

基于香气成分的信阳毛尖香型分类研究

陈娇娇¹, 鲁成银², 王国庆², 陈利燕², 梁慧玲^{1*}, 张颖彬^{2*}

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 杭州 311300;

2. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 31008)

摘 要: **目的** 研究基于香气成分进行信阳毛尖香型分类的效果与可行性。**方法** 对 81 个信阳毛尖进行感官审评, 依据基础香型、特征香型、缺陷香型及其组合进行分类筛选出基础香型特征明显的样品共 52 个, 采用顶空固相微萃取与气相色谱-质谱联用(headspace solid phase microextraction, HS-SPME-GC-MS)分析其香气成分。基于单因素方差分析筛选 4 种基础香型中含量差异显著的 21 种香气化合物分别进行主成分分析和判别分析。**结果** 主成分分析取得了较好的效果, 在针对基础香型、基础香型与特征/缺陷香型结合的分析中主成分的累积贡献均大于 90%。对基础香型进行判别分析正确率较低, 但对不同基础香型中的特征/缺陷香型进行判别分析效果较好。**结论** 主成分分析、判别分析显示基础香型(清香、清高、高鲜、高爽)与特征/缺陷香型组合的效果均优于仅以基础香型进行的统计分析。因此在研究信阳毛尖香型分类和香气成分之间的关系时, 要充分考虑复合香型对分类结果的影响, 主成分分析和判别分析均为开展其香型分类研究的有效手段。

关键词: 信阳毛尖; 基础香型; 特征香型; 缺陷香型; 主成分分析; 判别分析

Classification of Xinyang Maojian green tea aroma types based on volatile compounds

CHEN Jiao-Jiao¹, LU Cheng-Yin², WANG Guo-Qing², CHEN Li-Yan²,
LIANG Hui-Ling^{1*}, ZHANG Ying-Bin^{2*}

(1. Zhejiang Agriculture and Forestry University, College of Agriculture and Food Science, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Agricultural Product Quality Improvement Technology, Hangzhou 311300, China;

2. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China)

ABSTRACT: Objective To study the effect and feasibility of Xinyang Maojian aroma classification based on aroma components. **Methods** Sensory evaluation was carried out on 81 Xinyang Maojian samples. A total of 52 samples with obvious basic characteristics were selected according to the classification of basic types, characteristic types, defective types and their combinations. The volatile compounds of these samples were analyzed by headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Based on one-way analysis of variance, 21 aroma compounds with significant differences in content in 4 kinds of basic aroma

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2014-TRICAAS)

Fund: Supported by Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2014-TRICAAS)

***通讯作者:** 梁慧玲, 副教授, 主要研究方向茶叶品质形成机理研究。E-mail: hlling@zafu.edu.cn

张颖彬, 助理研究员, 主要研究方向茶叶感官品质评价。E-mail: zhyb@tricaas.com

***Corresponding author:** LIANG Hui-Ling, Professor, School of Zhejiang Agriculture and Forestry University, College of Agriculture and Food Science, Hangzhou, 311300, China. E-mail: hlling@zafu.edu.cn

ZHANG Ying-Bin, Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, 310008, China.

E-mail: zhyb@tricaas.com

types were screened for principal component analysis and discriminant analysis, respectively. **Results** The results of principal component analysis were satisfactory, the cumulative contribution of principal components was more than 90% in the analysis for basic types or combined with characteristic types/defective types. The correct rate of discriminant analysis for basic flavor was low, but the effect of discriminant analysis of basic types and characteristic/defective types combinations was much better. **Conclusion** Principal component and discriminant analysis show that the statistic of Xinyang Maojian tea aroma for 4 basic types (Qingxiang, Qinggao, Gaoxian, Gaoshuang) combined with characteristic/defective types is better than basic types. Therefore, when studying the relationship between aroma classification components of Xinyang Maojian, we should fully consider the influence of complex aroma types, and principal component analysis and discriminant analysis are both effective means to carry out the classification of its aroma types.

KEY WORDS: Xinyang Maojian tea; basic fragrance; characteristic fragrance; defective odor; principal component analysis; discriminant analysis

1 引 言

信阳毛尖是我国十大名茶之一,产于河南省信阳市,该茶外形条索细、圆、紧、直,嫩绿显白毫,香高味鲜,汤色、叶底嫩绿明亮^[1]。目前已有学者对不同等级、不同季节、不同加工工艺、不同品种和不同海拔高度的信阳毛尖茶感官品质开展了研究^[2-8]。受等级、季节、海拔高度、制作工艺、品种等因素的影响,信阳毛尖茶可表现出多种香型,较好的代表了我国中小叶种绿茶主要的香气特征。

在茶叶香型分类研究领域,目前已有学者针对普洱茶、乌龙茶、白茶和红茶感官香型与香气成分之间的联系开展分析^[9-15]。葛晓杰等^[16]研究表明红茶香气成分中的醇类是花香型和甜香型差异形成的基础。陈林等^[17]采用感官审评结合化学识别模式研究影响“显酸茶”“正韵茶”“青韵茶”“浓香茶”4种香气类型铁观音茶的化学成分,“显酸茶”主要与酯类化合物密切相关。

但是目前对于绿茶香型分类与香气成分之间关系的文献报道较少,关于信阳毛尖的研究也缺乏相关内容。本研究采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱法分析了信阳毛尖香气组成,并结合感官审评香型分类结果,对信阳毛尖不同香型香气成分进行了主成分分析和判别分析研究,旨在通过香气成分分析和感官评价结合研究基于香气成分进行信阳毛尖香型分类的效果与可行性,为绿茶香型分类研究提供化学支撑。

2 材料与方法

2.1 材 料

81个样品取自河南信阳地区20家生产企业,取样地点包括光山县(12个),信阳市(30个),潢川县(3个),罗山县(16个),商城地区(12个),新县(8个)。样品季节组成:春茶35个,秋茶46个。等级组成:特级7个,一级34个,二级40个。

2.2 仪器与设备

HH-1 数显恒温水浴锅(金坛市杰瑞尔电器有限公司); DSQ 气质联用仪(赛默飞世尔科技有限公司); 手动固相微萃取进样器、50/30 μm DVB/CAR/PDMS 57348-U 萃取头(上海安谱实验科技股份有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 感官审评方法

由高级评茶师、评茶师、高级评茶员组成的5人审评小组根据 GB/T 23776-2018^[18]、GB/T 14487-2017^[19]茶叶感官审评方法和审评术语。称取干茶样 3.0 g, 100 $^{\circ}\text{C}$ 纯净水冲泡 4 min 后开汤审评。对茶叶外形、汤色、香气、滋味和叶底共 5 项因子进行评语描述和单项打分,各因子权重外形(25%)、汤色(10%)、香气(25%)、滋味(30%)、叶底(10%)。

