

顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法对比分析 毛火温度对信阳毛尖茶香气成分的影响

郑杰, 易超, 冯雨, 蒋双丰, 赵丰华*

(信阳市农业科学院, 信阳 464000)

摘要: **目的** 研究毛火温度对信阳毛尖茶香气成分的影响。**方法** 选取不同品种、干燥毛火温度的信阳毛尖茶, 并采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法(headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)对供试样茶香气物质进行分析。**结果** 醛类、醇类、酯类、酮类、酸类、芳香烃以及碳氢、杂环氧化物是信阳毛尖茶的主要香气化合物种类。140°C毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样中 β -环柠檬醛与顺式芳樟醇氧化物(呋喃)含量最高; 140°C毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样中柠檬烯、 γ -松油烯、肉桂烯含量最高; 110°C毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样中1-反-(+)-橙花叔醇含量最高; 110°C毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样中芳樟醇和反式芳樟醇氧化物(吡喃)含量最高。140°C毛火烘焙信阳毛尖茶供试样的表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)的含量均低于110°C毛火烘焙信阳毛尖茶供试样。**结论** 在信阳毛尖茶加工中, 适当提高毛火温度, 可提升茶叶香气, 降低滋味苦涩感。

关键词: 信阳毛尖; 加工; 香气; 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法

Comparative analysis of the effects of Maohuo temperature on the aroma components of Xinyang Maojian tea by headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry

ZHENG Jie, YI Chao, FENG Yu, JIANG Shuang-Feng, ZHAO Feng-Hua*

(Xinyang Academy of Agricultural Sciences, Xinyang 464000, China)

ABSTRACT: Objective To study the influence of the temperature of the Maohuo on the aroma components of Xinyang Maojian tea. **Methods** Xinyang Maojian tea with different varieties and drying temperatures was selected and analyzed for its aroma compounds by headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). **Results** The results showed that aldehydes, alcohols, esters, ketones, acids, aromatic hydrocarbons, hydrocarbons and heterocyclic oxide compounds were the main aroma compounds of Xinyang Maojian tea. The content of β -cyclocitral and *cis*-linalool oxide (furan) was the highest in the samples of group specie Xinyang Maojian roasted at 140°C; the content of lemonene, γ -terpinene and cinnamene was the highest in the samples of Wuniuzao Xinyang Maojian roasted at 140°C; the content of 1-*trans*-(+)-neroli tert alcohol was the

基金项目: 国家现代农业茶叶产业体系专项资金资助项目(CARS-19)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System of Ministry of Finance and Ministry of Agriculture and Rural Affairs (CARS-19)

*通信作者: 赵丰华, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工与植保研究。E-mail: 30892916@qq.com

*Corresponding author: ZHAO Feng-Hua, Associate Professor, Xinyang Academy of Agricultural Sciences, No.20, Minquan South Road, Shihe District, Xinyang 464000, China. E-mail: 30892916@qq.com

highest in the samples of group specie Xinyang Maojian roasted at 110°C; the content of linalool and *trans* linalool oxide (pyran) was the highest in the samples of Wuniuzao Xinyang Maojian roasted at 110°C. The content of epigallocatechin gallate (EGCG), epigallocatechin, (EGC) in Xinyang Maojian tea samples roasted at 140°C was lower than those of Xinyang Maojian tea samples roasted at 110°C. **Conclusion** In the processing of Xinyang Maojian tea, the temperature of Maohuo can be properly raised to enhance the aroma of tea and reduce the bitterness.

KEY WORDS: Xinyang Maojian tea; processing; aroma; headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry

0 引言

信阳山区大多为黄沙或者黑沙壤土类的土壤,深厚疏松,里面所含腐殖质非常丰富,肥力高,年平均气温在15°C左右,地势多变,降水量充沛,空气湿润度较高,因此给茶树提供了非常适宜的生长条件。信阳茶叶的主要产品为信阳毛尖,其细圆紧直的外形特征、栗香高扬持久、鲜爽浓厚的滋味口感^[1]更是巩固了其作为中国名茶的地位。

应用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法(headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)等技术研究信阳毛尖茶的芳香成分已经相当全面而且深入,目前的研究成果涉及信阳毛尖茶的香气类型^[1-6]、香气表现^[7-12]、芳香物质总量^[13-18]等方面,研究信阳毛尖的香气方法有电子鼻^[19-23]、气相色谱-质谱法^[24-27]等。针对信阳毛尖茶香气的深入研究有芽叶茶与单芽茶香气对比^[3-4,7];海拔对信阳毛尖茶香气的影响^[16];建立了信阳毛尖茶香气指纹图谱^[23];信阳毛尖茶香气提取方法研究^[24];使用电子鼻技术分析判别香气类型^[26-27]等。但信阳毛尖茶香气与加工工艺之间的研究相对较少,焙火工艺的研究,仅限于不同焙火方式^[5]及成品低档茶的再次烘焙^[25]等方面。本研究选用信阳群体种与乌牛早茶树品种加工信阳毛尖茶,将初加工时毛火温度,设置为常规加工毛火温度110°C以及高温毛火温度140°C,其他加工工艺参数相同,对比分析制备的群体种信阳毛尖茶与乌牛早信阳毛尖茶品质,探究分析不同毛火温度下制备的信阳毛尖茶香气的成分及变化规律,为后续研究及信阳毛尖生产提供思路。

