

广西杏仁香茶树种质资源试制不同茶类品质分析

彭靖茹, 温立香, 张 芬, 陈家献, 袁冬寅, 欧淑琼

(广西壮族自治区亚热带作物研究所, 广西亚热带水果加工工程技术研究中心, 广西 南宁 530002)

摘要:通过开展‘桂杏茶’不同适制性加工、理化检测及感官审评, 研究不同加工工艺对内含物、滋味及香气成分差异。结果表明, ‘桂杏茶’是低咖啡碱含量的特异茶树种质资源, 酚氨比为11.8, 更适制红茶。加工过程中, 白茶和红茶的表没食子儿茶素含量降为0, 绿茶的儿茶素含量显著降低。感官审评结果显示, 红茶和白茶杏仁香明显、浓郁, 其他茶类无杏仁香。共检测出53种香气成分, 可分为两种类型, 每一类型的香气成分相同: 第1类型包含原料、绿茶和乌龙茶, 无杏仁香, 有40种香气成分, 香气主成分是 β -芳樟醇、柠檬烯; 第2类型包含白茶与红茶, 杏仁香浓郁, 有42种香气成分, 香气主成分是苯甲醛。这些茶类共有香气成分28种, 都含有苯甲醛, 相对含量为红茶(61.97%)>白茶(31.73%)>乌龙茶(14.65%)>原料(4.24%)>绿茶(2.88%)。苯甲醛主要在萎凋、揉捻及发酵过程中产生, 随着萎凋时间的延长, 苯甲醛含量升高。苯甲醛含量越高的茶叶杏仁香越浓郁, 苯甲醛是杏仁香香气形成的关键香气。

关键词: 茶叶; 杏仁香; 香气成分; 苯甲醛; 适制性

Quality Analysis of Different Kinds of Trial-Processed Tea from Tea Germplasm with Almond-like Aroma in Guangxi

PENG Jingru, WEN Lixiang, ZHANG Fen, CHEN Jiaxian, YUAN Dongyin, OU Shuqiong

(Guangxi Subtropical Fruits Processing Research Center of Engineering Technology,

Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning 530002, China)

Abstract: To evaluate the tea processing suitability of the leaves of ‘Guixing’ tea, a wild tea plant germplasm resource in Guangxi, the water extract content, polyphenolic composition, sensory properties and volatile aroma composition of the tea leaves as well as green, oolong, white and black tea processed from the tea leaves were measured and compared with each other. The results showed that ‘Guixing’ tea was a unique tea germplasm resource with low caffeine content and a ratio of phenol to ammonia of 11.8, which was more suitable for black tea production. After processing into white and black tea, the epigallocatechin content in the leaves decreased to 0, and the catechin content of green tea decreased significantly compared with that of the leaves. The results of sensory evaluation showed that white and black tea had a rich almond-like aroma, while the other kinds of tea did not. A total of 53 aroma components were detected, which could be divided into two types. Each type had same aroma components. The first type included tea leaves, green tea and oolong tea, without almond-like aroma, and had 40 aroma components, the major ones being β -linalool and limonene. The second type included white tea and black tea, with strong almond-like aroma, and contained 42 aroma components, the main one being benzaldehyde. A total of 28 aroma components were found to be common to these tea samples, all of which contained benzaldehyde. The decreasing order of the relative contents of benzaldehyde in them was black tea (61.97%) > white tea (31.73%) > oolong tea (14.65%) > leaves (4.24%) > green tea (2.88%). Benzaldehyde was mainly produced during withering, rolling and fermentation. With extended withering time, the content of benzaldehyde increased. The higher the content of benzaldehyde, the stronger the almond-like aroma of tea. Therefore, benzaldehyde is key for almond-like aroma formation.

Keywords: tea; almond-like aroma; aroma components; benzaldehyde; processing suitability

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20221012-110

中图分类号: S571.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2023)14-0291-07

收稿日期: 2022-10-12

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科AB19245006); 科技先锋队“强农富民”“六个一”专项行动项目(桂农科盟202206-2); 国家现代农业产业技术体系茶叶南宁综合试验站项目(nycytxgxcxt-18-06); 广西农科院2021—2025年稳定资助科研团队项目(桂科农2021YT145)

第一作者简介: 彭靖茹(1975—)(ORCID: 0000-0003-4063-7033), 女, 正高级工程师, 硕士, 研究方向为经济作物遗传育种、分子标记开发与应用、基因克隆与组培、理化检测。E-mail: pjru99@163.com

引文格式:

彭靖茹, 温立香, 张芬, 等. 广西杏仁香茶树种质资源试制不同茶类品质分析[J]. 食品科学, 2023, 44(14): 291-297.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20221012-110. <http://www.spkx.net.cn>

PENG Jingru, WEN Lixiang, ZHANG Fen, et al. Quality analysis of different kinds of trial-processed tea from tea germplasm with almond-like aroma in Guangxi[J]. Food Science, 2023, 44(14): 291-297. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20221012-110. <http://www.spkx.net.cn>

广西是中国最适宜茶树生长的地区之一, 分布有大厂茶、厚轴茶、大理茶、白毛等茶组植物^[1]。在广西各地分布有众多的野生茶树, 目前针对不同地区的部分野生茶树已开展了理化分析、叶片结构解剖^[2-3]及分子生物技术标记鉴定等^[4], 但是针对不同地区的野生茶树开展适制性及香气成分分析还较少。在广西野生茶树资源调查中, 获得了红茶杏仁香特别浓郁的特异茶树种质资源。杏仁香是茶叶中一种非常独特的香型, 是广东凤凰单丛乌龙茶十大香型之一^[5-6], 其他茶类仅见于广东罗坑镇野生茶树制成的红茶^[7]。广西杏仁香野生茶树的适制性、香气主要特征成分等还鲜见报道。

