优越性的‘柿大茶’品系,为后续‘柿大茶’良种选育提供理论支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和试剂

供试茶树(*Camellia sinensis* L.)品种为‘柿大茶’6号(No. 6)、7号(No. 7)和23号(No. 23)品系。茶树均种植在黄山现代农业综合开发示范区茶博园内(30°14' N, 118°12' E),为7年生茶树。环境气候条件、海拔高度、土壤以及栽培管理水平基本一致。在2017年5月8日采取一芽二三叶混合样用于试验分析。鲜叶固样采用微波固样<sup>[8]</sup>,绿茶加工采用传统太平猴魁加工工艺。

GC-MS分析标准品购于上海阿拉丁试剂股份有限公司,液相色谱分析标准品购于Sigma公司,游离氨基酸分析标准品购于德国SYKAM公司。

### 1.2 主要设备和仪器

50/30  $\mu\text{m}$  CAR/DVB/PDMS 萃取头(美国色谱科公司)、固相微萃取手柄(美国色谱科公司)、DB-5MS 石英毛细管柱(30 m  $\times$  250  $\mu\text{m}$   $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ )(美国安捷伦公司)、Agilent 7890-5975 气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦公司)、C18 色谱柱(5  $\mu\text{m}$ , 250 mm  $\times$  4.6 mm)(日本岛津公司)、2010A 液相色谱仪(日本岛津公司)、SYKAM 433D 氨基酸分析仪(德国SYKAM公司)。

### 1.3 GC-MS 分析条件

样品处理采用顶空固相微萃取法:称取 3.0 g 茶样放入 250 mL 萃取瓶中,加入 20 mL 沸水,立即密封瓶口,60°C 平衡 5 min 后,将萃取头插入萃取瓶中,60°C 水浴萃取 30 min,萃取结束后立即将萃取头插入气相色谱进样口解吸附 5 min,每个样品重复 3 次。

气相色谱仪进样口温度为 250°C,不分流进样,载气为高纯氮气,纯度为 99.99%;柱温程序为 40°C 保持 2 min,随后以 5  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升到 85°C,保持 2 min,再以 2  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升到 110°C,再以 7  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升到 139°C,最后以 5  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升到 230°C,保持 8 min,分析时间 56 min;质谱接口温度 250°C, EI 源温度 230°C,电子能量为 70 eV,质量扫描范围:35~400 amu。采用面积归一化法计算香气成分的相对百分含量。

### 1.4 液相色谱测量儿茶素、咖啡碱含量

上机样品制备:准确称取 1.0 g 茶样,加 30 mL 沸水,90°C 水浴 5 min,重复 3 次,过滤茶汤,定容至 100 mL。上机样品稀释比为 1:400,用 0.45  $\mu\text{m}$  微孔水系滤膜过滤后上机。每个样品重复 3 次。分析条件:柱温 40°C;流动相 A 为 1% 乙酸溶液,流动相 B 为乙腈,流速 1.0 mL  $\text{min}^{-1}$ 。梯度洗脱条件为 B 相在 0~20 min 由 10% 线性变化至 13%,20~40 min 由 13% 线性变化至 30%,40~41 min 由 30% 线性变化至 10%。以峰面积为横坐标、浓度为纵坐标作标准曲线,用峰面积求出各组份含量,再换算出茶样中各儿茶素组分的含量。利用 DPS 软件对儿茶素各

组分、咖啡碱含量进行显著性分析。

### 1.5 游离氨基酸含量的测定

上机样品制备方法同上, 上机样品稀释比为 1:200。测定条件: 色谱柱为 LCA K07/Li, 柱温为 38℃~74℃梯度升温; 流动相 A 为 pH 2.9 柠檬酸锂溶液, 流动相 B 为 pH 4.2 柠檬酸锂溶液, 流动相 C 为 pH 8.0 柠檬酸锂溶液; 洗脱泵流速为 0.45 mL min<sup>-1</sup>, 衍生泵流速为 0.25 mL min<sup>-1</sup>, 进样体积为 50 μL, 分离程序为 105 min。以标准品响应面积、含量计算样品游离氨基酸含量<sup>[9]</sup>。每个样品重复 3 次。利用 DPS 软件对游离氨基酸总量进行显著性分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 香气成分分析