1 材料与方法

1.1 材料

于2022年3月,在信阳市农业科学研究所五里店科研基地,选用乌牛早茶树品种与信阳群体种,取一芽一叶为原料,机械化加工成信阳毛尖茶供试样(表1)。

1.2 试剂与仪器设备

磷酸、硫酸亚铁、酒石酸钾钠(分析纯,西陇化工股份有限公司);磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、茚三酮、氢氧化钠(分析纯,广东光华科技股份有限公司);咖啡碱(caffeine, CA, 0.109 mg/mL)、没食子酸(gallic acid, GA, 0.05 mg/mL)、儿茶素(catechins, C,

0.101 mg/mL)、表儿茶素(epicatechin, EC, 0.103 mg/mL)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC, 0.116 mg/mL)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG, 0.108 mg/mL)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG, 1.08 mg/mL)对照品(德国 Dr. Ehrenstorfer 公司);甲醇、乙腈(色谱纯,美国 Sigma 公司)。

表1 茶样与制备工艺
Table 1 Tea samples and manufacture process

名称	加工日期	加工原料及工艺
A	2022.3.28	信阳群体种, 240°C杀青, 揉捻, 回潮, 理条, 140°C毛火, 80°C足火
B	2022.3.28	信阳群体种, 240°C杀青, 揉捻, 回潮, 理条, 110°C毛火, 80°C足火
C	2022.3.29	乌牛早品种, 240°C杀青, 揉捻, 回潮, 理条, 140°C毛火, 80°C足火
D	2022.3.29	乌牛早品种, 240°C杀青, 揉捻, 回潮, 理条, 110°C毛火, 80°C足火

注: 110°C毛火时, 链板式烘干机中层茶叶表面温度为75~80°C; 140°C毛火时, 链板式烘干机中层茶叶表面温度为95~95°C。

固相萃取系统、RTC120 多功能自动进样系统(瑞士 CTC Analytics A G 公司); DB-5MS 毛细管色谱柱(60 m×0.32 mm, 0.25 μm)、8890-5977B GC-MS 联用仪(美国 Agilent 公司); 101A-2 型电热鼓风恒温干燥箱(宁波新芝生物科技有限公司); 756CRT 紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); CP1313 电子分析天平[精度 0.001 g, 奥豪斯仪器(上海)有限公司]; 0.2 μm 有机膜(天津市津腾设备有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 样品前处理

HS-SPME法: 取0.50 g茶样放入20 mL顶空瓶中, 加入5 mL沸水, 密封瓶口。自动进样器: 60°C稳定10 min, 65 μm聚二甲基硅氧烷/二乙基苯(polydimethylsiloxane/divinylbenzene, PDMS/DVB)萃取头, 60°C萃取50 min, 转速250 r/min。GC-MS联用仪检测, 进样口温度230°C, 脱吸附时间为5 min。

色谱柱: DB-5MS (60 m×0.32 mm, 0.25 μm); 载气: 氦气(纯度>99.999%); 柱温: 初温50°C, 保留5 min, 以6°C/min

升至 250°C, 保留 15 min; 不分流。质谱条件如下, 离子源: 电子轰击(electron impact, EI); 电离能量: 70 eV; 离子源温度: 230°C; 四极杆温度: 150°C。

将检索得到的质谱图与 NIST 和 Wiley 数据库对照, 结合保留时间对挥发性物质进行鉴定^[28-31]。

1.3.2 挥发性成分的定量计算

挥发性成分的定量采用内标法, 按式(1)计算:

$$C_i = C_{is} \times A_i / A_{is} \quad (1)$$

式中, C_i 为任一组分的质量浓度, $\mu\text{g/L}$; C_{is} 为内标的质量浓度, $\mu\text{g/L}$; A_i 为任一组分的色谱峰面积; A_{is} 为内标的色谱峰面积。

1.3.3 感官审评方法

由高级评茶员组成的 5 人审评小组参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》, 取 50 g 左右茶样至样品盘, 评外形, 而后取 3 g 茶样至审评杯中, 加入 150 mL 沸水冲泡 5 min 后进行审评并打分^[32]。

1.3.4 理化成分测定方法

水浸出物的测定依据 GB/T 8305—2013《茶水浸出物的测定》全量法; 游离氨基酸的测定依据 GB/T 8314—2013《茶—游离氨基酸总量测定》茚三铜比色法; 茶多酚的测定: 酒石酸亚铁比色法; 咖啡碱、儿茶素测定: 高效液相色谱法^[33]。

1.4 数据处理

各生化成分测定均 3 次重复, 实验结果为 3 次重复的平均值 \pm 标准偏差, 采用 SPSS 26.0 软件对数据进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 4 种信阳毛尖茶品质特征

4 种信阳毛尖茶经感官审评结果见表 2, 均为细圆紧直显锋苗, 色泽墨绿, 栗香, 滋味鲜爽, 叶底柔软。从感官

审评结果来看, 群体种信阳毛尖茶样较乌牛早信阳毛尖茶样肥壮, 140°C 毛火烘焙茶样呈栗香略带花香, 总体评分来看, 140°C 毛火烘焙茶样强于 110°C 毛火烘焙茶样。