茶叶香气由植物的性质、生产过程和许多其他因素决定, 是决定茶叶品质的重要因素, 迄今为止从茶叶挥发性成分中已鉴定出700余种香气物质, 不同化合物表现出不同香型^[8-11]。已有研究者对杏仁香凤凰单丛乌龙茶的香气进行了分析^[12-16], 香气含量较高的有芳樟醇^[17-18]、橙花叔醇^[19]、叶绿醇^[20]、脱氢芳香醇^[21]等, 但凤凰单丛杏仁香的关键香气成分尚未形成共识。王秋霜^[7]和姜晓辉^[22]等对广东罗坑镇的芦溪、花蕉岩野生杏仁香红茶香气成分进行分析, 表明苯甲醛是茶叶独特“杏仁香”的物质基础。但目前广西杏仁香野生茶树的挥发性香气成分及关键香气等尚不清楚。由于茶叶的不同加工方式对香气有很大影响, 经过不同加工方式同一茶树品种的主要内含物、香气成分不同^[23-24], 除了乌龙茶、红茶外, 鲜见其他茶类有杏仁香报道。

本研究以命名为“桂杏茶”的杏仁香野生茶树一芽二叶为原料, 分别进行红茶、绿茶、乌龙茶和白茶等不同茶类的加工, 开展感官审评, 分析主要内含物和香气变化, 研究不同茶类加工对茶叶内含物及香气的影响, 为广西杏仁香野生茶树的开发利用提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

2021年4月底采摘“桂杏茶”一芽二叶鲜叶共19 kg。

乙腈、乙酸、丙酮、二氯甲烷(均为色谱纯) 美国Fisher公司; 甲醇、乙二胺四乙酸二钠、碳酸钠、福林-酚、氧化镁、磷酸氢二钠(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

6CHT-60茶叶烘焙提香机 南宁市创宇茶叶机械有限公司; XFC-6C抖青机 泉州新芳春制茶设备有限公司; Cary 3500紫外-可见分光光度计 安捷伦科技(中国)有限公司; TRACE GC2000型气相色谱仪、TRACE DSQ气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用仪 赛默飞世尔科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 茶叶样品制备

鲜叶取2.5 kg鲜叶置于6CHT-60茶叶烘焙提香机120 °C杀青5 min后取出摊凉, 然后再90 °C烘干制成原料样品。

取鲜叶4份, 每份平均约4.5 kg, 在室温22~26 °C, 平均相对湿度为81%下开展不同茶类的加工: 1) 将鲜叶摊放3 h后于265~280 °C锅中手工杀青, 揉捻45 min后于90 °C茶叶烘焙提香机烘干制成绿茶样品; 2) 鲜叶萎凋4 h后, 于XFC-6C抖青机上做青, 每次1.5 min, 共3次; 之后于265~280 °C锅中手工杀青、揉捻45 min后于90 °C茶叶烘焙提香机烘干制成乌龙茶样品; 3) 将鲜叶按照传统工艺加工, 室内自然萎凋60 h后于90 °C茶叶烘焙提香机烘干制成白茶样品; 4) 将鲜叶则萎凋至鲜叶含水量为62%~65%后, 揉捻45 min, 发酵5~6 h后, 于90 °C茶叶烘焙提香机烘干制成红茶样品。

1.3.2 茶叶样品主要内含物测定

将制好的原料、绿茶、乌龙茶、白茶和红茶样品, 粉碎过40目筛。按照GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》^[25]、GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》^[26]、GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》^[27]、GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》^[28]检测茶叶中的游离氨基酸、咖啡碱、水浸出物、茶多酚和儿茶素类的含量。

1.3.3 茶叶样品感官审评

将制好的绿茶、乌龙茶、白茶及红茶样品按照GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》^[29]进行感官审评, 采用“评语+评分”评价体系。称取代表性样品5.0 g, 按照茶水比1:50 (g/mL)置于相应的柱形评茶杯中, 注满沸水, 加盖、计时。绿茶冲泡时间为4 min, 原

料、乌龙茶、白茶及红茶冲泡时间为5 min。原料评分参照白茶品质评语与各因子评分表。评定小组由4名高级评茶员组成。

1.3.4 茶叶样品香气测定

将制好的原料、绿茶、乌龙茶、红茶、白茶样品粉碎，过40目筛，采用TRACE GC2000型GC仪、TRACE DSQ GC-MS联用仪测定不同茶类样品香气成分。

1.3.4.1 香气富集

采用HS-SPME富集香气成分：准确称取不同茶类样品3.00 g，置于250 mL顶空萃取瓶中，加入150 mL沸水冲泡，放入60 °C水浴锅平衡5.0 min；然后插入预先已在GC-MS进样口250 °C老化30 min的50/30 μm DVB/CAR/PDMS萃取头，在60 °C水浴条件下顶空萃取60 min；拔出后将萃取头立即插入GC-MS进样口中热解吸附5.0 min。

1.3.4.2 GC-MS条件

GC条件：载气为高纯氦气（纯度>99.99）；不分流进样，流速1.0 mL/min；进样口温度250 °C，ECD检测器温度250 °C；升温程序：起始温度50 °C，保持5 min；以3 °C/min升至180 °C，保持2 min；再以10 °C/min升至250 °C，保持3 min。

MS条件：氦气流速1.0 mL/min；电离方式为电子电离；总离子流强度100 mA；离子源温度230 °C；MS接口温度280 °C；电子能量70 eV；电子倍增管电压1 800 V；质量扫描范围为50~600 u。

1.4 数据处理

每个样品独立重复检测3次，取平均值。得到的MS数据在数据库中进行检索，根据挥发性成分的保留时间、基峰、质核比和相对丰度等对香气物质的化学结构和名称加以确认；采用峰面积归一法分析各香气成分峰面积占总峰面积的百分比值表示香气成分的相对含量。采用IBM SPSS Statistics 26和Excel 2010软件进行数据处理与分析；使用Origin 2018软件制图。