利用 GC-MC 分析, ‘柿大茶’鲜叶固样和绿茶样中共有 61 种香气化合物, 其中, 烯类化合物 20 种、烷烃类 14 种、醇类 10 种、酯类 5 种、芳香烃类 4

种、酮类 3 种、醛类 3 种、酚类物质 1 种和氧杂环化合物 1 种(表 1)。鲜叶固样含有而绿茶样没有的香气成分有乙苯和间二甲苯。绿茶样特有的香气化合物有顺-3-己烯醇、L- $\alpha$ -蒎烯、水杨酸甲酯、反式- $\beta$ -紫罗兰酮和  $\alpha$ -杜松醇。‘柿大茶’3 个品系的香气物质种类相似, 但芳香类物质各组分的相对含量差异明显。

‘柿大茶’3 个品系绿茶的香气含量较高组分有顺-3-己烯醇、月桂烯、柠檬烯、顺- $\beta$ -罗勒烯、芳樟醇及其氧化物、壬醛、水杨酸甲酯、十二烷、法尼烷、顺-己酸-3-己烯酯、顺-茉莉酮、十四烷、 $\alpha$ -雪松烯、 $\delta$ -杜松烯、L-菖薄烯和 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚, 分别占 No. 6、No. 7、No. 23 绿茶香气总量的 74.70%、81.72%和 83.71%。绿茶样中芳香类物质含量最高的组分为  $\beta$ -芳樟醇, 分别占 No. 6、No. 7、No. 23 绿茶香气总量的 26.77%、20.77%和 20.73%。研究表明, 芳樟醇是大叶种茶香气中含量最高的物质, 而且芳樟醇还是西湖龙井茶、乌龙茶以及黑茶中重要的呈香成分和香气活性物质<sup>[10-11]</sup>。

表 1 ‘柿大茶’3 个品系的香气成分和相对含量(%)

Table 1 Aromatic compounds and relative contents in three strains of ‘Shida Tea’

