



高薇,王秀,李见春,等. 基于 HPLC 指纹图谱与多元统计分析的太平猴魁产地判别方法[J]. 轻工学报, 2022, 37(1): 33-39.

GAO W, WANG X, LI J C, et al. Origin discrimination of Taiping Houkui based on HPLC fingerprints and multivariate statistical analysis[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(1): 33-39. DOI: 10. 12187/2022. 01. 005

# 基于 HPLC 指纹图谱与多元统计分析的太平猴魁产地判别方法

高薇, 王秀, 李见春, 涂密密, 高菲, 徐峰, 王玉帅

蚌埠医学院 药学院, 安徽 蚌埠 233030

**摘要:** 以核心产地和非核心产地的太平猴魁为研究对象, 通过优化高效液相色谱(HPLC)检测方法建立太平猴魁 HPLC 指纹图谱, 并结合多元统计分析方法对不同产地太平猴魁样品进行鉴别分析。结果表明: 按优化后的 HPLC 检测方法对核心产地 10 种太平猴魁样品进行定量分析, 共鉴定出 11 个共有峰(GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG、ECG), 且 10 种太平猴魁样品的相似度均在 0.982 以上; 来自核心产地与非核心产地的太平猴魁样品在 PCA 得分图中按照产地聚集, 实现了较好的分离; 筛选出的 6 种生物标志物(EC、GC、Cat、TB、EGC、Caf)可作为区分太平猴魁是否来自核心产地的特征性成分。

**关键词:** 太平猴魁; 高效液相色谱; 指纹图谱; 多元统计分析

**中图分类号:** TS207.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2022)01-0033-07

## 0 引言

太平猴魁是我国十大名茶之一, 因其独特的品质深受国内外消费者喜爱, 成为国茶珍品。该茶的核心产地为黄山市黄山区新明乡猴坑、猴岗、颜家 3 个自然村落的风凰尖、狮形山、鸡公尖一带, 不同产地和等级的太平猴魁色、香、味及口感各有差异。市场上不同品质的太平猴魁价格悬殊, 从几百元 500 g 到几千元 500 g 不等。在利益的驱使下, 一些不法商人以非核心产地茶假冒核心产地茶, 坑骗广大消费者以获取暴利, 严重影响了太平猴魁品牌的信誉。近年来, 茶叶地理标志保护产品越来越多, 国家工商总局、农业部等部门也对地理标志保护产品实行不

同的管理和保护模式<sup>[1-2]</sup>。太平猴魁作为我国地理标志产品, 寻找简单、可靠的分析方法对原产地与非原产地产品进行鉴别, 对维护生产者和消费者的权益具有重要意义。

传统的茶叶鉴别方法是通过茶叶的外形、汤色、香气、滋味与叶底进行判断, 这种方法易受人为因素及评判标准的影响, 且鉴定结果无法量化<sup>[3-5]</sup>。而基于指纹图谱及多元统计分析的数学模型具有较强的预测能力, 在食品检测、医学诊断等领域应用广泛。张俊杰等<sup>[6]</sup>通过构建分子指纹图谱实现了对福建不同茶品种的鉴别。陈琦等<sup>[7]</sup>开发了一种基于元素及近红外分析的方法, 可对来自 6 个产地的太平猴魁样品进行产区甄别, 但无法进行产地甄别。

收稿日期 2021-04-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(82103755); 安徽省留学回国人员创新创业项目(2021LCX027); 安徽省自然科学基金青年项目(2108085QH333); 蚌埠医学院自然科学基金重点项目(BYKY1807ZD)

作者简介: 高薇(1990—), 女, 吉林省白山市人, 蚌埠医学院讲师, 博士, 主要研究方向为药理学。E-mail: 337444469@qq.com

通信作者: 王玉帅(1989—), 男, 山东省泰安市人, 蚌埠医学院讲师, 博士, 主要研究方向为天然药物化学。E-mail: 834584706@qq.com

