

3种不同等级遵义红茶香气成分差异分析

张静, 代新龙, 刘晓博, 邓燕莉, 罗兴保, 艾于杰, 张硕瀚, 刘建军*

(贵州大学茶学院, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 探究遵义红的主要香气成分, 对比分析不同等级遵义红茶的香气成分差异。**方法** 采用固相微萃取-气相色谱-质谱技术对不同等级遵义红茶的香气成分进行测定并对其香气成分差异进行分析。**结果** 本研究共检测出遵义红茶中 54 种香气成分, 其中以醇类、酯类和烃类为主, 有少量的酮类、醛类、酚类以及酸类; 3 种不同等级遵义红茶中大部分香气组分含量水平具有显著差异, 如: 香叶醇、反式-橙花叔醇、橙花叔醇、棕榈酸甲酯、左旋- β -蒎烯、 δ -杜松萜烯、茉莉酮、3-羟基-L-络氨酸等 40 多种香气成分; 结合热图分析结果, 得出遵义红茶香气成分的相对含量大致分布为尊品>精品>特级。**结论** 本研究明确了不同等级遵义红茶香气成分组成与差异, 为优化遵义红茶品质提供理论基础。

关键词: 遵义红茶; 不同等级; 香气成分; 气相色谱-质谱法

Analysis of difference of aroma components in 3 different grades of Zunyi black tea

ZHANG Jing, DAI Xin-Long, LIU Xiao-Bo, DENG Yan-Li, LUO Xing-Bao,
AI Yu-Jie, ZHANG Shuo-Han, LIU Jian-Jun*

(College of Tea, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: Objective To explore the main aroma components of Zunyi black tea, compare and analyze the differences of aroma components in different grades of Zunyi black tea. **Methods** The aroma components of different grades of Zunyi black tea were determined by solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, and their differences were analyzed. **Results** A total of 54 kinds of aroma components in Zunyi black tea were identified, the predominant ones being alcohols, esters and hydrocarbon, with a small amount of ketones, aldehydes, phenols and acids. More than 40 kinds of aroma components with significant differences in different grades of Zunyi black tea, such as geraniol, *trans*-nerolidol, nerolidol, methyl palmitate, (1S)-(1)- β -pinene, δ -terpinene, jasmonone and L-3-hydroxytyrosine. Collectively, the heat map showed that the relative content of aroma components in Zunyi black tea was roughly distributed as emperor grade>boudique grade>premium grade. **Conclusion** This study has clarified the composition and difference of aroma components of different grades of Zunyi black tea, which provides a theoretical basis for the optimization of Zunyi black tea quality.

KEY WORDS: Zunyi black tea; different grades; aroma components; gas chromatography-mass spectrometry

基金项目: 国家自然科学基金项目(32060701)、贵州省科技支撑项目(黔科合支持[2020]1Y146号)、贵州大学引进人才科研项目(贵大人基合字(2019)61号)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (32060701), the Guizhou Science and Technology Support Project (Qiankehe Support [2020]1Y146), and the Scientific Research Project of Introduce Talents of Guizhou University [GDRJHZ (2019) No.61]

*通信作者: 刘建军, 博士, 副教授, 主要研究方向为茶叶加工, 茶叶功能成分及品质化学。E-mail: junjian.liu@163.com

*Corresponding author: LIU Jian-Jun, Ph.D, Associate Professor, College of Tea Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China. E-mail: junjian.liu@163.com

0 引言

红茶起源于中国,具有红汤红叶、香甜味醇的特征,深受国内外消费者的青睐。遵义红属于红茶的一种,用黔湄系列(502、419、601等)茶鲜叶原料制作而成,其外形紧细,色泽乌润带金毫,金毫显露,匀整,净;内质香气甜香持久,汤色红亮,滋味甜醇,叶底嫩匀红亮;“遵义红”是在“黔红”的基础上不断改进加工工艺从而形成的名优工夫红茶,为国家地理标志产品^[1]。

香气是决定茶叶品质的重要因子之一,对茶叶等级评定起到关键作用。红茶中的香气成分丰富,包含化合物的种类高达 300 多种,一般以酯类、醇类、酮类和醛类物质为主^[2]。近年来,关于红茶的香气成分的研究报道有逐渐增加的趋势。例如,曹晓念等^[3]从 5 种红茶中初步鉴定出 49~63 种香气成分,醇类和醛类在香气成分含量上占据主导地位;张翔等^[4]发现芳樟醇、苯乙醛、正己醛等 12 种香气物质可能是形成红茶香气品质的重要化学物质基础。虽然现阶段有不少研究对不同地区或不同品种的代表性红茶的香气成分进行了检测或比较^[5-10],但同一地区同品种的工夫红茶香气成分之间的差异性还有待研究^[11],如同地区同品种不同等级的工夫红茶的香气成分差异等。目前,在不同地区代表性工夫红茶研究中,遵义红茶的研究相对较少,且主要集中于加工工艺对遵义红茶品质的影响^[12-16],而遵义红茶作为贵州极具代表性茶叶之一,对于遵义红茶香气组成以及关键呈香物质及不同等级遵义红茶香气成分差异研究鲜见报道^[17]。

茶叶中芳香物质亦称挥发性香气成分,一般只占干物质质量的 0.01%~0.05%^[18],香气化合物不稳定、易挥发、含量相对较低,因此茶叶香气提取方式及分析方法的选择对香气定性定量分析极为关键。本研究采用高灵敏度且具有极强分离鉴别能力的气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectroscopy, GC-MS)对不同等级遵义红茶的香气组成成分进行测定,并对其香气成分差异进行分析,旨在查明各关键呈香物质在 3 种不同等级遵义红茶中的分布规律,揭示不同等级遵义红香气的品质特点,从而为提高遵义红香气品质的工艺研发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

3 种不同等级的遵义红茶样品: 尊品(黔湄 601、黔湄 419, 独芽/一芽一叶, 清明前)、精品(黔湄 601, 独芽/一芽一叶, 清明前后)、特级(黔湄 601, 独芽/一芽一叶, 谷雨前后), 产地: 湄潭县金花村-贵天下茶业有限责任公司。将遵义红茶样品磨成粉后装入封口袋, 置于冰箱 4℃冷藏中保存, 样品于 3 d 内完成检测。

