

加工处理对离蕊金花茶花朵不同部位挥发性组分的影响

Effects of processing on volatile components in different parts of the flowers from *Camellia liberofilamenta*

刘忠英¹ 方仕茂¹ 李 琴¹ 龙海燕² 邓伦秀²

LIU Zhong-ying¹ FANG Shi-mao¹ LI Qin¹ LONG Hai-yan² DENG Lun-xiu²

(1. 贵州省农业科学研究所茶业研究所, 贵州 贵阳 550006, 2. 贵州省林业科学研究院, 贵州 贵阳 550005)

(1. Tea Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guizhou, Guiyang 550006, China;

2. Guizhou Academy of Forestry Sciences, Guizhou, Guiyang 550005, China)

摘要:目的:探究加工工艺对离蕊金花茶花朵不同部位挥发性组分的影响。方法:以离蕊金花茶全花、花瓣和花蕊为材料,经摊放、微波杀青、干燥等加工处理,制成干样,分析加工处理对离蕊金花茶花朵不同部位挥发性组分的影响。结果:离蕊金花茶共鉴定出挥发性物质 73 种,主要为醇类、醛类、酮类、酯类、酸类、萜烯类和其他类,并以醇类和醛类为主。从挥发性物质种类和数量上,加工处理对全花的影响大于花蕊和花瓣。芳樟醇、肉桂酸甲酯、乙酸甲酯与离蕊金花茶挥发性组分呈负相关,醇类和醛类物质对干样全花挥发性组分贡献较大,C₆挥发性化合物对干样花瓣挥发性组分贡献较大,类胡萝卜素降解的挥发性化合物对干样花蕊挥发性组分贡献较大。结论:加工处理对离蕊金花茶花蕊、花瓣和全花不同部位所含挥发性物质组分种类、相对含量均存在一定差异,且主要贡献的挥发性物质不同,加工处理对全花的影响大于花蕊和花瓣。

关键词:HS-SPME-GC-MS;加工处理;离蕊金花茶;挥发性组分

Abstract: Objective: The effect of processing on the volatile fractions of different parts of the flowers of *Camellia liberofilamenta* was investigated. Methods: Different parts of the whole flowers, petals and stamens of *C. liberofilamenta* were

processed by spreading, microwave killing and drying to make dry samples, separately, and then the effect of processing on volatile components extracted from different parts of the flowers.

Results: A total of 73 kinds of volatile substances were identified, which were mainly alcohols, aldehydes, ketones, esters, acids, terpenes and others, and alcohols and aldehydes were the main volatile compounds. In terms of the type and quantity of volatile substances, the effect of processing on whole flower was greater than that on stamen and petal. Linalsol, methyl endolaurate and methyl acetate were negatively correlated to the volatile components of the tea. Alcohols and aldehydes contributed significantly to the volatile components of the whole dry flower, C₆ volatile compounds contributed significantly to the volatile components of the petals, and carotenoid degraded volatile compounds contributed significantly to the volatile components of the stamens. **Conclusion:** There are some differences in the types and relative contents of volatile substances in different parts of stamens, petals and whole flower, and the main contribution volatile substances are different. The influence of processing on whole flower is greater than that of stamens and petals.

Keywords: HS-SPME-GC-MS; process treatment; *Camellia liberofilamenta*; volatile fraction

基金项目:贵州省科技支撑项目(编号:黔科合支撑[2019]2252号);贵州省高层次创新型人才(编号:黔科合平台人才[2020]6017)

作者简介:刘忠英,女,贵州省农业科学院茶业研究所助理研究员,硕士。

通信作者:邓伦秀(1969—),女,贵州省林业科学研究院研究员,博士。E-mail:449073775@qq.com

收稿日期:2022-07-06 **改回日期:**2022-12-22

离蕊金花茶(*Camellia liberofilamenta* Hung T. Chang et C.H.Yang)果皮厚、雄蕊离生^[1],传统上常制成干花冲泡饮用。离蕊金花茶每年 9 月 28 日进入始花期,到 11 月 20 日花期结束,花期较长^[2]。加工处理可改变产品内含成分^[3]和香气前体物质^[4-5],促进产品风味品质形成,从而影响产品品质,同时亦是延长产品贮藏时间的有效手段。

顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用法

(HS-SPME-GC-MS)是目前风味组学、代谢组学中的重要检测技术之一,已被广泛应用于食品风味成分研究,具有用量少,操作简单,集分离、萃取、浓缩、进样为一体,灵敏度高、重现性好等优点^[6-7];主成分分析法(PCA)是将多个原始变量重组为少数相互无关的综合指标,并对综合指标按一定规则分类统计的多元统计方法,可根据各主成分的贡献率来分析数据间的规律性和差异^[8],目前融合 HS-SPME-GC-MS 与 PCA 分析食品类香气成分已有较多报道^[9-11]。金花茶挥发性物质研究方面,罗在桀等^[12]分析的金花茶组植物贵州金花茶香气主要由醇类、醛类和酮类构成;林炳慧^[13]鉴定了东兴金花茶叶、普通金花茶叶、显脉金花茶叶中挥发性成分分别为 75, 56, 55 种,主要成分为醇、醛和酮。离蕊金花茶芳香浓郁,然而,有关离蕊金花茶挥发性物质的相关报道仍较少。

研究拟以离蕊金花茶全花、花瓣和花蕊为研究对象,经摊放、微波杀青、干燥等加工处理,制成干样,采用 HS-SPME-GC-MS 检测其挥发性组分,并结合 PCA 分析加工处理对离蕊金花茶花朵不同部位挥发性组分的影响,旨在为离蕊金花茶花的挥发性物质研究提供理论参考。

1 材料与amp;方法

1.1 样品采集及处理

离蕊金花鲜样:2020 年 10 月中旬,采集秋季第一批次的离蕊金花茶鲜花,鲜样分为花蕊、花瓣和全花 3 种,样品用铝箔纸包裹后置于液氮浸没 5 min,转干冰中暂存,直至研磨成粉状,贵州省林科院。

加工处理:花蕊、花瓣摊放 5 h,杀青 1 次,10 s,65 ℃ 烘干机中烘至含水量 5%~7%,磨成粉状过 60 目筛,待测。全花摊放 14 h 后,花经微波杀青 2 次,至花萼部柔软,每次 2 min,后置干燥箱中 65 ℃,4 h,干燥 2 次,中间摊凉 30 min,干至含水量 5%~7%,磨成粉状过 60 目筛,待测。

1.2 试剂与仪器

C₅ ~ C₂₅ 正构烷烃混标:标准品,德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司;

气相一质谱联用仪:2010 型,日本岛津公司;

分析天平:PWC 124 型,上海京工实业有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-2 型,常州澳华仪器有限公司;

微波炉:M1-213C 型,广东美的厨房电器制造有限公司;

磨粉机:MJ-FP12X2-100 型,广东美的厨房电器制造有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9240A 型,上海一恒仪器有限公司;

SH-Rxi-5Sil MS 色谱柱:0.25 μm×0.25 μm×30 m,日本岛津公司;

萃取纤维:50/30 μm DVB/CAR on PDMS-2 cm

Stable flex,日本岛津公司;

手动固相微萃取装置:DVB/CAR/PDMS 50/30 μm,美国 Supelco 公司。

1.3 顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用

(1) 顶空固相微萃取:称取 2 g 茶样,迅速装入 20 mL 螺纹瓶盖顶空瓶,加入磁力搅拌子(转速 500 r/min),使用固相微萃取装置配 DVB/CAR/PDMS 50/30 μm 萃取头扎入顶空瓶,后推出萃取头约 2.5 cm,50 ℃ 水浴条件下,固相萃取富集挥发性成分 45 min,GC 进样口解析 5 min。

(2) 色谱条件:SH-Rxi-5Sil MS 色谱柱(0.25 μm×0.25 μm×30 m);载气氦气,柱温 50 ℃;进样口温度 250 ℃;进样方式:分流,分流比 50:1;流量控制方式:线速度;升温程序:50 ℃ 保持 5 min,4 ℃/min 升至 160 ℃,保持 3 min,12 ℃/min 升至 200 ℃,保持 1 min,15 ℃/min 升至 280 ℃,保持 5 min。

(3) 质谱条件:离子化方式 EI,离子源温度 230 ℃,接口温度 250 ℃,采集方式 Scan;质量扫描范围 35~500 (m/z),每个样品重复测试 3 次。

1.4 数据分析

将 GC-MS 分析的 MS 信息在 NIST14.0 谱库中检索,鉴定出挥发性成分质谱匹配度高于 80%,同时采用峰面积归一法进行定量,计算各挥发性成分的相对含量^[14]。

采用 Excel 2019 对离蕊金花挥发性物质进行数据统计处理,用 Origin 2019 软件进行主成分分析,相关性分析图和热图。

2 结果分析

2.1 离蕊金花茶挥发性物质组分鉴定

对离蕊金花茶全花、花蕊和花瓣鲜样及其干样的挥发性物质检测结果见表 1,共鉴定出 73 种挥发性物质,包括醇类 28 种、醛类 19 种、酮类 10 种、酯类 8 种、萜烯类 4 种、呋喃 2 种、酸类 1 种、杂环类 1 种,其中醇类和醛类所含组分数量和相对含量都远高于其他 6 种类型挥发性物质。

