

斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶主要香气成分比较分析

李金龙, 杨盛美, 李友勇, 段志芬, 刘本英, 唐一春*

(云南省农业科学院茶叶研究所/云南省茶学重点实验室, 昆明 666200)

摘要: 目的 比较分析斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶香气成分及含量的差异性, 探索区分两地红碎茶差异的主要香气成分。**方法** 采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定斯里兰卡红碎茶及滇红碎茶样品的香气成分, 通过主成分分析法比较斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶香气成分特征差异性, 根据第一主成分贡献值大小, 筛选出决定区分两地红碎茶差异的主要香气成分。**结果** 两地红碎茶样品共分析到香气化合物 40 种, 以醛类、酮类、酯类、醇类为主, 香气成分及含量相近, 但略有差异。其中滇红碎茶的反-2-己烯醛(C13)、苯乙醇(C19)、香叶醇(C9)、壬醛(C26)香气成分明显高于斯里兰卡红碎茶(高出 80%以上), 滇红碎茶的二氢猕猴桃内酯(C15)、吡啶(C10)香气成分明显低于斯里兰卡红碎茶(低出 50%以上)。其中, 滇红碎茶的烯类香气成分比斯里兰卡红碎茶高出最为明显(高出 53.53%), 滇红碎茶的吡啶类香气成分比斯里兰卡红碎茶低出最为明显(低出 52.48%)。两类红碎茶中, 水杨酸甲酯(C1)占比最高, 在斯里兰卡红碎茶中最高可达 26.60%, 在滇红碎茶中最高可达 29.79%。斯里兰卡红碎茶和滇红碎茶中, 酯类和醇类含量最高, 酯类在斯里兰卡红碎茶中最高可达 34.38%, 在滇红碎茶中最高可达 35.69%, 醇类在斯里兰卡红碎茶中最高可达 32.48%, 在滇红碎茶中最高可达 34.84%。各香气成分中二氢猕猴桃内酯(C15)、反-戊酸-2-己烯酯(C29)最能代表斯里兰卡红碎茶香气特征, α -萜品醇(C30)、橙花醇(C40)最能代表滇红碎茶香气成分特征。**结论** 对香气成分进行分析, 可明显区分斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶的特征。

关键词: 斯里兰卡红碎茶; 滇红碎茶; 香气成分

Comparative analysis of main aroma components between Sri Lanka broken black tea and Yunnan broken black tea

LI Jin-Long, YANG Sheng-Mei, LI You-Yong, DUAN Zhi-Fen, LIU Ben-Ying, TANG Yi-Chun*

(Tea Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yunnan Key Laboratory of Tea Science, Kunming 666200, China)

ABSTRACT: Objective To compare and analyze the differences of aroma components between Sri Lanka broken

基金项目: 云南省科技厅重大科技专项项目(2018ZG009)、国家种质资源平台项目(勐海)(NICGR-2019-064)、云南省重大科技专项计划项目(202102AE090038)、云南省绿色食品品牌打造科技支撑行动(茶叶)专项项目

Fund: Supported by the Major Science and Technology Projects of Yunnan Science and Technology Department (2018ZG009), the National Germplasm Resources Platform (Menghai) (NICGR-2019-064), the Construction of World Big Leaf Tea Technology Innovation Center and Achievement Industrialization (202102AE090038), and the Green Food Brand Building Science and Technology Support Action (Tea) Special Project of Yunnan Province

*通信作者: 唐一春, 研究员, 主要研究方向为茶树种质资源与遗传育种研究。E-mail: tyc188@126.com

*Corresponding author: TANG Yi-Chun, Professor, Tea Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, 2238 Beijing Road, Kunming 666200, China. E-mail: tyc188@126.com

black tea and Yunnan broken black tea, and explore the main aroma components that distinguish the differences of broken black tea between 2 places. **Methods** The aroma components of Sri Lanka broken black tea and Yunnan broken black tea were determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The differences of aroma components between Sri Lanka broken black tea and Yunnan broken black tea were compared by principal component analysis. According to the contribution value of the first principal component, the main aroma components that determined the difference between 2 places were selected. **Results** A total of 40 aroma compounds were identified, which were mainly aldehydes, ketones, esters and alcohols. The aroma components and contents were similar, but slightly different. The aroma components of trans-2-hexenal (C13), phenylethanol (C19), geraniol (C9) and nonanal (C26) in Yunnan black tea were significantly higher than those in Sri Lanka black tea (more than 80%). The aroma components of dihydroactinidin (C15) and indole (C10) in Yunnan black broken tea were significantly lower than those in Sri Lanka broken tea (more than 50%), the alkene aroma component of Yunnan broken tea was 53.53% higher than that of Sri Lanka broken tea, and the indole aroma component of Yunnan broken tea was 52.48% lower than that of Sri Lanka broken black tea. Among 2 types of broken black tea, methyl salicylate (C1) accounted for the highest proportion, reaching 26.60% in Sri Lanka broken black tea and 29.79% in Yunnan broken black tea. The content of esters and alcohols in Sri Lanka broken black tea and Yunnan broken black tea were the highest, which esters reaching 34.38% in Sri Lanka broken black tea, 35.69% in Yunnan broken black tea, alcohols reaching 32.48% in Sri Lanka broken black tea and 34.84% in Yunnan broken black tea. Among the aroma components, dihydrokiwifruit lactone (C15) and trans-valerate-2-hexenyl ester (C29) were the most representative of the aroma characteristics of Sri Lanka broken black tea, while α -terpineol (C30) and nerol (C40) were the most representative of the aroma characteristics of Yunnan black tea. **Conclusion** The analysis of aroma components can clearly distinguish the characteristics of Sri Lanka broken black tea and Yunnan broken black tea.