氯化钾(纯度≥99.99%, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(郑州豫华仪器制造有限公司); BSA224S 电子天平(感量 0.1 mg, 赛多利斯科学仪器-北京-有限公司); 57328-U 萃取头(50/30 μm DVB/CAR/PDMS, 美国 Supelco 公司); 7890B-7000D 气相色谱-质谱联用仪、DB-5MS 色谱柱(30 mm×0.25 mm, 0.25 μm)(安捷伦科技中国有限公司); LDR0.004-0.7 型电热蒸汽发生器(江心锅炉有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 挥发性化合物的提取与解吸

量取 20 mL 沸水(去离子水)倒入 60 mL 顶空瓶, 称取 4 g 茶粉样品及 3 g 氯化钾倒入顶空瓶, 再加入 20 mL 沸腾去离子水, 立即封盖并放入 60℃集热式恒温加热磁力搅拌器中(480 r/min), 待稳定 6 min 后, 将固相微萃取头插入顶空瓶中吸附 50 min, 最后, 将挥发性化合物在 250℃下解吸 5 min, 以进行下一步分析。每个等级样品重复 3 次检测。

1.3.2 气相色谱-质谱条件

色谱条件: DB-5MS 色谱柱(30 mm×0.25 mm, 0.25 μm), 升温程序: 起始柱温 40℃, 以 7℃/min 升到 100℃, 保持 1 min, 再以 5℃/min 升到 170℃, 保持 1 min, 以 5℃/min 程序升到 230℃, 保持 1 min, 最后以 9℃/min 升到 260℃, 保持 0 min。进样体积 1 μL, 载气为氦气, 流速 2.25 mL/min, 进样口温度为 250℃, 不分流进样, 平均线速度 36.262 cm/sec。

质谱条件: 电子轰击(electron impact, EI)离子源, 离子源温度 230℃, 溶剂延迟 3.75 min, 扫描(MS1): 40~400 u。

1.3.3 定性定量分析

通过固相微萃取-气相色谱-质谱法获得每个样品的色谱图, 记录香气组分的峰面积、保留指数(retention index, RI)、出峰时间、相似度(syn)、相对分子质量和 CAS 号, 由 GC-MS 分析得到的质谱图经 NIST W8N08L 标准谱库的检索, 并结合相关文献核对确定各化学成分, 根据峰面积归一法得到各香气成分的相对含量。

1.4 数据分析

实验重复次数 3 次, 所有数值以平均值±标准偏差表示; 实验数据用 SPSS 18.0 进行方差分析; 采用 Graph Pad Prism 5 软件进行作图分析。

2 结果与分析

2.1 不同等级遵义红茶的香气成分分析

研究表明, 不同香气成分在 3 种不同等级的遵义红茶中存在不同程度的差异。不同等级遵义红茶的 GC-MS 色谱图如图 1 所示, 采用面积归一法得到不同等级遵义红茶各香气组分的相对含量, 结果如表 1 所示。

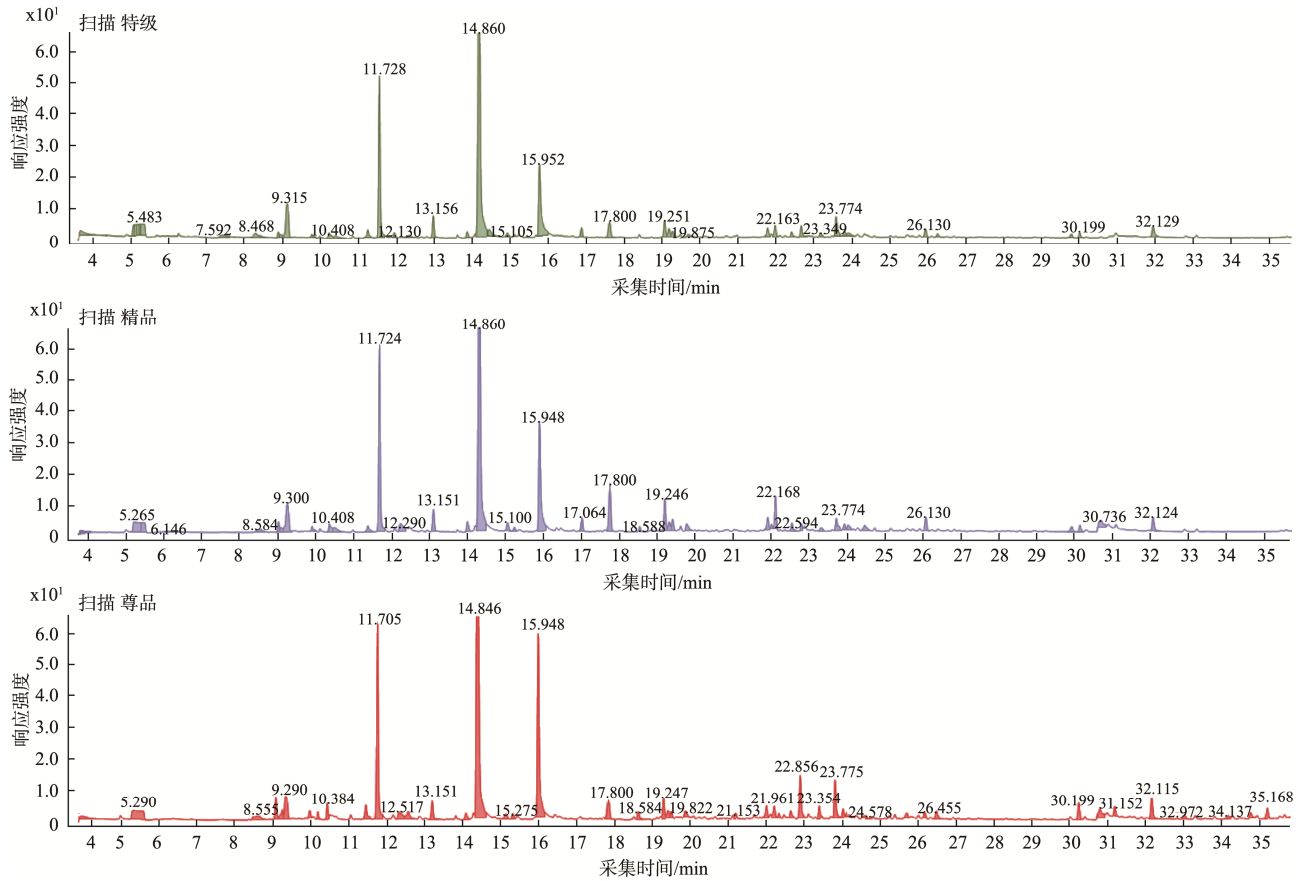


图 1 3 种不同等级遵义红茶香气成分 GC-MS 色谱图

Fig.1 GC-MS chromatogram of aroma components of 3 different grades of Zunyi black tea

