

杨 春,郭 燕,胡伊然,等. 5 类久安古树红茶的香气特征及差异分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):324-327.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.095

5 类久安古树红茶的香气特征及差异分析

杨 春¹,郭 燕¹,胡伊然¹,周顺珍¹,龚 雪²,郑文佳¹

(1. 贵州省农业科学院茶叶研究所,贵州贵阳 550006;2. 贵州省贵阳市农业技术推广站,贵州贵阳 550081)

摘要:为找出造成久安古树红茶香型差异的特征香气物质,结合感官审评筛选出香气优良的古树红茶产品。依据叶部形态的差异,将久安古树茶资源分为长叶类、大叶类、圆叶类、小叶类、紫叶类 5 类;采用顶空固相微萃取-气质联用法测定久安古树红茶的挥发性物质,检测到 26 种主要香气物质,占香气物质总量的 72.134%~88.184%;按照其香味特征的不同,分为 3 个香型,分别是以戊醛、己醛等低级脂肪醛类物质为代表的清香型物质,以芳樟醇及其氧化物为代表的花香型物质和包括苯乙醇、苯乙醛和香叶醇的甜香型物质。香叶醇、苯乙醇、苯乙醛、异丁醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、己醛是形成久安古树红茶不同香型的关键香气化合物,它们在 5 类古树红茶中的含量差异是造成久安古树红茶香型各异的主要原因。长叶类古树红茶和小叶类古树红茶检测到较多的花香型物质和甜香型物质,且感官审评上表现出花香、蜜香,为 5 类古树红茶中香气因子表现最佳的 2 类。

关键词:古茶树资源;红茶;香气特征;感官审评

中图分类号:TS272.5⁺2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)07-0324-03

香气是决定茶叶品质的重要因子之一^[1],不同茶叶产品有着香气的纯杂、高低以及香气类型的差异;同时,香气也是消费者追求茶叶高尚消费的指向标之一^[2-4]。

久安古茶树群落位于贵阳市花溪区,是目前国内已发现的最古老、最大的栽培型灌木中小叶种茶树^[5]。久安古茶树资源是珍稀古茶树资源,其特殊的历史文化背景使古茶树产品在市场上表现出更佳竞争力。针对久安古茶树资源的研究多数还处于资源调查阶段^[5],对久安古茶树茶叶产品的香气研究还未见报道。笔者前期针对久安古茶树的分类进行过研究,发现古茶树资源类型各异,在叶色、叶形上存在很大差异,在实际生产中如不将鲜叶原料进行前期筛选,在加工中不同大小、颜色混杂的鲜叶加工的成品茶会出现干茶颜色花杂、滋味和香气不纯的现象,影响产品质量。根据前期研究结果,将古茶树资源分为紫叶资源、大叶种资源、长叶种资源、圆叶种资源、小叶种资源,分类别采摘 5 个类别古茶树 1 芽 2 叶新梢,全手工制作工夫红茶,运用最新的顶空固相微萃取-气质联用(HS-SPME-GC/MS)萃取和检测分析 5 类古树工夫红茶中的香气物质,查阅资料找出古树红茶中主要香气物质

的香味特征,同时结合感官审评,找出香气较为突出的古树红茶品类,开发出品质优良、香气宜人的古茶树红茶产品,同时确定造成不同品类古茶树红茶香气差异的特征香气物质。

1 材料与方法

1.1 仪器与材料

Agilent 5975C/6890 GC/MS 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司);手动固相微萃取装置(美国 Supelco 公司);萃取纤维头:2 cm-50/30 μ m DVB/CAR/PDM (StableFlex)。

本试验茶叶样品鲜叶材料采自贵州省贵茶公司久安古茶树资源圃,采摘时间为 2014 年 9 月,采摘标准为 1 芽 2 叶初展,5 类红茶手工制作的工艺步骤:鲜叶→萎凋→揉捻→发酵→干燥。