2.2 理化成分分析

高效液相色谱法检测咖啡碱、儿茶素标准液与 4 种信阳毛尖茶供试样的色谱图如图 1, 理化成分含量见表 3。经检测, 4 种信阳毛尖茶供试样中, 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(A)水浸出物、茶多酚、ECG 含量最高, 分别为 35.67%、31.21%、6.78%。乌牛早信阳毛尖茶水浸出物、茶多酚、ECG、GA、EGC 等含量均低于群体种信阳毛尖茶。对比两种不同毛火温度的群体种信阳毛尖茶供试样, 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)的氨基酸、EC、EGCG、C 的含量要低于 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B), 且差异性显著($P < 0.05$); 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶(A)供试样 EGC 的含量要低于 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B), 但差异性不显著($P > 0.05$)。两种毛火温度的信阳毛尖茶样的氨基酸、EGCG 差异性显著, 可能与高温条件下, 不饱和脂肪酸分解以及脂型儿茶素分解有关。

表 2 4 种信阳毛尖茶感官审评结果
Table 2 Results of sensory evaluation of 4 kinds of Xinyang Maojian tea

	A	B	C	D
外形	芽头肥壮、墨绿显锋苗	芽头肥壮、墨绿显锋苗	墨绿显锋苗	墨绿显锋苗
汤色	黄绿明亮	黄绿明亮	黄绿明亮	黄绿明亮
香气	栗香带花香	栗香	栗香带花香	栗香
滋味	鲜爽	鲜爽	鲜爽	鲜爽
叶底	柔软、绿、亮	柔软、绿、亮	柔软、绿、亮	柔软、绿、亮
评分	92	91	91	90

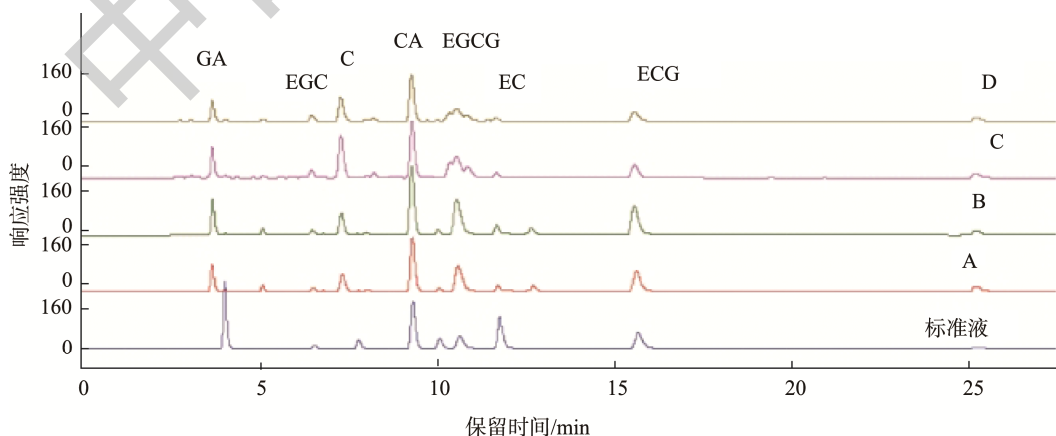


图 1 4 种信阳毛尖茶样咖啡碱儿茶素检测高效液相色谱图

Fig.1 High performance liquid chromatogram for measurement of caffeine and catechin in 4 kinds of Xinyang Maojian tea samples

表 3 4 种信阳毛尖茶理化成分含量
Table 3 Content of physical and chemical components of 4 kinds of Xinyang Maojian tea

含量/%	A	B	C	D
水浸出物	35.67±0.01 ^a	35.33±0.02 ^a	34.00±0.03 ^b	33.33±0.09 ^c
氨基酸	3.34±0.09 ^a	4.01±0.01 ^b	3.45±0.03 ^b	3.01±0.12 ^c
茶多酚	31.21±0.04 ^a	29.71±0.03 ^b	29.48±0.13 ^b	24.82±0.03 ^c
ECG	6.78±0.03 ^a	6.27±0.07 ^b	6.25±0.11 ^b	6.22±0.02 ^b
EC	4.26±0.03 ^a	4.34±0.11 ^b	4.32±0.01 ^b	4.31±0.12 ^b
EGCG	5.25±0.05 ^a	6.95±0.03 ^b	5.35±0.08 ^a	6.64±0.12 ^b
GA	3.62±0.11 ^a	3.57±0.13 ^b	3.46±0.09 ^c	3.29±0.04 ^d
EGC	6.34±0.05 ^a	6.39±0.02 ^a	6.09±0.13 ^b	6.19±0.06 ^b
C	7.99±0.09 ^a	8.21±0.01 ^b	8.73±0.07 ^c	5.68±0.06 ^d
CA	5.87±0.01 ^a	5.31±0.02 ^b	5.76±0.06 ^c	5.90±0.02 ^a

注: 同一行中不同小写字母表示差异性显著($P < 0.05$)。

2.3 香气成分结果分析

经 GC-MS 分析检测, 信阳毛尖茶总离子流图见图 2, 香气组成成分见表 4。

经检测 4 种信阳毛尖茶的主要香气化合物类型为醛类、醇类、酯类、酮类、酸类、芳香烃以及碳氢、杂环氧化物, 各香气成分见表 4。其中 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(A)中醛类、芳香烃、碳氢化合物、酯类、酮类、醇类化合物及杂环氧化物数量多于 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(B); 140°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶样(C)中碳氢化合物、酯类、酮类、醇类化合物数量多于 110°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶(D); 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(A)中醛类、酸类、酯类、醇类、醚类、芳香烃及杂环氧化物数量多于 140°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶

样(C); 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(B)中酸类、酯类、酮类、醇类化合物数量多于 110°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶(D), 详见表 5。上述结果与尹鹏等^[2-3]研究结果一致; 与孙慕芳等^[16]研究结果相比, 本研究未检测出酚类, 由于本研究采样地与孙慕芳采样地不同, 信阳毛尖茶香气存在地域性差异。