雷攀登等<sup>[8]</sup>对采集自不同产地的 13 种太平猴魁中的水浸出物、游离氨基酸、咖啡碱、茶多酚含量进行了分析测定,并利用 GC-MS 进行香气成分分析,发现不同产地的太平猴魁香气成分差异较大,但未明确对品质起关键作用的特征成分。杨停等<sup>[9]</sup>采用顶空固相微萃取-气质联用结合主成分分析(PCA)法对 3 个产地 7 种太平猴魁香气成分进行分析,共鉴定出了 29 种特征香气成分。

高效液相色谱(HPLC)指纹图谱是一种简单高效、应用广泛的指纹图谱检测方法,可分析鉴定茶叶中的儿茶酚类、没食子酸、嘌呤生物碱、茶氨酸等 36 种成分<sup>[10]</sup>。目前,HPLC 指纹图谱已被用于多种名优茶产品(如龙井茶、乌龙茶、普洱茶、大红袍、紫阳毛尖茶等)的品质控制<sup>[11-15]</sup>,但关于太平猴魁指纹图谱的研究尚未见报道。多元统计分析是研究多变量问题的常用方法,主要包括 PCA、判别分析、偏小二乘回归分析(OPLS-DA)、因子分析等,该方法在茶叶产地溯源和鉴别方面应用广泛<sup>[16]</sup>。本研究拟对来自核心产地(新明乡猴坑、猴岗和颜家)的太平猴魁进行 HPLC 指纹谱图相似度评价,并对来自核心产地与非核心产地(龙门乡东坑和汪王岭)太平猴魁进行 PCA 和 OPLS-DA 分析,以期开发一种快速、高效的太平猴魁产地判别方法,用于太平猴魁的品质鉴定与评价,为核心产地太平猴魁的鉴别提供理论依据。

## 1 样品溶液制备

### 1.1 供试样品溶液制备

将从不同核心产地(新明乡猴坑(S1—S4)、猴岗(S5—S7)、颜家(S8—S10))采摘的一芽二叶或一芽三叶新鲜太平猴魁茶叶采用传统手工加工方式(拣尖、摊放、杀青、理条、整形、毛烘、足烘、复焙)制作太平猴魁。将制得的太平猴魁成品用小型高速粉碎机(WK-1000A型,重庆瑞仟顺制药设备有限公司产)粉碎,精密称取 1.0 g 置于旋转蒸发仪(IKARV10型,上海人和科学仪器有限公司产)的 100 mL 圆底烧瓶中,加入 50 mL 体积分数为 70% 的乙醇溶液,于 85 °C 条件下加热回流提取两次,每次 30 min;合并滤液并转移至 100 mL 容量瓶

中,加水定容,摇匀后过 0.45 μm 微孔滤膜,收集的滤液即为供试样品溶液。按产地标注供试样品溶液,备用。

### 1.2 标准品溶液制备

分别称取适量标准品(没食子酸(GA)、5-没食子酰基奎宁酸(5-GC)和没食子儿茶素(GC),上海麦克林生化科技有限公司产;可可碱(TB)、表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(Cat)、表儿茶素(EC)、咖啡因(Caf)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)和表儿茶素没食子酸酯(ECG),南京源植生物科技有限公司产),利用体积分数为 80% 的甲醇溶液超声溶解后,配制成质量浓度分别为 0.204 mg/mL、0.198 mg/mL、0.226 mg/mL、0.236 mg/mL、0.218 mg/mL、0.210 mg/mL、0.231 mg/mL、1.056 mg/mL、1.126 mg/mL、0.228 mg/mL 和 0.308 mg/mL 的混合标准品母液;分别精密量取标准品母液 0.05 mL、0.25 mL、1.00 mL、5.00 mL,置于 10 mL 容量瓶中,以体积分数为 80% 的甲醇溶液稀释至刻度线,将混合标准品母液和稀释后的标准品母液各取 10 μL 进行 HPLC 检测分析,每个标准品均重复检测 3 次,以色谱峰面积对质量浓度进行线性回归,绘制各标准品的标准曲线。