1.2 方法

1.2.1 香气物质的吸附与解吸 精确称取 5 g 茶叶样品置于 25 mL 固相微萃取仪采样瓶中,在 65 $^{\circ}$ C 左右加热板上加热,萃取吸附 30 min,上 GC-MS 进行分析^[6]。

1.2.2 GC-MS 分析条件 色谱柱为 Zebtron ZB-5MSI 5% 苯基-95% 甲基聚硅氧烷(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m)弹性石英毛细管柱,柱温 40 $^{\circ}$ C(保留 1 min),以 4 $^{\circ}$ C/min 升温至 220 $^{\circ}$ C,气化室温度 250 $^{\circ}$ C;载气为高纯 He(99.999%);柱前压 52.54 kPa,载气流量 1.0 mL/min;不分流进样,延迟时间 1 min;离子源为 EI 源;离子源温度 230 $^{\circ}$ C;四极杆温度 150 $^{\circ}$ C;电子能 70 eV;发射电流 34.6 μ A;倍增器电压 1 264 V;接口温度 280 $^{\circ}$ C;质量范围 20~450 u。

1.2.3 香气组分的定性定量分析 根据得到的总离子流图中各色谱峰的质谱信息,质谱计算机数据系统检索及核对 Nist 2005 和 Wiley275 标准质谱图,确定各色谱峰对应的物质结构^[7]。按面积归一化法计算各组分含量,即各色谱峰的峰面积与总峰面积之比为各香气组分的相对含量^[8]。

1.2.4 古树红茶的感官品质审评方法 参照 NY/T 787—

收稿日期:2015-05-26

基金项目:贵阳市科技计划[编号:筑科合同(2012102)3-24];贵阳市与贵州省农业科学院农业科技合作项目(编号:院地农科合字[2014]7号);贵州省省长资金[编号:黔省专合字(2012)29];湄潭县特色优势支柱产业科技发展科技合作专项(编号:湄科合字(2012)08);贵州省科学技术基金(编号:黔科合 J 字[2013]2156号);贵阳市与贵州省农业科学院农业科技合作项目(编号:院地农科合字[2014]8号);贵州省科技创新人才团队建设项目(编号:黔科合人才团队[2014]4025号)。

作者简介:杨 春(1988—),女,湖南益阳人,硕士,助理研究员,从事茶树资源育种项目。E-mail:610681998@qq.com。

通信作者:郑文佳,研究员,从事茶学研究。E-mail:wenjia_zheng@126.com。

2004《茶叶感官审评通用方法》^[9],由 3 名具有高级评茶员资格证的工作人员进行密码审评。

2 结果与分析

2.1 久安古树红茶主要香气物质分析

表 1 中记录了 26 种主要香气物质,占全部芳香物质的 72.134% (小叶类) ~ 88.184% (紫叶类),这些物质不仅在 5 类古树红茶中含量较为丰富,且香气阈值较低的,对不同类型古树红茶香型的形成作用重大。

红茶香型的典型特征一般包括花香型、蜜香型、果香型、甜香等^[1]。根据各香气物质的香味特征将 26 种主要香气物质进行分类,分为花香型、甜香型、清香型。花香型物质包括反式-氧化芳樟醇、顺式-氧化芳樟醇、芳樟醇、脱氢芳樟醇、环氧芳樟醇、 α -雪松醇、苯甲醛、辛醛、壬醛和金合欢烯 10 种芳香物质;甜香型物质主要有苯乙醇、苯乙醛和香叶醇 3 种香气物质;清香型物质主要有 1-戊烯-3-醇、青叶醇、乙醛、丙醛、异丁醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、戊醛、己醛、庚醛、2-辛烯醛、二甲基硫醚、2-戊基呋喃 13 种香气物质。花香型物质的含量范围是 6.757% (紫叶类) ~ 52.473% (大叶类);清香型物质的含量范围是 19.609% (长叶类) ~ 81.427% (紫叶类);甜香型物质种类较少,5 类古树红茶中长叶类、小叶类甜香型物质含量较高,分别为 15.544%、12.598%。5 类古树红茶不同香型物质含量如下:长叶类古树红茶检测到 43.560% 花香型物质、19.609% 清香型物质、15.544% 甜香型物质;小叶类检测到 39.072% 花香型物质、20.464% 清香型物质、12.598% 甜香型物质;大叶类检测到