2.3.2 香气实验前处理

将 6.0 g 茶样置于 100 mL 样品瓶中,加入 30 mL 100 $^{\circ}\text{C}$ 蒸馏水于 60 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴中,插入老化 5 min 的萃取头(DVB/CAR/PDMS),顶空吸附 50 min,直接插入色谱进样器 240 $^{\circ}\text{C}$ 解吸附 5 min。

2.3.3 色谱与质谱条件

色谱条件:气相色谱柱为 DB-Wax 毛细管柱,载气为高纯氮气纯度 99.999%,柱流量 1.5 mL/min,进样方式为手动无分流进样;程序升温:50 $^{\circ}\text{C}$ 保持 5 min,以 1.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至 170 $^{\circ}\text{C}$,再以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至 220 $^{\circ}\text{C}$ 保持 10 min。

质谱条件:离子源 230 $^{\circ}\text{C}$,电子轰击源 EI,电子能量 70 eV,扫描质量范围为 50~650 amu。

2.3.4 香气成分的定性与定量

根据 NIST 质谱库自动检索、标准品及化合物文献保留指数进行定性,并采用归一化法计算化合物相对含量。

2.4 数据分析软件

采用 SPSS 25.0 进行主成分分析与判别分析。

3 结果与分析

3.1 信阳毛尖香气感官审评结果

对制作正常、未带明显缺陷的样品进行分析, 特级信阳毛尖茶香气清高、高鲜、高爽带有嫩香、栗香、花香; 一级信阳毛尖香气清高、高爽稍带嫩香、栗香、花香; 二级信阳毛尖香气清香、较清高、较高爽带有栗香。部分样品因工艺原因香气存在熟、闷、烟等缺陷。

对感官香气评分结果进行分析, 得分范围为 68~95 分, 其中 90~95 分共有 36 个样品, 85~89 分有 30 个样品, 80~84 分 10 个样品, 79 分及以下 5 个样品。虽然取样时特级茶的比例较低, 但本研究不考虑茶叶嫩度, 仅对香气进行研究, 通过感官审评结果发现, 样品香气类型丰富, 得分覆盖面广, 具有较高的代表性。

3.2 信阳毛尖的香型组成

绿茶根据香气类型可分为基础香型(basic types, BT)、特征香型(characteristic types, CT)和缺陷香型(defect types, DT)。基础香型为茶叶香气的基香, 单只茶叶只有 1 种基础香型; 特征香型为富有特征的风味香型, 缺陷香型为令人不愉悦的气味类型, 单只茶叶可同时有 1 种或几种特殊香型和缺陷香型^[20]。绿茶的香气通常由 1 种基础香型和 1 至 2 种特征香型、缺陷香型共同组成。但有时由于嫩度过低、制作工艺缺陷等原因, 茶叶的基础香型表现不明显, 此时感官审评结果则不包含基础香型。

通过感官审评, 信阳毛尖样品具有的基础香型包括清高(qinggao, QG)、清香(qingxiang, QX)、高爽(gaoshuang, GS)、高鲜(gaoxian, GX)4 种, 主要的特征香型包括嫩香(nenxiang, NX)、花香(huaxiang, HX)、栗香(lixiang, LX)3 种, 主要的缺陷香型包括粗(cu, C)、闷(men, M)、烟 3 种。为了对其不同香型的组成及相关性进行研究, 对感官描述结果进行整理后筛选出基础香型特征明显的样品共 52 个, 并对这些样品的香型组成进行了整理, 结果见表 1, 基础香型为清高的样品所兼有的特征香型最丰富, 其次是高鲜、高爽、清香。具有基础香型的样品兼有的缺陷香型是粗和闷, 并不包括烟, 这是由于烟强度过高导致了基础香型强度的降低。

3.3 信阳毛尖香气组成分析结果

本实验采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱分析信阳毛尖茶, 共分析到 49 种香气成分。不同香型之间的香气成分相对含量存在一定的差别。对基础香型特征明显的 52 个样品采用单因素方差分析, 筛选出具有显著性差异的 21 种香气成分, 见表 2。清香型与清高型、高爽型、高鲜型样品在较多的成分中具有显著性差异, 如辛酸乙酯、芳樟醇氧化物、 β -环柠檬醛等。顺-己酸-3-己烯酯在信阳毛尖所有香气成分中平均相对含量最高, 但在不同香型间该香

气含量差异不显著, 因此未列入表 2。

表 1 信阳毛尖香型组合结果统计表
Table 1 Statistic the number of Xinyang Maojian tea aroma types

基础香型 BT		清高 QG	清香 QX	高爽 GS	高鲜 GX
特征 香型 CT	无特征香型和缺陷香型	0	5	0	0
	嫩香 NX	0	0	1	0
	花香 HX	11	0	0	1
	栗香 LX	6	0	9	3
缺陷 香型 DT	花香+栗香 HX+LX	4	0	1	2
	粗 C	0	2	0	0
	闷 M	0	7	0	0
	合计	21	14	11	6

3.4 信阳毛尖香型的主成分分析

对筛选后的 52 个样品结合差异显著的 21 个香气成分进行主成分分析, 共提取 3 个主成分, 累积贡献率 91.28%, 主成分 1 与主成分 2 累积贡献率是 81.93%, 主成分 1 贡献最高的是二甲硫, 吡啶贡献最小, 主成分 2 中贡献最高的是 β -紫罗酮, 而顺-茉莉酮贡献最小。根据散点图 1 发现 4 种基础香型香气成分降维后存在一定的规律, 清高香型分布范围最广, 与另外 3 种香型重叠一起, 推测特征或缺陷香型的存在对基础香型的主成分提取造成了干扰, 因此将不同基础香型结合各自具有的特征/缺陷香型进一步进行主成分分析, 结果见散点图 2。

清高香型中复合的特征香型是花香、栗香和花香栗香兼有 3 种。对基础香型为清高的 21 个样品进一步进行主成分分析。共提取 3 个主成分, 累积贡献率是 94.56%。主成分 1 中贡献较大的成分有 β -环柠檬醛、2-正戊基呋喃、二甲硫等, 负相关的化合物主要是橙花叔醇、吡啶; 对主成分 2 贡献较高的成分有 β -紫罗酮、1-乙基-2-甲酰吡咯, 负相关的成分有顺-茉莉酮、橙花叔醇等。

清香香型的复合香型是闷和粗 2 种缺陷香型。对基础香型为清香的 14 个样品进行主成分分析, 共提取 3 个主成分, 累积贡献率 92.24%。主成分 1 贡献较大的化合物主要有二甲硫、辛酸乙酯, 负相关的主要是顺-茉莉酮、吡啶; 癸醛对主成分 2 贡献最大, 顺-茉莉酮贡献最小。