表 1 3 种不同等级遵义红茶的香气成分组成及相对含量

Table 1 Composition and relative content of aroma components in 3 different grades of Zunyi black tea

序号	出峰时间 /min	CAS	化合物名称	RI	相对含量/%		
					尊品	精品	特级
醇类							
1	11.709	78-70-6	芳樟醇	1099	10.22±0.61	10.20±0.29	10.13±0.12
2	12.285	60-12-8	苯乙醇	1116	0.14±0.01	1.06±0.10	0.04±0.03
3	15.957	106-24-1	香叶醇	1255	11.5±1.08	8.21±1.25	8.17±0.40
4	23.775	40716-66-3	反式-橙花叔醇	1564	2.75±0.22	1.73±0.07	1.72±0.18
5	23.779	7212-44-4	橙花叔醇	1564	2.75±0.22	1.33±0.99	0.96±0.07
6	24.084	56554-77-9	13-十七烯-1-醇	-	0.42±0.05	0.55±0.05	0.39±0.06
7	30.194	5353-25-3	2-[(9Z)-9-烯十八醚]乙醇	-	1.02±0.06	0.51±0.04	0.48±0.04
总计					28.82±1.44 ^A	23.6±1.71 ^B	21.90±0.58 ^B
酯类							
1	9.044	56554-67-7	硫酸甲基(5,8,11-甲基苯甲基)酯	-	0.90±0.22	0.70±0.06	0.70±0.06
2	12.532	18202-24-9	10,13-二烯十八酸甲酯	-	0.49±0.21	0.19±0.04	0.40±0.05
3	14.051	69727-41-9	丁酸(Z)-4-六苯酯	865	0.42±0.03	0.66±0.12	0.44±0.08
4	14.346	119-36-8	水杨酸甲酯	1192	27.43±0.30	27.61±0.93	28.26±1.02
5	15.280	109-20-6	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醇-3-甲基丁酸酯	1606	0.33±0.04	0.32±0.04	0.24±0.02
6	19.247	31501-11-8	(Z)-己酸-3-己烯酯	1380	1.17±0.04	1.87±0.12	1.11±0.15
7	19.367	6378-65-0	己酸己酯	1384	0.57±0.08	0.63±0.09	0.64±0.08
8	19.464	2721-22-4	丁位十四内酯	1935	0.39±0.04	0.25±0.04	0.41±0.05
9	23.983	25152-85-6	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	1570	0.67±0.10	0.42±0.05	0.40±0.07
10	31.157	-	E-10-甲基-11-十四烯碳-1-丙酸酯	-	0.73±0.16	0.20±0.02	0.34±0.04

表1(续)

序号	出峰时间	CAS	化合物名称	RI	相对含量/%		
					尊品	精品	特级
11	32.125	112-39-0	棕榈酸甲酯	1926	2.10±0.46	1.12±0.12	1.16±0.08
12	32.139	5487-50-3	13-甲基苯丙氨酸*甲基酯	-	/	0.45±0.08	0.48±0.06
13	35.637	17364-34-0	6,9,12,15-多可西甲酸甲基酯	-	0.32±0.04	/	0.09±0.02
14	35.865	55724-48-6	达西卡皮丹-1-甲醇酯	-	0.37±0.03	0.07±0.01	0.05±0.02
			总计		35.89±0.52	34.48±1.39	34.47±1.02
			烃类				
1	9.058	18172-67-3	左旋-β-蒎烯	-	0.90±0.22	0.64±0.04	0.40±0.06
2	9.068	499-97-8	1-甲基苯-4-(1-甲基苯)-环丙烷	1004	0.78±0.07	0.68±0.03	0.40±0.06
3	9.934	1461-27-4	1-甲基-5-(1-甲基苯)-环丙烷	1027	0.69±0.09	0.43±0.06	0.48±0.02
4	9.958	33240-56-1	1-氯-5-甲基己烷	-	0.50±0.06	0.42±0.05	0.37±0.06
5	10.161	3779-61-1	3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯	1049	0.21±0.09	0.19±0.04	0.15±0.03
6	10.166	80-56-8	2-蒎烯	937	0.32±0.03	0.69±0.10	/
7	10.398	13466-78-9	3-蒎烯	1011	0.84±0.03	0.72±0.08	0.50±0.03
8	12.285	36262-09-6	二环基[3.1.0]己烷基-2-乙烯	956	0.84±0.05	0.06±0.02	0.03±0.01
9	12.512	460-01-5	(3E,5E)-2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯	1131	0.49±0.21	0.15±0.02	0.37±0.03
10	17.064	629-50-5	正十三烷	1300	0.30±0.07	0.94±0.04	0.66±0.05
11	18.594	30364-38-6	1,1,6-三甲基-1,2-二氢甲基苯丙烯	1354	0.40±0.09	0.35±0.04	0.20±0.02
12	21.162	87-44-5	1-石竹烯	1419	0.27±0.04	0.13±0.03	0.22±0.01
13	22.299	88-84-6	β-愈创木烯	1490	0.77±0.12	1.34±0.15	0.93±0.06
14	22.860	22339-23-7	顺式-菖蒲烯	1531	2.64±0.18	0.51±0.09	1.04±0.05
15	22.860	483-76-1	δ-杜松萜烯	1524	2.48±0.23	1.07±0.05	0.95±0.08
16	23.354	21391-99-1	α-白菖考烯	1542	0.78±0.18	0.32±0.04	0.37±0.03
17	26.454	483-78-3	卡达林	1674	0.65±0.04	0.15±0.03	0.30±0.05
			总计		13.78±0.90 ^A	8.75±0.24 ^B	7.38±0.49 ^B
			酮类				
1	19.827	488-10-8	茉莉酮	1394	0.61±0.05	0.69±0.07	0.36±0.04
2	21.961	14901-07-6	乙位紫罗兰酮	1491	0.78±0.11	0.81±0.14	0.83±0.07
3	24.094	56053-04-4	2(3H)萘酮	-	0.50±0.04	0.46±0.04	0.46±0.04
4	30.368	502-69-2	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	1844	0.24±0.03	0.17±0.03	0.10±0.02
			总计		2.14±0.10 ^a	2.14±0.31 ^a	1.74±0.07 ^b
			醛类				
1	8.599	100-52-7	苯甲醛	962	0.57±0.05	0.54±0.05	0.46±0.04
			总计		0.57±0.05	0.54±0.05	0.46±0.04
			苯酚类				
1	22.604	96-76-4	2,4-二叔丁基苯酚	1519	0.50±0.03	0.47±0.05	0.33±0.03
2	22.603	1138-52-9	3,5-二叔丁基苯酚	-	/	/	0.26±0.06
3	26.455	483-78-3	1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)苯	1674	0.65±0.04	0.13±0.03	0.34±0.03
			总计		1.14±0.02 ^A	0.60±0.05 ^B	0.88±0.10 ^A
			杂环类				
1	15.096	13679-41-9	3-苯基咪喃	1226	0.44±0.03	0.43±0.05	0.35±0.06
			总计		0.44±0.03	0.43±0.05	0.35±0.06
			酸类				
1	7.607	4303-95-1	3-羟基-L-缬氨酸	-	0.08±0.02	/	0.72±0.06
2	14.060	2577-62-0	2,6-二氨基庚二酸	-	0.42±0.03	0.33±0.02	0.22±0.02
3	19.372	130403-61-1	乙酰胺	-	0.59±0.04	0.64±0.04	0.71±0.04
4	19.459	53398-86-0	反式 2-己烯基己酸	1391	0.39±0.04	0.67±0.10	0.42±0.02
5	24.524	67-43-6	二乙烯三胺五醋酸	-	0.31±0.02	0.56±0.05	0.22±0.02
6	24.577	65646-68-6	维甲酰胺	-	0.38±0.04	0.16±0.03	0.07±0.01
7	34.152	127-27-5	海松酸	-	0.29±0.04	0.02±0.01	/
			总计		2.46±0.17	2.36±0.28	2.34±0.20