2.2 不同部位挥发性组分对比

对已鉴定的离蕊金花茶花蕊、花瓣和全花鲜样和干样中挥发性物质进行种类数量和相对含量统计见图 1。

由图 1 可知,对比鲜样,经加工处理后,干样花蕊、花瓣和全花中均增加了酮类、酸类和呋喃。而醇类、醛类和酯类是离蕊金花茶花朵不同部位鲜样和干样中最主要的挥发性物质,占总含量的 88%~99%。其中,醇类物质中芳樟醇、2-庚醇、正己醇和正庚醇,醛类物质中乙醛,以及酯类中肉桂酸甲酯在所有样品中均有检出,且相对含量较高。经加工后,醇类挥发性物质在干样花瓣和全花中数量较鲜样分别增加 9, 13 种,干样花蕊中醇类物质数量

表1 离蕊金花茶不同部位主要挥发性物质鉴定和相对含量[†]Table 1 Identification and relative contents of main volatile compounds in different parts of *C. libero filamenta* ($n=3$)

物质种类	化合物	保留 指数	相对含量/%					
			鲜样			干样		
			花蕊	花瓣	全花	花蕊	花瓣	全花
醇类	2-庚醇	906	32.36±0.34	3.16±0.58	0.55±0.24	23.20±1.76	0.99±0.01	13.06±3.15
	苯甲醇	1 037	0.72±0.21	0.26±0.03	—	3.37±0.55	0.57±0.09	2.56±0.94
	芳樟醇	1 104	30.66±0.41	82.11±1.34	97.26±0.73	39.35±0.53	76.79±3.65	40.01±3.05
	苯乙醇	1 045	1.33±0.34	0.25±0.10	—	3.95±0.71	0.55±0.30	2.48±0.74
	α -萜品醇	1 198	—	0.17±0.04	0.22±0.00	0.23±0.06	0.52±0.00	0.36±0.04
	叶醇	859	1.04±0.31	0.12±0.01	0.15±0.02	—	1.18±0.01	—
	2-戊醇	708	0.61±0.00	—	0.04±0.00	0.85±0.01	0.17±0.13	0.56±0.01
	正己醇	872	1.04±0.19	0.20±0.01	0.16±0.02	4.22±1.04	2.58±1.02	4.06±0.32
	2-乙基己醇	1 032	—	0.15±0.00	—	0.36±0.01	0.20±0.02	0.37±0.03
	正庚醇	973	0.16±0.00	0.11±0.00	0.07±0.00	0.17±0.00	0.08±0.02	0.43±0.30
	1-辛烯-3-醇	983	0.22±0.00	0.13±0.00	—	0.16±0.04	0.06±0.00	0.31±0.07
	α -松油醇	1 199	—	—	0.21±0.11	—	0.32±0.07	—
	异戊醇	735	0.74±0.17	—	—	1.78±0.11	0.83±0.33	2.28±0.24
	2-己醇	806	0.17±0.00	—	—	—	—	—
	愈创醇	1 646	0.36±0.01	—	—	—	0.26±0.00	—
	顺-2-戊烯醇	770	—	—	—	—	—	0.45±0.12
	异戊烯醇	775	—	—	—	—	—	0.12±0.04
	反式-2-己烯醇	867	—	—	—	—	0.17±0.00	0.46±0.24
	苏合香醇	1 063	—	—	—	—	0.12±0.00	0.17±0.06
	3,6-亚壬基-1-醇	1 081	—	—	—	—	—	0.15±0.12
	反-2,顺-6-壬二烯醇	1 155	—	—	—	—	—	0.22±0.00
	反式-2-壬烯-1-醇	1 170	—	—	—	—	—	0.08±0.04
	香叶醇	1 253	—	—	—	—	—	0.04±0.01
	橙花醇	1 228	—	—	—	—	—	0.03±0.01
	1-戊醇	768	—	—	—	—	—	0.31±0.00
	2-甲基丁醇	737	—	—	—	0.63±0.12	0.34±0.13	—
顺-2-己烯-1-醇	868	—	—	—	—	0.21±0.10	—	
异丁醇	631	—	—	—	0.17±0.09	0.06±0.00	—	
醛类	乙醛	467	1.52±0.00	0.11±0.01	0.08±0.00	1.34±0.20	0.78±0.05	0.68±0.06
	苯乙醛	1 045	0.87±0.01	0.16±0.07	—	2.14±0.65	1.16±0.46	3.60±0.40
	壬醛	1 108	—	0.14±0.02	0.21±0.11	0.42±0.20	0.76±0.29	0.84±0.24
	苯甲醛	963	—	0.13±0.00	—	3.43±1.53	0.85±0.44	2.51±0.82
	正己醛	805	0.13±0.05	—	0.07±0.05	0.57±0.25	1.24±0.82	3.16±2.50
	癸醛	1 210	—	—	0.17±0.00	—	0.19±0.06	0.25±0.12
	异戊醛	660	0.19±0.00	—	—	0.40±0.13	0.58±0.05	1.28±0.55
	异丁醛	577	—	—	—	0.14±0.08	0.14±0.03	0.58±0.14
	2-甲基丁醛	657	—	—	—	0.23±0.07	0.33±0.05	0.93±0.35
	反式-2-戊烯醛	754	—	—	—	—	—	0.10±0.02
	2-己烯醛	854	—	—	—	1.56±0.11	1.47±0.74	3.93±2.37
	3-甲硫基丙醛	909	—	—	—	—	—	0.24±0.00