2 结果与分析

2.1 ‘桂杏茶’内含物检测结果

如表1所示，不同茶类‘桂杏茶’咖啡碱含量不大

于0.05%，根据NY/T 2031—2011《农作物优异种质资源评价规范茶树》，咖啡碱含量不大于1.5%属特异种质资源，因此‘桂杏’茶树资源属于低咖啡碱特异种质资源。原料中茶多酚（26.2%）与游离氨基酸（2.2%）含量的比值（酚氨比）为11.9，大于8。茶叶酚氨比较大的品种（>8），适制红茶^[30]，因此推测此茶叶的红茶滋味比其他茶类更好。

表1 不同茶类主要内含物分析

Table 1 Water extract content and polyphenolic composition of ‘Guixing’ tea leaves and different kinds of tea made from ‘Guixing’ tea leaves

指标	原料	绿茶	乌龙茶	白茶	红茶
水浸出物含量	54.4	51.9	50.0	53.4	46.4
茶多酚含量	26.2	21.9	22.0	23.2	15.1
游离氨基酸含量	2.2	2.0	2.0	2.8	2.2
咖啡碱含量	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4
儿茶素总量	6.05	5.26	4.71	4.07	2.17
表没食子儿茶素含量	0.12	0.13	0.11	0.00 [▲]	0.00 [▲]
儿茶素含量	0.18	0.03 [▲]	0.16	0.23	0.22
表没食子基儿茶素没食子酸酯含量	2.82	2.46	2.14	1.76	0.22
表儿茶素含量	1.91	1.82	1.49	1.30	1.41
表儿茶素没食子酸酯含量	1.03	0.83	0.83	0.78	0.34

注：▲.不同处理组茶叶相比原料组差异显著（ $P<0.05$ ）。

表1显示，与原料组相比，白茶和红茶表没食子儿茶素含量、绿茶的儿茶素含量显著下降（ $P<0.05$ ）。茶叶加工是一系列酶促反应的过程，在萎凋过程中，部分儿茶素类化合物的含量呈下降趋势，这可能是酶促反应过程中一些儿茶素类不断转化为茶黄素等的缘故^[31]。红茶的后续发酵，部分茶黄素转化为茶红素，导致一些儿茶素类化合物持续下降。‘桂杏茶’加工后红茶的表没食子儿茶素含量、表没食子基儿茶素没食子酸酯含量、表儿茶素没食子酸酯含量下降，这与前人研究结果一致^[32]。

2.2 不同茶类感官审评结果

由表2可知，原料、绿茶和乌龙茶茶汤及香气都无杏仁味，白茶和红茶则杏仁味明显、浓郁，特别是红茶的杏仁香非常浓、强。感官审评结果表明，红茶的滋味和香气最好，得分最高，其次是白茶，绿茶最差。感官审评结果与生化检测结果（酚氨比11.8>8，适制红茶）一致，做成的红茶干茶色泽乌润。不同茶类的汤色都很明亮，但滋味差别很大。茶叶萎凋过程中，可闻到鲜叶有较明显的花香，特别在乌龙茶做青过程中，叶片散发出

表2 不同茶类感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation results of ‘Guixing’ tea leaves and different kinds of tea made from ‘Guixing’ tea leaves

样品	外形		汤色		香气		滋味		叶底		总评分
	描述	评分	描述	评分	描述	评分	描述	评分	描述	评分	
原料	白毫稍显，无造型，较匀整，净度好	85	浅橙黄，明亮	85	有青气	78	青涩、淡薄	75	绿、绿夹紫，欠匀齐	75	79.25
绿茶	紧卷，嫩绿，匀整，净度好	92	浅橙黄，明亮	93	豆香，尚高爽	88	苦涩、浓	75	嫩匀多芽，绿，尚匀齐	85	85.3
乌龙茶	紧结，绿叶红镶边，色泽油润，净度好	93	橙黄，清澈明亮	93	有花香，不浓郁	88	苦涩、浓	78	绿叶红镶边，亮	92	86.15
白茶	白毫稍显，毫肥壮，较匀整，净度好	91	浅橙黄，清澈明亮	93	杏仁香明显，持久	92	杏仁香明显，稍涩	88	灰绿色	91	90.55
红茶	紧结，有锋苗，匀整，净度好	93	浅橙红，清澈明亮	94	杏仁香浓郁，持久	95	杏仁香浓郁，甘醇	96	红匀，明亮	95	94.7

浓郁的花香，主要是摇青过程使细胞液中的糖苷与糖苷水解酶充分接触，释放了低沸点的挥发性香气物质。由于内含物、茶多酚含量较高，因此绿茶、乌龙茶等在审评时滋味显浓、涩。

2.3 不同试制过程茶类挥发性香气成分检测结果

2.3.1 不同茶类挥发性香气成分

由表3可知，5种不同茶类共检测出53种挥发性香气成分，其中醇类最多，有18种，依次为烯类15种、酮类8种、醛类6种、酯类2种、其他4种。共有成分有28种，分别为：1)醇类共有12种，分别为β-芳樟醇、脱氢芳樟醇、香叶醇、α-萜品醇，氧化芳樟醇II（呋喃型）、氧化芳樟醇I（呋喃型）、苯乙醇、4-萜烯醇、反-3,7-芳樟醇氧化物II、反-3,7-芳樟醇氧化物I、橙花醇、α-雪松醇；2)醛类共有4种，分别为苯甲醛、β-环柠檬醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛；3)酮类共有3种，分别为β-紫罗酮、5,6-环氧-β-紫罗酮、2,2,6-三甲环己烷酮；4)酯类有1种，为水杨酸甲酯；5)烯类共有5种，分别为柠檬烯、α-松油烯、β-月桂烯、反-β-罗勒烯、顺-β-罗勒烯；6)其他香气共有3种，分别为2-正戊基呋喃、2-乙基-5-甲基呋喃、壬酸。