在 4 种信阳毛尖茶供试样中, 除碳氢化合物外, 其中 140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)中醛类、酸类、醇类、醚类化合物以及杂环氧化物含量低于 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B); 芳香烃、酮类、酯类含量高于 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)。140°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(C)中醛类、酯类、酮类化合物含量高于 110°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(D)。140°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)中芳香烃、酸类、酯类、醇类、醚类以及杂环氧化物含量均高于 140°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(C)。110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)中醛类、酸类、酯类、酮类、醇类以及碳氢化合物含量均高于 110°C 毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(D)。

4 种信阳毛尖茶样中醛类物质主要检测出己醛、庚醛、壬醛、 β -环柠檬醛、反,反-2,4-壬二烯醛。其中, 110°C 毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)中醛类含量最高, 为 13.22%。具有果子香气的庚醛, 在 110°C 毛火乌牛早信阳毛尖茶(D)中含量最高, 为 1.31%。具有苦杏仁气味的苯甲醛在 4 种信阳毛尖茶样中均未检出。己醛是在加工过程中由亚油酸、亚麻酸加氧断裂产生的^[5], 在 110°C 毛火乌牛早信阳毛尖茶(D)中含量最高。

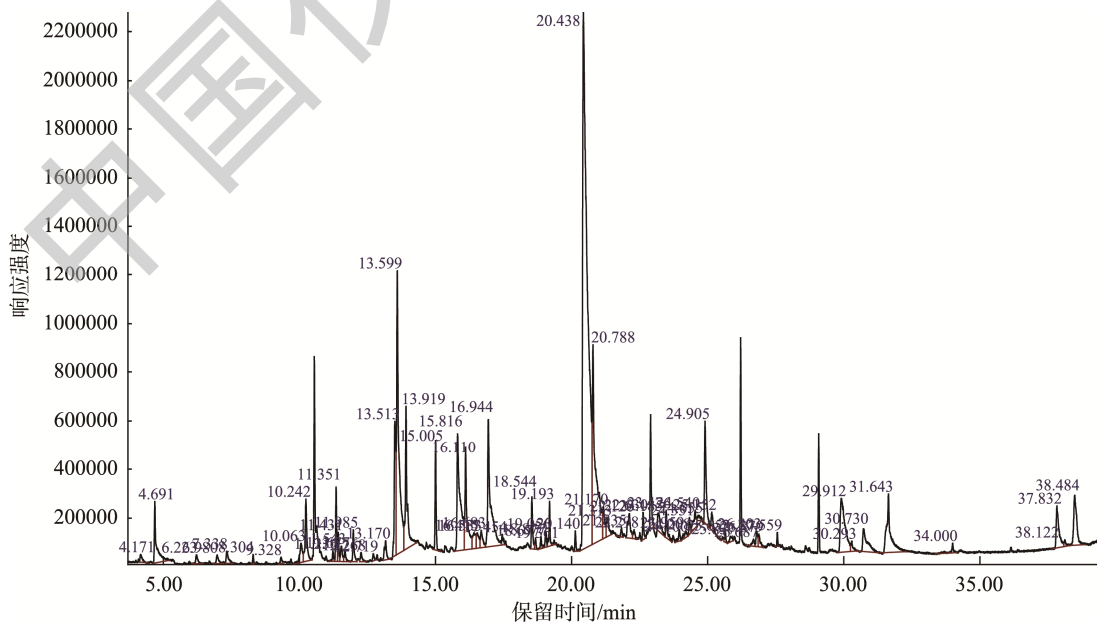


图 2 信阳毛尖茶 GC-MS 检测的总离子流图
Fig.2 Total ion diagrams of Xinyang Maojian tea detected by GC-MS

表4 信阳毛尖茶香气成分
Table 4 Aroma components of Xinyang Maojian tea

类别	名称	含量/%			
		A	B	C	D
醛类	己醛	0.21	-	-	2.90
	庚醛	0.35	-	0.50	1.31
	壬醛	8.07	12.67	11.33	-
	β -环柠檬醛	0.50	-	-	-
	反,反-2,4-壬二烯醛	-	-	-	2.68
	(R)-(+)-香茅醛	-	0.55	-	0.26
	合计	9.13	13.22	11.83	7.15
芳香烃	间二甲苯	0.23	-	-	0.96
	对二甲苯	0.23	-	-	-
	1,2,3,5-四甲基苯	-	-	-	0.36
	4-乙基邻二甲苯	-	-	0.12	-
	对伞花烃对异丙基苯甲烷	0.16	-	-	-
	合计	0.63	-	0.12	1.32
	3,6,6-三甲基-双环庚-2-烯	0.11	-	-	-
	α -蒎烯	-	0.80	-	0.12
	柠檬烯	0.97	1.38	1.97	0.74
	β -罗勒烯	0.24	-	-	-
	2-萜烯	-	-	0.45	-
	(Z)-罗勒烯	0.55	-	1.57	0.31
	γ -松油烯	0.20	-	0.80	-
	α -异松油烯	-	-	0.90	-
	肉桂烯	-	-	0.38	-
	古巴烯	-	-	2.59	-
	石竹烯	0.57	10.50	1.67	1.49
	2,6-辛二烯	0.14	-	-	-
	法尼烯	-	-	0.82	-
	α -石竹烯	0.82	-	2.05	1.52
α -金合欢烯	0.53	2.02	-	0.93	
β -可巴烯	0.39	-	0.78	0.46	
(R)-(+)-花侧柏烯	-	-	0.56	-	
碳氢化合物	δ -杜松烯	0.55	1.63	6.50	0.78
	杜松烯	-	-	0.90	-
	十六(碳)烯	-	1.17	-	-
	1-十五烯	-	-	0.73	-
	(角)鲨烯	1.92	1.81	-	-
	环十五烷	-	0.79	-	-
	二十四烷	-	0.82	0.73	-
	十七烷	0.31	-	-	-
	正二十七烷	0.31	1.77	1.34	-
	2-甲基二十四(碳)烷	-	-	-	0.34
	四十四烷	-	-	-	0.75
	2,6,11,15-四甲基十六烷	-	-	-	0.72
	2,5-二甲基庚烷	-	1.41	3.33	-
	十二烷	2.64	-	2.60	2.8
	十三烷	0.80	-	-	0.79
	环戊烷	0.17	1.32	-	-
	2-甲基二十三烷	-	-	2.22	0.26
十四烷	8.23	-	-	9.82	
合计	19.45	25.42	32.89	21.83	