52.473% 花香型物质、27.168% 清香型物质;圆叶类检测到 37.259% 花香型物质、37.965% 清香型物质;紫叶类检测到 81.427% 清香型物质。

香气物质的阈值是指能够辨别出香气或味道的最低浓度,阈值越低,其香势越强^[10]。5 类古树红茶中主要香气物质的含量及组成差异,结合各香气物质的香味特征和香气阈值的高低,造就了不同类别古树红茶香型特征。结合表 1 中主要香气物质在 5 类古树红茶中的含量差异及其香气阈值可知,反式-氧化芳樟醇、顺式-氧化芳樟醇、芳樟醇、香叶醇、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、己醛是造成不同品类古茶树红茶香气差异的特征香气物质。

芳樟醇、顺式/反式-氧化芳樟醇、环氧芳樟醇和脱氢芳樟醇统称为芳樟醇及其氧化物,是红茶香气中一类重要的组分,是红茶花香的主要来源,有研究认为芳樟醇及其氧化物是红茶香气鉴定的重要指标^[11]。以呋喃为基础的顺式/反式-氧化芳樟醇有着花香的特征,搭配芳樟醇成为红茶花香的主体特征成分^[12]。脱氢芳樟醇别称反-3,7-二甲基-1,5,7-辛三烯-3-醇,是大吉岭红茶具麝香葡萄似的青香的特征香气物质^[1];同时在白毫银珍和白牡丹、四川工夫红茶和多种乌龙茶中也检测到一定含量的脱氢芳樟醇^[13-15]。而高见千歳等在研究台湾槲凤鸟龙茶的香气时认为,脱氢芳樟醇是由于小绿叶蝉损伤茶树所引起的异常生物合成途径形成的^[16],久安古树红茶中仅小叶类古树红茶检测到一定含量的脱氢芳樟醇(2.494%),该物质具有极好的花果香,和其他带花果香的芳香物质共同作用形成小叶类古树红茶的纯正花香。