续表 1

物质种类	化合物	保留指数	相对含量/%					
			鲜样			干样		
			花蕊	花瓣	全花	花蕊	花瓣	全花
醛类	(E)-2-庚烯醛	960	—	—	—	—	—	0.09±0.03
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	999	—	—	—	—	—	0.24±0.05
	正辛醛	1 006	—	—	—	—	—	0.18±0.05
	反-2-辛烯醛	1 061	—	—	—	—	—	0.10±0.01
	反-2-,顺-6-壬二烯醛	1 155	—	—	—	0.47±0.20	0.33±0.01	1.04±0.51
	α-亚乙基-苯乙醛	1 270	—	—	—	—	—	0.04±0.00
	2-甲基-2-丁烯醛	787	—	—	—	0.45±0.18	—	—
酮类	3-羟基-2-丁酮	711	—	—	—	2.71±0.26	0.67±0.16	2.17±0.40
	甲基庚烯酮	987	—	—	—	0.11±0.00	0.11±0.00	0.32±0.04
	α-紫罗酮	1 425	—	—	—	—	—	0.11±0.01
	6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	1 449	—	—	—	—	—	0.17±0.00
	2,3-丁二酮	609	—	—	—	—	—	0.16±0.00
	苯乙酮	1 068	—	—	—	—	—	0.04±0.00
	香叶基丙酮	1 450	—	—	—	—	—	0.13±0.03
	β-紫罗兰酮	1 482	—	—	—	—	—	0.06±0.02
	2-戊酮	696	—	—	—	0.40±0.12	0.13±0.05	0.38±0.01
	2-庚酮	892	—	—	—	2.28±0.52	0.26±0.00	0.88±0.01
	酯类	水杨酸甲酯	467	—	0.40±0.43	0.12±0.00	—	0.99±0.01
肉桂酸甲酯		1 045	30.56±0.77	12.40±0.72	0.25±0.09	3.51±0.18	2.73±3.34	1.56±0.45
甲酸庚酯		—	—	—	0.21±0.00	—	—	—
顺式-3-己烯醇甲酸酯		857	—	—	—	—	—	2.60±0.63
己酸甲酯		928	—	—	—	—	0.08±0.00	0.04±0.03
二氢猕猴桃内酯		1 528	—	—	—	—	—	0.02±0.00
乙酸己酯		1 015	—	—	—	—	—	0.06±0.00
乙酸甲酯		549	—	—	—	0.41±0.00	0.27±0.00	—
萜烯类	月桂烯	993	—	—	0.15±0.03	—	—	—
	(+)-柠檬烯	1 034	—	—	0.07±0.00	—	—	0.37±0.02
	3-萜烯	1 012	—	—	—	—	—	0.05±0.02
	反式-2-辛烯-1-醇	1 071	—	—	—	—	—	0.06±0.01
呋喃	2-正戊基呋喃	993	0.31±0.05	—	—	0.84±0.13	0.94±0.44	1.13±0.28
	2-甲基呋喃	620	—	—	—	0.15±0.03	—	0.21±0.00
酸类	壬酸	1 268	—	—	—	—	—	0.12±0.03
杂环类	吡啶	1 293	—	—	—	—	—	0.10±0.10

† “—”为未检测出。

减少 2 种；干样花蕊与鲜样比较，醇类挥发性物质相对含量增加 12.99%，干样花瓣与鲜样花瓣醇类物质相对含量相差不大，但干样全花的相对含量反而减少 30.56%。造成干样全花中醇类物质数量增加，相对含量反而大幅减少的主要原因是芳樟醇；芳樟醇在鲜样全花中含量较高，

达 97.26%，远高于加工处理后干样全花中的 40.01%，可能是加工处理过程易引起芳樟醇发生糖苷化、水解和氧化等转化^[15]，使得最终保留较低。此外，苯甲醇、苯乙醇、正己醇和异戊醇 4 个组分在干样花蕊、花瓣和全花中的相对含量增幅也较大。