注: 不同大写字母表示不同级别之间存在极显著差异($P<0.01$), 不同小写字母表示不同级别之间存在显著差异($P<0.05$); /表示未检出; -表示未查出相关信息。

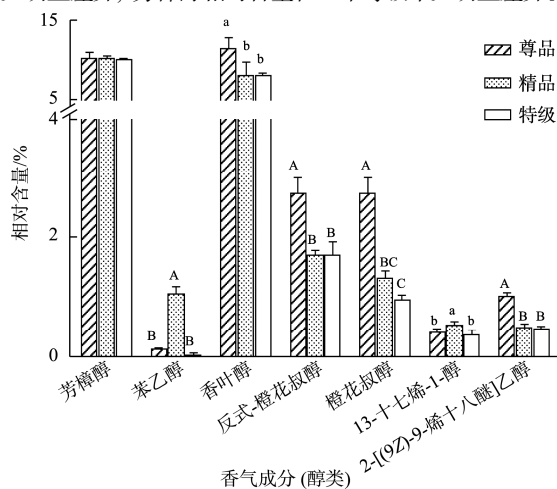
本研究共检测出 54 种香气成分, 包括醇类、酮类、酯类、烃类、醛类、杂环类、酸类和苯酚类等, 以醇类、酯类和烃类的香气成分数量相对较多, 其中, 醇类总相对含量在 21.90%~28.82%之间, 酯类在 34.47%~35.89%之间, 烃类在 7.38%~13.78%之间; 3 个等级相比, 醇类、烃类组分相对含量在遵义红茶精品等级中较高, 与精品或特级相比, 存在极显著差异($P<0.01$), 酯类无明显差异。醛类、酮类、杂环类等组分的相对含量比较低, 相对含量均低于 3%; 3 个等级相比, 精品和精品中酮类化合物相对含量比特级高($P<0.05$); 遵义红茶 3 个等级中醛类、杂环类以及酸类无明显差异。

各类香气成分中, 醇类化合物共有 7 种, 以芳樟醇、香叶醇、反式-橙花叔醇和橙花叔醇的含量较高, 研究表明, 这几种化合物具有花香、果香、木香、薄荷味等香气^[19-21]; 酯类化合物共有 14 种, 以水杨酸甲酯、(Z)-己酸-3-己烯酯、棕榈酸甲酯等相对含量较高, 其中水杨酸甲酯具有青冬树叶香气、药味^[22]; 而烃类化合物共有 17 种, 以顺式-菖蒲烯、 δ -杜松萜烯、左旋- β -蒎烯、3-蒎烯、1-甲基-5-(1-甲基苯)-环丙烯等种类为主。

2.2 不同等级遵义红茶的香气成分相对含量及种类

2.2.1 醇类-香气成分比较

如图 2 所示, 不同等级遵义红茶醇类化合物共有芳樟醇、苯乙醇、香叶醇、反式-橙花叔醇、橙花叔醇 7 种成分, 醇类挥发性香气物质多呈花果香, 芳香阈值低, 并常与其他成分产生倍增效应^[23], 芳樟醇、芳樟醇氧化物是红茶的花香的主要贡献者^[24], 香叶醇具有浓郁的玫瑰、蔷薇类花香^[25]。遵义红茶中芳樟醇、香叶醇为主要醇类香气物质, 这些成分主要呈甜香、花香; 橙花叔醇、反式-橙花叔醇也是重要的醇类香气物质, 橙花叔醇是功夫红茶甜香的物质基础。精品中香叶醇、反式-橙花叔醇、橙花叔醇的相对含量显著高于精品或特级($P<0.05$, $P<0.01$), 而这几种醇类物质相对含量在精品与特级中无明显差异; 芳樟醇相对含量在 3 个等级中无明显差异。