## 2 HPLC 检测方法优化

笔者前期对 HPLC 分析方法进行了很多摸索,发现单独使用甲醇作为有机相时,EGC 和 Cat 的色谱峰重叠,而单独使用乙腈作为有机相时,GC 和 TB 无法完成分离,即使高效液相色谱仪(包括 Waters 1525 二元梯度泵、Waters 2998 PDA 型检测器和 2707 waters 自动进样器,美国 Waters 公司产)改变洗脱条件或更换不同型号(包括 ZORBAX SAX、YMC-Pack ODS-AM、Sunfire C-18、Watchers 120 ODS-AP、Discovery® C18、Acclaim 120 等)色谱柱,均不能达到很好的分离效果(如图 1 所示)。

为了检测太平猴魁中的 11 种主要成分(GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG 和 ECG),并使各成分获得较好的分离度,在前期研究的基础上,笔者选择甲醇和乙腈的混合溶液作为有机相进行洗脱。水相(A)确定为体积分数为 0.2%

的甲酸水溶液,有机相(B)确定为甲醇和乙腈混合溶液( $V(\text{甲醇}):V(\text{乙腈})=65:35$ ),色谱条件确定为:0~3 min,5% B;3~8 min,5%~15% B;8~20 min,15%~30% B;20~32 min,30%~50% B;32~35 min,50%~95% B;35~38 min,95% B;38~41 min,95%~5% B;41~45 min,5% B。另外,设定流速为1.0 mL/min,进样量为10  $\mu\text{L}$ ,柱温为30  $^{\circ}\text{C}$ ,检测波长为270 nm。在此条件下,太平猴魁中的11种主要成分可实现很好的分离,分离度均大于1.5,且峰形对称,无拖尾现象(见图2)。

### 3 HPLC 检测方法评价

#### 3.1 线性关系评价

太平猴魁中各待测成分的线性关系考察结果见表1。由表1可知,所有回归方程的相关系数 $R^2 \geq 0.9999$ ,表明在质量浓度检测范围内,11种成分的线性关系良好。

