

不同茶类的高效液相色谱特征指纹图谱研究

王丽^{1,2}, 林昕^{1,3}, 邵金良^{1,2}, 魏茂琼^{1,3}, 陈兴连^{1,2}, 梅文泉^{1,2}, 汪禄祥^{1,2}, 刘宏程^{1,3*}

(1. 云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 昆明 650223; 2. 农业农村部农产品质量监督检验测试中心, 昆明 650223; 3. 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室, 昆明 650223)

摘要: 目的 高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)建立普洱茶等不同品种茶叶样品的指纹图谱。**方法** 28批茶叶样品经80%甲醇水溶液超声辅助提取, 采用Waters C₁₈柱(4.6 mm×250 mm, 5.0 μm), 以乙腈-0.5%乙酸为流动相进行梯度洗脱, 流速0.7 mL/min, 紫外检测器于270 nm波长进行目标化合物的检测。采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统软件进行数据分析, 并建立不同品种、不同厂家茶叶的指纹图谱集。**结果** 不同品种茶叶的相似度在0.772~0.981之间, 有18个共有峰, 指认了其中儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表没食子儿茶素、没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素没食子酸酯7个共有峰。相似度结果结合聚类分析结果表明不同品种的茶叶能被准确识别分开, 此方法实现了不同茶叶样品的准确分类和识别。**结论** 不同品种、不同厂家茶叶的品质差异明显, 高效液相指纹图谱结合化学计量学工具能够很好地提取茶叶的化学信息, 并且能够准确地分类和识别不同品种茶叶, 为茶叶的品种分类识别和质量控制提供参考依据。

关键词: 茶叶; 高效液相色谱法; 指纹图谱; 聚类分析

Study on the characteristic fingerprints of different varieties tea by high performance liquid chromatography

WANG Li^{1,2}, LIN Xin^{1,3}, SHAO Jin-Liang^{1,2}, WEI Mao-Qiong^{1,3}, CHEN Xing-Lian^{1,2},
MEI Wen-Quan^{1,2}, WANG Lu-Xiang^{1,2}, LIU Hong-Cheng^{1,3*}

(1. Institute of Quality Standards and Testing Technology, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China; 2. Supervision & Testing Center for Farm Products Quality, Ministry of Rural Agriculture, Kunming 650223, China; 3. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products (Kunming), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Kunming 650223, China)

ABSTRACT: Objective To establish the fingerprint of Pu'er tea and other tea samples by high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** A total of 28 batches of tea samples were used as experimental materials, after ultrasonic assisted extraction with 80% methanol solution, the tea samples were separated by Waters C₁₈ column (4.6 mm ×250 mm, 5.0 μm) for gradient elution using acetonitrile -0.5% acetic acid as the mobile phase with a flow rate of

基金项目: 云南省科技计划青年基金项目(2017FD203)、云南省科技惠民专项(农业)重点项目(2014RA054)、云南省农业科学院农产品质量与食品安全省创新团队(2015HC025)、国家自然科学基金地区科学基金项目(31760490)

Fund: Supported by Yunnan Sciences and Technology Project Youth Fund Project (2017FD203), Yunnan Benefit S&T Program (2014RA054), Yunnan Academy of Agricultural Sciences Agricultural Quality and Food Safety Provincial Innovation Team (2015HC025), National Natural Science Foundation of China Regional Science Fund Project (31760490)

***通讯作者:** 刘宏程, 研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。E-mail: liuorg@163.com

***Corresponding author:** LIU Hong-Cheng, Professor, Institute of Agriculture Quality standards & Testing Technique, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China. E-mail: liuorg@163.com

0.7 mL/min. The target compound was detected by ultraviolet detector at 270 nm wavelength. The fingerprint similarity software was used for data analysis to establish a common fingerprint pattern of fingerprint of different varieties of tea. **Results** The similarities of different varieties of tea ranged from 0.772 to 0.981, with 18 common peaks, among which seven common peaks of catechin, epicatechin, gallic acid, epigallocatechin, gallic acid gallate, epigallocatechin gallate, epigallocatechin gallate were identified. Similarity results combining with cluster analysis results were different varieties of tea samples could be clustered into 2 groups, this method could realize the accurate classification and identification of different tea samples. **Conclusion** The quality of tea leaves from different varieties and different manufacturers is obviously different. High performance liquid chromatography fingerprint combined with chemometrics tools can extract chemical information of tea leaves well, and can accurately classify and identify different varieties of tea leaves, providing reference basis for variety classification, identification and quality control of tea leaves.