注: 不同大写字母表示不同级别之间存在极显著差异($P<0.01$), 不同小写字母表示不同级别之间存在显著差异($P<0.05$), 下同。

图 2 3 种不同等级遵义红茶醇类-香气成分组成及相对含量
Fig.2 Composition and relative content of alcohol-
components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.2.2 酯类-香气成分比较

酯类挥发性香气物质主要与茶叶发酵和脂肪酸代谢相关^[26-27], 酯类化合物多呈现水果清香, 对红茶香型的形成也起着重大贡献作用^[28-29], 如图 3 所示, 不同等级遵义红茶酯类化合物共有 14 种成分, 以水杨酸甲酯、棕榈酸甲酯、(Z)-己酸-3-己烯酯的相对含量较高。除水杨酸甲酯相对含量在 3 个级别之间无明显差异外, 其他大部分酯类香气成分以精品或精品中相对含量较高, 与特级相比存在不同程度的显著差异。顺式-3-己烯醇苯甲酸酯、E-10-甲基-11-十四烯碳-1-丙酸酯、棕榈酸甲酯、6,9,12,15-多可西甲酸甲基酯、达西卡皮丹-1-甲醇酯在精品中相对含量较高, 与其他两个等级存在显著或极显著差异; 硫酸甲基(5,8,11-甲基苯基)酯、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醇-3-甲基丁酸酯在精品和精品相对含量较高, 与特级存在显著差异; 而丁酸(Z)-4-六苯酯、(Z)-己酸-3-己烯酯在精品中相对含量较高, 与精品和特级相比存在显著差异。

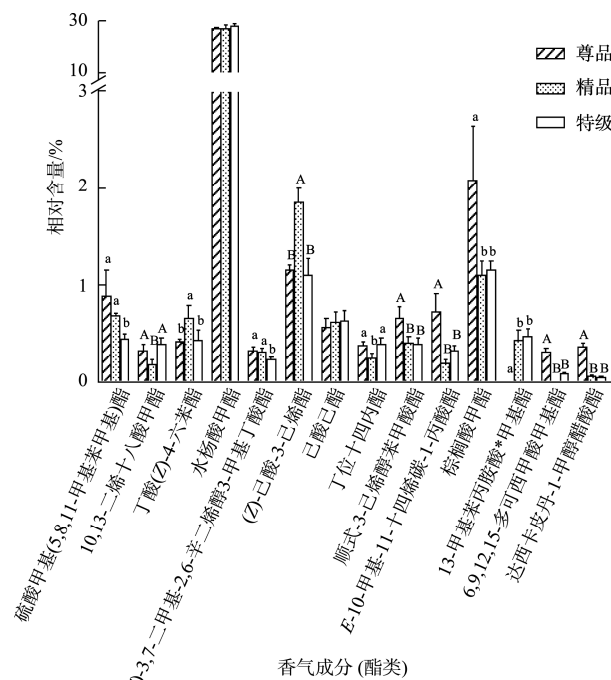


图 3 3 种不同等级遵义红茶酯类-香气成分组成及相对含量
Fig.3 Composition and relative content of esters-aroma components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.2.3 烃类-香气成分比较

如图 4 所示, 烃类一类化合物共有 17 种成分。遵义红精品等级中 δ -杜松萜烯、顺式-菖蒲烯、 α -白菖考烯、左旋- β -蒎烯、3-蒎烯、1-甲基-5-(1-甲基苯)-环丙烯、二环基[3.1.0]己烷基-2-乙烯等成分的相对含量显著高于精品和特级, 其中 δ -杜松萜烯在烃类物质中占比最高, 主要呈现木质香味; 3 个等级相比, β -愈创木烯、正十三烷、2-蒎烯这 3 种香气成分的相对含量以遵义红精品等级中居高; 1-氯-5-甲基己烷、3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯在 3 个茶叶等级中虽无明显差异, 但相对含量整体呈尊品>精品>特级的趋势。

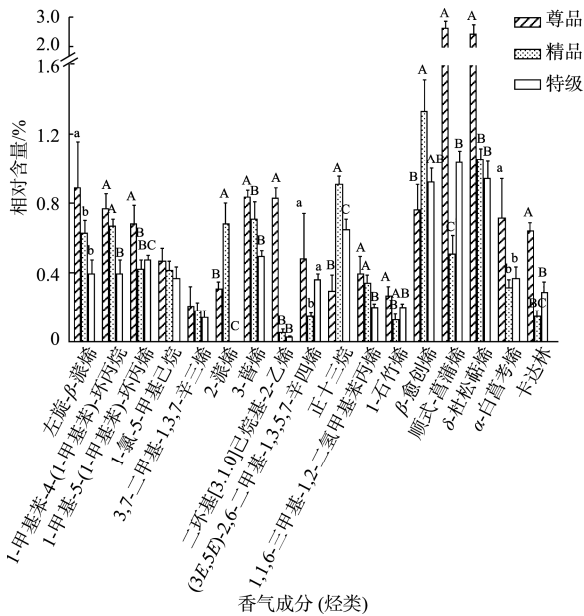


图 4 3 种不同等级遵义红茶烃类-香气成分组成及相对含量
Fig.4 Composition and relative content of hydrocarbon-araoma components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.2.4 酮类-香气成分比较

如图 5 所示, 遵义红茶样品中酮类的相对含量均低于 1%, 只有 4 种成分, 其中具有甜香的乙位紫罗兰酮(或 β 紫罗兰酮)与 2(3H)萘酮两种香气成分在 3 个等级中无明显差异; 与遵义红特级相比茉莉酮和 6,10,14-三甲基-2-十五烷酮在尊品和精品中相对含量较高; 其中茉莉酮具有木本和花香的香气特性, 对遵义红香气品质的形成具有一定贡献。

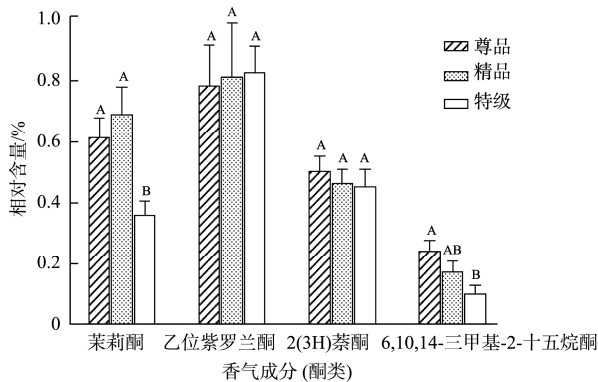


图 5 3 种不同等级遵义红茶酮类-香气成分组成及相对含量
Fig.5 Composition and relative content of ketone-araoma components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.2.5 苯酚类-香气成分比较