高爽香型中的复合香型是嫩香、栗香、花香栗香兼有 3 种类型。对基础香型为高爽的 11 个样品进行主成分分析, 共提取 2 个主成分, 累积贡献率 93.12%。主成分 1 贡献较高的香气成分有二甲硫、6-甲基-5-庚烯-2-酮、芳樟醇氧化物等, 负相关的成分主要有吡啶、橙花叔醇; 主成分 2 贡

献较大的成分有 β -紫罗酮、二甲硫等, 负相关的成分最大的是橙花叔醇。

高鲜香型的复合香型也是花香、栗香、花香栗香兼 3 种类型, 共有 6 个样品, 对其进行主成分分析, 共提取 2 个主成分, 累积贡献率 97.94%。主成分 1 贡献较高的化合物有吲哚、顺-茉莉酮、丙烯酸丁酯等; 负相关的成分主要有 2-正戊基呋喃、二甲硫; 主成分 2 中贡献较高的化合物有橙花叔醇、 α -法尼烯、 β -紫罗酮, 负相关的成分主要有 3-己烯-1-醇、二甲硫。

3.5 信阳毛尖香型的判别分析

3.5.1 基础香型判别分析结果

判别分析是根据多种因素对事物的影响, 对事物进行判别分类的统计方法^[21]。对筛选后的 52 个样品依据香型组成和香气成分进行判别分析, 选择具有显著性差异的

21 个化合物相对含量做分析原始数据的 X 变量, 得到 2 个典型判别式函数, 函数 1、2 特征值分别是 0.650、0.007, 累计贡献率 100%。但分类结果初始案例的正确率仅为 36.5%, 交叉验证分组的正确率仅为 30.8%。

如图 3, 各基础香型判别分析的正确率分别是: 清高型 19.0%、清香型 57.1%、高爽型 18.2%、高鲜型 33.3%, 主要是将清香判为高爽, 部分清高判为高爽与高鲜, 高爽判为高鲜, 判别分析结果不理想。因此进一步结合特征/缺陷香型进行判别分析。

3.5.2 基础香型结合特征/缺陷香型判别分析结果

由于对 4 种基础香型进行判别分析的原始正确率和交叉验证正确率均较低, 推测特征或缺陷香型的存在对基础香型的主成分提取造成了干扰, 因此进一步对不同基础香型中的特征/缺陷香型进行判别分析。结果显示在 $\alpha=0.05$

表 2 信阳毛尖基础香型样品香气组成的方差分析(%)
Table 2 Analysis of variance of aroma compounds in Xinyang Maojian tea four basic fragrance types (%)

序号	化合物名称	保留指数 RI	清高 QG($n=14$)	清香 QX($n=21$)	高爽 GS($n=11$)	高鲜 GX($n=6$)
1	二甲硫 ^d	748	1.74±0.34 ^{ab}	1.60±0.30 ^{ab}	2.01±0.41 ^a	0.87±0.35 ^b
2	月桂烯 ^d	1146	0.62±0.04 ^{ab}	0.82±0.15 ^a	0.71±0.15 ^{ab}	0.52±0.05 ^b
3	丙烯酸丁酯	1178	0.13±0.03 ^{ab}	0.21±0.04 ^a	0.19±0.06 ^b	0.08±0.04 ^b
4	柠檬烯 ^d	1209	0.47±0.05 ^{ab}	0.54±0.10 ^a	0.49±0.09 ^{ab}	0.36±0.04 ^b
5	2-正戊基呋喃 ^d	1224	0.47±0.05 ^{ab}	0.56±0.09 ^a	0.61±0.09 ^b	0.34±0.09 ^b
6	6-甲基-5-庚烯-2-酮 ^d	1332	0.23±0.02 ^{ab}	0.30±0.04 ^a	0.24±0.04 ^{ab}	0.21±0.03 ^b
7	3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	1380	0.66±0.05 ^{ab}	0.44±0.06 ^a	0.53±0.05 ^{ab}	0.42±0.11 ^b
8	辛酸乙酯	1434	0.31±0.03 ^b	0.56±0.11 ^a	0.24±0.06 ^b	0.19±0.07 ^b
9	氧化芳樟醇 I(呋喃型)	1444	0.58±0.04 ^b	0.90±0.14 ^a	0.67±0.08 ^b	0.56±0.10 ^b
10	氧化芳樟醇 II(呋喃型)	1444	0.54±0.05 ^b	0.88±0.13 ^a	0.66±0.09 ^b	0.52±0.10 ^b
11	癸醛 ^d	1495	0.63±0.06 ^b	1.02±0.09 ^a	0.81±0.09 ^b	0.65±0.08 ^b
12	1-乙基-2-甲酰吡咯	1610	0.58±0.11 ^{ab}	1.07±0.24 ^a	0.85±0.26 ^{ab}	0.55±0.27 ^b
13	β -环柠檬醛 ^d	1614	1.27±0.13 ^{bc}	2.00±0.25 ^a	1.43±0.23 ^b	0.89±0.24 ^c
14	反- β -法尼烯	1660	1.66±0.12 ^{ab}	1.50±0.10 ^a	1.92±0.18 ^b	1.63±0.13 ^{ab}
15	顺-3-己烯酸-3-己烯酯	1719	1.02±0.13 ^a	1.02±0.09 ^a	1.01±0.1 ^a	1.51±0.29 ^b
16	α -法尼烯	1745	1.37±0.12 ^b	2.95±0.75 ^a	1.52±0.26 ^b	1.25±0.28 ^b
17	苯甲醇 ^d	1870	2.52±0.34 ^a	2.94±0.49 ^a	2.29±0.37 ^{ab}	1.43±0.31 ^b
18	β -紫罗酮 ^d	1976	1.48±0.13 ^b	2.44±0.27 ^a	1.55±0.19 ^b	1.33±0.29 ^b
19	顺-茉莉酮 ^d	1984	7.43±0.79 ^a	6.00±1.04 ^a	6.22±0.67 ^a	10.19±1.68 ^b
20	橙花叔醇 ^d	2044	5.14±0.69 ^a	5.20±0.57 ^a	3.04±0.45 ^b	5.48±1.55 ^a
21	吲哚 ^d	2389	7.57±1.49 ^{ab}	6.75±1.56 ^a	6.69±2.30 ^a	11.89±2.66 ^b

注: 化合物的鉴定通过比较保留指数(RI)和真实化合物保留时间以及质谱数据与 NIST 文库的比较; d 通过香气化合物标准品在 DB-Wax 柱上的保留时间鉴定; a、b、c 表示 $\alpha=0.05$ 的显著性水平具有差异。