KEY WORDS: tea; high performance liquid chromatography; fingerprint; cluster analysis

1 引言

茶叶是世界 3 大饮料之一, 中国茶叶文化历史悠久, 因其独特的品质以及多种保健功效, 深受广大消费者的喜爱^[1-3]。由于茶叶品种繁多, 加工工艺复杂, 划分茶叶的方式和标准有很多, 在传统上依据茶叶中儿茶素类(黄烷醇)的含量将茶叶划分为绿茶、红茶、乌龙茶、白茶、黄茶和黑茶; 依据茶叶加工工艺则将茶叶划分为未发酵茶、半发酵茶、发酵茶和后发酵茶等^[4]; 在 GB/T 30766-2014《茶叶分类》^[5]中明确规定根据各类茶叶加工工艺, 可将茶叶划分为 2 个基本类别, 其中第 1 类是绿茶、白茶、乌龙茶和黄茶, 其加工方法中未标明有“发酵”; 第 2 类是红茶和黑茶, 红茶的加工方法中注明“发酵”, 黑茶的加工方法中注明“渥堆”。目前, 市场上对茶叶品种及品质好坏的评判大多数仍以感官经验为主, 理化检验为辅, 受主观因素影响较大, 使市场上茶叶品质参差不齐, 缺乏一些可量化的标准。同时随着茶叶加工工艺的发展, 各类茶叶的加工工艺融合了多个茶类加工技术, 单纯依赖传统方式很难实现对不同茶类进行正确区分, 为茶叶品种的鉴别带来了一定的困难。随着人们对茶叶的质量要求越来越高, 如何合理地选择茶叶受到人们越来越多的关注, 快速简便准确的识别茶叶种类品质及其质量控制方法成为热点。因茶叶中富含茶多酚、生物碱、有机酸、多糖、茶色素、氨基酸类、皂苷等多种生物活性物质^[6], 只评价测定其中某个或几种指标来进行茶叶种类等品质分析, 难度相对较大。

指纹图谱法^[7]是基于样品的内含特征成分通过光谱或色谱检测技术反映样品质量的技术手段, 具有整体性、真实性和可量化的优点, 已被广泛应用于复杂基质样品的质量控制和等级评价, 比如中药质量控制^[8]等。高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)指纹图谱法^[7]可用于茶叶非挥发性成分的测定中, 应用于茶叶

的等级判别及茶叶产地识别, 包括信阳毛尖茶^[9,10]、六安瓜片茶^[11]、西湖龙井茶^[12]、英红九号红茶^[13]、安化黑茶^[14]等, 但上述研究都只针对单一类别茶叶进行分析, 而通过茶叶的特征指纹图谱法进行不同加工工艺和不同品质多品种、多厂家茶叶品质比较的研究报道相对较少, 只在某些绿茶品质比较研究中有报道^[15]。普洱茶作为云南比较有代表特色的一类茶叶, 根据加工工艺分为普洱茶生茶和普洱茶熟茶两种不同品质类型, 普洱茶的高效液相指纹图谱研究多集中于普洱茶生茶贮藏陈化年限等方面的研究^[16], 目前通过普洱茶指纹图谱法研究普洱茶是否归属于“6 大茶类”的研究尚未报道。本研究通过高效液相色谱指纹图谱法研究对比不同品种、不同厂家代表茶叶的指纹图谱, 结合化学计量学分析, 评价不同品种、不同厂家茶叶的差异, 以期对茶叶的品种分类识别和质量控制提供参考, 以及为解释普洱茶生茶和熟茶的归属提供一定科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

2.1.1 茶叶样品

共收集各类茶叶 28 份, 按照 GB/T 30766-2014《茶叶分类》^[5]标准, 样品的种类属性见表 1, 粉碎后并放置在相同环境条件下储藏备用。

2.1.2 主要试剂

7 种儿茶素类对照品: 儿茶素(catechin, C)、表儿茶素(epicatechin, EC)、没食子儿茶素(gallocatechin, GC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechingallate, GCG)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechingallate, ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechingallate, EGCG)(纯度 $\geq 98.0\%$, 成都曼思特生物科技有限公司); 乙腈(色谱纯, 德国 Merck 公司); 乙酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