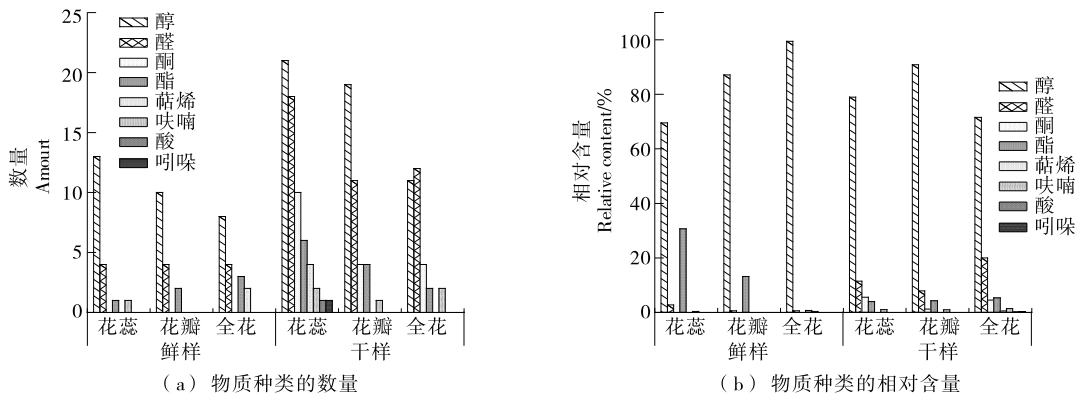


图1 离蕊金花茶挥发性物质种类及相对含量统计

Figure 1 Types and relative contents of volatile compounds in different parts of *C. libero filamenta*

醛类物质干样花蕊、花瓣和全花中数量和相对含量显著增加,数量分别增加 8,7,14 种,相对含量增幅均较大;均主要增加异丁醛、2-甲基丁醛、2-己烯醛和反-2-,顺-6-壬二烯醛 4 个组分,此外,苯甲醛、苯乙醛、正己醛、2-己烯醛 4 个组分的相对含量增幅也较大。

鲜样花蕊、花瓣和全花中未检测到酮类物质,干样花蕊、花瓣和全花中酮类物质数量和相对含量分别是 4 种和 5.50%、4 种和 1.17%、10 种和 4.42%。干样花蕊、花瓣和全花中均增加了甲基庚烯酮、3-羟基-2-丁酮、2-戊酮和 2-庚酮 4 个组分。

酯类物质数量三者均增加,但相对数量花蕊和花瓣中反而减少,主要是鲜样花蕊和花瓣中茉莉酸甲酯相对含量远高于干样,尤其是花蕊中,减少 87.17%。呋喃类物质花蕊中数量增加 1 种,相对含量增加 2.19%。

总体上,经微波杀青、干燥等处理后,制得干样中所含挥发性物质种类、数量及其相对含量对比鲜样中都得以增加,且全花不同部位增加略有差异。对比鲜样,花蕊和花瓣都增加了酮类物质,干样全花中增加了酮类、酸类和吡啶类。总的挥发性物质数量,鲜样中花蕊(19 种) > 全花(17 种) > 花瓣(19 种),干样中花蕊(63 种) > 花瓣(39 种) > 花蕊(33 种),增幅全花(73.02%) > 花瓣(58.97%) > 花蕊(42.42%)。从挥发性物质种类和数量上,加工处理对全花的影响均大于花蕊和花瓣。

2.3 离蕊金花茶挥发性组分主成分分析

由表 2 可知,离蕊金花茶样品以特征值大于 1 的原则,提取了 4 个主成分,其特征值主成分 1 为 23.83、主成分 2 为 7.45、主成分 3 为 4.87、主成分 4 为 3.39;主成分 1 的方差百分比为 59.58%,累计贡献率 59.58%,主成分 2 的方差百分比为 18.62%,累计贡献率 78.20%,主成分 3 的方差百分比为 12.17%,累计贡献率 90.37%,主成分 4 的方差百分比为 8.47%,累计贡献率 98.84%。由此,主成分 1 反映了离蕊金花茶挥发性物质的主要贡献信息。

由图 2 可知,大部分挥发性物质均在 PCA 的第 1 象

表 2 离蕊金花茶挥发性物质的总方差解释
Table 2 Interpretation of total variance of volatile substances in *C. libero filamenta*

编号	特征值	方差百分比/%	累积/%
1	23.83	59.58	59.58
2	7.45	18.62	78.20
3	4.87	12.17	90.37
4	3.39	8.47	98.84