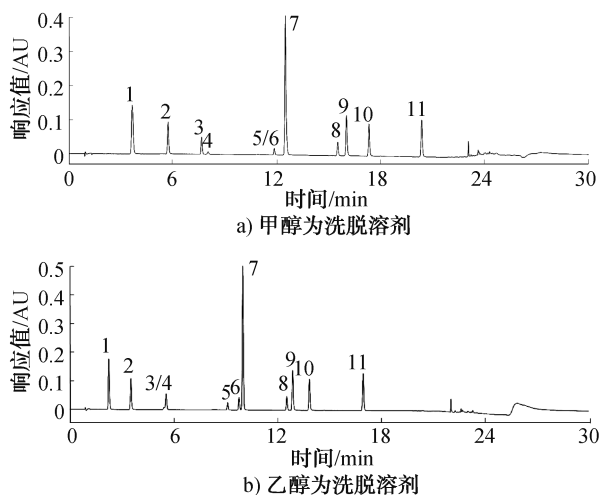


图1 前期 HPLC 色谱图

Fig. 1 Preliminary HPLC chromatograms

注:1为GA,2为5-GC,3为GC,4为TB,5为EGC,6为Cat,7为EC,8为Caf,9为EGCG,10为GCG,11为ECG,下同。

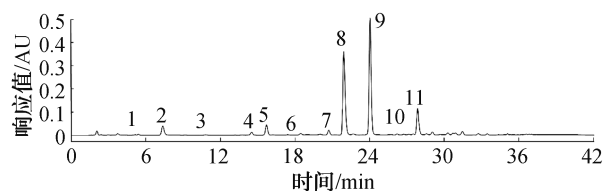


图2 优化后的太平猴魁 HPLC 色谱图

Fig. 2 HPLC chromatograms of Taiping Houkui after optimization

表1 太平猴魁中各待测成分的线性关系考察结果

Table 1 Linear regression data of the analytes in Taiping Houkui

成分	回归方程	$R^2$	线性范围/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )
GA	$y=31\ 773x-10\ 736$	0.9999	1.02~204
5-GC	$y=35\ 126x+33\ 854$	0.9999	0.99~198
GC	$y=3460x-2214$	1.0000	1.13~226
TB	$y=37\ 366x-6026$	1.0000	1.18~236
EGC	$y=2101x-1988$	1.0000	1.09~218
Cat	$y=4917x-1277$	1.0000	1.05~210
EC	$y=5586x-992$	1.0000	1.16~231
Caf	$y=35\ 933x+56\ 056$	1.0000	5.28~1056
EGCG	$y=14\ 356x-18\ 249$	1.0000	5.63~1126
GCG	$y=19\ 276x-11\ 910$	1.0000	1.14~228
ECG	$y=15\ 158x-4221$	1.0000	1.54~308

#### 3.2 精密度评价

精密吸取同一质量浓度混合标准品溶液,按优化后的 HPLC 检测方法重复检测6次,记录各成分的色谱峰面积及相对峰面积的相对标准偏差(RSD)。结果显示,11种待测成分的色谱峰面积RSD介于0.31%~1.39%之间,保留时间RSD介于0.27%~0.55%之间,表明优化后的 HPLC 检测方法精密度良好。

#### 3.3 重复性评价

以S1为例,取样品溶液6份,按优化后的 HPLC 检测方法分别进行定量分析,并以外标法计算11种待测成分含量及其RSD。结果显示,S1的GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG、ECG平均含量分别为0.11  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、1.99  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、1.39  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、0.51  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、40.90  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、1.60  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、8.37  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、18.15  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、49.24  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、0.21  $\mu\text{g}/\text{g}$ 和12.23  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,RSD介于0.94%~1.92%之间,表明优化后的 HPLC 检测方法重复性良好。

#### 3.4 稳定性评价

以S1为例,取样品溶液于室温放置0 h、4 h、8 h、12 h、24 h、48 h,按优化后的 HPLC 检测方法分别进行定量分析,计算可得11种待测成分色谱峰面积RSD在0.26%~3.75%范围内,表明供试样品溶液在室温条件下放置48 h内的主要成分含量稳定。

#### 3.5 回收率评价

以S1为例,取样品9份,每份约1.0 g,分成3组,分别精密加入含GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、

EC、Caf、EGCG、GCG、ECG 的混合标准品溶液 0.5 mL、2.0 mL、5.0 mL,按 1.1 所述方法制备供试样品溶液,然后按优化后的 HPLC 检测方法分别进行定量分析,计算 11 种待测成分的平均加标回收率及其 *RSD*。结果显示,GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG、ECG 的平均加标回收率分别为 98.0%、101.6%、98.7%、99.5%、100.7%、99.1%、102.4%、100.4%、99.8%、99.2%、99.0%;*RSD* 分别为 2.5%、4.1%、2.6%、1.9%、2.9%、3.6%、2.8%、1.7%、2.3%、3.7%、2.6%。这表明优化后的 HPLC 检测方法具有较好的回收率。

## 4 HPLC 指纹图谱的建立与相似度评价

鉴于优化后的 HPLC 检测方法具有良好的精密性、重复性、稳定性和较好的回收率,可用于核心产地太平猴魁的定量分析,取 S1-S10 样品溶液,利用外标法计算其 11 种主要成分含量(见表 2),并记录 HPLC 色谱图。