表3 不同茶类的挥发性香气成分相对含量

Table 3 Relative contents of volatile aroma components in 'Guixing' tea leaves and different kinds of tea made from 'Guixing' tea leaves

香气类型	序号	挥发性香气成分		相对含量/%				
		中文名	英文名	原料	绿茶	乌龙茶	白茶	红茶
醇类	1	β-芳樟醇	β-linalool	22.05	15.11	19.49	27.12	12.77
	2	脱氢芳樟醇	hotrienol	7.09	7.66	5.84	1.06	0.99
	3	香叶醇	trans-geraniol	6.4	5.71	5.13	3.41	3.17
	4	α-萜品醇	α-terpineol	6.47	4.51	4.31	0.82	0.55
	5	氧化芳樟醇II（呋喃型）	linalool oxidel(fr.1)	1.97	1.43	3.61	5.49	2.39
	6	氧化芳樟醇I（呋喃型）	linalool oxidel(fr.1)	1.94	1.22	3.02	3.98	1.46
	7	脱氢芳香醇	hotrienol	—	—	—	1.06	0.99
	8	苯乙醇	phenylethylalcohol	0.31	0.70	1.65	0.27	0.23
	9	4-萜烯醇	4-terpene alcohols	1.96	1.11	1.45	0.95	0.43
	10	反-3,7-芳樟醇氧化物II	trans-linalool 3,7-oxide II	0.64	0.41	1.35	1.71	1.34
	11	反-3,7-芳樟醇氧化物I	trans-linalool 3,7-oxide I	0.90	0.50	1.14	0.52	0.34
	12	橙花叔醇	nerolidol	2.53	0.90	0.66	—	—
	13	橙花醇	cis-geraniol	1.38	1.22	0.64	0.47	0.22
	14	α-雪松醇	α-cedrol	0.71	0.71	0.55	0.19	0.23
	15	2-庚醇	2-heptanol	—	—	—	3.34	0.89
	16	反-3-己烯醇	trans-3-hexenol	—	—	—	0.76	0.70
	17	1-辛烯-3-醇	1-octen-3-ol	—	—	—	0.84	0.43
	18	苯甲醇	phenylethyl alcohol	—	—	—	0.22	0.16
	小计		54.35	41.19	48.84	52.21	27.29	
醛类	19	苯甲醛	benzaldehyde	4.24	2.88	14.65	31.73	61.97
	20	β-环柠檬醛	β-cyclocitral	1.00	1.25	1.56	0.31	0.57
	21	3-甲基丁醛	3-methylbutanal	0.30	0.41	0.44	0.35	0.76
	22	2-甲基丁醛	2-methylbutanal	0.19	0.36	0.41	0.40	0.35
	23	正己醛	hexanal	—	—	—	0.44	0.63
	24	反-2-反-4-庚二烯醛	trans-2-trans-4-heptadienal	—	—	—	0.24	0.37
	小计		5.73	4.90	17.06	33.47	64.65	

续表3

香气类型	序号	挥发性香气成分		相对含量/%					
		中文名	英文名	原料	绿茶	乌龙茶	白茶	红茶	
酮类	25	β-紫罗酮	β-ionone	2.21	2.23	2.31	0.68	0.65	
	26	顺-茉莉酮	cis-jasmone	1.51	0.94	0.75	—	—	
	27	香叶基丙酮	geranyl acetone	0.84	0.80	0.67	—	—	
	28	5,6-环氧-β-紫罗酮	5,6-epoxy-β-ionone	1.04	1.14	0.54	0.19	0.14	
	29	β-大马士酮	β-damascene	—	—	—	0.19	0.30	
	30	反-反-3,5-辛二烯-2-酮	trans,trans-3,5-octadien-2-one	—	—	—	0.29	0.24	
	31	2,2,6-三甲环己烷酮	2,2,6-trimethylcyclohexanone	0.23	0.57	0.85	0.10	0.21	
	32	甲基-5-庚烯-2-酮	6-methyl-5-heptene-2-ketone	—	—	—	0.28	0.17	
		小计		5.83	5.68	5.12	1.73	1.71	
	酯类	33	水杨酸甲酯	salicylic acid, methyl ester	1.66	1.52	2.30	5.46	3.08
		34	顺-己酸-3-己烯酯	cis-hexanoic acid, 3-hexenyl ester	1.13	1.06	0.53	—	—
			小计		2.79	2.58	2.83	5.46	3.08
烯类	35	柠檬烯	limonene	8.99	17.47	9.70	2.66	0.70	
	36	异松油烯	terpinolene	2.83	4.02	2.87	—	—	
	37	r-松油烯	r-terpinene	1.95	2.78	1.79	—	—	
	38	α-松油烯	α-terpinene	2.35	2.91	1.68	0.36	0.15	
	39	β-月桂烯	β-myrcene	3.95	2.09	1.53	1.09	0.89	
	40	反-β-罗勒烯	trans-β-ocimene	2.95	6.21	1.67	0.68	0.26	
	41	顺-β-罗勒烯	cis-β-ocimene	1.12	1.83	1.42	0.26	0.16	
	42	β-水芹烯	β-phellandrene	0.96	1.62	0.87	—	—	
	43	4-异丙基苯甲烯	p-cymene	1.38	1.43	0.77	—	—	
	44	β-丁香烯	β-caryophyllene	0.48	0.45	0.56	—	—	
	45	δ-杜松烯	δ-cadinene	0.55	0.40	0.55	—	—	
	46	莰烯	camphene	0.81	0.34	0.31	—	—	
	47	4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯	4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene	0.42	1.29	0.31	—	—	
	48	反-3,7-二甲基-2,6-丁二烯酸	trans-3,7-dimethyl-2,6-butadienoic acid	—	—	—	0.29	0.27	
	49	异萜品油烯	isoterpenoene	—	—	—	0.42	0.16	
	小计		28.74	42.84	24.03	5.76	2.59		
其他香气成分	50	2-正戊基呋喃	2-pentylfuran	0.45	1.20	1.02	1.72	1.18	
	51	2-乙基-5-甲基呋喃	2-ethyl-5-methylfuran	0.47	0.68	0.53	0.23	0.15	
	52	壬酸	nonanoic acid	1.59	0.95	0.56	0.16	0.17	
	53	己酸	hexanoic acid	—	—	—	0.31	0.14	
	小计		2.51	2.83	2.11	2.42	1.64		