祁门红茶有特殊的玫瑰花香,被誉为“祁门香”,苯乙醇

表 1 5 类久安古树红茶主要香气物质香味特征及香气阈值

香气物质	序号	香气物质	含量(%)					香气阈值 ($\mu\text{g/kg}$) ^[10]	香味特征分类
			长叶	大叶	小叶	圆叶	紫叶		
清香型物质	1	1-戊烯-3-醇	0.393	/	0.308	0.859	2.778	400	具鱼腥味 ^[18]
	2	青叶醇	1.296	0.865	0.831	2.392	2.592	70	具有强烈的青草香气和新茶叶气息 ^[19]
	3	乙醛	1.098	/	/	/	3.064	15	稀释后具有果香、咖啡香、酒香、青香 ^[10]
	4	丙醛	0.571	0.364	0.807	1.185	2.400	9.5	具青草气息 ^[10]
	5	异丁醛	0.811	1.162	0.818	1.158	4.604	1.0	青香 ^[10]
	6	3-甲基丁醛	1.961	4.081	1.266	2.262	8.277	0.2	青香 ^[10]
	7	2-甲基丁醛	2.460	4.330	1.653	2.576	9.793	1	青香 ^[10]
	8	戊醛	0.916	1.040	0.825	1.791	4.931	12	具果香、面包香 ^[10]
	9	己醛	4.055	10.619	7.149	18.870	37.522	4.5	具生的油脂和青草气及苹果香味 ^[19]
	10	庚醛	2.679	3.041	3.126	2.069	1.438	3	具青香 ^[10]
	11	2-辛烯醛	0.890	/	1.501	1.823	/	3	具青香气 ^[20]
	12	二甲基硫醚	1.887	1.159	1.242	0.999	3.639	3	具清香 ^[21]
	13	2-戊基呋喃	0.592	0.507	0.938	1.981	0.389	6	具有豆香、果香、青香及类似蔬菜的香韵 ^[22]
花香型物质	1	反式-氧化芳樟醇	6.765	9.366	6.097	6.212	2.534	2	百合花或玉兰花香型 ^[23]
	2	顺式-氧化芳樟醇	9.725	18.239	8.283	8.601	3.493	2	百合花或玉兰花香型 ^[23]
	3	芳樟醇	14.381	11.384	6.876	7.576	0.295	6	紫丁香、铃兰与玫瑰的花香 ^[24]
	4	脱氢芳樟醇	/	/	2.494	/	/	—	具有极好的花果香 ^[25]
	5	壬醛	2.990	0.972	6.644	6.531	/	1	具玫瑰花香 ^[21]
	6	环氧芳樟醇	1.871	3.349	2.681	1.112	0.144	—	具有木香、花香、凉香、藦香、青香 ^[10]
	7	辛醛	1.625	1.144	2.107	2.909	0.291	0.7	有甜橙香味 ^[20]
	8	α -雪松醇	1.367	1.426	1.012	0.410	/	—	具有温和的杉木芳香 ^[26]
	9	苯甲醛	0.526	/	1.337	2.422	/	350	具苦杏仁香气 ^[21]
	10	金合欢烯	4.310	6.593	1.541	1.486	/	—	具有青香、花香并伴有香脂香气 ^[10]
甜香型物质	1	香叶醇	12.802	/	8.146	/	/	40	具有温和、甜的玫瑰花气息 ^[24]
	2	苯乙醇	1.429	/	2.084	/	/	750	具有花香和甜香 ^[20]
	3	苯乙醛	1.313	0.506	2.368	0.553	/	4	具水果甜香 ^[27]
Owuor 风味指数(FI)			3.014	1.950	2.525	0.996	0.083		

注:表中数值是指各种成分色谱峰面积占色谱峰总面积的百分比。“/”表示该类物质未检出;“—”表示香气阈值未知。

和香叶醇具有花香、甜香,是形成“祁门香”的重要香气物质^[10],且香叶醇是影响祁门红茶香气的主要因素,祁门红茶的香气特征在很大程度由香叶醇的含量所决定^[17]。5 类古树红茶中仅长叶类和小叶类古树红茶中检测到苯乙醇、香叶醇,长叶类古树红茶中苯乙醇和香叶醇的百分含量分别为 1.429%、12.802%,小叶类古树红茶中分别为 2.084%、8.146%,这 2 种甜香物质与具有水果甜香的苯乙醛共同作用形成了长叶类古树红茶和小叶类古树红茶中的甜香。

乙醛、丙醛、己醛、异丁醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛等低级脂肪醛类物质具青草气,且香味阈值低(表 1),是苹果青

表 2 古树红茶茶样感官审评结果

样品名称	外形	汤色	香气	滋味	叶底
长叶	条索紧结,乌黑较润,带金毫芽,较匀	橙红较明亮	带花香,稍带蜜香	醇正	红褐较亮
大叶	稍粗松,乌褐较润,带毫芽,带褐片	橙红较明亮	纯正	醇正	红褐较亮
小叶	尚紧结,乌褐润,金毫芽较多,有褐片,带碎茶	橙红较明亮	花香纯正,稍带蜜香	较醇爽	红褐较亮
圆叶	较紧结,乌黑,较润,有毫芽	橙红较明亮	纯正较平淡	醇正	红褐较亮
紫叶	较紧结,乌褐润,带褐片,带碎茶	橙红较明亮	清香,有水闷气	较醇正(稍带涩)	红褐较亮