限得以聚集,与 PC1 呈正相关,主要贡献离蕊金花茶挥发性组分形成。但 α -萜品醇(清花香)、 α -松油醇(丁香味)距离远点较远,夹角加大,对离蕊金花茶主成分的贡献较小。而芳樟醇(有铃兰香味)在第 2 象限,与 PC2 呈正相关,与 PC1 负相关,乙酸甲酯(蜂蜜香味)仅与 PC2 呈正相关,肉桂酸甲酯(可可香味)在第 3 象限,与 PC1、PC2 均呈负相关,2-庚醇(柠檬香味、清香)、2-庚酮(山楂香、甜香)、乙醛(果香)、3-羟基-2-丁酮(令人愉快的奶油香味)等在第 4 象限,与 PC1 呈正相关、PC2 均呈负相关。

各挥发性组分对加工处理前后离蕊金花茶全花、花

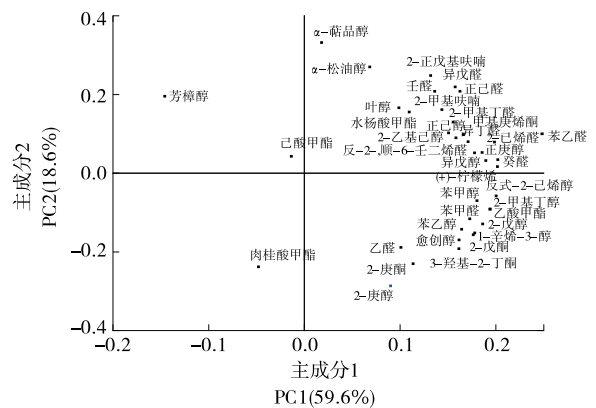


图 2 离蕊金花茶挥发性组分 PCA 图

Figure 2 PCA diagram of volatile components of *C. libero filamenta*

瓣、花蕊的相关性结果如图 3 所示,大部分挥发性物质参与离蕊金花茶挥发性物质组成,且呈正相关,其中以苯甲醇、2-戊醇、苯乙醇、乙酸乙酯等物质最为显著。而芳樟醇、肉桂酸甲酯、乙酸甲酯对离蕊金花茶挥发性组分为显著负相关,贡献相对较小。

由图 4 可知,鲜样花瓣与全花聚类为 I,与干样花瓣

聚类为 II,再与鲜样花蕊聚类为 III,最后与干样花蕊和全花聚类为 IV。肉桂酸甲酯对鲜样花蕊挥发性组分呈显著正相关,芳樟醇对鲜样花瓣和全花挥发性组分呈正相关,经加工处理后,对于干样花蕊、花瓣和全花的影响均为负相关。2-庚醇、乙醛对鲜样、干样花蕊挥发性组分呈正相关,对花瓣和全花均呈负相关。