KEY WORDS: Sri Lanka broken black tea; Yunnan broken black tea; aroma components

0 引言

红茶是世界第一大茶类, 在全盛时期, 红茶的世界贸易量达 85%^[1], 欧美发达国家偏好红茶, 主要进口斯里兰卡、印度、肯尼亚的红茶, 而中国的红茶在加工技术、质量、品质方面远远比不上斯里兰卡、肯尼亚的红茶品质^[2]。其中, 红茶又以红碎茶为主。对于我国红茶与世界红茶的区别, 不同学者分别在感官评审、品质成分上进行了分析。潘彬^[3]通过对比中国、印度、斯里兰卡、肯尼亚 4 个国家在茶叶开汤、审评方面的异同, 发现在这方面已经出现差别。4 个国家茶叶开汤流程一样, 但茶叶取样量、加水量、冲泡时长各有差异。杨盛美等^[4]通过比较分析茶树品种与肯尼亚茶树品种的红碎茶品质, 发现云南茶树品种与肯尼亚品种加工的红碎茶中茶多酚、咖啡碱、氨基酸、水浸出物及茶黄素、茶红素、茶褐素含量差异均不显著, 但是云南红碎茶中氨基酸、茶黄素含量总体低于肯尼亚红碎茶。

另外以红茶的生产标准、茶叶品质、加工工艺、矿物质元素为参考, 可分析影响红碎茶品质差异的原因。杨庆渝等^[5]提出我国红茶标准基本理化指标应该与国际标准接轨, 而且有害微生物标准、农药残留标准、重金属标准有待进一步加强。宋楚君等^[6]研究发现儿茶素类及其氧化产物生物碱和有机酸类物质为醇厚型红茶中主要滋味贡献物质, 而“清

鲜”滋味特征主要由茶汤中的游离氨基酸造成。黄维等^[7]讨论了加工工艺对红茶品质有重要影响, 是红茶品质形成的主要因素之一。赵恬欢等^[8]通过对 5 个国家红茶矿质元素含量进行统计学分析, 发现矿质元素 Al、Fe、V、K、Ni、Cu、Ba、Na 是主要影响因子。多数研究主要是通过香气成分含量的相对多少来确定主要香气成分对红茶品质的贡献程度, 但缺少微量香气成分对茶叶品质影响作用的研究。

本研究通过气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)测定斯里兰卡红碎茶样品和滇红碎茶样品的香气成分, 通过主成分分析法对香气成分及含量的差异性进行比较分析, 筛选出主要影响红碎茶香气品质特征的香气成分, 以期为我国红碎茶品质和市场竞争力的提升提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验材料来源: 斯里兰卡红碎茶样品 5 份及云南省凤庆县红碎茶样品 3 份, 斯里兰卡 CTC (crush tear curl)红碎茶分别选自代表斯里兰卡高、中、低海拔的主产茶区(Dimbula、Uva、Nuwara Eliya、Kandy、Ruhuna)生产的切碎-撕裂-卷曲红茶, 简称为 CTC 红碎茶, 由斯里兰卡茶叶研究所 Mahasen A B Ranatunga 博士提供。滇 CTC 红碎茶选取云南红茶主产

地凤庆县生产的3个级别的CTC红碎茶样。两地红碎茶加工方式均为CTC揉切机加工,可能在具体工艺参数上有所不同。由于斯里兰卡茶区与云南茶区的地理环境及气候条件存在一定差异,在茶园栽培管理措施上存在一定差异。斯里兰卡红碎茶1~5号代表了代表斯里兰卡高、中、低海拔的主产区生产的CTC茶样,是斯里兰卡CTC红碎茶的典型茶样,也是属于出口茶样。云南红碎茶1~3号选自云南红茶主产区凤庆县,代表了云南主产的1~3级别的红碎茶样,其主要也是属于出口茶样。将各茶样进行编号,具体如表1所示。

癸酸乙酯(纯度99%,美国Sigma-Aldrich公司)。

1.2 仪器设备

SPME手动固相萃取进样器、DVB/CAR/PDMS固相微萃取头(50/30 μm)(美国Supelco公司);7890A气相色谱仪、5975C质谱仪(美国Agilent公司);HHS型恒温水浴锅(上海博迅实业有限公司医疗设备厂);Milli-RO PLUS 30纯水机(法国Millipore公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