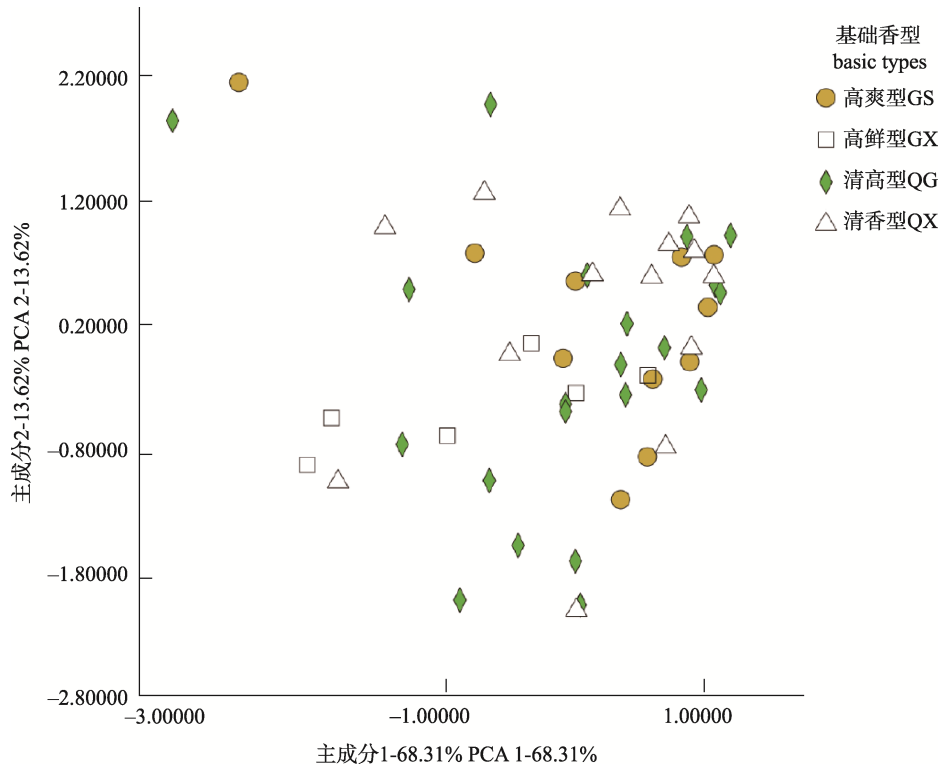
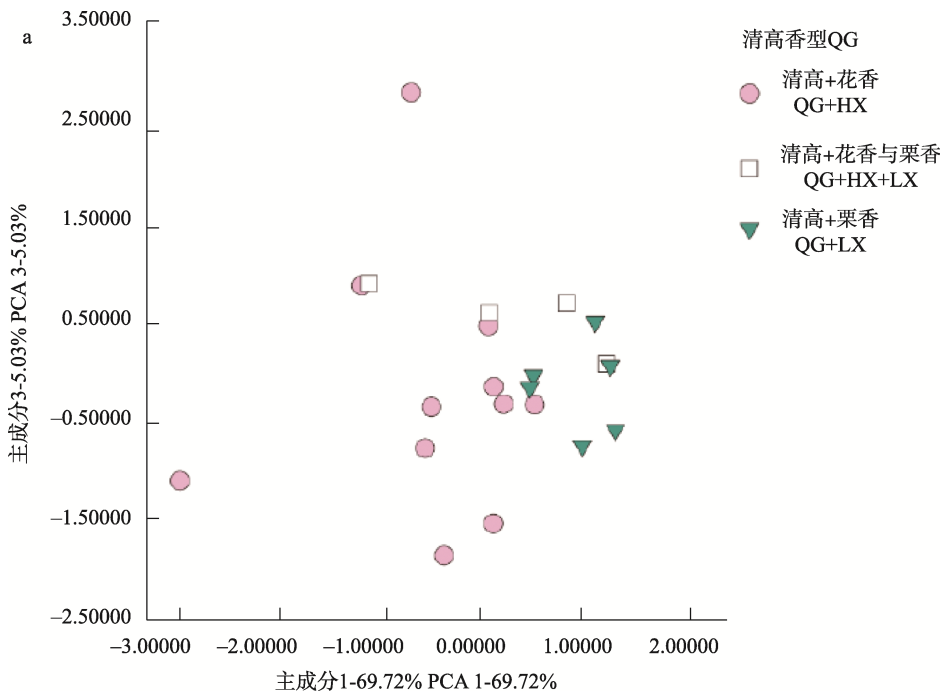
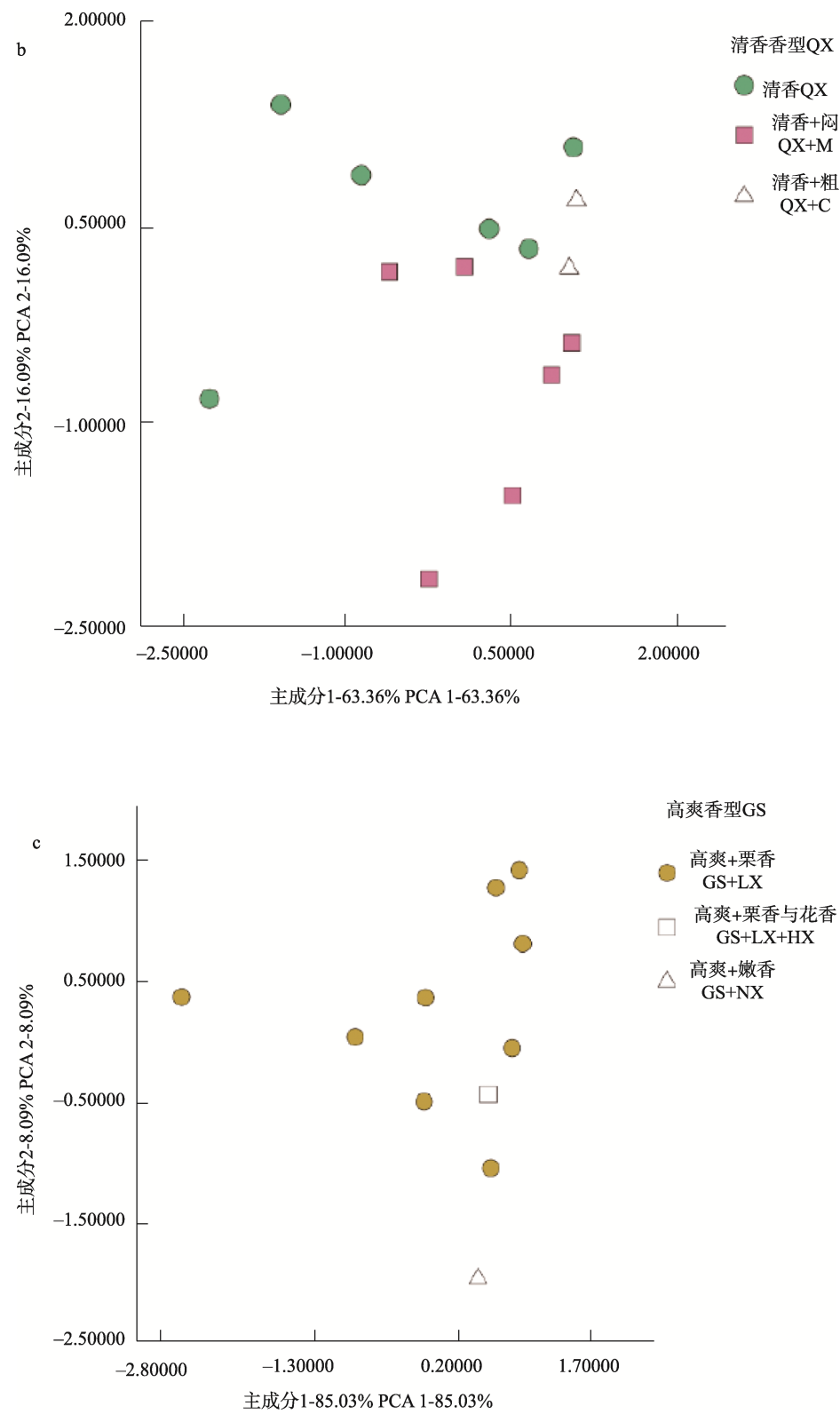