序号 No.	化合物 Compound	保留时间 Retention time (min)	鲜叶固样 Fresh leaf			绿茶样 Green tea		
			No. 6	No. 7	No. 23	No. 6	No. 7	No. 23
1	乙苯 Ethylbenzene	6.91	7.82	5.15	0.62	ND	ND	ND
2	顺-3-己烯醇 (Z)-3-Hexen-1-ol	6.94	ND	ND	ND	3.27	0.67	2.11
3	对二甲苯 1,4-Xylene	7.16	5.21	4.97	3.42	3.26	0.15	ND
4	间二甲苯 Dimethylbenzene	7.78	3.24	9.42	1.42	ND	ND	ND
5	庚醛 Heptanal	8.13	1.77	ND	2.26	1.70	1.18	0.94
6	苯甲醛 Benzaldehyde	10.15	0.37	1.16	1.01	ND	ND	0.75
7	月桂烯 Myrcene	10.76	4.25	4.00	3.46	2.35	3.35	4.35
8	癸烷 Decane	11.04	1.33	1.42	1.34	0.53	1.21	1.11
9	反-2-己烯醇 trans-2-Hexenol	11.31	1.56	ND	ND	ND	ND	ND
10	5-甲基癸烷 5-Methyldecane	11.62	0.78	ND	ND	ND	ND	ND
11	柠檬烯 Limonene	12.10	1.02	1.71	0.78	2.28	1.33	1.69
12	2,2,6-三甲基环己酮 2,2,6-Trimethylcyclohexanone	12.32	0.72	0.96	ND	ND	ND	ND
13	L- $\alpha$ -蒎烯 L- $\alpha$ -Pinene	12.34	ND	ND	ND	1.32	1.31	1.28
14	顺- $\beta$ -罗勒烯 cis- $\beta$ -Ocimene	12.71	3.61	5.06	2.13	10.78	14.31	9.01
15	顺-氧化芳樟醇 cis-Linalool Oxide	13.79	1.81	0.84	1.63	3.80	3.10	2.96
16	反-氧化芳樟醇 trans-Linalool oxide	14.50	2.13	1.28	ND	ND	5.74	4.78
17	$\beta$ -芳樟醇 $\beta$ -Linalool	15.14	15.79	17.17	16.36	26.77	20.77	20.73
18	脱氢芳樟醇 Hotrienol	15.31	3.78	4.23	1.99	ND	4.79	1.77
19	壬醛 Nonanal	15.38	4.46	5.77	5.14	6.88	4.71	6.88
20	3,4-二甲基-2,4,6-辛二烯 3,4-Dimethyl-2,4,6-octatriene	16.42	ND	0.44	ND	ND	ND	ND
21	4-甲基十一烷 4-Methylundecane	17.91	0.34	ND	ND	ND	ND	ND
22	2-甲基十一烷 2-Methylundecane	18.20	0.75	0.66	ND	ND	ND	ND
23	呋喃型氧化芳樟醇 Epoxylinolol	18.92	1.78	0.89	1.65	1.42	1.83	1.32
24	顺式丁酸-3-己烯酯 cis-3-Hexenyl butyrate	19.51	0.60	ND	ND	1.39	0.90	ND
25	水杨酸甲酯 Salicylic acid, methyl ester	19.81	ND	ND	ND	1.32	0.65	1.51
26	十二烷 Dodecane	20.14	1.21	ND	1.68	1.31	1.52	2.57
27	2,6-二甲基十一烷 2,6-Dimethylundecane	20.83	1.73	1.35	1.21	0.54	0.82	ND

续表(Continued)