采用顶空固相萃取(head space-solid phase micro-extraction, HS-SPME)富集香气成分^[9]。准确称取1 g茶样放入萃取瓶中,加入30 mL沸水,加入10 μL的内标(90 mg/L 癸酸乙酯),然后将装有50/30 μm DVB/CAR/PDMS萃取头(实验前在250 °C老化15 min)的SPME手动固相萃取进样器,通过瓶盖的橡皮垫插入到萃取瓶中,在50 °C水浴中平衡10 min,推出纤维头,吸附50 min后,取出并立即插入气相色谱仪的进样口中,解吸附3 min,同时启动仪器收集数据。

1.3.2 仪器条件

(1)色谱条件

安捷伦HB-5MS(30 m×0.32 mm, 0.25 μm)弹性石英毛细管柱;进样口温度为240 °C,电子捕获检测器(electron capture detector, ECD)温度为250 °C;载气为高纯氮气,流速为1.0 mL/min。柱温程序:50 °C保持5 min,以3 °C/min升至180 °C保持2 min,然后以10 °C/min升至250 °C保持3 min;实验中尽量将峰分开,保证峰形的对称完整,然后

通过质谱进行定性分析。

(2)质谱条件

电子轰击离子(electron impact ion, EI)电离能量为70 eV,质量扫描范围为50~600 amu,离子源温度为230 °C,四极杆温度为150 °C,质谱传输线温度为280 °C。

1.3.3 香气成分含量的测定

由气相色谱-质谱法分析得到的质谱数据经计算机在NIST 98.L标准谱库进行检索,查对有关质谱资料,对基峰、质核比和相对峰度等进行分析,结合保留时间和质谱分别对各峰加以确认。采用峰面积归一法定量,得到各组分的相对含量。

1.3.4 数据处理

采用Excel、R4.0.3软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 两类红碎茶香气成分及化合物分类分析

2.1.1 两类红碎茶香气成分及含量分析

如表2所示,斯里兰卡红碎茶和滇红碎茶8个样品,共检测出40种香气成分,各香气成分总体含量相近,但略有差异。其中滇红碎茶有16种香气成分含量高于斯里兰卡红碎茶,22种香气成分低于斯里兰卡红碎茶,2种香气成分与斯里兰卡红碎茶含量相等。滇红碎茶的反-2-己烯醛(C13)、苯乙醇(C19)、香叶醇(C9)、壬醛(C26)香气成分高于斯里兰卡红碎茶,分别高出110.00%、108.73%、93.64%、84.91%,二氢猕猴桃内酯(C15)、吡啶(C10)香气成分滇红碎茶低于斯里兰卡红碎茶(50%以上),分别低至56.19%、52.38%。

从各香气物质所占香气化合物总量的比重来看,水杨酸甲酯(C1)含量占比最高,斯里兰卡红碎茶(21.35%~26.60%)比滇红碎茶(18.49%~29.79%)含量范围跨度略小,斯里兰卡红碎茶最高可达26.60%,滇红碎茶最高可达29.79%,二者均值相近。 β -芳樟醇(C2)占比仅低于水杨酸甲酯(C1),斯里兰卡红碎茶(9.63%~15.29%)比滇红碎茶(11.80%~13.84%)含量范围跨度略大,斯里兰卡红碎茶 β -芳樟醇(C2)含量最高可达15.29%,滇红碎茶含量最高可达13.84%,其均值相近。

表1 CTC红碎茶样品信息
Table 1 Sample information of crush tear curl black tea

编号	名称	产地	生产日期	来源
1	斯 CTC 1 号	Dimbula, Sri Lanka	2018.6	斯里兰卡茶叶研究所提供
2	斯 CTC 2 号	Uva, Sri Lanka	2018.6	斯里兰卡茶叶研究所提供
3	斯 CTC 3 号	Nuwara Eliya, Sri Lanka	2018.6	斯里兰卡茶叶研究所提供
4	斯 CTC 4 号	Kandy, Sri Lanka	2018.6	斯里兰卡茶叶研究所提供
5	斯 CTC 5 号	Ruhuna, Sri Lanka	2018.6	斯里兰卡茶叶研究所提供
6	滇 CTC 1 号	云南省凤庆县	2018.8	凤庆县三宁茶业有限责任公司提供
7	滇 CTC 2 号	云南省凤庆县	2018.8	凤庆县三宁茶业有限责任公司提供
8	滇 CTC 3 号	云南省凤庆县	2018.8	凤庆县三宁茶业有限责任公司提供

表 2 不同种类红碎茶香气成分及相对含量(%)
Table 2 Aroma components and relative content of different kinds of broken black tea (%)