将 10 种太平猴魁供试样品的色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)进行分析,以 S1 色谱图作为参照图谱,时间窗宽度设定为 0.3 s,经过多点校正、自动匹配后得到太平猴魁 HPLC 指纹图谱,如图 3 所示。由图 3 可知,通过与标准品保留时间比对,共鉴定出 11 个共有峰,分别为 GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG、ECG,其中,Caf 出峰时间适中、峰面积较大、对称性较好,可将其作为参照峰,分别计算其他共有峰的相对保留

时间和相对峰面积,并计算相应的 *RSD*,结果见表 3。由表 3 可知,共有峰相对保留时间 *RSD* 均小于 2.73%,相对峰面积 *RSD* 均小于 15.30%,表明本研究建立的 HPLC 指纹图谱是一种稳定的、重现性较好的方法,可以用于评定太平猴魁的品质。EGCG 的相对峰面积 *RSD*>15%,表明该成分在不同样品中的差异较大,这可能是因为在加工过程中 EGCG 发生了不同程度的降解<sup>[17-18]</sup>。

将太平猴魁样品的 HPLC 指纹图谱分别导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版),计算各样品的指纹图谱与对照图谱图(S1)之间的相似度。结果显示,各太平猴魁相似度为 0.982~0.992,表明这 10 种太平猴魁样品的品质成分相似,建立的 HPLC 指纹图谱可以作为太平猴魁的参考指纹信息用于鉴定和评价太平猴魁的品质。

## 5 多元统计分析

### 5.1 PCA 结果分析

为判别不同产地太平猴魁的品质差异,从非核心产地龙门乡东坑(D1-D4)和汪王岭(W1-W4)两地各取样 4 种,按照 1.1 方法制备非核心产地供试样品,并按优化后的 HPLC 检测方法进行定量分析。采用 UV scaling 法将定量分析结果与核心产地太平猴魁样品定量分析结果进行归一化处理,并导入 Simca-P 14.1 软件进行 PCA 分析。通过 PCA 分析所提取的 2 个主成分 PC1 和 PC2 的累计贡献率为 63.9%,可反映太平猴魁主要成分含量的大部分信息。不同产地太平猴魁的 PCA 得分图如图 4 所示。

表 2 核心产地太平猴魁中 11 个主要成分含量测定结果

Table 2 Contents of 11 analytes in Taiping Houkui from core producing area mg/g

样品	GA	5-GC	GC	TB	EGC	Cat	EC	Caf	EGCG	GCG	ECG
S1	0.11	1.96	1.39	0.50	40.37	1.58	8.35	18.14	49.15	0.21	12.03
S2	0.20	2.13	1.20	1.19	36.23	0.94	6.47	18.07	50.46	0.42	12.13
S3	0.22	2.67	1.19	1.32	35.03	1.26	7.36	18.80	49.25	0.52	10.73
S4	0.16	1.66	0.85	1.05	32.18	1.14	6.79	15.52	41.86	0.31	9.77
S5	0.12	1.21	1.20	0.77	43.15	1.35	8.13	18.18	45.67	0.30	10.58
S6	0.21	1.91	1.03	0.57	31.14	0.75	5.11	15.19	46.25	0.39	10.47
S7	0.45	2.42	0.90	0.30	29.62	0.39	4.03	17.79	55.48	0.64	11.47
S8	0.26	2.28	0.97	1.46	33.85	0.76	6.45	19.90	53.13	0.50	13.77
S9	0.26	2.07	1.27	1.00	35.23	1.16	5.78	18.97	48.87	0.45	11.43
S10	0.31	1.86	0.83	1.21	34.57	1.09	6.96	18.59	50.92	0.47	12.99