表 1 茶叶样品来源信息
Table 1 Sources of tea samples

序号	样品来源	茶叶种类	序号	样品来源	茶叶种类
T1	安宁海湾茶业有限责任公司老同志普洱茶	普洱生茶	T15	云南滇红集团股份有限公司凤牌金芽茶	红茶
T2	昆明七彩云南庆沓祥茶业股份有限公司众山小生茶	普洱生茶	T16	云南滇红集团股份有限公司凤牌经 58	红茶
T3	勐海茶厂大益普洱茶生茶砖茶	普洱生茶	T17	昆明新购商贸有限公司第一分公司	红茶
T4	云南滇红集团股份有限公司百年古树	普洱生茶	T18	广东鸿雁茶业有限公司	红茶
T5	普洱普特茶叶加工厂茶马世家	普洱生茶	T19	云南下关沱茶(集团)股份有限公司景谷月光白	白茶
T6	安宁海湾茶业有限责任公司老同志普洱茶	普洱熟茶	T20	云南春茗茶业有限责任公司八马贵妃白	白茶
T7	云南新茗茶业有限公司	普洱熟茶	T21	福建省馥益堂茶产业有限公司	白茶
T8	勐海茶厂大益普洱茶 7572	普洱熟茶	T22	勐海众益茶厂有限公司吉普号	白茶
T9	云南滇红集团股份有限公司凤牌 F8523	普洱熟茶	T23	普洱祖祥高山茶园有限公司	黄茶
T10	昆明七彩云南庆沓祥茶业股份有限公司布朗古韵	普洱熟茶	T24	安徽省六安市徽将军茶府商贸有限公司	黄茶
T11	昆明新购商贸有限公司第一分公司百号香螺碧螺春	绿茶	T25	湖南省相悦茶文化传播有限公司	黄茶
T12	南涧彝族自治县罗伯克茶场烘青绿茶	绿茶	T26	广西梧州中茶茶业有限公司六堡茶	黑茶
T13	云南滇红集团股份有限公司王子冠特级烘青绿茶	绿茶	T27	云南腾冲极边茶业股份有限公司极边春雨	乌龙茶
T14	普洱市天星普洱茶业有限公司兴华清新	绿茶	T28	福建省安溪县如意茶厂大红袍	乌龙茶

2.1.3 仪器设备

Waters Alliance e2695-2998 高效液相色谱仪-二极管阵列检测器、Empower 3 数据工作站(美国 Waters 公司); KQ-500DB 超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); TGL-10B-6D 高速离心机(上海安亭科学仪器厂); JJ200 电子分析天平(江苏省常熟市双杰测试仪器厂); MILLI-Q 纯水机(美国 Millipore 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 色谱条件

色谱柱为 Waters C₁₈ 柱(4.6 mm×250 mm, 5.0 μm), 柱温 30.0 °C, 进样体积 10.0 μL, 流动相 A 为乙腈, 流动相 B 为 0.5%乙酸水溶液, 梯度洗脱条件见表 2, 流速 0.7 mL/min, 紫外波长检测, 检测波长为 270 nm。

表 2 梯度表
Table 2 The elution profile of gradient steps

时间/min	流速/(mL/min)	A/%	B/%
0.00	0.70	2	98
20.00	0.70	15	85
35.00	0.70	20	80
45.00	0.70	30	70
50.00	0.70	45	55
60.00	0.70	45	55

2.2.2 对照品溶液制备

分别精密称取儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表没食子儿茶素、没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素没食子酸酯各对照品 10.00 mg 到 10 mL 容量瓶内, 各用甲醇溶解并定容, 摇匀得到单一对照品储备溶液, 再准确吸取上述各对照品于容量瓶中并用甲醇定容, 得到 7 种混合对照品溶液, 低温避光保存备用。

2.2.3 供试样品溶液制备

精密称取茶叶样品 1.0 g, 置于 50 mL 离心管中, 每次加入 80%甲醇水溶液 10 mL, 超声处理(功率 100 W, 频率 40 kHz)提取 2 次, 每次各 30 min 合并移取上层清液到 25 mL 容量瓶中, 定容, 吸取 1 mL 上清液经 0.22 μm 有机相滤膜过滤, 备用待上机测定。

2.3 数据分析

采用国家药典委员会推荐的“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012.130723 版)软件构建不同种类茶叶高效液相指纹图谱, 以共有峰面积作为分析数据源, 经标准化处理后, 分别导入 SPSS 24.0 软件进行聚类分析。