编号	香气组分	1	2	3	4	5	斯均值	6	7	8	滇均值	高出 百分比 /%
		斯 CTC1	斯 CTC2	斯 CTC3	斯 CTC4	斯 CTC5		滇 CTC1	滇 CTC2	滇 CTC3		
C1	水杨酸甲酯	26.60	23.53	23.74	22.33	21.35	23.51	29.79	20.49	18.49	22.92	-2.51
C2	β -芳樟醇	13.72	6.81	15.29	10.53	9.63	11.20	13.84	12.75	11.80	12.80	14.29
C3	反-2-反-4-庚二烯醛	6.24	6.63	2.98	6.53	5.53	5.58	2.43	4.27	5.11	3.94	-29.39
C4	β -紫罗酮	5.57	9.15	7.28	9.53	10.80	8.47	4.69	6.88	8.53	6.70	-20.90
C5	橙花叔醇	4.35	5.25	5.61	4.18	4.46	4.77	4.74	3.95	3.81	4.17	-12.58
C6	苯甲醛	3.58	2.71	2.61	4.61	5.37	3.78	2.91	7.64	6.68	5.74	51.85
C7	反,反-3,5-辛二烯-2-酮	2.95	3.10	1.63	2.61	2.40	2.54	0.95	1.56	1.97	1.49	-41.34
C8	顺-己酸-3-己烯酯	2.79	3.08	4.22	2.49	2.19	2.95	2.33	2.17	1.77	2.09	-29.15
C9	香叶醇	2.67	3.01	6.99	2.87	0.96	3.30	8.19	5.43	5.54	6.39	93.64
C10	吡嗪	2.51	1.98	2.53	1.40	1.05	1.89	1.15	0.72	0.83	0.90	-52.38
C11	反香叶基丙酮	2.45	5.28	4.43	4.09	3.58	3.97	2.49	2.29	2.82	2.53	-36.27
C12	氧化芳樟醇	2.31	1.20	1.65	1.13	0.69	1.40	2.80	1.78	1.65	2.08	48.57
C13	反-2-己烯醛	1.99	1.82	0.52	2.42	1.24	1.60	1.78	4.11	4.20	3.36	110.00
C14	β -环柠檬醛	1.89	1.30	1.16	1.59	2.14	1.62	1.15	1.70	1.81	1.55	-4.32
C15	二氢猕猴桃内酯	1.85	3.68	2.44	3.54	3.42	2.99	1.03	1.24	1.65	1.31	-56.19
C16	α -紫罗酮	1.42	2.61	1.57	2.08	2.76	2.09	1.53	2.46	3.08	2.36	12.92
C17	5,6-环氧- β -紫罗酮	1.15	2.28	1.52	2.20	2.09	1.85	0.81	1.22	1.58	1.20	-35.14
C18	氧化芳樟醇 1	1.09	0.62	0.81	0.69	0.63	0.77	1.20	0.89	0.96	1.02	32.47
C19	苯乙醇	1.03	1.07	0.82	0.98	2.40	1.26	2.28	2.73	2.87	2.63	108.73
C20	α -法尼烯	1.00	1.17	1.42	1.01	1.87	1.29	1.96	2.37	1.63	1.99	54.26
C21	2-正戊基呋喃	1.00	0.89	0.74	0.79	0.92	0.87	0.67	0.82	0.62	0.70	-19.54
C22	己酸己配	0.96	1.21	1.18	0.81	0.87	1.01	0.99	0.94	0.76	0.90	-10.89
C23	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	0.91	1.22	0.93	1.74	1.82	1.32	1.48	2.00	1.89	1.79	35.61
C24	3,5-辛二烯-2-酮	0.86	1.14	0.51	0.95	1.11	0.91	0.48	0.66	0.77	0.64	-29.67
C25	顺-3-己烯基- α -甲基丁酸酯	0.85	0.78	0.80	0.73	0.52	0.74	0.52	0.47	0.39	0.46	-37.84
C26	壬醛	0.81	0.60	0.31	0.38	0.56	0.53	0.64	1.16	1.14	0.98	84.91
C27	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.78	0.90	0.50	0.79	0.70	0.73	0.36	0.63	0.71	0.57	-21.92
C28	癸醛	0.75	0.62	0.23	0.57	0.59	0.55	0.72	0.70	0.81	0.74	34.55
C29	反-戊酸-2-己烯酯	0.75	1.04	1.03	0.98	1.13	0.99	0.69	0.61	0.54	0.61	-38.38
C30	α -萜品醇	0.74	0.55	0.61	0.53	0.57	0.60	0.89	0.86	0.75	0.83	38.33
C31	反-丁酸-3-己烯酯	0.58	0.40	0.75	0.39	0.39	0.50	0.34	0.26	0.23	0.28	-44.00
C32	反,反-2,4-癸二烯醛	0.52	0.68	0.23	0.59	0.35	0.47	0.20	0.33	0.39	0.31	-34.04
C33	反-2-壬烯醛	0.52	0.35	0.42	0.48	0.53	0.46	0.38	0.52	0.61	0.50	8.70
C34	β -达马烯酮	0.49	0.62	0.62	0.81	1.88	0.88	0.68	0.53	0.50	0.57	-35.23
C35	藏红花醛	0.41	0.27	0.33	0.38	0.73	0.42	0.80	0.71	0.69	0.73	73.81
C36	反,反-2,4-壬二烯醛	0.41	0.70	0.29	0.48	0.57	0.49	0.27	0.52	0.67	0.49	0.00
C37	3-己烯-1-醇	0.40	0.31	0.41	0.50	0.31	0.39	0.35	0.26	0.26	0.29	-25.64
C38	脱氢- β -紫罗兰酮	0.38	0.44	0.32	0.53	0.94	0.52	0.62	0.43	0.51	0.52	0.00
C39	6-甲基-5-乙基-3-庚烯-2-酮	0.38	0.65	0.28	0.37	0.60	0.46	0.32	0.45	0.52	0.43	-6.52
C40	橙花醇	0.34	0.35	0.29	0.39	0.35	0.34	0.55	0.49	0.46	0.50	47.06