序号 No.	化合物 Compound	保留时间 Retention time (min)	鲜叶固样 Fresh leaf			绿茶样 Green tea		
			No. 6	No. 7	No. 23	No. 6	No. 7	No. 23
28	$\alpha$ -萜品烯 $\alpha$ -Terpinene	21.73	ND	ND	ND	0.42	ND	ND
29	顺-3-己烯异戊酸酯 <i>cis</i> -3-Hexenyl iso-valerate	21.92	ND	0.68	0.42	2.04	ND	ND
30	3-己烯基酯,(Z)-戊酸 <i>cis</i> -3-Hexenyl valerate	22.21	ND	ND	ND	0.65	ND	ND
31	香叶醇 Geraniol	23.18	ND	ND	ND	2.82	ND	ND
32	4-甲基十二烷 4-Methyl-dodecane	23.44	ND	0.77	0.63	ND	ND	ND
33	$\alpha$ -萜澄茄油烯 $\alpha$ -Cubebene	27.88	0.70	0.91	1.04	0.46	0.91	0.54
34	2-甲基十三烷 2-Methyltridecane	28.67	ND	ND	0.69	ND	ND	ND
35	$\alpha$ -古巴烯 $\alpha$ -Copaene	28.95	1.09	1.51	1.04	ND	1.26	0.77
36	法尼烯 Farnesane	29.05	0.33	0.26	ND	ND	ND	ND
37	顺-己酸-3-己烯酯 <i>cis</i> -Hexanoic acid, 3-hexenyl ester	29.32	4.58	3.57	4.78	5.27	5.19	9.07
38	顺-茉莉酮 <i>cis</i> -Jasmone	29.77	2.90	ND	3.24	2.66	1.73	2.86
39	十四烷 Tetradecane	29.95	3.58	2.56	4.56	1.72	1.81	2.07
40	桉烯 Junipene	30.10	1.72	1.07	2.27	0.60	0.92	1.26
41	$\alpha$ -雪松烯 $\alpha$ -Cedrene	30.33	3.75	3.57	4.69	1.48	1.95	2.80
42	$\beta$ -雪松烯 $\beta$ -Cedrene	30.60	ND	1.47	2.09	ND	ND	1.66
43	$\beta$ -丁香烯 $\beta$ -Caryophyllene	30.44	0.58	ND	ND	0.53	ND	ND
44	环十四烷 Cyclotetradecane	31.45	ND	ND	1.06	ND	ND	ND
45	反- $\beta$ -法尼烯 <i>trans</i> - $\beta$ -Farnesene	31.59	0.92	ND	ND	0.96	1.02	ND
46	$\tau$ -摩勒烯 $\tau$ -Muuroleone	32.21	ND	0.71	0.83	ND	0.53	ND
47	反式- $\beta$ -紫罗兰酮 $\beta$ -Ionone	32.37	ND	ND	ND	1.02	0.60	0.61
48	$\beta$ -萜澄茄油烯 $\beta$ -Cubebene	32.71	ND	0.78	ND	ND	0.31	ND
49	$\alpha$ -摩勒烯 $\alpha$ -Muuroleone	32.90	0.70	1.02	1.27	0.53	0.80	0.62
50	十五烷 Pentadecane	33.02	1.40	0.85	ND	ND	ND	ND
51	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚 2,6-Di-tert-butyl-4-methyl phenol	33.05	2.88	2.86	5.72	1.33	2.73	3.44
52	$\alpha$ -法尼烯 $\alpha$ -Farnesene	33.13	ND	0.54	ND	0.74	0.49	ND
53	$\delta$ -杜松烯 $\delta$ -Cadinene	33.47	1.54	3.22	2.88	1.98	3.60	2.16
54	L-菖蒲烯 L-Calamenene	33.59	2.00	2.81	3.55	1.40	2.59	1.62
55	$\alpha$ -去二氢菖蒲烯 $\alpha$ -Calacorene	34.12	ND	1.44	1.86	0.61	0.96	ND
56	顺-橙花叔醇 <i>cis</i> -Nerolidol	34.69	2.65	ND	5.57	1.89	1.25	1.52
57	十六烷 Hexadecane	35.66	0.78	0.97	1.91	0.47	0.83	0.57
58	$\alpha$ -雪松醇 $\alpha$ -Cedrol	35.93	1.46	1.2	2.59	0.48	1.01	1.82
59	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-萘 Naphthalene,1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-	36.36	ND	0.54	0.45	0.24	0.81	0.45
60	$\alpha$ -杜松醇 $\alpha$ -Cadinol	36.78	ND	ND	ND	0.44	0.33	0.56
61	十七烷 Heptadecane	37.93	0.22	0.17	0.77	0.34	ND	ND

## 2.2 儿茶素、游离氨基酸含量分析

'柿大茶' 3个品系鲜叶中的儿茶素总量分别为131.40、162.31和135.88 mg g<sup>-1</sup>, 以No. 7中含量最高, 且鲜叶加工成绿茶后, 儿茶素总量都有所下降。儿茶素各组间的含量也有显著差异, 其中非酯型儿茶素以No. 7含量最高, No. 6次之, No. 23最低; 酯型儿茶素以No. 7最高, No. 23次之, No. 6最低(图1)。在茶叶加工过程中咖啡碱含量几乎没有变化。品系No. 7加工的绿茶咖啡碱含量最低, 而No. 23的鲜叶及加工后的绿茶中咖啡碱含量都最高。

'柿大茶' 3个品系中共检出29个游离氨基酸, 含量较高的游离氨基酸有茶氨酸、谷氨酸和天冬氨

酸(表2)。茶氨酸作为茶叶中含量最高的游离氨基酸, '柿大茶' 3个品系的茶氨酸含量相差较大, No. 6和No. 23绿茶中茶氨酸含量约占游离氨基酸总量的60%, 而No. 7只有50%。No. 6和No. 23游离氨基酸总量在鲜叶、绿茶中都显著高于No. 7。此外, '柿大茶' 3个品系的酚氨比分别为7.75、16.49和7.69。