图 1 基于 4 种基础香型的信阳毛尖主成分分析
Fig. 1 Principal component analysis of Xinyang Maojian tea four basic fragrance types



注: a、b、c、d 分别是清高、清香、高爽、高鲜香型带有特征/缺陷香型样品的主成分分析。

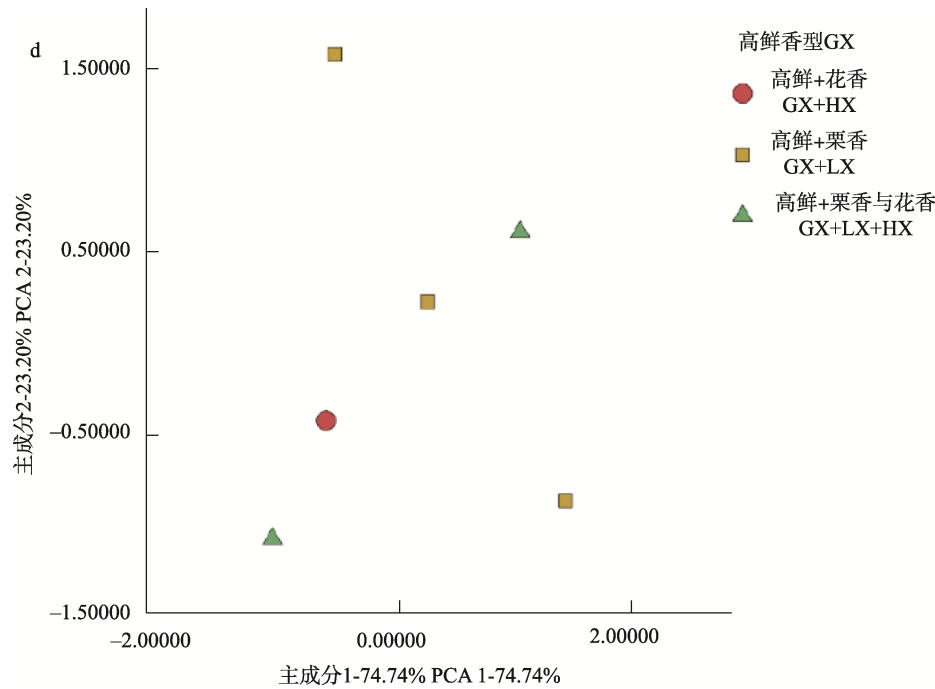
图 2 基于基础香型与特征/缺陷香型组合的信阳毛尖主成分分析
Fig. 2 Principal component analysis of Xinyang Maojian tea basic fragrance combined with characteristic types or defect types



注: a、b、c、d 分别是清高、清香、高爽、高鲜香型带有特征/缺陷香型样品的主成分分析。

续图 2 基于基础香型与特征/缺陷香型组合的信阳毛尖主成分分析

Fig. 2 Principal component analysis of Xinyang Maojian tea basic fragrance combined with characteristic types or defect types



注: a、b、c、d 分别是清高、清香、高爽、高鲜香型带有特征/缺陷香型样品的主成分分析。

续图 2 基于基础香型与特征/缺陷香型组合的信阳毛尖主成分分析

Fig. 2 Principal component analysis of Xinyang Maojian tea basic fragrance combined with characteristic types or defect types