2.1.2 两类红碎茶香气化合物分类分析

如表 3 所示, 在 40 种香气成分中。其中醛类 11 种、酮类 10 种、醇类 9 种、酯类 7 种、烯类 1 种、吡啶 1 种、呋喃 1 种, 酯类、醇类、酮类、醛类化合物是构成两类红碎茶香气特征的主要物质。其中烯类香气成分滇红碎茶比斯里兰卡红碎茶高出最为明显, 高出 53.53%, 吡啶类香气成分滇红碎茶比斯里兰卡红碎茶低出最为明显, 低出 52.48%。

各香气成分中, 酯类占比最高, 斯里兰卡红碎茶(29.87%~34.38%)比滇红碎茶(23.83%~35.69%)范围跨度相对较小, 斯里兰卡红碎茶最高可达 34.38%, 滇红碎茶最高可达 35.69%。其次为醇类, 斯里兰卡红碎茶(19.17%~32.48%)比滇红碎茶(28.10%~34.84%)总体含量相对较低, 酮类和醛类含量相近, 处于中等水平。呋喃类、烯类、吡啶类香气成分占比最低。

2.2 斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶主成分分析及各香气成分贡献度

2.2.1 斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶 8 个样品主成分分析

对斯里兰卡红碎茶和滇红碎茶 8 个茶样进行主成分分析, 由图 1 可知, 主成分 1 (Dim1) 和主成分 2 (Dim2) 分别占变化的 37.7% 和 32.5%, 该主成分分析的 2 个成分共代表总变化的 70.2%。第一主成分将 8 个样品分成两类, 样品 6、7、8 号为一类, 样品 1、2、3、4、5 号为另一类, 说明斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶是两类不同类别的样品。其中样品 2 号最能代表斯里兰卡红碎茶特征, 样品 7 号最能代表滇红碎茶特征。

2.2.2 各香气成分贡献度

由图 1 横纵坐标轴两侧各香气成分贡献度可知, 以第一主成分(Dim1)为分界, 右侧样品为 1、2、3、4、5 号样品, 代表斯里兰卡红碎茶, 其贡献值为正, 左侧样品为 6、7、8 号样品, 代表滇红碎茶, 其贡献值为负, 分析发现各香气成分中二氢猕猴桃内酯(C15)、反-戊酸-2-己烯酯(C29)、反香叶基丙酮(C11)最能代表斯里兰卡红碎茶香气特征, α -萜品醇(C30)、橙花醇(C40)、藏红花醛(C35)最能代表滇红碎茶香

气成分特征。虽然水杨酸甲酯(C1)相对含量最高, 但对斯里兰卡红碎茶香气特征的代表性最差, 同样脱氢- β -紫罗酮(C38)对滇红碎茶香气特征的代表性最差。

3 结论与讨论

研究表明, 两地红碎茶水杨酸甲酯(C1)含量占比最高, 其次为 β -芳樟醇(C2), 反-2-反-4-庚二烯醛(C3)、 β -紫罗酮(C4)相对含量均在 5% 以上。说明这几类香气成分在很大程度上决定了茶叶的香气特征。水杨酸甲酯^[10-13]、反-2-反-4-庚二烯醛、 β -紫罗酮^[14-16]、芳樟醇及其氧化物^[17]均带有独特的香气特征, 而红茶香气形成与原料生态环境、加工工艺有密切的联系。结合两地特征性香气的差异及前人研究结果, 由于斯里兰卡茶园独特的气候条件、海拔高度、土壤质地^[18]、加工工艺^[1], 茶树品种^[19]更有可能促进二氢猕猴桃内酯(C15)、反-戊酸-2-己烯酯(C29)香气成分的合成; 滇红茶园气候条件及加工工艺^[20-22]有可能会促进 α -萜品醇(C30)、橙花醇(C40)的合成。本研究中酯类含量最高, 而醛类和醇类化合物略低于酯类, 一方面是由于 CTC 红碎茶通过撕裂等特殊加工方式使茶叶细胞损伤, 促进其内含物质的降解、转化; 另一方面是与传统工艺相比, CTC 萎凋较轻, 发酵能力更强, 使醇类转化为酯类^[23]。王秋霜等^[24]的研究与本研究结果部分一致, 但本研究提出二氢猕猴桃内酯(C15)、反-戊酸-2-己烯酯(C29)均能很大程度地代表斯里兰卡红碎茶香气特征。此外, 任洪涛等^[25]也提出云南红茶中具有含量较高的醇类和醛类物质对红茶香气品质起着重要贡献。原因有 3 方面: (1)比较对象不同, 该研究中是斯里兰卡红茶与祁门红茶和英红九号红茶进行对比, 而本研究中是斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶进行对比; (2)分析方法不同, 该研究中指示性香气成分是以含量相对高低得出, 而本研究中是以通过主成分分析将滇红碎茶与斯里兰卡红碎茶进行区分, 再通过各香气对主成分贡献值来确定指示性香气成分; (3)产品规格不同, 不同规格的红碎茶香气成分及含量也有明显区别^[26]。