如图 6 所示, 遵义红茶样品中苯酚类相对含量均低于 0.8%, 共有 3 种成分; 2,4-二叔丁基苯酚和 1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)苯的相对含量在尊品等级中最高, 且与精品和特级相比均存在极显著差异。

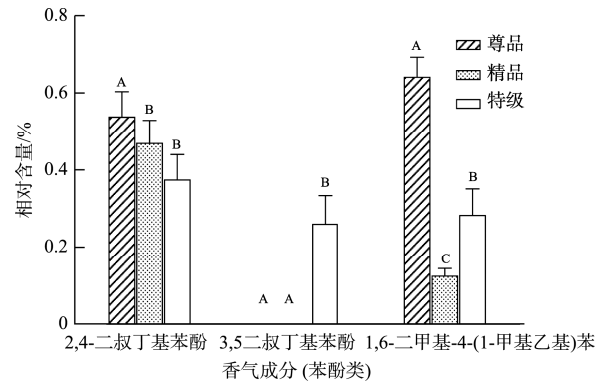


图 6 3 种不同等级遵义红茶苯酚类-香气成分组成及相对含量
Fig.6 Composition and relative content of phenols-araoma components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.2.6 酸类-香气成分比较

酸类物质可能呈现出一种不愉快的气味, 在加工过程中应尽量降低这类物质的含量^[29]。如图 7 所示, 遵义红茶样品中酸类的相对含量均在 0.8% 以下, 共有 7 种化合物。特级中 3-羟基-L-缬氨酸显著高于其他两个等级, 尊品中 2,6-二氨基庚二酸、海松酸和维甲酸酰胺的相对含量显著高于精品和特级; 而精品中反式 2-己烯基己酸、二乙烯三胺五醋酸相对含量显著高于尊品或特级; 乙酰胺的相对含量在这 3 个等级并无显著差异。

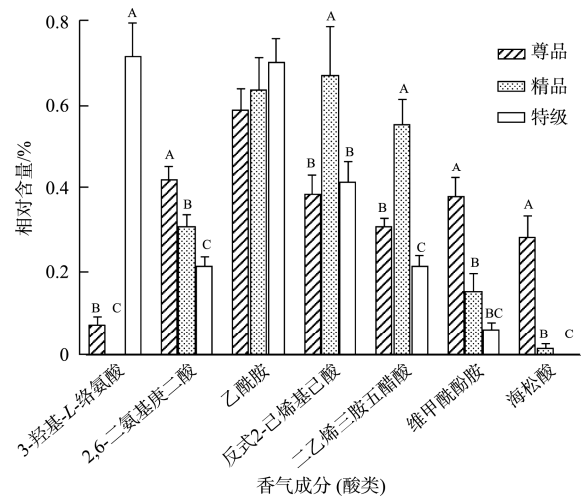


图 7 3 种不同等级遵义红茶酸类-香气成分组成及相对含量
Fig.7 Composition and relative content of acids-araoma components in 3 different grades of Zunyi black tea

2.3 热图法分析

不同等级遵义红茶的不同挥发性香气成分的分布情况见图 8。由图 8 可知, 3 种不同等级遵义红茶中醇类化合物的成分主要集中在尊品与精品等级; 酯类化合物的成分主要集中在尊品, 也有部分集中分布于精品与特级; 苯酚类香气成分主要集中在尊品; 烃类化合物的成分主要集中在尊品, 少量集中在精品; 酮类化合物的成分主要集中在尊品或精品等级; 酸类成分在尊品、精品和特级均有分布。从各类香气

化合物的分布情况可发现, 遵义红茶香气成分的相对含量大致分布为尊品>精品>特级, 此结果与 2.2 部分结果基本一致。

3 结 论

本研究采用固相微萃取-气相色谱-质谱法检出遵义红茶尊品、精品、特级 3 个级别红茶中 54 种香气成分, 发现其主要以醇类和酯类为主, 还有少量的烃类、醛类、酮类等成分, 芳樟醇、氧化芳樟醇和水杨酸甲酯是红茶中重要的香气物质, 为红茶提供花香的特征^[29-30], 且 3 种香气成分阈值也相对较低^[10], 本研究遵义红茶关键呈香物质如芳樟醇、香叶醇及水杨酸甲酯占总香气物质将近 50%左右,

为遵义红茶提供花香的关键呈香物质。

通过对不同等级遵义红茶不同香气成分分析发现各等级香气成分在一定程度上存在明显差异, 不同等级遵义红茶中相对含量具有显著差异的成分有: 香叶醇、反式-橙花叔醇、橙花叔醇、棕榈酸甲酯、左旋- β -蒎烯、 δ -杜松萜烯、茉莉酮、3-羟基-*L*-缬氨酸等 40 多种香气成分。通过绘制不同等级遵义红茶各类香气成分的热图, 较直观地了解每个等级组分含量的分布情况, 发现大部分香气成分呈现因等级越高其相对含量也越高的趋势。本研究为不同等级遵义红茶香气成分分析鉴定、遵义红茶不同等级茶叶拼配及加工工艺优化提供参考, 为提高遵义红茶品质提供理论基础。