## 2.3 感官审评

从香气来看, No. 23高爽带栗香, 优于No. 6和No. 7, 后两者为清香型, 且No. 6鲜爽度又高于No. 7(表3)。滋味结果表明, No. 23滋味醇厚鲜爽, No. 6滋味醇厚, 均优于No. 7。3个品系的汤色都具有浅绿特征, 亮度以No. 7为高。

表 2 ‘柿大茶’游离氨基酸含量

Table 2 List of free amino acid content of ‘Shida Tea’

氨基酸 Amino acid	鲜叶固样 Fresh leaf			绿茶样 Green tea		
	No. 6	No. 7	No. 23	No. 6	No. 7	No. 23
磷酸丝氨酸 PS	0.106 9	0.110 3	0.101 1	0.244 0	0.087 7	0.171 3
牛磺酸 Taurine	0.026 4	—	—	—	0.027 8	—
磷乙醇胺 Phosphorylethanolamine	0.244 6	0.246 9	0.258 0	0.189 2	0.252 8	0.276 7
天冬氨酸 Asp	0.538 9	0.582 8	0.811 1	0.799 2	0.527 6	0.807 1
苏氨酸 Thr	0.165 6	0.137 0	0.228 7	0.371 9	0.079 9	0.244 1
丝氨酸 Ser	0.274 4	0.255 7	0.394 7	0.898 9	0.222 0	0.387 6
天冬酰胺 Asn	0.202 5	0.136 7	0.250 8	0.282 3	0.174 5	0.252 1
谷氨酸 Glu	1.518 0	1.198 6	1.957 2	1.341 1	1.418 0	2.128 5
茶氨酸 Thea	10.996 5	4.971 4	10.116 6	10.607 7	4.271 4	10.571 3
甘氨酸 Gly	0.046 3	0.043 8	0.045 5	0.058 0	0.030 6	0.041 8
丙氨酸 Ala	0.196 5	0.172 6	0.238 4	0.203 7	0.164 6	0.246 5
$\alpha$ -氨基丁酸 $\alpha$ -Aminobutyric acid	0.005 2	0.002 0	—	0.003 8	0.001 6	0.005 4
缬氨酸 Val	0.226 0	0.200 4	0.289 0	0.330 8	0.268 8	0.308 0
胱氨酸 Cys	0.068 8	0.054 1	0.073 5	0.068 0	0.089 0	0.083 8
蛋氨酸 Met	0.022 8	0.021 6	0.042 4	0.049 9	0.036 7	0.039 7
异亮氨酸 Ile	0.061 8	0.085 7	0.081 7	0.092 3	0.061 7	0.113 7
亮氨酸 Leu	0.109 5	0.224 2	0.158 7	0.107 5	0.112 1	0.317 2
酪氨酸 Tyr	0.196 5	0.890 7	0.149 3	0.164 6	0.173 6	0.919 1
苯丙氨酸 Phe	0.152 7	0.140 3	0.215 0	0.235 8	0.149 4	0.237 7
$\beta$ 丙氨酸 $\beta$ -Ala	0.025 3	0.023 1	0.029 6	0.072 5	0.019 4	0.037 8
$\beta$ 氨基异丁酸 $\beta$ -AIBA	0.045 0	0.085 5	0.041 0	0.013 4	0.065 6	0.039 2
$\gamma$ 氨基丁酸 GABA	—	—	0.079 3	0.077 9	0.010 9	0.104 0
组氨酸 His	0.054 4	0.037 9	0.075 4	0.071 0	0.039 9	0.071 2
3 甲基组氨酸 3-Methyl-his	0.006 2	0.009 3	—	0.005 2	0.008 2	0.011 9
1 甲基组氨酸 1-Methyl-his	0.005 4	0.005 0	—	0.004 8	0.002 2	0.008 1
色氨酸 Trp	—	—	0.406 7	0.475 9	0.475 1	—
赖氨酸 Lys	—	—	0.149 7	0.244 9	—	—
精氨酸 Arg	0.166 8	—	0.324 1	0.931 9	0.102 7	0.305 5
脯氨酸 Pro	0.079 9	0.103 3	0.140 1	0.626 7	0.242 1	0.080 9
合计 Total	15.542 9a	9.738 9b	16.657 6a	18.572 9a	9.115 9b	17.810 2a

数据后不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Data followed different letters indicate significant difference at 0.05 level.