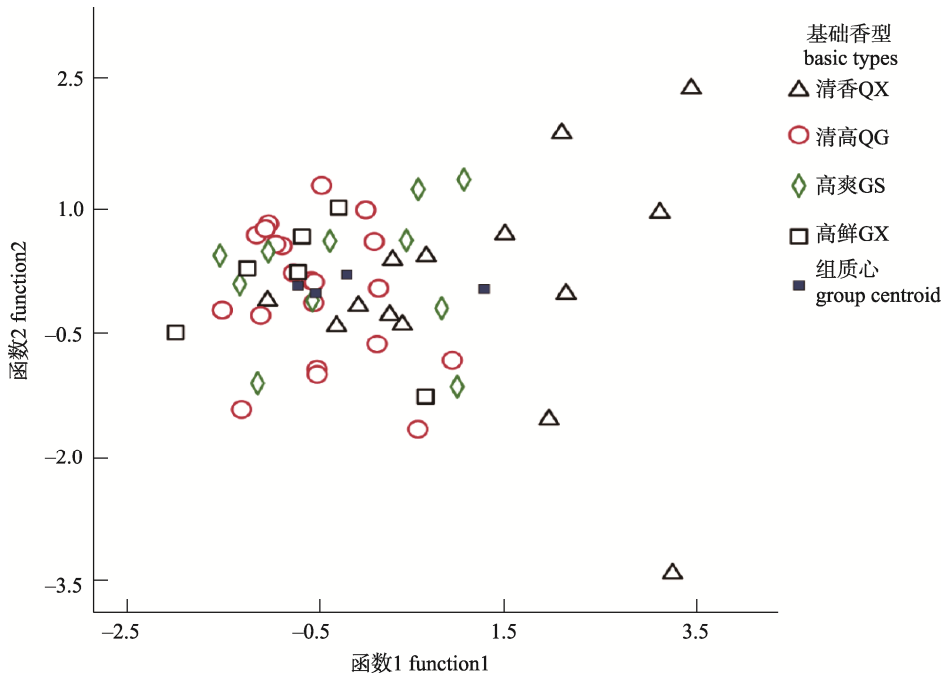
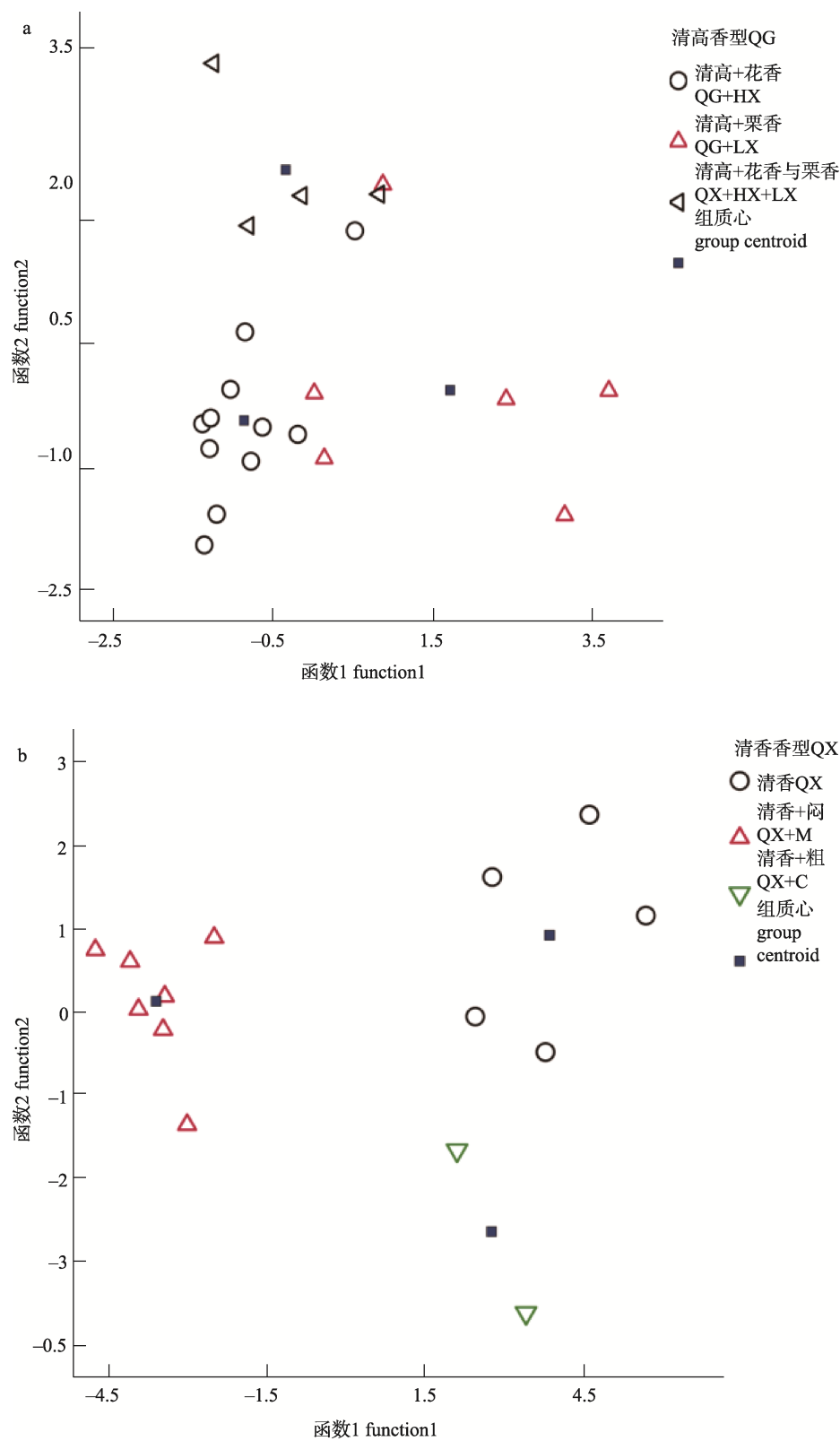


图 3 基于 4 种基础香型的信阳毛尖判别分析

Fig. 3 Discriminant classification of Xinyang Maojian tea four basic fragrance types

的显著性水平下, Wilks Lambda 检验 4 种基础香型与特征/缺陷香型组合的判别函数 $P < 0.05$ 均具有统计学意义, 清高香型、清香香型、高爽香型、高鲜香型组合初始案例分类正确率分别是 81.0%、100.0%、100.0%、100.0%, 交叉验证分组中的正确率分别是 81.0%、78.6%、72.7%、0.0%, 前

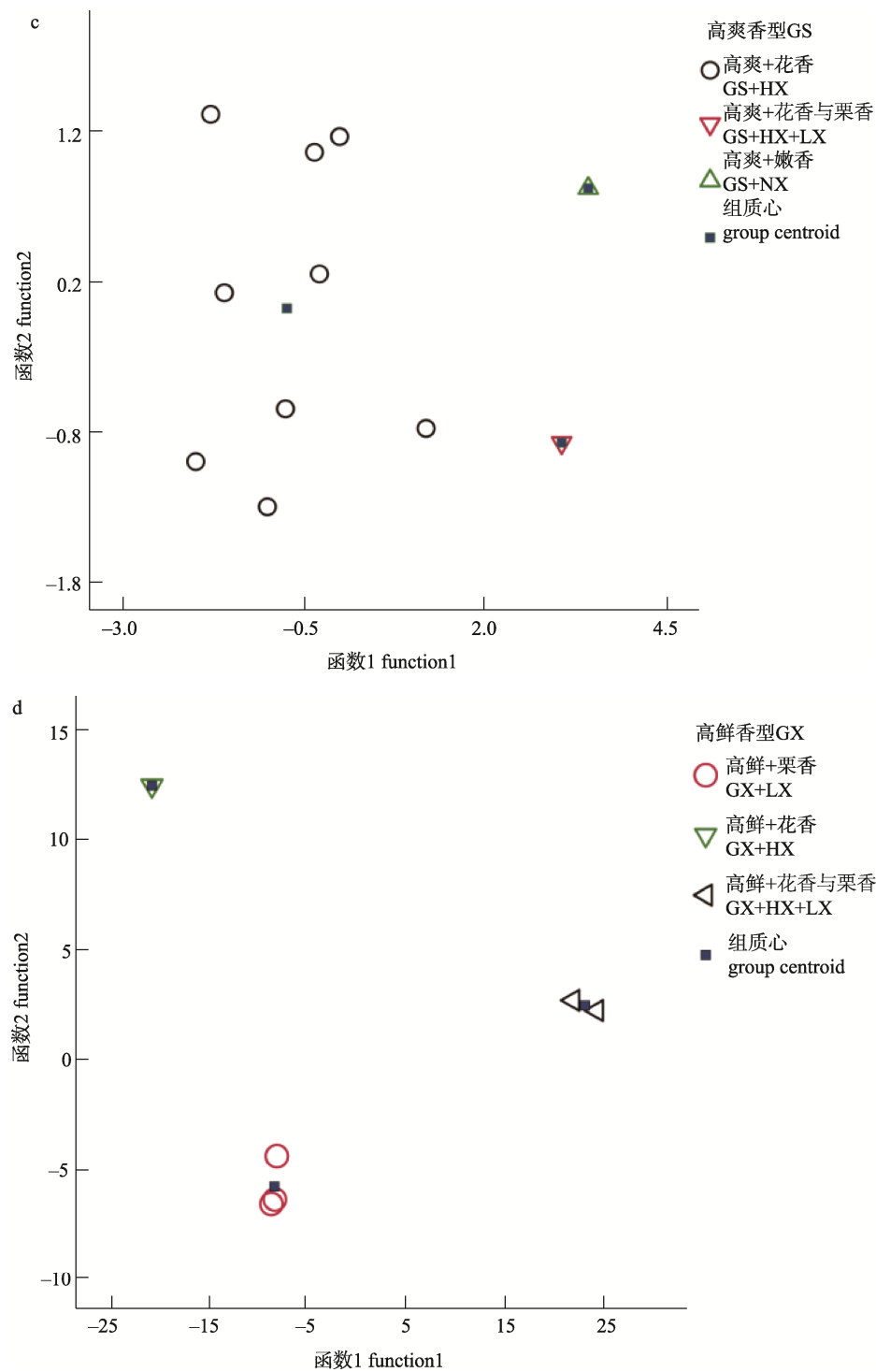
3 个组合的效果好于仅以 4 种香型进行的判别分析, 高鲜香型结合特征香型判别分析交叉验证的正确率低, 这是由于高鲜香型样本量少, 对判别结果的准确性造成了影响。图 4 散点图(a、b、c、d)可看出基于基础香型与特征/缺陷香型组合的判别分类效果。