表4(续)

类别	名称	含量/%			
		A	B	C	D
酸类	苯硼酸	0.13	3.39	-	-
	2-氨基对苯二甲酸	-	0.99	-	-
	十四烷酸	-	1.67	-	-
	2-吡啶甲酸	-	0.78	-	-
	2-氨基对苯二甲酸	-	0.32	-	-
	合计	0.13	7.15	-	-
酯类	乙酸乙酯	0.65	3.05	-	-
	(Z)-丁酸叶醇酯	4.64	-	3.45	-
	异戊酸叶醇酯	4.60	1.12	3.91	-
	(Z)-己酸叶醇酯	31.31	1.39	32.42	-
	顺式-3-己烯醇甲酸酯	-	-	1.65	-
	异丁酰乙酸甲酯	2.12	-	3.39	0.34
	邻苯二甲酸二异丁酯	3.19	-	2.83	-
	邻苯二甲酸二乙酯	0.26	-	-	-
	邻苯二甲酸二丁酯	2.78	-	2.40	-
	己二酸二辛酯	1.40	-	-	-
	己二酸二(2-乙基己)酯	-	-	0.87	-
	合计	50.95	5.56	50.92	0.34
	酮类	2,5-辛二酮	-	-	0.36
2,2,6-三甲基环己酮		0.35	-	0.16	-
1,7-辛二烯-3-酮		-	-	2.45	-
1,3-环己二酮		0.24	-	0.47	-
5-甲氧基-1-萘满酮		-	0.41	-	-
合计		0.59	0.41	3.44	-
杂环氧化物	2-正戊基咪喃	1.42	0.72	1.03	1.03
	顺式芳樟醇氧化物(咪喃)	0.12	-	-	-
	反式芳樟醇氧化物(吡喃)	0.48	4.23	0.31	12.65
	1-萘甲基胺	0.06	-	-	3.43
合计	2.08	4.95	1.34	17.11	
醇类	桉叶油醇	0.40	-	0.40	-
	芳樟醇	2.54	3.50	1.10	4.82
	顺式-3-己烯醇	0.78	3.90	-	0.36
	1-反-(+)-橙花叔醇	0.33	0.61	-	-
	柏木烯醇	-	1.26	-	-
	雪松醇	0.42	-	0.85	-
	(Z)-8-十二烯-1-醇	0.17	-	-	-
	合计	4.64	9.27	2.35	5.18
醚类	香茅基乙醛基醚	0.14	0.81	-	8.27
	合计	0.14	0.81	-	8.27

注: -表示未检出,下同。

含苯环的芳香烃化合物含量在4种信阳毛尖茶供试样中检测结果均较低,不是主成分。

在4种信阳毛尖茶供试样中检测出的碳氢化合物中,对香气表现有作用的成分主要是(Z)-罗勒烯、柠檬烯、 α -蒎烯、2-蒎烯、 γ -松油烯、 α -异松油烯、肉桂烯、 β -罗勒烯、古巴烯、法尼烯、 α -石竹烯、 α -金合欢烯、 δ -杜松烯、(R)-(+)-

花侧柏烯等不饱和烃^[9](表4),这些成分中柠檬烯、 γ -松油烯使茶叶具有清新花香(表6)。在4种信阳毛尖茶供试样中,140℃毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(C)中柠檬烯、2-蒎烯、 γ -松油烯、 α -异松油烯、肉桂烯、古巴烯、法尼烯等含量最高,110℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶样(B)中 α -蒎烯、 α -金合欢烯、石竹烯含量最高(表4)。

表 5 信阳毛尖茶内含化学成分种类表
Table 5 List of chemical composition types of Xinyang Maojian tea

类别	A		B		C		D	
	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%	数量
醛类	9.13	4	13.22	2	11.83	2	7.15	4
芳香烃	0.63	3	-	-	0.12	1	1.32	2
碳氢化合物	19.45	18	25.42	12	32.89	20	21.83	15
酸类	0.13	1	7.15	5	-	-	-	-
酯类	50.95	9	5.56	3	50.92	8	0.34	1
酮类	0.59	2	0.41	1	3.44	4	-	-
杂环氧化物	2.08	4	4.95	2	1.34	2	17.11	3
醇类	4.64	6	9.27	4	2.35	3	5.18	2
醚类	0.14	1	0.81	1	-	-	8.27	1