由图 4 可知,来自核心产地与非核心产地的太平猴魁样品在 PCA 中实现了较好的分离,各样品在图中按照产地聚集,表明利用 PCA 分析可以有效区分不

同产地太平猴魁。

## 5.2 OPLS-DA 结果分析

PCA 分析是一种无监督的模型验证方法,不能消除组内噪音,而 OPLS-DA 是一种有监督的判别分析方式,更能突出组间差异<sup>[19]</sup>。采用 Simca-P 14.1 软件对来自不同产地的太平猴魁主要成分含量进行 OPLS-DA 分析,结果如图 5 所示。由图 5 可知,不同产地太平猴魁均按其产地聚为一类。拟合模型  $R^2X=0.635, R^2Y=0.891, Q^2=0.802$ ,均大于 0.5,表明该模型拟合效果较好,预测结果可靠,可用于对太平猴魁产地进行判别。变量重要性投影值 (Variable Importance in Projection, VIP) 常用来衡量各变量对各组样本分类判别的影响强度和解释能力,其值越大,代表变量越重要,一般以  $VIP>1$  的变量作为生物标志物。不同产地太平猴魁 OPLS-DA 模型中不同变量的 VIP 如图 6 所示。由图 6 可知,11 种主要成分中共筛选出 6 种生物标志物,即 EC、GC、Cat、TB、EGC 和 Caf 可作为区分太平猴魁是否来自核心产地的特征性成分。

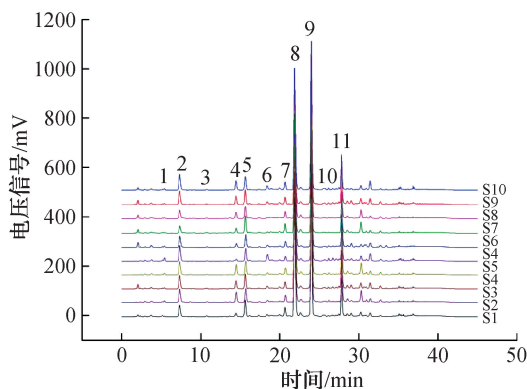


图 3 核心产地太平猴魁的 HPLC 指纹图谱  
Fig. 3 HPLC fingerprints of Taiping Houkui from core producing area

表 3 太平猴魁 HPLC 指纹图谱的 11 个共有峰的相对保留时间和相对峰面积

Table 3 Relative retention time and relative peak area of 11 common peaks in HPLC fingerprints of Taiping Houkui

共有峰 编号	相对保留时间		相对峰面积	
	平均值/min	RSD/%	平均值	RSD/%
1	0.25	1.23	0.009 0	0.59
2	0.34	1.50	0.115 4	2.80
3	0.49	2.32	0.005 8	0.11
4	0.66	1.96	0.049 9	2.33
5	0.72	2.73	0.114 3	1.44
6	0.79	2.47	0.007 4	0.28
7	0.94	2.40	0.056 6	1.17
8	1.00	1.93	1.000 0	9.82
9	1.10	1.82	1.079 8	15.30
10	1.20	2.57	0.010 5	0.47
11	1.27	1.80	0.264 6	3.80

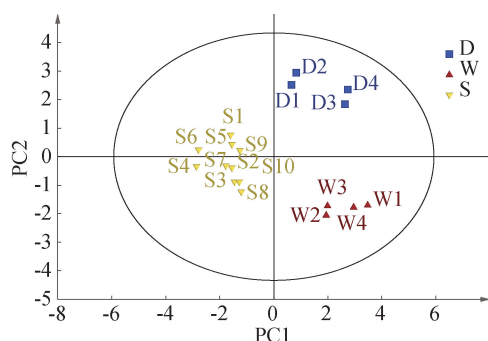


图 5 不同产地太平猴魁 OPLS-DA 得分图  
Fig. 5 OPLS-DA score plot of Taiping Houkui tea from different producing areas