表 3 感官审评

Table 3 Sensory evaluation

品系 Strain	香气 Flavour	滋味 Taste	汤色 Color
No. 6	清香较高 Clean aroma	较醇厚 Mellow and thick	浅绿较亮 Light green and bright
No. 7	清香尚高 Less clean aroma	尚醇厚 Less mellow and thick	浅绿明亮 Light green and more bright
No. 23	香气高爽带栗香 Fresh and brisk with chestnut-like aroma	醇厚 More mellow and thick	浅绿尚亮 Light green and less bright

### 3 讨论

有研究表明, 香叶醇占太平猴魁茶香气含量的 9.03%~17.03%。本研究结果表明, 只有 No. 6 检测出香叶醇, 含量为 2.82%, 这可能与茶鲜叶原料的生长状态有关。对红茶的研究表明, 在茶鲜叶原料嫩度好的情况下, 香叶醇相对含量高<sup>[12]</sup>。香气感官审评结果表明, No. 6、No. 7 清香明显, 而 No. 23 清香带栗香。清香型的绿茶香气主要成分是芳樟醇、

二甲硫、 $\beta$ -紫罗酮、顺-3-己烯己酸酯、庚醛、壬醛和癸醛等<sup>[13]</sup>。本研究结果表明, 清香型香气成分顺-3-己烯己酸酯、庚醛和壬醛占‘柿大茶’3 个品系香气总量的 12.07%、11.08%和 16.89%。另外, 太平猴魁茶第一主成分桉烯、 $\beta$ -雪松烯、十七烷、法尼烷、香叶醇、顺-氧化芳樟醇、2-乙基-1-己醇、庚醛、月桂烯和辛醛等香气物质占 3 个品系香气总量的 13.09%、10.05%和 12.31%。由 No. 7 品系加工而成的绿茶香气欠爽且香不高, 可能与其芳香类物质的

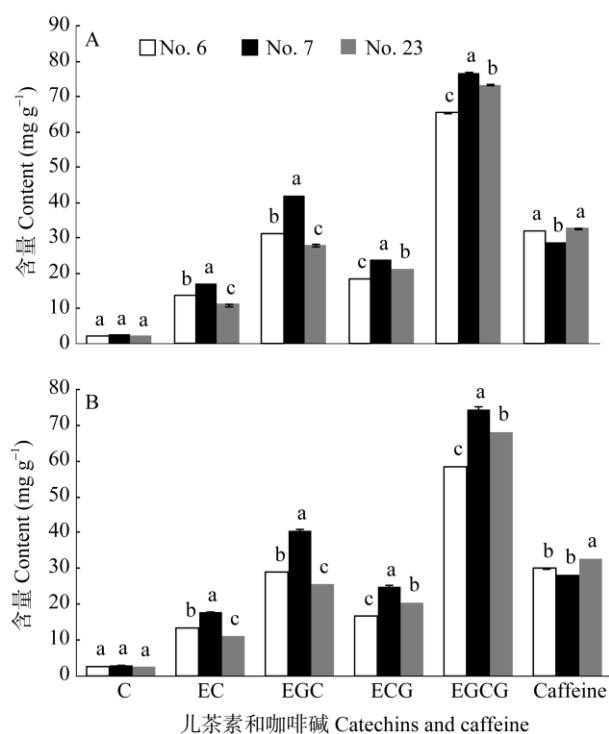


图1 ‘柿大茶’品系中儿茶素和咖啡碱含量。A: 鲜叶固样; B: 绿茶样。C: 儿茶素; EC: 表儿茶素; EGC: 表没食子儿茶素; ECG: 表儿茶素没食子酸酯; EGCG: 表没食子儿茶素没食子酸酯; Caffeine: 咖啡碱。柱上不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Fig. 1 Catechins and caffeine content of ‘Shida Tea’. A: Fresh leaf; B: Green tea; C: Catechin; EC: Epicatechin; EGC: Epigallocatechin; ECG: Epicatechin gallate; EGCG: Epigallocatechin gallate. Different letters above column indicate significant difference at 0.05 level.