表 6 信阳毛尖茶内含化学成分香型种类表
Table 6 List of aroma types of Xinyang Maojian tea containing chemical components

香型	名称	A	B	C	D
花果香	柠檬烯	0.97	1.38	1.97	0.74
	γ -松油烯	0.2	-	0.8	-
	芳樟醇	2.54	3.5	1.1	4.82
	1-反-(+)-橙花叔醇	0.33	0.61	-	-
	合计	4.04	5.49	3.87	5.56
辛辣	肉桂烯	-	-	0.38	-
	β -环柠檬醛	0.5	-	-	-
	合计	0.5	-	0.38	-
木香	顺式芳樟醇氧化物(呋喃)	0.12	-	-	-
	反式芳樟醇氧化物(吡喃)	0.48	4.23	0.31	12.65
	合计	0.6	4.23	0.31	12.65
	总计	5.14	9.72	4.56	18.21

酸类芳香物质在乌牛早信阳毛尖茶样中未检出；在 110℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)中含量较高，140℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)只检出微量苯硼酸，可能是信阳群体种茶树本身酸类芳香物质含量高于乌牛早品种，且高温条件下酸类物质发生氧化分解反应。

110℃毛火烘焙的群体种信阳毛尖茶样(B)与乌牛早信阳毛尖茶样(D)中酯类含量很低，而 140℃毛火烘焙的群体种信阳毛尖茶(A)与乌牛早信阳毛尖茶(C)含量很高，应该是高温条件下，醇类化合物发生氧化反应形成酯类化合物。但常见的水杨酸甲酯及己酸己酯等酯类物质在 4 种信阳毛尖茶供试样中均未检测出，与其他研究结果不符^[4-8]，可能与实验方法及采样地点不同有关。

酮类化合物通常带有花果香味，茶样中检测出了 2,5-辛二酮、2,2,6-三甲基环己酮、1,7-辛二烯-3-酮、1,3-环己二酮、5-甲氧基-1-萘满酮，而具有紫罗兰香的 β -紫罗酮未检测出，可能与信阳毛尖茶样杀青与干燥工艺有关。

4 种信阳毛尖茶供试样中脂肪族醇顺式-3-己烯醇 110℃毛火烘焙的群体种信阳毛尖茶(B)含量最高，140℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)次之。萜烯族醇类具有花香或果

实香，沸点较高，对茶香的形成有重要作用，只在群体种信阳毛尖茶供试样中检测出芳樟醇、1-反-(+)-橙花叔醇等萜烯族醇。本研究中 4 种信阳毛尖茶供试样醇类香气成分与孙慕芳等^[7]研究成果有差异，其研究结果表明信阳毛尖茶香气物质中醇类含量最高，且苯甲醇、苯乙醇是信阳毛尖茶中较为常见的 2 种芳香族醇，而本研究未检测出苯甲醇与苯乙醇，且醇类芳香物质含量较低，可能与实验方法、加工工艺及采样地点不同有关。

4 种信阳毛尖茶供试样中均检测出具有木香的吡喃型反式芳樟醇氧化物，只在 140℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)中检测出具有木香的呋喃型顺式芳樟醇氧化物。

140℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)中 β -环柠檬醛与顺式芳樟醇氧化物(呋喃)含量最高。140℃毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(C)中柠檬烯、 γ -松油烯、肉桂烯均最高。110℃毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)中 1-反-(+)-橙花叔醇含量最高。110℃毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶样(D)芳樟醇与反式芳樟醇氧化物(吡喃)含量最高。

3 结论与讨论

研究表明 4 种信阳毛尖茶的主要香气化合物类型为醛类、醇类、酯类、酮类、酸类、芳香烃以及碳氢、杂环氧化物。检测结果与孙慕芳等^[9]研究结果在醇类芳香物质方面有差异,其原因是茶样不同、实验方法的不同,或是信阳毛尖茶地域相差异,需要进一步的探讨验证。

140°C毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(A)中酯类化合物含量最高,在香气成分中具有辛辣肉桂香的 β -环柠檬醛与木香的顺式芳樟醇氧化物(呋喃)含量最高。140°C毛火烘焙的乌牛早信阳毛尖茶供试样(C)中碳氢化合物与酮类化合物含量最高,其香气成分中具有柠檬香的柠檬烯、柑橘香的 γ -松油烯、辛辣肉桂香的肉桂烯含量最高。110°C毛火烘焙群体种信阳毛尖茶供试样(B)中酸类和醇类化合物含量最高,其香气成分中具有玫瑰香的1-反-(+)-橙花叔醇含量最高。110°C毛火烘焙乌牛早信阳毛尖茶供试样(D)芳香烃、醚类和杂环氧化物含量最高,其香气成分中具有玉兰花香的芳樟醇和木香的反式芳樟醇氧化物(吡喃)含量最高。

140°C毛火的信阳毛尖茶供试样的茶多酚、ECG、GA的含量要高于110°C毛火的信阳毛尖茶供试样;EGCG、EGC的含量要低于110°C毛火的信阳毛尖茶供试样。

综上,在140°C毛火烘焙群体种与乌牛早信阳毛尖茶供试样中酯类茶素含量低。因此,在信阳毛尖茶加工过程中,可适当提高毛火温度,以提升信阳毛尖茶的香气,降低苦涩感。

此次研究只选择了相近海拔、相近日期的信阳群体种与乌牛早茶树品种茶树原料制备110°C毛火与140°C毛火烘焙的信阳毛尖茶样,在后续的研究中,可扩大实验范围,选择更多不同因素的信阳毛尖茶原料,设置不同梯度毛火及足火温度实验,通过感官审评,将香气部分打分,通过响应面等分析技术,得到最佳毛火及足火温度,再加以验证。