注: a、b、c、d 代表清高、清香、高爽、高鲜香型与特征/缺陷香型组合的判别分析

图 4 基于基础香型与特征/缺陷香型组合的信阳毛尖判别分析

Fig. 4 Discriminant analysis of Xinyang Maojian tea basic fragrance combined with characteristic types or defect types



注: a、b、c、d 代表清高、清香、高爽、高鲜香型与特征/缺陷香型组合的判别分析
续图 4 基于基础香型与特征/缺陷香型组合的信阳毛尖判别分析

Fig. 4 Discriminant analysis of Xinyang Maojian tea basic fragrance combined with characteristic types or defect types

4 讨论

4.1 统计方法对信阳毛尖香型分类的效果

茶叶香气主要是各种芳香物质之间的协调组合^[22],

因此香型的形成主要受到化合物相对含量差异的影响。本研究基于化合物的相对含量对信阳毛尖茶不同香型进行了主成分分析和判别分析。但在进行单一香型形成机制的研究时需要进一步对化合物的绝对含量进行分析。

通过筛选相对含量差异显著的 21 种香气化合物对信阳毛尖茶不同香型进行主成分分析均取得了较好的结果,在针对基础香型、基础香型与特征/缺陷香型结合的分析中主成分的累积贡献均大于 90%,可见采用主成分分析开展茶叶香型分类研究是一种有效的手段。在清高、清香、高爽 3 类基础香型与特征/缺陷香型组合的主成分分析中,主成分 1 中二甲硫、吡嗪、橙花叔醇、顺-茉莉酮等的贡献都较高。在基于基础香型的主成分分析中,二甲硫是主成分 1 的主要贡献化合物。二甲硫广泛存在于自然界的海苔、圆白菜等蔬菜和食品中,对食品风味的形成具有重要作用。日本也报道了二甲硫在蒸青茶香气形成中的作用,作为绿茶风味的重要化合物,对绿茶香气特征形成十分关键^[23]。吡嗪、顺-茉莉酮具有茉莉花香,可能是组成花香的重要组成部分。清高、高爽、高鲜 3 类基础香型与特征香型组合的主成分 2 中 β -紫罗酮贡献都较高,研究显示 β -紫罗酮可能是构成栗香香型的重要成分之一^[24-26],而 β -紫罗酮本身具有较为强烈的甜香,因此主成分 2 可能和栗香等甜感明显的香气特征有一定的关系。未来可进一步针对这些化合物研究对于茶叶香气类型形成的贡献。

通过筛选相对含量差异显著的 21 种香气化合物对信阳毛尖茶的基础香型进行判别分析正确率较低,但对不同基础香型中的特征/缺陷香型进行判别分析,效果较好,高爽、高鲜、清香与特征/缺陷香型组合的初始案例分类正确率均是 100.0%,交叉验证中除基础香型为高鲜的样品集外,其它交叉验证的正确率也均较高。由于高鲜样品集数量只有 6 个,因此可以认为是较少的样品数量对判别分析结果产生了负面影响,而判别分析在茶叶香型分类的研究中也能够发挥较好的作用。

4.2 茶叶复合香型分类研究的前景

和白酒^[27]一样,茶叶也具有复杂的复合香型。本次实验是基于信阳毛尖开展的绿茶香型分类研究,信阳毛尖虽只是数量众多的绿茶中的一种,但本研究所分析样品的香型基本覆盖了我国绿茶具有的香气类型,具有极高的代表性。但受实验样品香型组成的限制,不同的基础香型带有的特征香型或缺陷香型数量和分类存在差别,例如清香型中栗香、花香的比例较低,高爽型以栗香为主,高鲜型样品数量较少,因此本实验的样本数量对于全面研究绿茶香型的分类还不够全面,但实验结果佐证了茶叶香气研究要基于感官感受进行针对性研究的可行性和必要性。

传统的茶叶感官审评方法主要以评语描述法和综合打分法对茶叶的感官品质进行描述,该方法虽然能较为快速、准确的对茶叶品质进行描述,但感官分析结果主要是定性分析、精确度不够,为了进一步阐明不同茶叶香型及其化学组成之间的关系,未来要可进一步扩大样本量,采用定量描述分析等方法量化基础香型、特征香型、缺陷香

型,从而开展绿茶香型分类研究,通过将人类感官与仪器分析结果拟合,探索茶叶感官人工智能分析的可能性。

5 结 论

通过单因素方差分析筛选信阳毛尖香气成分中相对含量差异显著的 21 种化合物进行不同复合香型的主成分分析和判别分析,基础香型(清高、清高、高鲜、高爽)与特征/缺陷香型组合取得了较好的效果。因此在研究信阳毛尖香型分类和香气成分之间的关系时,要充分考虑复合香型对分类结果的影响,主成分分析和判别分析均为开展其香型分类研究的有效手段。