挥发性香气化合物与红茶香气感官审评品质之间存在密切关联,借鉴 Owuor 对世界主产茶国家红茶香气化合物的分类方法,26 种香气物质的香味特征可以大致分为 2 类:第 1 类是以脂肪醇类、低级脂肪醛类为代表的具青香的香气物质;第 2 类以部分芳香醇、萜烯醇、萜烯烃和高级饱和脂肪醛、芳香醛为代表的具花香、果香、甜香的香气物质。Owuor 风味指数(FI 值)可以用来反映红茶的香型,FI 值等于第 2 组化合物峰面积与第 1 组化合物峰面积之比,FI 指数越大,表示红茶品质越好^[1]。本研究中香气物质含量是指各种香气成分色谱峰面积占色谱峰总面积的百分比,因此可用各香气物质的含量代替其峰面积值计算 5 类古树红茶的 FI 值。表 1 中 5 类久安古树红茶的 FI 值分别是 3.014(长叶类)、1.950(大叶类)、2.525(小叶类)、0.996(圆叶类)、0.083(紫叶类),结果显示长叶类古树红茶和小叶类古树红茶香气品质较优,这与表 2 中感官审评的结果吻合。

3 结论与讨论

通过对久安古茶树资源进行分类加工制作的红茶进行感官审评和香气物质检测分析,结果表明:长叶类古树红茶和小叶类古树红茶花果香、甜香类芳香物质种类多样、含量丰富,感官审评表现出一定的花果香和蜜香,是 5 类古树红茶中香气表现最为优异的。在进一步针对久安古茶树资源的开发利用中,可以优先从长叶类、小叶类古茶树中筛选出适制红茶的优秀茶树品种。

香叶醇、苯乙醇、苯乙醛、己醛、异丁醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛是形成久安古树红茶不同香型的关键香气化合物,它们在 5 类古树红茶中的含量差异是造成久安古树红茶香型各异的主要原因。其中香叶醇、苯乙醇、苯乙醛等甜香物质对久安古树红茶香气质量起到正相关的作用,而己醛、异丁醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛等具清香的低级醛类物质则对久安古树红茶香气质量起到负相关的作用。

竹尾忠一认为,红茶可分为 3 种类型,第 1 种是芳樟醇及其氧化物占优势型(如滇红);第 2 种是中间型,同时存在较高含量的芳樟醇和香叶醇;第 3 种是香叶醇占优势型(如祁红)^[11,29-30]。结合表 1 中各项数据可知,大叶类古树红茶芳

香香韵的来源^[10]。紫叶类古树红茶中清香型物质含量达到 81.427%,这些物质使紫叶类红茶香型呈现为清香。

2.2 香气品质优良古树红茶的筛选

茶叶感官审评所体现的香气特征是各种香气成分在浓度、香型及其阈值等因素共同作用下的结果^[28]。由表 2 可见,5 类古树红茶在香气因子上有所不同,根据香气因子评语,长叶古树红茶和小叶古树红茶表现较优,香气体现为花香带蜜香;大叶古树红茶和圆叶古树红茶香气较为纯正;紫叶古树红茶带清香,有水闷气。

樟醇及其氧化物含量占绝对优势,接近滇红的特性属于第 1 种;长叶类和小叶类古树红茶芳樟醇和香叶醇含量均较高,属第 2 种,这一点从侧面说明久安古茶树资源类型多样。

紫叶古树资源是久安古茶树群落中数量较多的一类,如何利用紫色芽叶茶树资源开发特异茶树产品也是本研究的目标。本研究采用同一时间采摘、同一时间加工、同一加工工序的方式手工制作红茶样品,在此基础上发现紫叶古树红茶仅检测到 39 种芳香物质,其中多为具清香的低级脂肪醛类和醇类物质,这使得紫叶古树红茶感官审评表现为清香。这种现象一般与红茶的发酵程度有关,通常发酵不足的红茶滋味青涩、带有青香^[31]。因此针对紫叶类古茶树资源加工制作红茶的工艺流程中可适当延长发酵时间或提高发酵叶叶温,使紫叶类茶青能发酵完全,产生更多样、更丰富的香气物质。