注：—未检出。下同。

由图1可知，不同香气成分类型在5种茶类的分布不同，醛类在红茶中分布最多，烯类在绿茶中分布最多，醇类在原料、白茶及乌龙茶中分布较多。可以看出，5种茶类中醇类、醛类、烯类含量较高，酮类、酯类及其他香气成分较少。不同茶类的加工过程中，醛类和烯类含量变化显著。

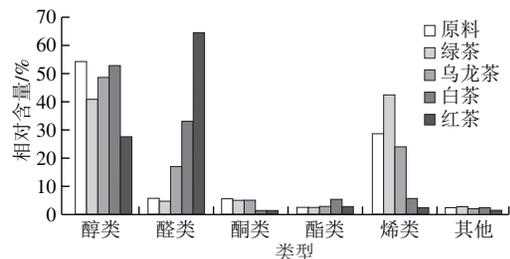


图1 不同香气类型茶类分布图

Fig. 1 Distribution of aroma types of 'Guixing' tea leaves and different kinds of tea made from 'Guixing' tea leaves

对‘桂杏茶’5种茶类样品挥发性香气成分含量排名前10的主要香气成分进行统计,结果如图2所示。原料、乌龙茶和白茶3个茶类样品中醇类含量最高,绿茶中烯类含量最高,红茶中则是醛类含量最高。5个茶类前10的主要香气类型并不完全与每个茶类总香气类型含量完全一致,如绿茶中前10的主要香气成分含量最高是烯类,而总体香气成分含量最高的则是醇类;乌龙茶中前10的主要香气成分含量最高的是醛类,总体香气成分含量最高的则是烯类。

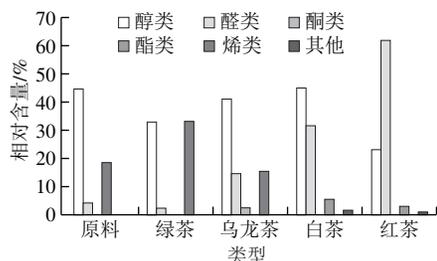


图2 不同加工过程茶叶的主要挥发性香气成分分布

Fig. 2 Distribution of major volatile aroma components of ‘Guixing’ tea leaves and different kinds of tea made from ‘Guixing’ tea leaves

2.3.2 茶叶香气主成分分析

应用SPSS 26软件对5种茶类香气进行主成分分析,根据主成分方差大小的顺序,绘制主成分方差随主成分个数变化的碎石图,如图3所示。5种茶类有4个主成分,分别是β-芳樟醇、苯甲醛、柠檬烯、香叶醇,特征值分别是39.515、5.294、4.954和3.237,分别累计贡献74.557%、9.989%、9.348%和6.107%,其碎石图如图3所示。碎石图显示从第1个成分开始,曲线迅速下降,第2、3、4个成分形成缓坡之后最后才变成一条近似直线。

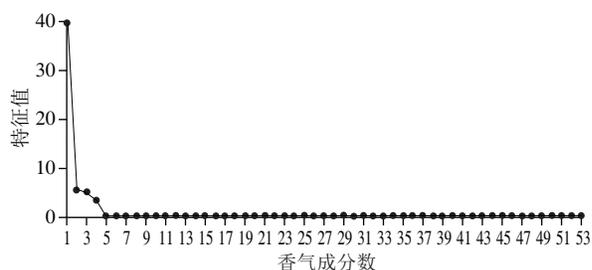


图3 5种茶类挥发性香气主成分碎石图

Fig. 3 PCA scree plot of volatile aroma components from ‘Guixing’ tea leaves and different kinds of tea made from ‘Guixing’ tea leaves

根据表3挥发性香气成分种类,可以将这5种茶类分成两种香气类型,每一类型每个香气成分相同但相对含量不同:第1类型茶类是感官审评没有杏仁香的原料、绿茶和乌龙茶3种茶类,有醇类13种、醛类4种、酮类5种、酯类2种、烯类13种、其他香气成分3种,共40种香气成分。香气主成分有2个,分别是β-芳樟醇、柠檬烯,特征值分别是23.791和16.209,分别累计贡献59.478%和40.522%,其碎石图如图4所示。碎石图显示从第2个成分开始,曲线迅速下降,最后变成了近似一条直线。

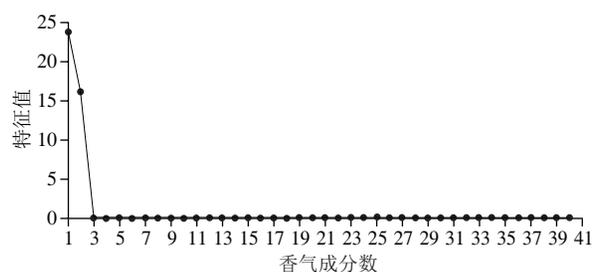


图4 第1类型3种茶类挥发性香气主成分碎石图

Fig. 4 PCA scree plot of volatile aroma in the first type including components from ‘Guixing’ tea leaves and green and oolong tea made from ‘Guixing’ tea leaves