参考文献

- [1] 刘建军,黄建安,李美凤,等.信阳毛尖与黄山毛峰及西湖龙井的香气成分分析[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(6):658-661.
LIU JJ, HUANG JAN, LI MF, *et al.* Analysis on aroma components of Xinyang Maojian tea and Huangshan Maofeng tea and Xihulongjing tea [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci Ed), 2016, 42(6): 658-661.
- [2] 尹鹏,刘盼盼,刘威,等.信阳群体种与2个特色茶树品种信阳毛尖茶香气成分分析[J].食品科技,2017,5(42):62-67.
YIN P, LIU PP, LIU W, *et al.* Aroma constituents of Xinyang Maojian tea made by Xinyang Quntizhong and two special cultivars [J]. Food Technol, 2017, 5(42): 62-67.
- [3] 尹鹏,刘盼盼,刘威,等.春季不同生产时期对信阳毛尖茶香气成分的影响[J].南方农业学报,2017,48(9):1671-1675.
YIN P, LIU PP, LIU W, *et al.* Effects of different production dates during spring on aroma components in Xinyang Maojian tea [J]. J South Agric, 2017, 48(9): 1671-1675.
- [4] 王晓,尹鹏,郭桂义,等.信阳毛尖茶芳香成分研究进展[J].茶叶,2018,44(9):77-80.
WANG X, YIN P, GUO GY, *et al.* Research progress on aromatic ingredients of Xinyang maojiao tea [J]. J Tea, 2018, 44(9): 77-80.
- [5] 孙慕芳,郭桂义,张洁.蒸青绿茶和炒青信阳毛尖绿茶香气品质的GC-MS分析[J].食品科学,2014,12(35):151-155.
SUN MF, GUO GY, ZHANG J. GC-MS of aroma quality of steamed green tea and fried green Xinyang Maojian green tea [J]. Anal Food Sci, 2014, 35(12): 151-155.
- [6] 霍权恭,杨京,刘钟栋,等.信阳毛尖茶叶挥发性成分GC-MS分析[J].中国农学通报,2005,7(21):108-110.
HUO QG, YANG J, LIU ZD, *et al.* Analysis of Volatile Components from Xinyang Maojian tea by GC-MS [J]. Chin Agric Sci Bull, 2005, 7(21): 108-110.
- [7] 孙慕芳,蒋双丰,张永瑞,等.信阳毛尖茶特征香气成分研究[J].茶业通报,2019,41(4):177-180.
SUN MF, JIANG SF, ZHANG YR, *et al.* Study on Xinyang Maojian tea aroma characters [J]. J Tea Bus, 2019, 41(4): 177-180.
- [8] 陈娇娇,鲁成银,王国庆,等.基于香气成分的信阳毛尖香型分类研究[J].食品安全质量检测学报,2019,10(15):4926-4936.
CHEN JJ, LU CY, WANG GQ, *et al.* Classification of Xinyang Maojian green tea aroma types based on volatile compounds [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(15): 4926-4936.
- [9] 孙慕芳,郭桂义.著名信阳毛尖产地茶叶香气成分的GC-MS分析[J].江苏农业科学,2014,42(7):319-321.
SUN MF, GUO GY. GC-MS analysis of aroma components in famous Xinyang Maojian tea [J]. Jiangsu Agric Sci, 2014, 42(7): 319-321.
- [10] SHEIBANI E, DUNCAN SE, KUHN DD, *et al.* SDE and SPME analysis of flavor compounds in Jinxuan oolong tea [J]. J Food Sci, 2016, 81(2): 348-358.
- [11] YANG ZY, BALDERMANN S, WATANABE N. Recent studies of the volatile compounds in tea [J]. Food Res Int, 2013, 53: 585-599.
- [12] HE CJ, GUO XM, YANG YM, *et al.* Characterization of the aromatic profile in "Zijuan" and "Pu-erh" agreen teas by headspace solid-phase microextraction coupled with GC-O and GC-MS [J]. Anal Method, 2016, 8(23): 4727-4735.
- [13] QI D, MIAO A, CAO J, *et al.* Study on the effects of rapid aging technology on the aroma quality of white tea using GC-MS combined with chemometrics: In comparison with natural aged and fresh white tea [J]. Food Chem, 2018, 265: 189-199.
- [14] XU YQ, WANG C, LI CW, *et al.* Characterization of aroma-active compounds of Pu-erh tea by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and simultaneous distillation-extraction (SDE) coupled with GC-olfactometry and GC-MS [J]. Food Anal Method, 2016, 9(5): 1188-1198.
- [15] 陈义.不同嫩度信阳毛尖的冲泡条件研究[J].湖北农业科学,2016,2(55):390-392,448.
CHEN Y. Study on the brewing conditions of Xinyang Maojian with different tenderness [J]. Hubei Agric Sci, 2016, 2(55): 390-392, 448.
- [16] 孙慕芳,郭桂义,张莉,等.不同海拔高度信阳毛尖茶香气成分的GC-MS分析[J].河南农业科学,2014,43(5):181-185.
SUN MF, GUO GY, ZHANG L, *et al.* Analysis of Xinyang Maojian tea