组成与含量不高密切相关。

儿茶素、咖啡碱和游离氨基酸是茶汤滋味的重要组成部分,尤其是氨基酸不仅是茶叶鲜爽度的重要组成,还可以通过脱氨、脱羧和美拉德反应生成醇类和醛类芳香物质,对香气品质产生重要影响。有研究表明,氨基酸是鲜味的主要来源,不同的氨基酸会表现出不同的味道,且鲜味主要来自于天冬氨酸、谷氨酸、谷氨酰胺和茶氨酸,而甜味物质则来自丙氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丝氨酸<sup>[14-15]</sup>。No. 6、No. 23 品系的游离氨基酸总量显著高于 No. 7, 感官审评结果也表明 No. 23、No. 6 品系滋味鲜爽度均优于 No. 7 品系。儿茶素类物质是涩味的呈味成分,而咖啡碱等生物碱类成分是苦味的主要呈味物质。本研究中 No. 7 品系非酯型儿茶素、酯型儿茶素含量都较高,但咖啡碱含量却显著偏低,且鲜叶中的酚氨比偏大,这可能是其茶汤滋味醇厚度低、

涩感强烈的原因。

本研究对‘柿大茶’3个品系的芳香类物质、儿茶素、咖啡碱和游离氨基酸含量进行分析,结果表明 No. 7 品系的儿茶素类物质含量偏高,游离氨基酸总量偏低;由其加工而成的绿茶香气、滋味欠爽欠醇,而由 No. 6 和 No. 23 品系加工而成的太平猴魁茶特征香气成分相对含量较高,且酚氨比适中,香气高爽,滋味醇厚,相较于 No. 7 品系具有优越性,适宜作为选育无性系良种的材料。

## 参考文献

- [1] LEI P D, HUANG J Q, WU Q, et al. Analysis of main quality compounds of Taiping Houkui tea [J]. China Tea Process, 2016(1): 33-37,45. doi: 10.15905/j.cnki.33-1157/ts.2016.01.008.  
雷攀登, 黄建琴, 吴琼, 等. 太平猴魁茶主要品质成分分析 [J]. 中国茶叶加工, 2016(1): 33-37,45. doi: 10.15905/j.cnki.33-1157/ts.2016.01.008.
- [2] YANG T, LEI P D, ZHOU H C, et al. Studies on aroma components in Taiping Houkui tea by HS-SPME-GC-MS coupled with principal component analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(10): 50-53,57. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.10.001.  
杨停, 雷攀登, 周汉琛, 等. 顶空固相微萃取-气质联用结合主成分分析法对太平猴魁茶香气成分的研究 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(10): 50-53,57. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.10.001.
- [3] XIA T, GAO L P, LIU Y J, et al. Advances in research of biosynthesis and hydrolysis pathways of gallated catechins in *Camellia sinensis* [J]. Sci Agric Sin, 2013, 46(11): 2307-2320. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2013.11.015.  
夏涛, 高丽萍, 刘亚军, 等. 茶树酯型儿茶素生物合成及水解途径研究进展 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(11): 2307-2320. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2013.11.015.
- [4] LIU Y J, GAO L P, LIU L, et al. Purification and characterization of a novel galloyltransferase involved in catechin galloylation in the tea plant (*Camellia sinensis*) [J]. J Biol Chem, 2012, 287(53): 44406-44417. doi: 10.1074/jbc.M112.403071.
- [5] HAN Z X, RANA M M, LIU G F, et al. Green tea flavour determinants and their changes over manufacturing processes [J]. Food Chem, 2016, 212: 739-748. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.06.049.
- [6] NARUKAWA M, NOGA C, UENO Y, et al. Evaluation of the bitterness of green tea catechins by a cell-based assay with the human bitter taste receptor hTAS2R39 [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2011, 405(4): 620-625. doi: 10.1016/j.bbrc.2011.01.079.
- [7] CHEN Z D, BAO X J, WANG B Q. Taste characteristics of caffeine [J].