第2类型茶类是感官审评中有杏仁香的白茶和红茶2种茶类,有醇类13种、醛类4种、酮类5种、酯类2种、烯类13种,其他香气成分3种,共42种香气成分;主成分有1个,是苯甲醛,特征值是41.00,累计贡献100%,其碎石图如图5所示。碎石图显示从第1个成分开始,曲线迅速下降。

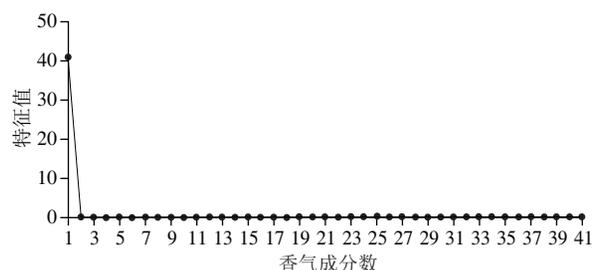


图5 第2类型2种茶类挥发性香气成分碎石图

Fig. 5 PCA scree plot of volatile aroma components in the second type including white and black tea made from ‘Guixing’ tea leaves

2.3.3 两种茶型茶叶香气成分差异

如表4所示,两种类型茶类共有25种香气成分有差异,主要是醇类7种、醛类2种、酮类5种、酯类1种、烯类10种,其他香气1种。白茶和红茶在加工过程中醇类、醛类、酮类的香气种类增加,烯类的香气种类减少。随着萎凋时间延长,出现了己酸。

表4 两类茶叶挥发性香气成分差异

Table 4 Differences in volatile aroma components between the two types of tea

香气类型	原料、绿茶和乌龙茶	白茶和红茶
醇类	橙花叔醇	脱氢芳香醇、2-庚醇、反-3-己烯醇、1-辛烯-3-醇、苯甲醇
醛类	—	正己醛、反-2-反-4-庚二烯醛
酮类	顺-茉莉酮、香叶基丙酮	β-大马士酮、反-反-3,5-辛二烯-2-酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮
酯类	顺-己酸-3-己烯酯	—
烯类	异松油烯、 <i>+</i> 松油烯、β-水芹烯、4-异丙烯基甲苯、β-丁香烯、δ-杜松烯、茨烯、4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯	反-3,7-二甲基-2,6-丁二烯酸、异蒎品油烯
其他香气	—	己酸

3 讨论

同一‘桂杏茶’原料经过不同的茶类适制性加工,香气发生了明显变化。红茶和白茶中的苯甲醛相对含量高达61.97%和31.73%,感官审评时茶汤、香气杏仁香味特别浓、强,特别是红茶。苯甲醛含量越高,杏仁香越浓郁;制成的绿茶、乌龙茶及原料也含有苯甲醛,分别为4.24%、2.88%和14.65%,审评时滋味及香气不显杏仁香。苯甲醛是生杏仁中主要的挥发性物质^[33-34],在茶叶中是苯丙氨酸衍生挥发物^[35-38],以糖苷的形态存在^[39-41]。有些茶叶中也含有苯甲醛,如紫娟红茶^[42]和黑茶^[43]、信阳毛尖绿茶^[44]、贡眉白茶^[45]、浙江省松阳、遂昌和武义的茶香等^[46],但相对含量比较低,一般在0.9%~10.2%,感官审评时其滋味及香气都不显杏仁香。广东罗坑镇的芦溪、花蕉岩野生红茶,苯甲醛含量较高,分别达42.14%和50.68%,经审评杏仁香明显^[17],这说明茶叶香气组分中苯甲醛需达一定含量,感官审评时茶汤的滋味及香气才显杏仁香,苯甲醛是茶叶中杏仁香香气形成的关键香气。

乌龙茶和白茶的苯甲醛、 β -芳樟醇这两个成分相对含量最高,含量相差不大,乌龙茶中苯甲醛相对含量比 β -芳樟醇含量低4.84%,白茶中苯甲醛相对含量比 β -芳樟醇高4.61%。乌龙茶审评时香气、滋味主要体现 β -芳樟醇的花香,白茶则是体现苯甲醛的杏仁香。罗坑镇上斜野生红茶相对含量最高的是香叶醇和苯甲醛,分别高达23.27%和19.64%,苯甲醛相对含量比香叶醇低3.63%,审评香气是甜香浓郁,持久,无杏仁香^[47]。这说明茶叶的滋味及香气在苯甲醛相对含量占比最高时才呈现杏仁香。

乌龙茶、白茶和红茶都需要经过萎凋,在这过程中苯甲醛含量逐步增加,乌龙茶中的苯甲醛相对含量已经达14.65%,乌龙茶的萎凋时间比白茶和红茶短,含量偏低,说明萎凋时间长短对苯甲醛的形成具有重要的作用。萎凋可促进‘桂杏茶’茶叶苯甲醛的形成,这与苯甲醛的香气前体物质苯丙氨酸在白茶萎凋过程中大量增加^[48-49]及苯甲醛含量显著增加^[50]一致。乌龙茶与白茶的加工过程中,细胞壁是完整的,位于液泡中的苷类不能被位于细胞壁的水解酶水解,苯甲醛含量也很高,推测苯甲醛的合成可通过从头合成。白茶和红茶由于萎凋时间较长,随着醛类的增加,烯类香气成分同步大幅减少,在这个过程中烯类是否转化为醛类,苯甲醛如何形成还需深入研究。红茶的揉捻和发酵过程中,细胞被完全破坏,是糖苷水解反应、酶促和非酶促降解产物等综合反应过程^[51],‘桂杏茶’红茶的苯甲醛相对含量比白茶高30.24%,说明揉捻和发酵过程对苯甲醛的形成也具有重要促进作用,推测苯甲醛的合成也可通过酶促合成。‘桂杏茶’制成的白茶杏仁香很明显,这在其他茶叶中