表 3 不同香气成分的含量(%)
Table 3 Content of different aroma components (%)

编号	组分名称	酯	醇	酮	醛	吡啶	烯	呋喃
1	斯 CTC1	34.38	26.65	16.43	18.03	2.51	1.00	1.00
2	斯 CTC2	33.72	19.17	26.17	16.90	1.98	1.17	0.89
3	斯 CTC3	34.16	32.48	18.66	10.01	2.53	1.42	0.74
4	斯 CTC4	31.27	21.80	23.96	19.77	1.40	1.01	0.79
5	斯 CTC5	29.87	20.00	26.86	19.43	1.05	1.87	0.92
	斯-均值	32.68	24.02	22.42	16.83	1.89	1.29	0.87
6	滇 CTC1	35.69	34.84	12.93	12.76	1.15	1.96	0.67
7	滇 CTC2	26.18	29.14	17.11	23.66	0.72	2.37	0.82
8	滇 CTC3	23.83	28.10	20.99	24.0	0.83	1.63	0.62
	滇-均值	28.57	30.69	17.01	20.14	0.90	1.99	0.70
	高出百分比/%	-12.59	27.78	-24.12	19.68	-52.48	53.53	-18.97

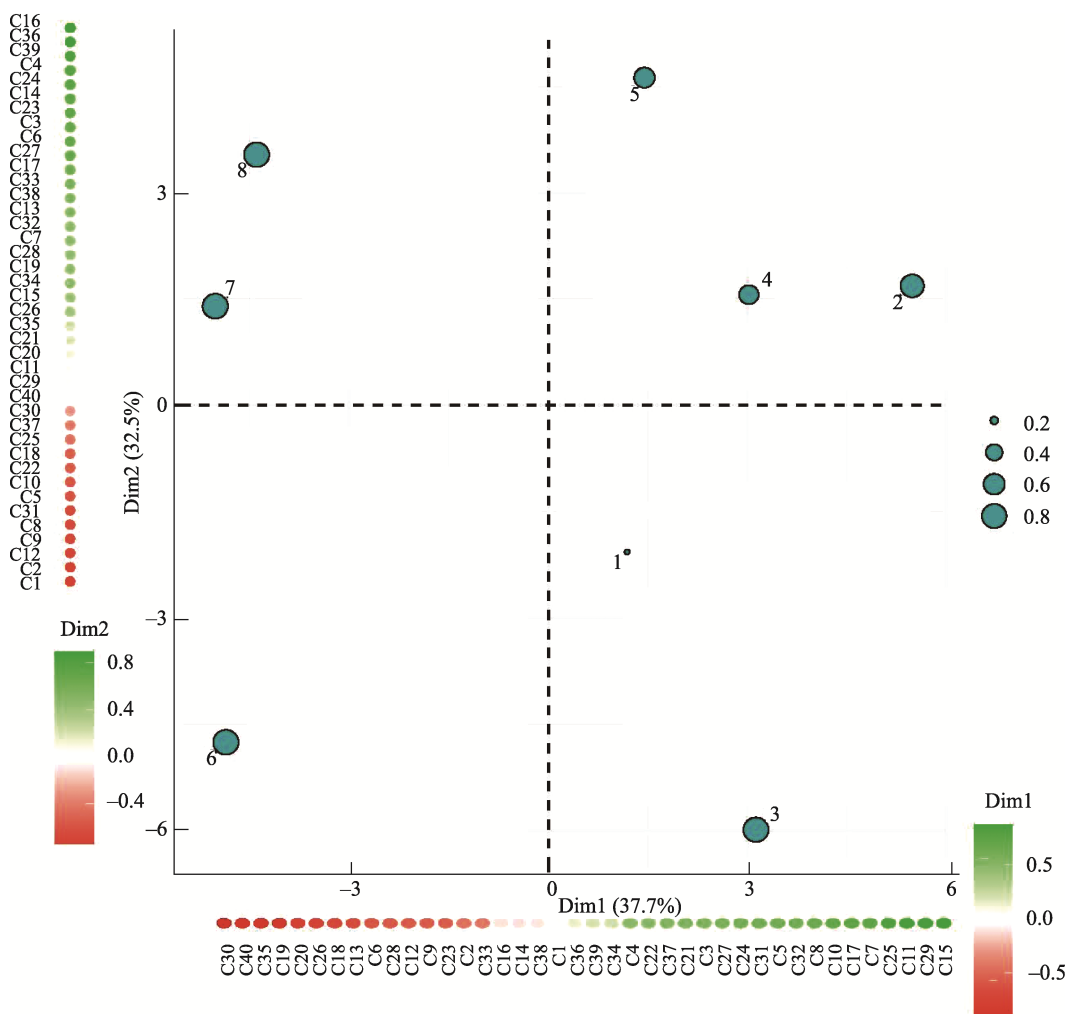


图 1 样品主成分分析及各香气成分贡献度
Fig.1 Principal component analysis and contribution of various aroma components

综上所述, 本研究通过主成分分析法可明显区分斯里兰卡红碎茶与滇红碎茶香气特征。两类红碎茶中, 水杨酸甲酯(C1)占比最高, 二氢猕猴桃内酯(C15)、反-戊酸-2-己烯酯(C29)最能代表斯里兰卡红碎茶香气特征, α -萜品醇(C30)、橙花醇(C40)最能代表滇红碎茶香气特征, 可为不同茶类的区分鉴别提供参考。

参考文献

[1] 谢丰镐. 红茶国际市场广阔出口前景非常光明[J]. 茶博览, 2019, (5): 92-94.
XIE FH. Black tea has a broad international market and bright export prospects [J]. Tea Exp, 2019, (5): 92-94.
[2] 许咏梅, 施云峰. 中国红茶出口国际市场的竞争力比较分析—中国与斯里兰卡、印度、肯尼亚、印度尼西亚等国的比较[J]. 茶叶, 2018, 44(4): 183-186.