3 结果与分析

3.1 方法学考察

3.1.1 精密度试验

取 1 号茶叶样品(T1)的制备溶液, 按照“2.2.1”色谱条

件连续进样 6 次,记录色谱图,比较其中儿茶素的色谱峰的相对保留时间和峰面积的一致性,其 RSD 值均小于 3%。利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)对 6 次进样的色谱图进行相似度计算,结果为 0.999,表明仪器精密度良好。

3.1.2 重复性试验

称取 1 号茶叶样品(T1)6 份,按照“2.2.3”供试样品溶液制备条件制备溶液,按照“2.2.1”色谱条件测定,记录色谱图,其中儿茶素色谱峰的相对保留时间和峰面积的 RSD 值均小于 3%。利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)对 6 个色谱图进行相似度计算结果均大于 0.999,说明样品前处理及检测方法重现性良好。

3.1.3 稳定性试验

取同一份 1 号茶叶样品(T1),于制样后 0、4、8、12、16、24 h 分别按照“2.2.1”色谱条件测定,记录色谱图,其中儿茶素色谱峰的相对保留时间和相对峰面积的 RSD 值均在 3% 以内。利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)对 6 个时间段分别测定的色谱图进行相似度计算结果均大于 0.999,表明样品的制备溶液 24 h 内稳定性良好。

3.2 茶叶样品指纹图谱集的构建

3.2.1 茶叶样品 HPLC 指纹图谱数据匹配

在本研究中共收集各类茶叶样品 28 份,包括不同厂家的普洱生茶、普洱熟茶、绿茶、红茶、黄茶、白茶、乌龙茶等。精密称取各批茶叶样品,并按照“2.2.3”条件制备供试样品溶液,按照“2.2.1”色谱条件测定,记录提取各茶叶样品在 270 nm 下的色谱图,用 Waters Empower3 液相色谱工作站,将不同茶叶样品的色谱数据以*.cdf 格式文件导出,并导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版”进行色谱峰匹配,应用中位数法,时间窗宽度为 0.5,构成 28 批茶叶样品的 HPLC 指纹图谱及对照指纹图谱 R,详见图 1 和图 2,并计算出相似度。合成的茶叶样品对照指纹图谱(图 2)中共计数有 18 个共有峰,与对照品色谱图对比,共识别出其中 7 个峰,分别是峰 3 儿茶素(16.304 min)、峰 4 表儿茶素(21.55 min)、峰 6 没食子儿茶素(23.782 min)、峰 9 表没食子儿茶素(28.223 min)、峰 10 没食子儿茶素没食子酸酯(28.641 min)、峰 13 表儿茶素没食子酸酯(37.078 min)和峰 14 表没食子儿茶素没食子酸酯(38.909 min)。

3.3 相似度评价

3.3.1 不同品种茶叶相似度评价

表 3 所示为与对照指纹图谱 R 相比所得的各个样品的相似度,各个茶叶样品的相似度值在 0.772~0.981 之间,结果表明不同茶叶加工工艺对不同品种茶叶的影响,通过相似度可直观反映,可以利用茶叶样品构建指纹图谱对不同品种茶叶品质进行质量评价。绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶

各样品的相似度值都在 0.92 以上,红茶与黑茶的相似度值在 0.8 左右,普洱茶生茶的相似度值在 0.951~0.974 之间,而普洱茶熟茶相似度值在 0.779~0.801 之间,说明普洱茶生茶与绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶的相似度较高,而普洱茶熟茶与红茶和黑茶的相似度接近。

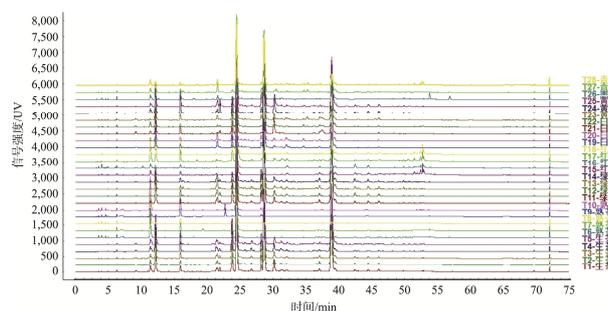


图 1 28 份茶叶样品的 HPLC 指纹图谱
Fig.1 HPLC fingerprints of 28 tea samples

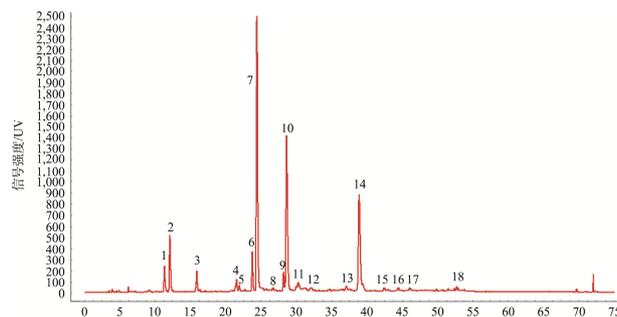


图 2 28 批茶叶样品对照的指纹图谱 R
Fig.2 Fingerprint of 28 batches of tea samples and controls R