比较罕见。茶叶在适制性加工中,烯类和醛类变化明显,香气成分分成了明显的两个类型,不同加工工艺形成的不同茶类呈现了不同香气和滋味,说明通过调整工艺‘桂杏茶’茶叶可加工成多种香气类型的茶,具有很大的利用及开发价值。

4 结论

对‘桂杏茶’开展不同茶类适制性加工,感官审评表明,红茶及白茶的杏仁香明显、浓郁,乌龙茶呈现花香,绿茶豆香,原料显青气。‘桂杏茶’咖啡碱含量为0.5%,咖啡碱含量不大于1.5%,属特异低咖啡碱茶树种质资源,原料酚氨比大于8,更适制红茶。加工成白茶及绿茶的过程中,表没食子儿茶素含量显著下降为0,绿茶的儿茶素含量显著下降。采用HS-SPME富集香气成分、GC-MS对5种茶类香气物质进行分析鉴定,共检出53种香气成分,其中醇类18种、烯类15种、酮类8种、醛类6种、酯类2种、其他香气4种,香气主成分为 β -芳樟醇、苯甲醛、柠檬烯、香叶醇。根据香气成分种类,可分为2种香气类型,一类是感官审评无杏仁香的原料、绿茶和乌龙茶,共有40种香气成分,香气主成分是 β -芳樟醇、柠檬烯;另一类是感官审评杏仁香浓郁的白茶和红茶,共有42种香气成分,香气主成分是苯甲醛。茶叶的滋味及香气在苯甲醛相对含量占比最高时才呈现杏仁香。苯甲醛含量越高,杏仁香越浓郁,苯甲醛是独特‘杏仁香’物质基础,是茶叶显独特‘杏仁香’味的主导和关键香气。苯甲醛主要在萎凋、揉捻及发酵过程中产生。

参考文献:

- [1] 虞富莲. 中国古茶树[M]. 4版. 昆明: 云南科技出版社, 2021: 33-40.
- [2] 李朝昌, 蒋滴生. 广西野生茶树资源集锦[M]. 桂林: 漓江出版社, 2018: 11-115.
- [3] 黄亚辉, 卢政通, 曾贞. 金秀野生大茶树[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 3-75.
- [4] 陈涛林, 葛智文. 柳州融水九万山古茶树研究[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2018: 196-204.
- [5] 卢丹敏, 巢瑾, 银飞燕, 等. 单丛茶香气物质基础分析[J]. 食品科学, 2022, 43(8): 288-296. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210506-041.
- [6] 代凤玲, 孙彬妹, 谢沛娟, 等. 凤凰单丛茶香气研究进展[J]. 中国茶叶, 2018, 40(2): 19-22. DOI:CNKI:SUN:CAYA.0.2018-02-006.
- [7] 王秋霜, 刘淑媚, 姜晓辉, 等. 广东罗坑野生茶树群落红茶香气物质鉴别[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 120-126. DOI:CNKI:SUN:ZN TB.0.2015-05-022.
- [8] 王秋霜, 陈栋, 许勇泉, 等. 中国名优红茶香气成分的比较研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(1): 195-200. DOI:10.16429/j.1009-7848.2013.01.030.
- [9] 王梦琪, 朱萌, 张悦, 等. 茶叶挥发性成分中关键呈香成分研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 341-349. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181015-132.