XU YM, SHI YF. Comparative analysis on the competitiveness of China's black tea export in the international market—Comparison between China and Sri Lanka, India, Kenya, Indonesia and other countries [J]. Tea, 2018,

44(4): 183-186.
[3] 潘彬. 世界主要产茶国红碎茶感官审评异同点比较[J]. 中国茶叶, 2019, 41(2): 38-42.
PAN B. Comparison of similarities and differences in sensory evaluation of broken black tea in major tea producing countries in the world [J]. China Tea, 2019, 41(2): 38-42.
[4] 杨盛美, 唐一春, 段志芬, 等. 云南茶树品种与肯尼亚茶树品种的红碎茶品质成分比较研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(22): 136-141.
YANG SM, TANG YC, DUAN ZF, et al. Comparative study on quality components of broken black tea between Yunnan tea varieties and Kenya tea varieties [J]. Chin Agron Bull, 2019, 35(22): 136-141.
[5] 杨庆渝, 常采. 中国与斯里兰卡茶叶标准比对分析[J]. 标准科学, 2019, (7): 17-20.
YANG QY, CHANG G. Comparative analysis of tea standards between China and Sri Lanka [J]. Stand Sci, 2019, (7): 17-20.
[6] 宋楚君, 范方媛, 龚淑英, 等. 不同产地红茶的滋味特征及主要贡献物质[J]. 中国农业科学, 2020, 53(2): 383-394.
SONG CJ, FAN FY, GONG SY, et al. Taste characteristics and main contributing substances of black tea from different producing areas [J].