表 3 茶叶样品的相似度
Table 3 Similarity of tea samples

编号-类别	相似度	编号-类别	相似度
T1-生茶	0.974	T15-红茶	0.818
T2-生茶	0.973	T16-红茶	0.789
T3-生茶	0.981	T17-红茶	0.816
T4-生茶	0.955	T18-红茶	0.824
T5-生茶	0.951	T19-白茶	0.929
T6-熟茶	0.78	T20-白茶	0.924
T7-熟茶	0.79	T21-白茶	0.979
T8-熟茶	0.779	T22-白茶	0.972
T9-熟茶	0.801	T23-黄茶	0.94
T10-熟茶	0.772	T24-黄茶	0.975
T11-绿茶	0.958	T25-黄茶	0.964
T12-绿茶	0.962	T26-黑茶	0.821
T13-绿茶	0.948	T27-乌龙茶	0.956
T14-绿茶	0.974	T28-乌龙茶	0.957

3.3.2 不同厂家同一品种茶叶相似度及共有峰评价

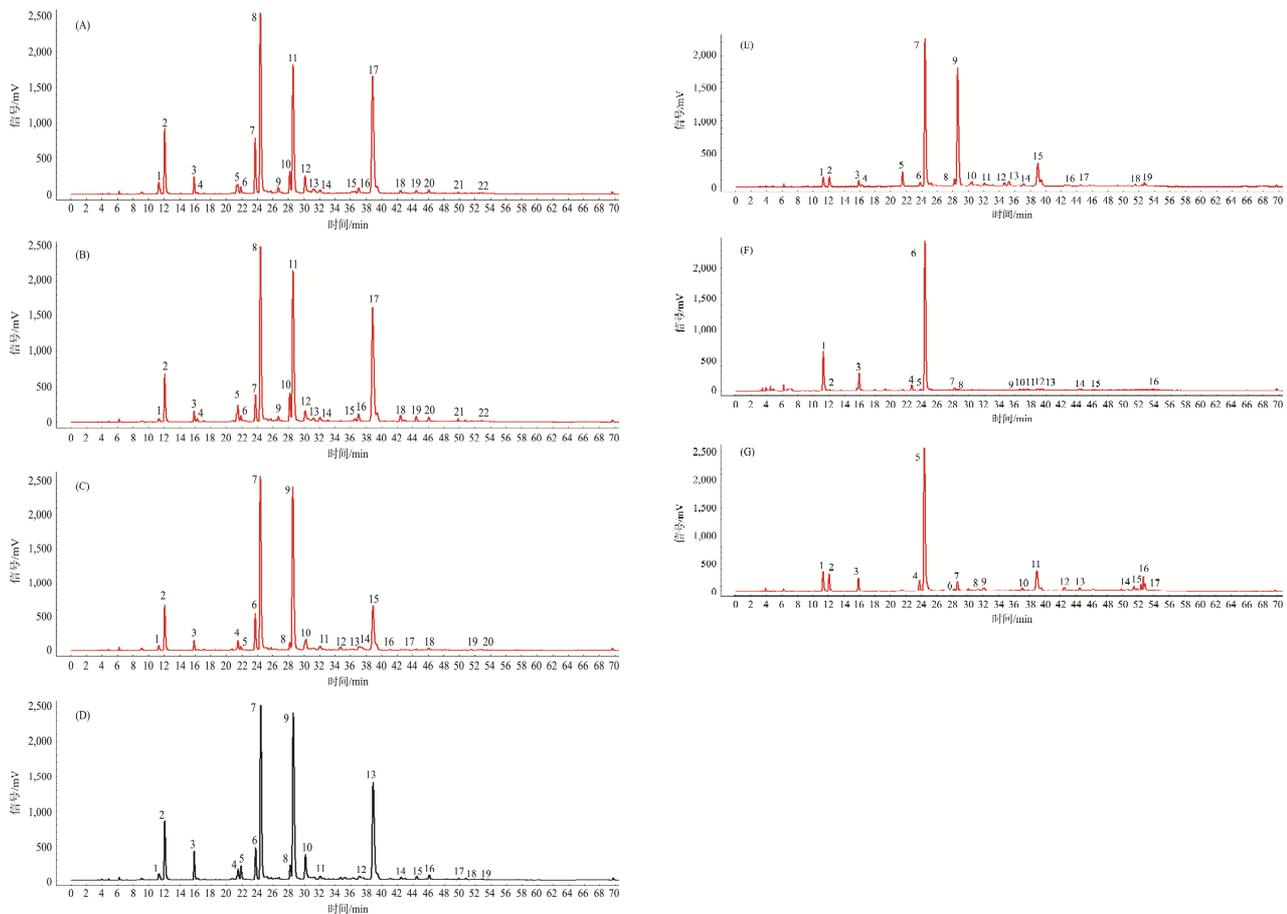
将各同一品种不同厂家茶叶色谱图导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版”进行峰匹配及相似度计算, 得到不同厂家同一品种各类茶叶的相似度较高均大于 0.9, 这说明不同厂家的茶叶样品品质相对均一差异较小, 可以利用指纹图谱对其进行分析, 茶叶品质的差异可能主要取决于原料及制作工艺等因素的影响。