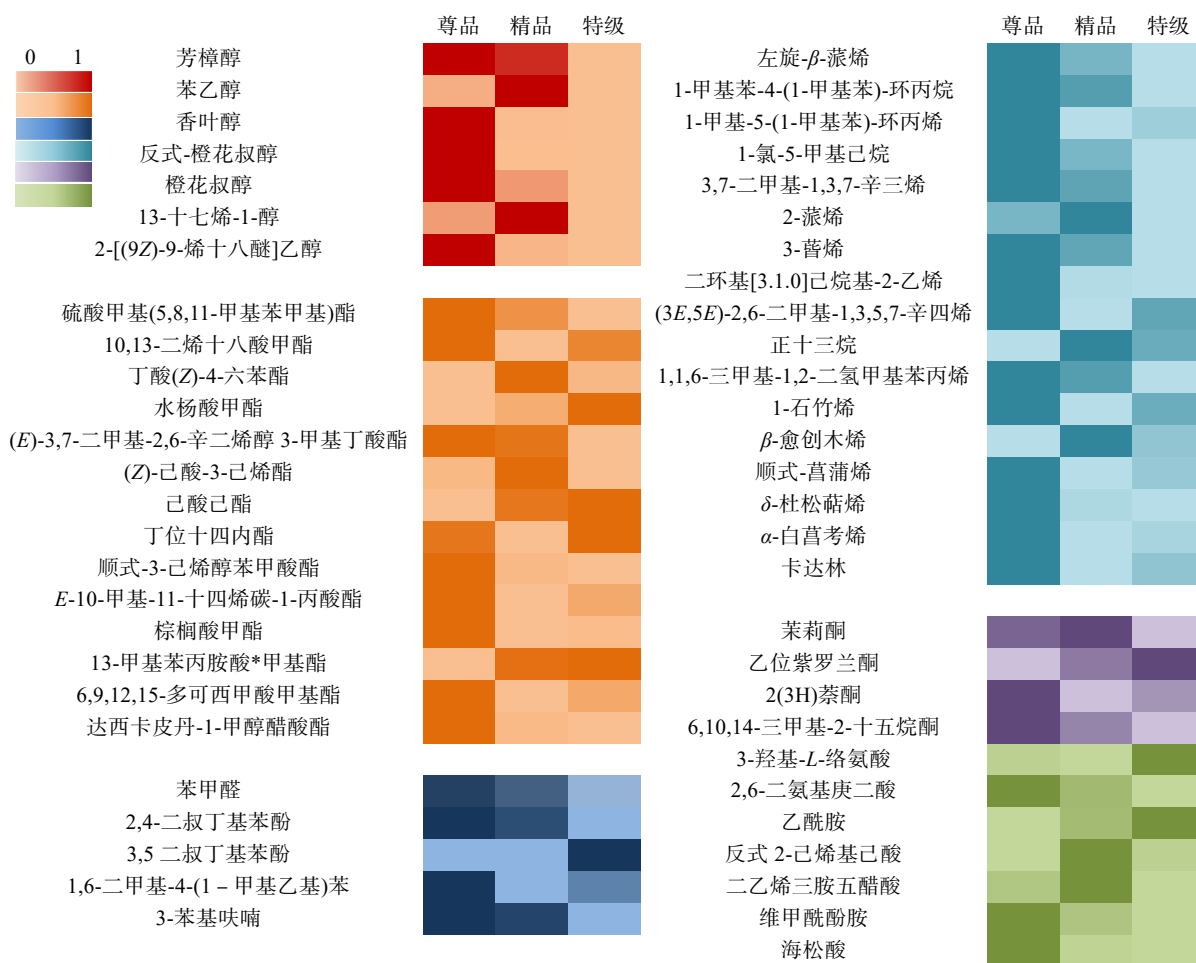


图 8 3 种不同等级遵义红茶香气成分热图

Fig.8 Heat maps for aroma components in 3 different grades of Zunyi black tea

参考文献

- [1] 吴金春, 王兰兰, 张季, 等. 遵义红茶感官品质与内含成分的相关性[J]. 现代食品, 2020, (7): 198-201.
WU JC, WANG LL, ZHANG J, *et al*. The relativity analysis between sensory quality and inner components of Zunyi black tea [J]. Mod Food, 2020, (7): 198-201.
- [2] 杨延, 陆多林, 查银娟. 红茶品质影响因素研究进展[J]. 农业技术与装备, 2021, (2): 12-13.
YANG Y, LU DL, CHA YJ. Research progress on influence factors of black tea quality [J]. Agric Technol Equip, 2021, (2): 12-13.
- [3] 曹晓念, 周志磊, 刘青青, 等. 基于香气成分的红茶品种比较分析[J]. 食品与发酵科技, 2020, 56(3): 118-122.
CAO XN, ZHOU ZL, LIU QQ, *et al*. The characteristics analysis of black tea based on kinds and aroma components [J]. Food Ferment Technol, 2020, 56(3): 118-122.
- [4] 张翔, 王聪明, 聂枫宁, 等. 川红和祁红香气特征分析及成分比较[J]. 热带作物学报, 2020, 41(7): 1440-1449.
ZHANG X, WANG CM, NIE CN, *et al*. Comparison of volatile components and aroma characterization in Sichuan black tea and qimen