- aroma components from different altitude by GC-MS [J]. *Henan Agric Sci*, 2014, 43(5): 181–185.
- [17] 陈义, 郭桂义, 房志杰. 基于主成分分析法的信阳毛尖香气质量评价模型构建[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(8): 142–145.
CHEN Y, GUO GY, FANG ZJ. Modeling for aroma quality evaluation of Xinyang Maojian tea based on principal component analysis [J]. *Henan Agric Sci*, 2014, 43(8): 142–145.
- [18] 段宾宾, 刘鹏飞, 宁夏, 等. 信阳毛尖挥发油的热裂解产物分析[J]. *现代食品科技*, 2012, 12(28): 1813–1817.
DUAN BB, LIU PF, NING X, *et al.* Analysis of pyrolyzed constituents in essential oil of Xinyang Maojian tea [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2012, 12(28): 1813–1817.
- [19] 赖幸菲, 庞式, 李裕南, 等. 不同季节翠玉品种茶叶香气组分的 GC-MS 分析[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(12): 287–293.
LAI XF, PANG S, LI YN, *et al.* Aroma-producing components of Cuiyu tea leaves during different seasons by GC-MS [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2014, 30(12): 287–293.
- [20] 刘盼盼, 高士伟, 郑鹏程, 等. 冲泡条件对恩施玉露茶茶汤品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(20): 138–144.
LIU PP, GAO SW, ZHENG PC, *et al.* Effect of brewing conditions on quality of Enshi Yulu green tea infusion [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(20): 138–144.
- [21] 刘晓博, 庞晓莉, 孔维婷, 等. 信阳毛尖特征赋香成分的研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(1): 108–113.
LIU XB, PANG XL, KONG WT, *et al.* Analysis on the characteristic volatile flavor compounds of Xinyang Maojian tea with SPME-GC-MS [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(1): 108–113.
- [22] 施梦楠, 龚淑英. 茶叶香气研究进展[J]. *茶叶*, 2012, 38(1): 19–23.
SHI MN, GONG SY. Research progress on tea aroma [J]. *J Tea*, 2012, 38(1): 19–23.
- [23] 龙立梅, 宋沙沙, 曹学丽. 基于香气成分气相色谱-质谱指纹图谱的判别分析和相似度评价用于绿茶等级差异研究[J]. *色谱*, 2019, 37(3): 325–330.
LONG LM, SONG SS, CAO XL. Discriminant analysis and similarity evaluation of gas chromatography-mass spectrometry fingerprints of aroma components in green tea grading [J]. *Chin J Chromatogr*, 2019, 37(3): 325–330.
- [24] 陈玲, 王学方, 李智宁, 等. 酶法辅助提取信阳毛尖香气成分[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(13): 91–97.
CHEN L, WANG XF, LI ZN, *et al.* Enzymatic extraction of aromatic components from Xinyang Maojian tea [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(13): 91–97.
- [25] 郭桂义, 杨转, 王松琳, 等. 信阳毛尖茶烘焙技术参数优化探究[J]. *食品科技*, 2017, 42(1): 81–85.
GUO GY, YANG Z, WANG SL, *et al.* Optimization of the baking technical parameters for Xinyang Maojian tea [J]. *Food Sci Technol*, 2017, 42(1): 81–85.
- [26] YU HC, WANG J, XIAO H, *et al.* Quality grade identification of green tea using the eigenvalues of PCA based on the E-nose signals [J]. *Sens Actuators B*, 2009, 140(2): 378–382.
- [27] QIN ZH, PANG XL, CHEN D, *et al.* Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry: Correlation with sensory properties and classification according to grade level [J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 864–874.
- [28] 赵苗苗, 严亮, 张文杰, 等. 不同渥堆发酵方法对普洱茶品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(8): 2640–2648.
ZHAO MM, YAN L, ZHANG WJ, *et al.* Effects of different pile-fermentation methods on the quality of Pu-erh tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(8): 2640–2648.
- [29] 赵苗苗, 何鲁南, 李果, 等. 普洱茶机械化生产及数控发酵的品质研究[J]. *茶叶科学*, 2020, 40(5): 676–688.
ZHAO MM, HE LN, LI G, *et al.* Study on quality of mechanical production and numerical control fermentation of Pu-er tea [J]. *J Tea Sci*, 2020, 40(5): 676–688.
- [30] 任洪涛, 周斌, 夏凯国, 等. 不同发酵程度普洱茶香气成分的比较分析[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(11): 23–26.
REN HT, ZHOU B, XIA KG, *et al.* Compare analysis of fermentation degree on the aromatic components of Pu-erh tea [J]. *Food Res Dev*, 2011, 32(11): 23–26.
- [31] 赵苗苗, 严亮, 张文杰, 等. 红紫芽熟茶适制性及渥堆发酵过程品质变化研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(19): 6212–6220.
ZHAO MM, YAN L, ZHANG WJ, *et al.* Study on the suitability of purple bud post-fermented Pu-erh tea and quality changes during the fermentation process [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(19): 6212–6220.
- [32] 施兆鹏. 茶叶审评与检验(第四版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
SHI ZP. Tea review and inspection [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2010.
- [33] 念波, 段双梅, 石兴云, 等. 6个红紫芽茶 14种化学成分含量测定比较[J]. *食品工业*, 2020, 41(2): 189–193.
NIAN B, DUAN SM, SHI XY, *et al.* Determination of the contents of 14 kinds of components in 6 purple tea shoots [J]. *Food Ind*, 2020, 41(2): 189–193.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



郑杰, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工研究。

E-mail: 1024665272@qq.com



赵丰华, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工与植保研究。

E-mail: 30892916@qq.com