- Chin Agric Sci, 2020, 53(2): 383-394.
- [7] 黄维, 胡秀, 廖金梅, 等. 加工工艺对工夫红茶品质特点影响的研究进展[J]. 茶业通报, 2021, 43(1): 32-36.
HUANG W, HU X, LIAO JM, *et al.* Research progress on the influence of processing technology on the quality characteristics of Gongfu black tea [J]. Tea Ind Bull, 2021, 43(1): 32-36.
- [8] 赵恬欢. 不同地区红茶矿质元素分析及产地特征研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.
ZHAO TH. Mineral element analysis and origin characteristics of black tea from different regions [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015
- [9] 郑鹏程, 刘盼盼, 龚自明, 等. 湖北红茶特征性香气成分分析[J]. 茶叶科学, 2017, 37(5): 465-475.
ZHENG PC, LIU PP, GONG ZM, *et al.* Analysis of characteristic aroma components of Hubei black tea [J]. Tea Sci, 2017, 37(5): 465-475
- [10] 李家贤, 何玉媚, 黄华林, 等. 英红 6 号红茶香气成分的研究[J]. 广东农业科学, 2009, (12): 37-38.
LI JX, HE YM, HUANG HL, *et al.* Study on aroma components of Yinghong No.6 black tea [J]. Guangdong Agric Sci, 2009, (12): 37-38.
- [11] 张俊, 唐一春, 包云秀, 等. 佛香茶与大叶茶香气特征比较[J]. 西南农业学报, 2005, (2): 183-185.
ZHANG J, TANG YC, BAO YX, *et al.* Comparison of aroma characteristics between Fuxiang tea and Daye tea [J]. J Southwest Agric, 2005, (2): 183-185.
- [12] 孙彦. 杭白菊和龙井茶香气成分研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
SUN Y. Study on aroma components of Hangbaiju and Longjing tea [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [13] 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.
WANG QS, CHEN D, XU YQ, *et al.* Comparative study on aroma components of Guangdong black tea [J]. Tea Sci, 2012, 32(1): 9-16.
- [14] ZHENG CH, KIM TH, KIM KH, *et al.* Character-ization of potent aroma compounds in *Cgrysanthemum coronarium* L. (Garland) using aroma extract dilution analysis [J]. Flavour Frag J, 2004, 19: 401-405.
- [15] 降升平, 张小红, 张玲玲, 等. 4 个品种茶叶的香气成分比较[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(15): 66-70.
JIANG SP, ZHANG XH, ZHANG LL, *et al.* Comparison of aroma components of four kinds of tea [J]. Food Res Dev, 2013, 34(15): 66-70.
- [16] 钟秋生, 吕海鹏, 林智, 等. 东方美人茶和铁观音香气成分的比较研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 182-186.
ZHONG QS, LV HP, LIN Z, *et al.* Comparative study on aroma components of oriental beauty tea and Tieguanyin [J]. Food Sci, 2009, 30(8): 182-186.
- [17] 赵和涛. 红茶香气形成机制及提高途径[J]. 蚕桑茶叶通讯, 1989, (4): 21-23.
ZHAO HT. Formation mechanism of black tea aroma and ways to improve it [J]. Sericul Tea Commun, 1989, (4): 21-23.
- [18] 邓西海, 蒋其鳌, 周凌云. 世界主要优质红茶化学成分与产地环境研究[J]. 土壤, 2008, (4): 672-675.
DENG XH, JIANG QAO, ZHOU LY. Study on the chemical composition and environment of the world's main high quality black tea [J]. Soil, 2008, (4): 672-675.
- [19] 王志岚, 陈亮. 斯里兰卡茶产业与茶树育种[J]. 世界农业, 2011, (9): 16-20.
WANG ZL, CHEN L. Tea industry and tea breeding in Sri Lanka [J]. World Agric, 2011, (9): 16-20.
- [20] 梁名志, 王平盛, 浦绍柳, 等. 云南红碎茶制造工艺初探[J]. 中国茶叶, 2003, (6): 24-25.
LIANG MZ, WANG PS, PU SL, *et al.* A preliminary study on the manufacturing technology of Yunnan red broken tea [J]. Chin Tea, 2003, (6): 24-25.
- [21] 张成仁. 滇红工夫茶的品质特征及加工技术[J]. 中国茶叶加工, 2018, (4): 58-62.
ZHANG CR. Quality characteristics and processing technology of Dianhong Gongfu tea [J]. Chin Tea Proc, 2018, (4): 58-62.
- [22] 邓少春, 梁名志, 田易萍, 等. 三个茶树新品种加工手工滇红碎茶品质对比研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(1): 125-129.
DENG SC, LIANG MZ, TIAN YP, *et al.* Comparative study on quality of handmade Dianhong broken tea processed by three new tea varieties [J]. Chin Agron Bull, 2016, 32(1): 125-129.
- [23] 刘洪林, 曾艺涛, 赵欣. HS-SPME-GC-MS 对传统红碎茶和 CTC 红碎茶挥发性化合物分析和比较[J]. 食品科学, 2019, 40(18): 248-252.
LIU HL, ZENG YT, ZHAO X. Analysis and comparison of volatile compounds in traditional broken black tea and CTC broken black tea by HS-SPME-GC-MS [J]. Food Sci, 2019, 40(18): 248-252.
- [24] 王秋霜, 乔小燕, 吴华玲, 等. 斯里兰卡五大区域红茶香气物质的 HS-SPME/GC-MS 研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(22): 128-133.
WANG QS, QIAO XY, WU HL, *et al.* Study on aroma compounds of black tea from five regions of Sri Lanka by HS-SPME/GC-MS [J]. Food Res Dev, 2016, 37(22): 128-133.
- [25] 任洪涛, 周斌, 方林江, 等. 云南红茶的香气特征研究[J]. 茶叶科学技术, 2012, (3): 1-8.
REN HT, ZHOU B, FANG LJ, *et al.* Study on aroma characteristics of Yunnan black tea [J]. Tea Sci Technol, 2012, (3): 1-8
- [26] 李真, 刘政权, 刘紫燕, 等. 国外红碎茶的香气特征[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(5): 692-699.
LI Z, LIU ZQ, LIU ZY, *et al.* Aroma characteristics of foreign broken black tea [J]. J Anhui Agric Univ, 2015, 42(5): 692-699.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



李金龙, 助理研究员, 主要研究方向为土壤与植物营养。

E-mail: 346644491@qq.com



唐一春, 研究员, 主要研究方向为茶树种质资源与遗传育种研究。

E-mail: tyc188@126.com