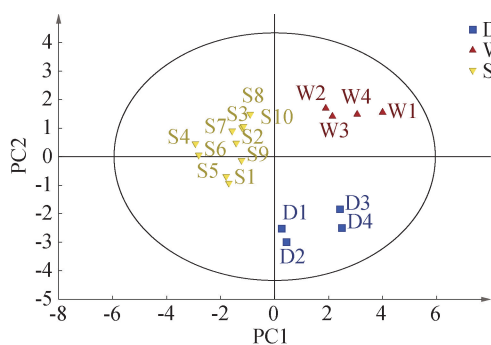


图 4 不同产地太平猴魁的 PCA 得分图  
Fig. 4 PCA score plot of Taiping Houkui tea from different producing areas

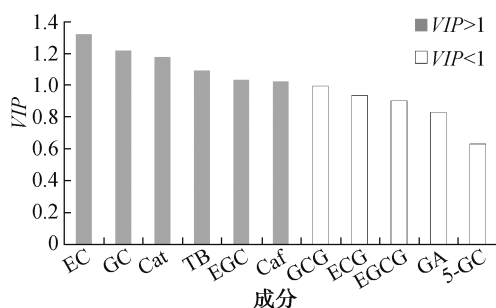


图 6 不同产地太平猴魁 OPLS-DA 模型中不同变量的 VIP  
Fig. 6 VIP of different variable in OPLS-DA model for Taiping Houkui from different producing areas

## 6 结论

本文在前期研究的基础上,对太平猴魁的 HPLC 检测方法进行了优化,基于前期甲醇和乙腈单独作为有机相时均不能很好实现成分分离的问题,最终确定流动相中水相 A 为体积分数为 0.2% 的甲酸水溶液,有机相 B 为甲醇和乙腈混合溶液 ( $V(\text{甲醇}):V(\text{乙腈})=65:35$ ),在此条件下,HPLC 色谱图中 11 种化合物各峰无干扰,分离度均大于 1.5,且峰形对称,无拖尾现象,该方法具有良好的精密密度、重复性、稳定性和较好的回收率。核心产地 10 种太平猴魁的 HPLC 指纹图谱中,11 种主要成分的相对保留时间  $RSD$  均小于 2.73%,相似度为 0.982~0.992,表明本文建立的 HPLC 指纹图谱是一种稳定、重现性较好的方法,可以作为太平猴魁品质评定的可靠方法。利用 PCA 对不同产地太平猴魁样品进行分析发现,来自核心产地与非核心产地的样品分别聚集成类,提取得到两个主成分累计贡献率达 63.9%,可反映太平猴魁主要成分含量的大部分信息。进一步的 OPLS-DA 分析则显示了该方法较为可靠的产地预测能力,通过各成分  $VIP$  的确定发现 EC、GC、Cat、TB、EGC、Caf 这 6 种成分在不同产地样品中差异较大,可作为区分是否来自核心产地的特征成分。该研究可为太平猴魁的产地判别和品质鉴定提供参考,为进一步完善太平猴魁品质标准的制定提供理论依据。

### 参考文献:

[1] 占辉斌. 消费者地理标志产品忠诚度影响因素分析:以地理标志产品太平猴魁为例[J]. 东北农业大学学报(社会科学版),2018,16(1):34-41.

[2] 陆德彪,苏祝成. 我国地理标志(产品)保护现状与问题:以茶叶为例[J]. 中国茶叶,2009,31(4):21-23,36.

[3] 刘玮. 茶叶感官审评方法中存在的若干问题分析[J]. 福建茶叶,2020,42(6):28-29.

[4] 陈荣冰. 论茶叶的品质感官审评[J]. 茶道,2019(12):89-90.

[5] 张志峰,李世海,汤一明,等. 基于 BP 神经网络

的堆积状不同品种茶叶识别研究[J]. 轻工学报,2017,32(1):103-108.