参考文献:

[1] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:40-48.
[2] 叶国注,江用文,尹军峰,等. 板栗香型绿茶香气成分特征研究[J]. 茶叶科学,2009,29(5):385-394.
[3] 叶国注,江用文,尹军峰,等. 绿茶香气 HS-SPME 提取方法研究[J]. 中国茶叶,2009,31(10):16-19.
[4] 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.
[5] 张明露. 关于贵州花溪久安乡古茶树资源保护利用[J]. 贵州茶叶,2012(1):22-23.
[6] 王道平,杨小生. 固相微萃取——气质联用仪分析茶叶香气成分[J]. 粮油食品科技,2013,21(3):85-87.
[7] Ravichandran R. Carotenoid composition, distribution and degradation to flavour volatiles during black tea manufacture and the effect of carotenoid supplementation on tea quality and aroma [J]. Food Chemistry, 2002, 78(1): 23-28.
[8] Du L P, Li J X, Li W, et al. Characterization of volatile compounds of Pu-erh tea using solid-phase micro extraction and simultaneous distillation-extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Research International, 2014, 57: 61-70.
[9] 鲁成银,段家祥,龚淑英,等. NY/T 787—2004 茶叶感官审评通用方法[S]. 北京:中国农业出版社,2004.

梁红云,王 英,董明盛,等. 高效液相色谱法测定黑莓汁和黑莓果酒中常见有机酸[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):327-329.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.096

高效液相色谱法测定黑莓汁和黑莓果酒中常见有机酸

梁红云^{1,2}, 王 英¹, 董明盛¹, 周剑忠¹

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095)

摘要:采用高效液相色谱法测定黑莓汁和黑莓果酒中有机酸含量。采用美国 Agilent SB-C18(4.6 mm × 150 mm, 5 μm) 为分析柱; 流动相: 0.5% (NH₄)₂HPO₄ - H₃PO₄ 缓冲液(磷酸调 pH 值为 2.0); 温度: 30 ℃; 流速: 1.0 mL/min; 检测波长: 214 nm; 进样量: 20 μL。建立了检测黑莓果酒中主要的 6 种有机酸(酒石酸、L-苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、D-苹果酸)的高效液相色谱方法。该方法的回收率为 98.56%; RSD(相对标准偏差)为 0.21%。

关键词:高效液相色谱法; 黑莓汁; 黑莓果酒; 有机酸

中图分类号: O657.7⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0327-03

黑莓(blackberry)属于蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属小灌木 *Rubus laciniata* 的果实,是一种具有较强抗氧化能力的小浆果,美国农业部评价结果显示黑莓的抗氧化能力居第二位^[1]。黑莓除含有糖、多种有机酸、膳食纤维、维生素和矿物质外,还含有大量的多酚、花青素、鞣花酸等具有抗氧化功能的成分^[2-4]。我国黑莓的主栽品种有 Hull、Chester、Boysen 等,江苏、东北、贵州等地是我国主要的黑莓种植地区,总种植

面积约 1 万 hm²,全国黑莓年总产量约 20 万 t。黑莓果实柔嫩多汁,营养丰富,富含锌、硒等多种矿物质,氨基酸种类齐全,且花色苷和总酚含量较高,被誉为第三代“黄金水果”,所含有的多酚类化合物在体内发挥抗氧化作用,可以降低心脏病、癌症和其他慢性病的发生率^[3-4]。