参考文献

- [1] 郭桂义,孙慕芳,王广铭,等. 信阳毛尖茶[J]. 中国茶叶加工, 2003, (4): 19-20.
Guo GY, Sun MF, Wang GM, *et al.* The Xinyang Maojian green tea [J]. Chin Tea Prod, 2003, (4): 19-20.
- [2] 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[J]. 分析食品科学, 2014, 35(12): 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.
- [3] 孔维婷,刘建军,司辉清. 固相微萃取与气相色谱-质谱联用分析信阳毛尖香气成分[J]. 食品科学, 2012, 33(12): 185-189.
Kong WT, Liu JJ, Si HQ. Solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry were used to analyze the aroma components of Xinyang Maojian [J]. Food Sci, 2012, 33(12): 185-189.
- [4] 刘建军,袁丁,司辉清,等. 遮荫对不同季节茶树新梢的内含成分影响研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 115-118.
Liu JJ, Yuan D, Si HQ, *et al.* Effects of shading on the ingredients of tea tree shoots in different seasons [J]. Southwest Agric J, 2013, 26(1): 115-118.
- [5] 刘建军,李美凤,张静,等. 传统工艺与现代工艺对信阳毛尖品质的影响[J]. 茶叶科学, 2016, 36(6): 594-602.
Liu JJ, Li MF, Zhang J, *et al.* Effects of traditional and modern processing technologies on the quality of Xinyang Maojian tea [J]. Tea Sci, 2016, 36(6): 594-602.
- [6] 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): 62-67.
Yin P, Liu PP, Liu W, *et al.* Aroma constituents of Xinyang Maojian tea made by Xinyangquntizhong and two special cultivars [J]. Food Technol, 2017, (5): 62-67.
- [7] 张巧萍,聂胜委,张玉亭,等. 信阳毛尖春茶、夏茶的品质现状及标准浅析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 94-98.
Zhang QP, Nie SW, Zhang YT, *et al.* Analysis of quality of Xinyang-Maojian under spring tea and summer tea based on actual investigations [J]. Southwest Agric J, 2015, 28(1): 94-98.
- [8] 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.

- [9] 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 Methods*, 2016, 9(5): 1188–1198.
- [10] Sheibani E, Duncan SE, Kuhn DD, *et al.* SDE and SPME analysis of flavor compounds in Jin Xuan oolong tea [J]. *J Food Sci*, 2016, 81(2): 348–358.
- [11] 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.
- [12] He CJ, Guo XM, Yang YM, *et al.* Characterization of the aromatic profile in “Zijuan” and “pu-erh” green teas by headspace solid-phase microextraction coupled with GC-O and GC-MS [J]. *Anal Method*, 2016, 8(23): 4727–4735.
- [13] Yang ZY, Baldermann S, Watanabe N. Recent studies of the volatile compounds in tea [J]. *Food Res Int*, 2013, 53: 585–599.
- [14] 周天山, 米晓玲, 余有本, 等. 兰香型茶叶香气组分主成分分析[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(1): 254–259.
- Zhou TS, Mi XL, Yu YB, *et al.* Principal component analysis of aroma components in tea with orchid-like aroma [J]. *J Northwest Univ*, 2016, 31(1): 254–259.
- [15] 王晨, 吕世懂, 廉明, 等. 顶空固相微萃取结合 GC/MS 分析普洱大叶种乔木茶花香气成分[J]. 茶叶科学, 2016, 36(2): 175–183.
- Wang C, Lv SD, Lian M, *et al.* Analysis of aroma components in big-leaf tea plant (*Camellia sinensis* var. *assamica*) flower using headspace solid-phase microextraction coupled with GC/MS [J]. *J Tea Sci*, 2016, 36(2): 175–183.
- [16] 葛晓杰, 苏祝成, 狄德荣, 等. 基于顶空固相微萃取/气质联用的红茶特征香型呈香活性成分研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(23): 304–310.
- Ge XJ, Su ZC, Di DR, *et al.* Comparison of odor-active components of two different odor type black tea based on HS-SPME/GC-O-MS [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(23): 304–310.
- [17] 陈林, 林清霞, 张应根, 等. 不同风味类型铁观音乌龙茶香气组成化学模式识别研究[J]. 茶叶科学, 2018, (3): 253–262.
- Chen L, Lin QX, Zhang YB, *et al.* Roma profiling of tieguanyin oolong tea with different flavor characteristics based on chemical pattern recognition [J]. *J Tea Sci*, 2018, (3): 253–262.
- [18] GB/T 23776-2018 茶叶感官审评方法[S].
- GB/T 23776-2018 Tea sensory evaluation method [S].
- [19] GB/T 14487-2017 茶叶感官审评术语[S].
- GB/T 14487-2017 Tea sensory review terms [S].
- [20] 张颖彬, 金寿珍, 王国庆, 等. 浙江省“十大名茶”感官品质分析及风味轮的构建[J]. 茶叶科学, 2015, 35(3): 225–232.
- Zhang YB, Jin SZ, Wang GQ, *et al.* Flavor analysis and flavor wheel establishment of ten top famous tea in Zhejiang province [J]. *J Tea Sci*, 2015, 35(3): 225–232.
- [21] 龙立梅, 宋沙沙, 李柰, 等. 3 种名优绿茶特征香气成分的比较及种类判别分析[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 114–119.
- Long LM, Song SS, Li L, *et al.* Comparisons of characteristic aroma components and cultivar discriminant analysis of three varieties of famous green tea [J]. *Food Sci*, 2015, 36(2): 114–119.
- [22] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- Wan XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China AGR Press, 2003.
- [23] Toshiko K, Tel Y. Studies on the flavor of green tea Part IV. Dimethyl sulfide and its precursor [J]. *Agric Biol Chem*, 1963, 27(1): 56–59.
- [24] 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.
- Ye GZ, Jiang YW, Yin JF, *et al.* Study on the characteristic of aroma components in green tea with chestnut-like aroma [J]. *J Tea Sci*, 2009, 29(5): 385–394.
- [25] 尹洪旭, 杨艳芹, 姚月凤, 等. 栗香绿茶香气萃取方法优化及其芳香成分分析[J]. 茶叶科学, 2018, 38(5): 518–526.
- Yin HX, Yang YQ, Yao YF, *et al.* Optimization of aroma extraction and aroma component analysis on chestnut-like green tea [J]. *J Tea Sci*, 2018, 38(5): 518–526.
- [26] 王雪萍. 不同香型名优绿茶香气组分分析[C]. 2009 年中国茶叶科技创新与产业发展学术研讨会论文集, 2009.
- Wang XP. Study on aromatic components of famous tea with different types of aroma [C]. Proceedings of the 2009 China Tea Science and Technology Innovation and Industry Development Symposium, 2009.
- [27] 曹静, 余有贵, 曹智华, 等. 中国复合香型白酒研究进展[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 200–204.
- Cao J, Yu YG, Cao ZH, *et al.* Research progress of Chinese multiple-flavor liquor [J]. *Food Mach*, 2017, 33(7): 200–204.

(责任编辑: 武英华)

作者简介

陈娇娇, 硕士研究生, 主要研究方向茶叶感官与香气成分分析。
E-mail: 1639454215@qq.com

梁慧玲, 副教授, 主要研究方向茶叶品质形成机理研究。
E-mail: hlling@zafu.edu.cn

张颖彬, 助理研究员, 主要研究方向茶叶感官品质评价。
E-mail: zhyb@tricaas.com