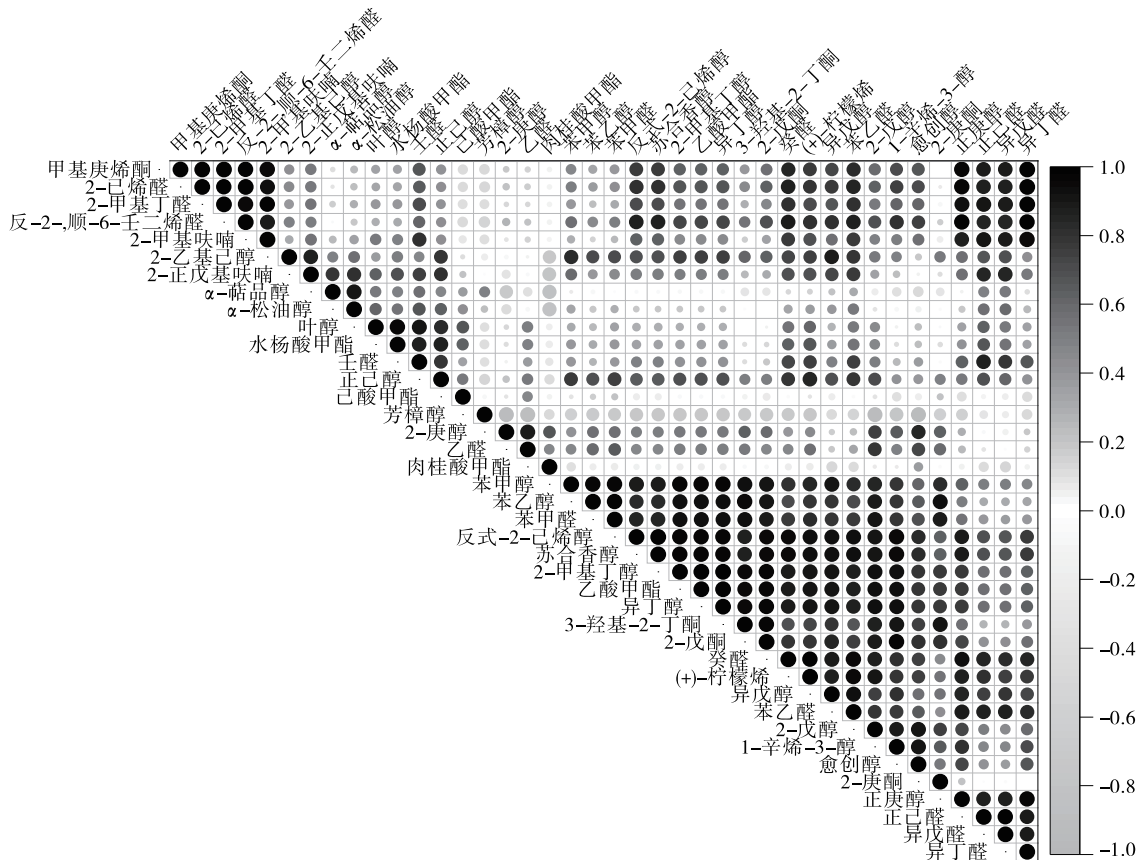


图 3 离蕊金花茶挥发性组分相关性图

Figure 3 Correlation diagram of volatile components of *C. liberofilamenta*

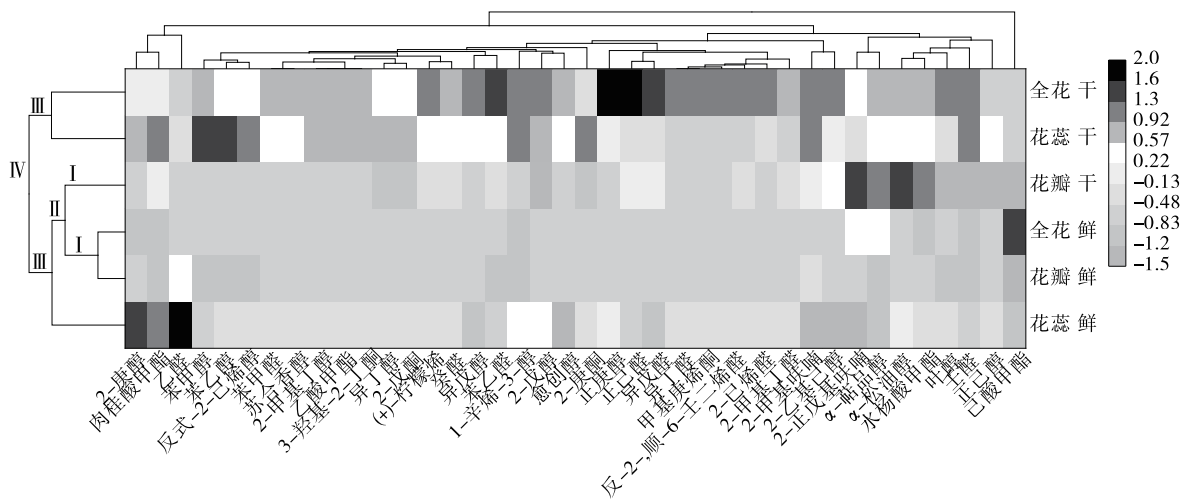


图 4 离蕊金花茶挥发性组分聚类热图

Figure 4 Cluster heat map of volatile components of *C. liberofilamenta*

整体上,经微波杀青、干燥等加工处理,大部分挥发性物质均影响干样花蕊、花瓣、全花挥发性物质的形成,以花香、甜香的糖苷类水解的醇类(苯乙醇、香叶醇、橙花醇等)和醛类(苯乙醛等)物质与干样全花呈正相关。以呈清香、水果香的脂肪酸类降解的正己醇、2-己醛、2-戊酮等,且沸点较低的C₆挥发性化合物与干样花瓣呈正相关。以类胡萝卜素降解的甜花香、水果香的 β -紫罗兰酮、 α -紫罗兰酮、香叶基丙酮、吡嗪等沸点较高的挥发性物质与干样花蕊呈正相关,香气表现为愉悦花香。