- black tea [J]. *Chin J Trop Crops*, 2020, 41(7): 1440–1449.
- [5] MAO SH, LU CQ, LI MF, *et al.* Identification of key aromatic compounds in Congou black tea by PLSR with variable importance of projection scores and gas chromatography mass spectrometry/gas chromatography–olfactometry: Identification of key aromatic compounds in Congou black tea by PLS [J]. *Sci Food Agric*, 2018, 98(14): 5278–5286.
- [6] XIAO ZB, WANG HL, NIU YW, *et al.* Characterization of aroma compositions in different Chinese congou black teas using GC-MS and GC-O combined with partial least squares regression [J]. *J Flavour Frag*, 2017, 32(4): 265–276.
- [7] PANG XL, QIN ZH, ZHAO L, *et al.* Development of regression model to differentiate quality of black tea (Dianhong): Correlate aroma properties with instrumental data using multiple linear regression analysis [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2012, 47(11): 2372–2379.
- [8] YUE CN, YANG PX, QIN DD, *et al.* Identification of volatile components and analysis of aroma characteristics of Jiangxi Congou black tea [J]. *Int J Food Prop*, 2020, 23(1): 2160–2173.
- [9] SCHUH C, SCHIEBERLE P. Characterization of the key aroma compounds in the beverage prepared from Darjeeling black tea: Quantitative differences between tea leaves and infusion [J]. *Agric Food Chem*, 2006, 54(3): 916–924.
- [10] 杨彩虹, 周汉琛, 刘亚芹, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 OAV 值分析黄山地区不同茶树品种红茶香气的差异[J/OL]. *食品科学*: 1-13. [2021-10-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20211015.2013.006.html> [2022-06-18].
YANG QH, ZHOU HC, LIU YQ, *et al.* Analysis of aroma components of black teas processed by different tea cultivars in Huangshan using HS-SPME-GC-MS and OAV [J/OL]. *Food Sci*: 1-13. [2021-10-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20211015.2013.006.html> [2022-06-18].
- [11] 李琛, 岳翠男, 杨普香, 等. 工夫红茶特征香气研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(22): 8834–8842.
LI C, YUE CN, YANG PX, *et al.* Research progress on characteristic aroma of Congou black tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(22): 8834–8842.
- [12] 侯彦双. 发酵供氧条件对遵义红茶品质影响的研究[J]. *农业与技术*, 2021, 41(11): 41–43.
HOU YS. Study the effects of fermentation oxygen supplement on black tea quality [J]. *Agric Technol*, 2021, 41(11): 41–43.
- [13] 牟维生. 一种遵义红茶的加工工艺: 中国, CN104365885A [P]. 2015-02-25.
MOU WS. A kind of processing technology of Zunyi black tea: China, CN104365885A [P]. 2015-02-25.
- [14] 申东, 何萍, 申立, 等. 风力抑制“遵义红”茶“发酵”研究[J]. *山地农业生物学报*, 2016, 35(1): 90–94.
SHEN D, HE P, SHEN L, *et al.* The inhibitory effect of wind on the fermentation of Zunyi black tea [J]. *J Mount Agric Biol*, 2016, 35(1): 90–94.
- [15] LIU LQ, GONG XJ, ZHOU X, *et al.* Response surface methodology applied in the optimization of *Ganoderma lucidum* black tea manufacture [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(5): 100–105.
- [16] LIU Q, YANG JG. The influence on quality of black tea fermentation and the self-control aerobic fermentation [Z]. 2018.
- [17] 叶文盛, 宋光林. 遵义红红茶香气指纹及化学成分分析[J]. *遵义科技*, 2013, 41(5): 25–28.
YE WS, SONG GL. Study on Aroma fingerprint and chemical composition in Zunyi Black tea [J]. *Zunyi Technol*, 2013, 41(5): 25–28.
- [18] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
WANG XC. Tea Biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [19] CHI TH, XIN Z, SHI ML. Tea aroma formation [J]. *Food Sci Human Wellness*, 2015, 4(1): 9–27.
- [20] JOSHI R, GULATI A. Fractionation and identification of minor and aroma-active constituents in Kangra orthodox black tea [J]. *Food Chem*, 2015, 167: 290–298.
- [21] 田甜, 韦锦坚, 文金华, 等. 不同季节凌云白毫绿茶的香气成分差异分析[J]. *食品科学*, 2020, 41(22): 252–259.
TIAN T, WEI JJ, WEN JH, *et al.* Seasonal variability of aroma components of Lingyun Pekoe green tea [J]. *Food Sci*, 2020, 41(22): 252–259.
- [22] 刘洋, 刘雅芳, 林智, 等. 白茶贡眉的香气组成与关键呈香成分分析[J]. *食品科学*, 2021, 42(24): 183–190.
LIU Y, LIU YF, LIN Z, *et al.* Study on volatile components and key aroma-active compounds in white tea of Gongmei [J]. *Food Sci*, 2021, 42(24): 183–190.
- [23] LI H, LUO L, MA M, *et al.* Characterization of volatile compounds and sensory analysis of jasmine scented black tea produced by different scenting processes [J]. *J Food Sci*, 2018, 83(11): 2718–2732.
- [24] 狄德荣. “安吉红茶”理化成分分析及呈香活性成分鉴定[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
DI DR. Analysis of physicochemical components and identification of aroma-presenting active ingredients of “Anji black tea” [D]. Hangzhou: Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2014.
- [25] 舒庆龄, 赵和涛. 祁门红茶香气成分的初步研究[J]. *植物学报*, 1991, 33(3): 226–231.
SHU QL, ZHAO HT. Preliminary studies on flavour volatiles in Qimen black tea [J]. *Acta Bot Sin*, 1991, 33(3): 226–231.
- [26] 郭丽, 彭群华, 赵锋, 等. 不同等级新九曲红梅茶的风味化学特征[J]. *食品科学*, 2021, 42(4): 215–220.
GUO L, PENG QH, ZHAO F, *et al.* Flavor chemistry characteristics of New Jiuqu Hongmei tea of different grade levels [J]. *Food Sci*, 2021, 42(4): 215–220.
- [27] SHI J, XIE D C, QI DD, *et al.* methyl jasmonate-induced changes of flavor profiles during the processing of green, oolong, and black tea [J]. *Front Plant Sci*. 2019, 10: 781.
- [28] 谢诚, 欧昌荣, 曹锦轩, 等. 全二维气相色谱-飞行时间质谱法分析糟带鱼挥发性风味成分[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(2): 234–243.
XIE C, OU CR, CAO JX, *et al.* Analysis of the volatile compounds of vinasse hairtail through two comprehensive dimensional gas chromatography-time of flight mass spectrometry [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2014, 30(2): 234–243.
- [29] 彭云, 李果, 刘学艳, 等. 不同产地红茶香气品质的 SPME/GC-MS 分析[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(9): 228–235.
PENG Y, LI G, LIU XY, *et al.* SPME/GC-MS analysis of aroma quality of black tea from different producing areas [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2021, 42(9): 228–235.
- [30] 颜廷宇, 林洁鑫, 朱建新, 等. 电子鼻和 GC-MS 结合化学计量学应用于高香红茶与传统工夫红茶香气特征的研究[J/OL]. *食品工业科技*: 1-14. [2022-03-30]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20220330.0958.011.html> [2022-06-18].
YAN TY, LIN JX, ZHU JX, *et al.* Analysis of E-nose and GC-MS combined with chemometrics applied to the aroma characteristics of high aroma black tea and traditional black tea [J/OL]. *Sci Technol Food Ind*: 1-14. [2022-03-30]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20220330.0958.011.html> [2022-06-18].

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

作者简介



张静, 博士, 讲师, 主要研究方向为茶叶功能成分及品质化学。
E-mail: zhangjingjing8509@163.com



刘建军, 博士, 副教授, 主要研究方向为茶叶加工, 茶叶功能成分及品质化学。
E-mail: junjian.liu@163.com