由图 3 可知, 不同厂家同一品种茶叶的指纹图谱色谱峰主要集中在保留时间为 10~56 min 内, 色谱峰的相对保留时间、峰形和分离度等方面均能反映茶叶内部所含化学成分的特征情况。观察不同品种茶叶的指纹图谱发现: 不同品种茶叶指纹图谱中共有色谱峰统计数目各不相同, 普洱茶生茶有 22 个共有峰, 绿茶有 22 个共有峰、白茶有 20 个共有峰、黄茶有 19 个共有峰、乌龙茶有 19 个共有峰, 普洱茶熟茶有 16 个共有峰, 红茶有 17 个共有峰。各品种茶叶指纹图谱的色谱峰存在明显差异, 这些色谱峰的不同直

观反映了不同品种、厂家茶叶样品品质和所含成分的差异性, 也表明了不同加工工艺对茶叶内部所含化学成分的形成产生了影响。

3.4 茶叶聚类分析

采用 SPSS 24.0 软件, 以 28 份茶叶样品在指纹图谱集中的共有峰面积为数据, 通过 Z 值化, 采用“组间连接-切比雪夫距离”算法进行聚类分析。如图 4 所示, 取标度 20.0 时, 28 份样品明显被分为 2 类, 普洱茶生茶、绿茶、黄茶、白茶、和乌龙茶被聚集为一类(在图中上部), 普洱茶熟茶、红茶和黑茶被聚集为另一类(在图中下部), 这与相似度评价的结果一致, 通过聚类分析, 可以将普洱茶生茶和普洱茶熟茶划归于已知 6 大茶叶类别中, 普洱茶生茶与绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶划归为一类, 普洱茶熟茶与红茶和黑茶划归为 1 类。本研究通过对 28 批茶样品进行聚类分析, 基本可以区分为浅度发酵茶、深度发酵茶两种不同制作工艺的茶叶。