3 结论

经加工处理后,离蕊金花茶花蕊、花瓣和全花不同部位所含挥发性物质组分种类、相对含量均存在一定差异,且主要贡献的挥发性物质也不同,加工处理对全花的影响大于花蕊和花瓣。研究虽明确了离蕊金花茶花朵不同部位挥发性物质组成及其相对含量,但由于花香形成与释放机理较为复杂,影响花香的关键挥发性化合物筛选及其形成途径等还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 张宏达, 杨成华, 张廷中. 贵州金花茶一新种[J]. 广西植物, 1997(4): 2-3.
ZHANG H D, YANG C H, ZHANG Y Z. A new species of golden flower tea in Guizhou[J]. Guangxi Plants, 1997(4): 2-3.
- [2] 罗在柒, 姜运力, 李兰, 等. 贵州原产两种金花茶不同部位微量元素及重金属成分分析[J]. 农业与技术, 2020, 40(15): 61-63.
LUO Z Q, JIANG Y L, LI L, et al. Analysis of trace elements and heavy metal composition in different parts of two types of golden flower tea native to Guizhou[J]. Agriculture & Technology, 2020, 40(15): 61-63.
- [3] 吴伟华, 张丹丹, 陈荣平. 不同茶类加工工艺对福建水仙茶儿茶素组分和生物碱的影响[J]. 现代盐化工, 2021, 48(6): 51-53.
WU W H, ZHANG D D, CHEN R P. Effects of different tea processing processes on the catechin fractions and alkaloids of Fujian Shui Xian tea[J]. Modern Salt Chemicals, 2021, 48(6): 51-53.
- [4] 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.
XIAN L H, WANG L L, CHEN L, et al. Metabolic changes of glycosidic aroma components during white tea processing [J]. Journal of Tea, 2021, 62(2): 60-65.
- [5] 张锦程, 余信, 麻成金, 等. GC-MS 结合 ROAV 分析评价加工工艺对藤茶香气成分的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 20-25.
ZHANG J C, YU J, MA C J, et al. GC-MS combined with ROAV analysis to evaluate the effect of processing on the aroma composition of vine tea[J]. Food & Machinery, 2021, 37(12): 20-25.
- [6] 张文娟, 周考文. HS-SPME-GC-MS 在食品挥发性物质分析中的应用[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 218-224.
ZHANG W J, ZHOU X W. Application of HS-SPME-GC-MS in the analysis of food volatiles[J]. Food Research & Development, 2021, 42(17): 218-224.
- [7] QI H T, DING S H, PAN Z P, et al. Characteristic volatile fingerprints and odor activity values in different citrus-tea by HS-GC-IMS and HS-SPME-GC-MS [J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2020, 25(24): 6 027.
- [8] 袁园, 唐延林. 偏最小二乘法结合主成分分析对黑茶产地的研究[J]. 大学物理实验, 2020, 33(1): 50-55.
YUAN Y, TANG Y L. A study of black tea origins by partial least squares combined with principal component analysis[J]. University Physics Experiments, 2020, 33(1): 50-55.
- [9] 陈婧, 毛启培, 孙成均, 等. SPME-GC/MS 结合主成分分析检测竹叶青茶挥发性香气成分[J]. 现代预防医学, 2019, 46(21): 3 969-3 976.
CHEN J, MAO Q P, SUN C J, et al. Determination of volatile aroma components of bamboo leaf green tea by SPME-GC/MS combined with principal component analysis[J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(21): 3 969-3 976.
- [10] 郭营营, 韩焱, 张彦聪, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 PCA 分析陈酿条件对蓝莓酒品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(20): 271-277.
GUO Y Y, HAN Y, ZHANG Y C, et al. Analysis of the effect of ageing conditions on the quality of blueberry wine based on HS-SPME-GC-MS and PCA[J]. Food & Fermentation Industry, 2021, 47(20): 271-277.
- [11] 于亚辉, 陈沁雯, 李晓婷, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 PCA 的不同萃取头对鸡肉香精香气成分萃取效果比较[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 159-165.
YU Y H, CHEN Q W, LI X T, et al. Comparison of different extraction heads based on HS-SPME-GC-MS and PCA for the extraction of aroma components of chicken flavours[J]. Food & Fermentation Industry, 2021, 42(1): 159-165.
- [12] 罗在柒, 刘洁, 姜运力, 等. 贵州金花茶花的挥发性成分分析[J]. 特种经济动植物, 2020, 23(10): 31-33.
LUO Z Q, LIU J, JIANG Y L, et al. Analysis of the volatile components of the golden flower camellia in Guizhou[J]. Special Economic Plants and Animals, 2020, 23(10): 31-33.
- [13] 林炳慧. 三种金花茶叶挥发性成分及东兴金花茶叶化学成分研究[D]. 南宁: 广西大学, 2018: 15.
LIN B H. Study on the volatile constituents of three kinds of golden flower tea leaves and the chemical composition of Dongxing golden flower tea leaves [D]. Nanning: Guangxi University, 2018: 15.
- [14] 陈丽华, 吕新, 韦航, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法分析茶树花茶香气成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(1): 115-121.
CHEN L H, LU X, WEI H, et al. Headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of tea tree flower tea aroma components[J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2021, 12(1): 115-121.
- [15] SONG C K, HÄRTL K, MCGRAPHERY K, et al. Attractive but toxic: Emerging roles of glycosidically bound volatiles and glycosyltransferases involved in their formation [J]. Molecular Plant, 2018, 11(10): 1 225-1 236.