- [6] 张俊杰,郭晨,彭姗姗,等. 7 个福建茶树品种的遗传多样性分析及其分子指纹图谱构建[J]. 轻工学报,2020,35(3):19-27.
- [7] 陈琦,汪爻,吴琼,等. 基于元素及近红外分析的产地鉴别技术[J]. 现代食品,2020(3):165-171.
- [8] 雷攀登,黄建琴,吴琼,等. 太平猴魁茶主要品质成分分析[J]. 中国茶叶加工,2016(1):33-37,45.
- [9] 杨停,雷攀登,周汉琛,等. 顶空固相微萃取-气质联用结合主成分分析法对太平猴魁茶香气成分的研究[J]. 食品工业科技,2017,38(10):49-53,57.
- [10] PENG L, SONG X H, SHI X G, et al. An improved HPLC method for simultaneous determination of phenolic compounds, purine alkaloids and theanine in Camellia species[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2008, 21(7):559-563.
- [11] WANG C, ZHANG C X, SHAO C F, et al. Chemical fingerprint analysis for the quality evaluation of deepure instant Pu-erh tea by HPLC combined with chemometrics [J]. Food Analytical Methods, 2016, 9(12):3298-3309.
- [12] WANG L Y, WEI K, CHENG H, et al. Geographical tracing of Xihu Longjing tea using high performance liquid chromatography [J]. Food Chemistry, 2014, 146:98-103.
- [13] WANG Y X, LI Q, WANG Q, et al. Simultaneous determination of seven bioactive components in Oolong tea Camellia sinensis: Quality control by chemical composition and HPLC fingerprints [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(1):256-260.
- [14] ALAERTS G, ERPS J V, PIETERS S, et al. Similarity analyses of chromatographic fingerprints as tools for identification and quality control of green tea [J]. Journal of Chromatography B, 2012, 910:61-70.

- [15] WANG L, YAN T, YANG L P, et al. Monitoring the consistency quality and antioxidant activity of Da Hong Pao teas by HPLC fingerprinting [J]. *Journal of Chromatographic Science*, 2017, 55(5):528-535.
- [16] 刘艳芳,王胜鹏. 中国茶叶安全现状及产地溯源技术研究[J]. *湖北农业科学*, 2014, 53(24):5913-5915,5930.
- [17] CHEN L, WANG W W, ZHANG J Y, et al. Dual effects of ascorbic acid on the stability of EGCG by the oxidation product dehydroascorbic acid promoting the oxidation and inhibiting the hydrolysis pathway [J]. *Food Chemistry*, 2021, 337:127639.
- [18] 孙立丽,王萌,任晓亮. 化学模式识别方法在中药质量控制研究中的应用进展[J]. *中草药*, 2017, 48(20):4339-4345.
- [19] ANANINGSIH V K, SHARMA A, ZHOU W B. Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection [J]. *Food Research International*, 2013, 50(2):469-479.

## Origin discrimination of Taiping Houkui based on HPLC fingerprints and multivariate statistical analysis

GAO Wei, WANG Xiu, LI Jianchun, TU Mimi, GAO Fei, XU Feng, WANG Yushuai

*College of pharmacy, Bengbu Medical College, Bengbu 233030, China*

**Abstract:** Taiping Houkui from core and non-core producing areas was taken as the research object. The HPLC fingerprints of Taiping Houkui was established by optimizing high performance liquid chromatography (HPLC) detection methods, and the multivariate statistical methods were used to analyze Taiping Houkui from different producing areas. The results showed that according to the optimized HPLC detection method, the 10 kinds of Taiping Houkui samples from the core producing area were quantitatively analyzed, and 11 common peaks (GA、5-GC、GC、TB、EGC、Cat、EC、Caf、EGCG、GCG、ECG) were identified and well separated, and the similarity of 10 Taiping Houkui samples was above 0.982. Taiping Houkui samples from core and non-core producing areas were clustered together according to the origin in the PCA score chart. The 6 biomarkers (EC, GC, Cat, TB, EGC, Caf) screened out were characteristic components that could distinguish whether Taiping Houkui came from the core producing area.

**Key words:** Taiping Houkui; HPLC; fingerprints; multivariate statistical analysis

(责任编辑:杨晓娟)