注: 普洱茶生茶(A), 绿茶(B), 白茶(C), 黄茶(D), 乌龙茶(E), 普洱茶熟茶(F), 红茶(G)。

图 3 不同品种茶叶指纹图谱

Fig.3 The fingerprint of different sources tea samples

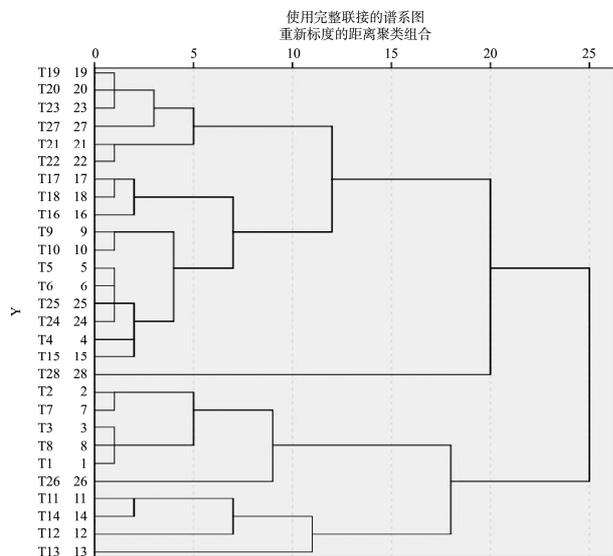


图 4 茶叶样品指纹图谱聚类分析
Fig.4 Cluster analysis of fingerprint of tea samples

4 讨论与结论

在本研究中, 采用 HPLC 指纹图谱结合相似度评价对不同品种茶叶、不同厂家茶叶进行分析, 合成的茶叶样品对照指纹图谱中共计标定有 18 个共有峰, 与对照品色谱图比对, 共识别出其中 7 个峰, 分别是峰 3 儿茶素、峰 4 表儿茶素、峰 6 没食子儿茶素、峰 9 表没食子儿茶素、峰 10 没食子儿茶素没食子酸酯、峰 13 表儿茶素没食子酸酯和峰 14 表没食子儿茶素没食子酸酯, 不同加工工艺的茶叶样品均含有 7 种儿茶素类活性成分, 且含量差异明显。利用国家药典委员会的软件“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012.130723 版)进行不同品种、不同厂家茶叶样品色谱指纹图谱集构建并进行相似度评价, 各个茶叶样品的相似度在 0.772~0.981 之间, 不同品种茶叶相似度低, 说明不同品种茶叶间有较大差异, 加工工艺对茶叶品质影响大; 同一品种不同厂家茶叶相似度相对较高, 说明同一加工工艺茶叶品质差异相对较小, 品质差异应该主要来源于加工原料及实际加工方法等因素。同时各品种茶叶指纹图谱共有色谱峰统计数目等存在明显差异, 这些色谱峰的不同直观反映了不同品种、厂家茶叶样品品质和所含成分的差异性, 也表明了不同加工工艺对茶叶内部所含化学成分的形成产生了影响, 与张玲玲等^[17]研究结果相近。

根据相似度数值分析, 普洱茶生茶与绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶划分为 1 类, 其相似度值均在 0.92 以上; 普洱茶熟茶与红茶、黑茶划分为 1 类, 其相似度值在 0.8 左右。同时聚类分析的结果与相似度分析结果相一致, 绿茶、白茶、黄茶、乌龙茶和普洱茶生茶聚类在聚类图中的上部, 而

红茶、黑茶和普洱茶熟茶聚类在聚类图中的下部, 这基本与 GB/T 30766-2014《茶叶分类》结果相对一致, 说明本实验建立的茶叶指纹图谱方法可行。综合聚类分析结果和指纹图谱相似度值并结合普洱茶加工工艺能将普洱茶生茶划为 6 大类茶叶中低度发酵茶类, 而普洱茶熟茶可划为 6 大类茶叶中的深度发酵茶。本实验通过建立不同品种茶指纹图谱 HPLC 并结合聚类分析方法, 可区分低度发酵茶和深度发酵茶两种不同制作工艺的茶叶, 为普洱茶生茶和熟茶的划分归类提供了一定的依据, 同时评价了不同品种茶叶及不同厂家茶叶品质的差异, 可为茶叶的质量控制和科学应用提供一定参考依据。

参考文献

- [1] Peng CY, Cai HM, Zhu XH, *et al.* Analysis of naturally occurring fluoride in commercial teas and estimation of its daily intake through tea consumption [J]. *J Food Sci*, 2016, 81(1): 235–239.
- [2] 刘淑敏. 不同茶类浸提液及茶多酚的生物活性和机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
Liu SM. Study on the biological activities and functional mechanisms of different tea extracts and tea polyphenols [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2016.
- [3] Urdzikova LM, Ruzicka J, Karova K, *et al.* A green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate enhances neuroregeneration after spinal cord injury by altering levels of inflammatory cytokines [J]. *Neuropharmacology*, 2017, (126): 213–223.
- [4] 宋丽, 丁以寿. 陈椽茶叶分类理论[J]. *茶业通报*, 2009, 31(3): 113–114.
Song L, Ding YS. The tea classification theory of chenchan [J]. *J Tea Business*, 2009, 31(3): 113–114.
- [5] GB/T 30766–2014 茶叶分类[S].
GB/T 30766–2014 Classification of tea [S].
- [6] Liang YR, Ma WY, Lu JL, *et al.* Comparison of chemical compositions of *Ilex latifolia* thum and *Camellia sinensis* L [J]. *Food Chem*, 2001, 75(3): 339–343.
- [7] 董文江. 指纹图谱技术结合化学计量学在某些食品和中药样品质量控制中的应用[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.
Dong WJ. Study on the quality control of some food and traditional Chinese medicine samples by the application of fingerprints and chemometrics [D]. Nanchang: Nanchang University, 2013.
- [8] 邹纯才, 鄢海燕. 我国中药色谱指纹图谱相似度评价方法 30 年 (1988–2017 年) 研究进展与展望[J]. *中国中药杂志*, 2018, 43(10): 1969–1977.
Zou CC, Yan HY. Research progress on chromatographic fingerprint similarity evaluation method for traditional Chinese medicine in the past 30 years (1988–2017) and its prospect [J]. *Chin Materia Med*, 2018, 43(10): 1969–1977.
- [9] 王淑慧, 宋沙沙, 曹学丽. 基于滋味成分 HPLC 指纹图谱的判别分析及相似度评价在信阳毛尖茶分等定级中的应用[J]. *食品科学*, 2019, 40(8): 180–185.
Wang SH, Song SS, Cao XL. Application of discriminant analysis and