糖和有机酸是食品中重要的风味成分。Türemiş 等研究了 9 种黑莓的糖酸比,结果发现黑莓最高的糖酸比(可溶性固形物含量/总酸)为 9.6^[5]。Wrolstad 等采用气相色谱检测美国和英国多种黑莓中的有机酸,包括苹果酸、柠檬酸、莽草酸、异柠檬酸、奎宁酸和磷酸等,其中异柠檬酸是所有黑莓中含量最高的有机酸^[6]。Kafkas 等检测了土耳其黑莓中的有机酸含量,在所研究的 5 种黑莓中,苹果酸是含量最高的酸,而柠檬酸的含量均为零^[7]。糖和酸的比例(糖酸比)常被用来判断果实是否成熟和消费者的接受程度。如果是鲜食的品

收稿日期:2015-05-26

基金项目:江苏省科技支撑计划重点项目(编号:BE2014302)。

作者简介:梁红云(1989—),女,安徽濉溪人,硕士研究生,研究方向为食品生物技术。E-mail:lianghongyun0606@163.com。

通信作者:周剑忠,博士,研究员,研究方向为食品生物技术。Tel:(025)84391571;E-mail:zjzluck@126.com。

[10]孙国宝. 食用调香术[M]. 北京:化学工业出版社,2010:312.

[11]赵常锐. 祁红特征香气成分研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2010.

[12]新产品集锦(130)[J]. 国内外香化信息,2014(11):22.

[13]王 力,蔡良绥,林 智,等. 顶空固相微萃取-气质联用法分析白茶的香气成分[J]. 茶叶科学,2010,30(2):115-123.

[14]周雪芳,唐 洪,雷 茜,等. 四川工夫红茶香气成分分析[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(3):178-182.

[15]吕世懂,吴远双,姜玉芳,等. 不同产区乌龙茶香气特征及差异分析[J]. 食品科学,2014,35(2):146-153.

[16]高見千歳,下司淳,小林彰夫. 極風茶香气成分[J]. 日本農芸化学会誌,1990,64(8):1349-1354.

[17]王华夫,竹尾忠一,中央研究所,等. 祁门红茶的香气特征[J]. 茶叶科学,1993,13(1):61-68.

[18]Benzo M, Gilardoni G, Gandini C, et al. Determination of the threshold odor concentration of main odorants in essential oils using gas chromatography - olfactometry incremental dilution technique[J]. Journal of Chromatography a, 2007, 1150(1/2):131-135.

[19]张美艳,孟宏昌. 蒸煮工艺对砀山梨汁香气组成的影响[J]. 食品与发酵工业,2013,39(4):142-145.

[20]高婷婷,韩 帅,刘玉平,等. 固相微萃取结合 GC-MS 分析鲜山楂果肉中的挥发性成分[J]. 食品科学,2013,34(20):144-

147.

[21]刘树文. 合成香料技术手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000:530.

[22]刘玉平. 食用合成香料[M]. 北京:中国标准出版社,2012:107.

[23]范正琪,李纪元,田 敏,等. 山茶品种“克瑞墨大牡丹”香气成分分析[J]. 林业科学研究,2005,18(4):412-415.

[24]赵彩云,薛 洁,蔡旭东,等. 玫瑰深加工产品关键香气成分的分析[J]. 食品与发酵工业,2013,39(12):157-161.

[25]Yuasa Y, Kato Y. A practical and convenient synthesis of hotrienol, an excellent fruity smelling compound[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(14):4036-4039.

[26]《中国药学大辞典》编委会. 中国药学大辞典[M]. 北京:人民卫生出版社,2010:921.

[27]林翔云. 调香术[M]. 北京:化学工业出版社,2013:10-48.

[28]王秋霜,陈 栋,许勇泉,等. 广东红茶香气成分的比较研究[J]. 茶叶科学,2012,32(1):9-16.

[29]陈 慧,王登良. 红茶的香气成分及其在加工中的变化[J]. 广东茶业,2012(1):13-15.

[30]任洪涛,周 斌,方林江,等. 云南红茶加工过程中香气成分的变化[J]. 食品与发酵工业,2013,39(3):187-191.

[31]Mahanta P K, Baruah S, 黄孝原. 萎凋与红茶香气特性的关系[J]. 广东茶业,1990(2):43-47.