- [10] 孙灵湘, 董明辉, 顾俊荣, 等. 典型名优绿茶香气化学研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2019, 37(1): 62-71. DOI:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.01.010.
- [11] 施梦南, 龚淑英. 茶叶香气研究进展[J]. 茶叶, 2012, 38(1): 19-23. DOI:10.3969/j.issn.0577-8921.2012.01.004.
- [12] 周春娟, 庄东红, 郭守军, 等. 不同品种(系)凤凰单丛成品茶的香型分类与鉴定[J]. 茶叶科学, 2014, 34(6): 609-616. DOI:10.3969/j.issn.1000-369X.2014.06.015.
- [13] 史敬芳, 陈栋, 黄文洁, 等. 基于HS-SPME-GC-MS技术对凤凰单丛乌龙茶香气成分比较分析[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 111-117. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624017.
- [14] 肖凌. 十种香型凤凰单丛茶香气成分分析[D]. 重庆: 西南大学, 2018: 14-27. DOI:CNKI:CDMD:2.1018.859924.
- [15] 杨环, 周春娟, 石恩宇, 等. 不同香型凤凰单丛茶的气味类型分析[J]. 嘉应学院学报, 2019, 37(6): 78-82.
- [16] LI Z W, WANG J H. Identification and similarity analysis of aroma substances in main types of Fenghuang Dancong tea[J]. PLoS ONE, 2020, 15(12): 1-18. DOI:10.1371/journal.pone.0244224.
- [17] 李晓玲, 李斌, 张媛媛, 等. 广东凤凰单丛三种香型乌龙茶的理化与香气特性[J]. 食品工业科技, 2014, 35(23): 302-307. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.23.055.
- [18] 周春娟, 郭守军, 庄东红, 等. 不同香型凤凰单丛加工过程香气特征变化规律研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 246-255. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.6.039.
- [19] 杨启财, 黄文洁, 赖宣. 6种凤凰单丛茶香气成分的研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(34): 32-34. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.34.013.
- [20] 陈丹生, 周春娟, 庄东红. 不同香型凤凰单丛鲜叶与成茶香气成分的比较分析[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2016, 37(4): 37-42. DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2016.04.008.
- [21] 吴函殷, 刘晓辉, 罗龙新, 等. 12种单丛茶香气成分研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(19): 234-239. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.19.040.
- [22] 姜晓辉, 吴华玲, 陈栋, 等. 罗坑野生红茶感官审评及其生化组分研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(31): 126-131. DOI:CNKI:SUN:ZNTB.0.2014-31-023.
- [23] FENG Z H, LI Y F, LI M, et al. Tea aroma formation from six model manufacturing processes[J]. Food Chemistry, 2019, 12(21): 1-25. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.01.174.
- [24] LIU X B, LIU Y W, LI P, et al. Chemical characterization of Wuyi rock tea with different roasting degrees and their discrimination based on volatile profiles[J]. RSC Advances, 2021, 11(20): 12074-12085. DOI:10.1039/D0RA09703A.
- [25] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 茶 游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-8.
- [26] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 茶 咖啡碱测定: GB/T 8312—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-8.
- [27] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 茶 水浸出物测定: GB/T 8305—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-8.
- [28] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 1-12.
- [29] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 1-28.
- [30] 江昌俊. 茶树育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 85.
- [31] 黄藩, 王迎春, 叶玉龙, 等. 变温萎凋技术对贡眉白茶品质的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(19): 159-164.
- [32] 崔朋, 王辉. 红茶发酵过程中儿茶素类化合物转变规律的研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2022, 24(4): 49-54.
- [33] XIAO L, LEE J H, ZHANG G, et al. HS-SPME GC/MS characterization of volatiles in raw and dry-roasted almonds (*Prunus dulcis*)[J]. Food Chemistry, 2014, 151(1): 31-39. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.11.052.
- [34] 陈鸿雁, 纪红兵, 王乐夫. 天然苯甲醛的合成方法的研究进展[J]. 精细化工, 2010, 27(6): 579-583. DOI:CNKI:SUN:JXHG.0.2010-06-017.
- [35] YANG Z Y. Recent studies of the volatile compounds in tea[J]. Food Research International, 2013, 2(53): 585-599. DOI:10.1016/j.foodres.2013.02.011.
- [36] GUO W F, SASAKI N, FUKUDA M, et al. Isolation of an aroma precursor of benzaldehyde from tea leaves (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. Yabukita)[J]. Bioscience Biotechnology & Biochemistry, 1998, 62(10): 2052-2054. DOI:10.1271/bbb.62.2052.
- [37] LIAO Y Y, ZHOU X C, ZENG L T. How does tea (*Camellia sinensis*) produce specialized metabolites which determine its unique quality and function: a review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2021, 6(1): 1-17. DOI:10.1080/10408398.2020.1868970.
- [38] ZENG L, WATANABE N, YANG Z. Understanding the biosyntheses and stress response mechanisms of aroma compounds in tea (*Camellia sinensis*) to safely and effectively improve tea aroma[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 59(1): 1-14. DOI:10.1080/10408398.2018.1506907.
- [39] MIZUTANI M, NAKANISHI H, EMA J I, et al. Cloning of beta-primeverosidase from tea leaves, a key enzyme in tea aroma formation[J]. Plant Physiology, 2002, 130(4): 2164-2176. DOI:10.1104/pp.102.011023.
- [40] WANG D M, YOSHIMURA T, KUBOTA K, et al. Analysis of glycosidically bound aroma precursors in tea leaves. 1. Qualitative and quantitative analyses of glycosides with aglycons as aroma compounds[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2000, 48(11): 5411-5418. DOI:10.1021/jf000443m.
- [41] DEA R F, RACHMAD G, APRILIA F, et al. Alteration of phenolic and volatile compounds of tea leaf extract by tyrosinase and β -glucosidase during preparation of ready-to-drink tea on farm[J]. International Journal of Food Science, 2022, 5(1): 1-8. DOI:10.1155/2022/1977762.
- [42] 马玉青, 孙云南, 夏丽飞, 等. 不同烘焙程度对“勐海大叶茶”和“紫娟”红茶香气成分的影响[J]. 茶叶通讯, 2021, 48(4): 671-678. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2021.04.012.
- [43] 苏丹, 黄刚毅, 李亚莉, 等. 紫娟(熟茶)人工发酵过程中挥发性香气组分特征分析[J]. 食品科学, 2021, 42(12): 166-172. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200528-347.
- [44] 崔继来, 周洁, 周倩倩, 等. 信阳毛尖茶品质成分分析[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2022, 35(2): 259-268. DOI:10.3969/j.issn.1003-0972.2022.02.015.
- [45] 黄藩, 张厅, 夏陈, 等. LED光照萎凋对贡眉白茶香气品质的影响[J]. 南方农业学报, 2021, 52(8): 2234-2242. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2021.08.023.
- [46] 张悦, 朱荫, 叶火香, 等. 不同产地香茶的主要化学成分含量的差异分析[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 184-191. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201722028.
- [47] 王秋霜, 吴华玲, 姜晓辉, 等. 基于多元统计分析方法的广东罗坑红茶香气品质研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 309-316. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.045.
- [48] 陈勤操. 代谢组学联合蛋白组学解析白茶的品质形成机理[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019: 40-43. DOI:10.27158/d.cnki.ghznu.2019.000124.
- [49] 宋振硕, 王丽丽, 陈键, 等. 茶鲜叶萎凋过程中游离氨基酸的动态变化规律[J]. 茶叶学报, 2015, 56(4): 206-213. DOI:10.3969/j.issn.1007-4872.2015.04.003.
- [50] 项丽慧, 王丽丽, 陈林, 等. 白茶加工过程中糖苷类香气成分的代谢变化[J]. 茶叶学报, 2021, 62(2): 60-65. DOI:10.3969/j.issn.1007-4872.2021.02.004.
- [51] 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. DOI:10.13305/j.cnki.jts.2018.01.002.