- similarity evaluation of HPLC fingerprints of flavor components in xinyangmaojian tea grading [J]. *Food Sci*, 2019, 40(8): 180–185.
- [10] 王淑慧, 曹学丽, 宋沙沙, 等. 信阳毛尖茶指纹图谱分级标准样品的研制方法[J]. *食品科学*, 2019, 40(16): 293–301.
Wang SH, Cao XL, Song SS, *et al.* Development of certified reference materials for xinyangmaojian tea grading based on HPLC fingerprints of flavor components [J]. *Food Sci*, 2019, 40(16): 293–301.
- [11] 赵敬娟, 刘霞, 张正福, 等. 六安瓜片茶高效液相色谱指纹图谱研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(24): 58–61, 65.
Zhao JJ, Liu X, Zhang ZF, *et al.* Fingerprint of lu'anguapian tea based on high performance liquid chromatography [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(24): 58–61, 65.
- [12] 范方媛, 徐鹏程, 李春霖, 等. 基于 HPLC 多元指纹图谱的龙井茶产地判别研究[J]. *中国食品学报*, 2019, 19(10): 278–285.
Fan FY, Xu PC, Li CL, *et al.* Studies on geographical discrimination of longjing teas based on multiple HPLC fingerprints [J]. *J Chin Instit Food Sci Technol*, 2019, 19(10): 278–285.
- [13] 凌彩金, 王秋霜, 刘淑娟, 罗一帆. 英红九号红茶 HPLC 指纹图谱的建立与分析[J]. *华南师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 49(3): 37–43.
Ling CJ, Wang QS, Liu SM, *et al.* Establishment and analysis of HPLC fingerprints for yingde black tea No. 9 [J]. *J South China Nor Univ (Nat Sci Ed)*, 2017, 49(3): 37–43.
- [14] 王斌, 邓慧芸, 吴茂, 等. 安化黑茶水溶性成分高效液相色谱指纹图谱及定量分析[J]. *食品科学*, 2017, 38(20): 125–130.
Wang B, , Deng HY, Wu M, *et al.* HPLC fingerprint and quantitative analysis of water soluble components in Anhua dark tea [J]. *Food Sci*, 2017, 38(20): 125–130.
- [15] 王淑慧, 龙立梅, 宋沙沙, 等. 3 种名优绿茶的特征滋味成分研究及种类判别[J]. *食品科学*, 2016, 37(2): 128–131.
Wang SH, Long LM, Song SS, *et al.* Analysis of characteristic flavor components and cultivar discrimination of three varieties of famous green tea [J]. *Food Sci*, 2016, 37(2): 128–131.
- [16] 刘兴勇, 邵金良, 陈兴连, 等. 不同陈化年限普洱茶 HPLC 指纹图谱及年份判别[J]. *分析试验室*, 2015, 34(10): 1159–1163.
Liu XY, Shao JL, Chen XL, *et al.* Study on the HPLC fingerprint of different fermentation Years pu-erh tea and identification of aging years [J]. *Chin J Anal Lab*, 2015, 34(10): 1159–1163.
- [17] 张玲玲, 孔娟, 李小芬, 等. 不同品种茶叶指纹图谱的建立及其相似度评价[J/OL]. *食品工业科技*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20191112.1602.016.html>.
Zhang LL, Kong J, Li XF, *et al.* Establishment and similarity evaluation of fingerprint of different varieties of tea [J/OL]. *Sci Technol Food Ind*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20191112.1602.016.html>.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介

王 丽, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与分析检测。
E-mail: wangli5170@126.com

刘宏程, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。
E-mail: liuorg@163.com