- Food Sci, 1992, 13(1): 1-2.  
陈宗道, 包先进, 王碧芹. 咖啡碱的味觉特性 [J]. 食品科学, 1992, 13(1): 1-2.
- [8] GONG Z H, XIAO W J, CAI L Y, et al. On tea fixing method [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci), 2006, 32(1): 45-48. doi: 10.3321/j.issn:1007-1032.2006.01.012.  
龚志华, 肖文军, 蔡利娅, 等. 茶叶固样方法研究 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(1): 45-48. doi: 10.3321/j.issn:1007-1032.2006.01.012.
- [9] DENG W W, FAN Y B, GU C C, et al. Changes in morphological characters and secondary metabolite contents in leaves of grafting seedlings with *Camellia sinensis* as scions and *C. oleifera* as stocks [J]. J Trop Subtrop Bot, 2017, 25(1): 35-42. doi: 10.11926/jtsb.3641.
- [10] WANG H Y, LI Z, ZHANG J, et al. Determination of characteristic aromatic components in Xihu Longjing tea by GC-MS and GC-olfactometry [J]. Food Sci, 2012, 33(8): 248-251.  
汪厚银, 李志, 张剑, 等. 基于气质联用/气相色谱-嗅觉测定技术的西湖龙井茶特征香气成分分析 [J]. 食品科学, 2012, 33(8): 248-251.
- [11] LV H P, ZHONG Q S, LIN Z, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry [J]. Food Chem, 2012, 130(4): 1074-1081. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.07.135.
- [12] YANG T, LEI P D, ZHOU H C, et al. Study on aroma components in Keemun black tea by SDE-GC-MS coupled with principal component analysis [J]. Food Sci Technol, 2017(6): 264-269. doi: 10.13684/j.cnki.spkj.2017.06.056.  
杨婷, 雷攀登, 周汉琛, 等. 同时蒸馏萃取法结合主成分分析研究祁门红茶的香气成分 [J]. 食品科技, 2017(6): 264-269. doi: 10.13684/j.cnki.spkj.2017.06.056.
- [13] LIU P P. Effect of main water quality factors on aroma characteristics of fresh scent-flavor green tea infusion and its stability [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.  
刘盼盼. 主要水质因子对清香型绿茶茶汤呈香特性及其稳定性影响研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [14] GONG S Y, GU Z Q, FAN F Y, et al. Research on taste compounds in white tea processed from cultivars in Zhejiang Province [J]. J Tea Sci, 2016, 36(3): 277-284. doi: 10.3969/j.issn.1000-369X.2016.03.008.  
龚淑英, 谷兆骐, 范方媛, 等. 浙江省主栽茶树品种工艺白茶的滋味成分研究 [J]. 茶叶科学, 2016, 36(3): 277-284. doi: 10.3969/j.issn.1000-369X.2016.03.008.
- [15] QI D D, DAI W D, TAN J F, et al. Study on the effects of the fixation methods on the chemical components and taste quality of summer green tea [J]. J Tea Sci, 2016, 36(1): 18-26. doi: 10.3969/j.issn.1000-369X.2016.01.003.  
祁丹丹, 戴伟东, 谭俊峰, 等. 杀青方式对夏季绿茶化学成分及滋味品质的影响 [J]. 茶叶科学, 2016, 36(1): 18-26. doi: 10.3969/j.issn.1000-369X.2016.01.003.