

不同产地扁形绿茶的品质成分差异分析

桂安辉,高士伟,叶飞,龚自明*,郑鹏程,王胜鹏,刘盼盼,王雪萍,滕靖,郑琳
(湖北省农业科学院果树茶叶研究所,湖北省茶叶工程技术研究中心,湖北武汉 430064)

摘要:为了系统和全面地了解扁形绿茶的品质特征,分析来自湖北大悟、浙江磐安、安徽歙县、贵州湄潭、四川峨眉山 5 个产地扁形绿茶样品的感官品质、色差以及茶多酚、游离氨基酸、水浸出物、咖啡碱、可溶性糖等主要化学成分含量差异。结果表明,龙井干茶 $L1$ 值(亮度值)与 $b1$ 值(黄蓝色度值)分别达到 38.20 和 19.35,均显著($P < 0.05$)高于其他 4 个产地的扁形绿茶,大方茶茶汤 $L3$ 值最高。大方茶和湄潭翠芽平均水浸出物总量超过 48.00%,显著($P < 0.05$)高于孝感龙剑茶、龙井茶及竹叶青茶。湄潭翠芽的游离氨基酸、咖啡碱、儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、儿茶素没食子酸酯含量均最高,表没食子儿茶素没食子酸酯含量以孝感龙剑茶最高。基于各品质成分的相对含量建立的偏最小二乘法判别分析模型成功区分了 5 个产地的扁形绿茶样品。同时,利用偏最小二乘法判别分析变量重要性因子值筛选到 11 种关键成分,分别是干茶 $E1$ (综合色差值)、干茶 $a1$ (红绿色度值)、干茶 $b1$ 、表儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯、咖啡碱、游离氨基酸、茶汤 $a3$ 、茶汤 $b3$ 、茶汤 $L3$ 、茶汤 $E3$,可作为区分 5 个产地扁形绿茶的品质指标。本研究结果将为扁形绿茶加工工艺和品质提升提供一定的科学参考。

关键词:扁形绿茶,产地,化学成分,色差,偏最小二乘法判别分析

Differential Analysis of Quality Components of Flat Green Tea from Different Producing Areas

GUI An-hui, GAO Shi-wei, YE Fei, GONG Zi-ming*, ZHENG Peng-cheng,
WANG Sheng-peng, LIU Pan-pan, WANG Xue-ping, TENG Jing, ZHENG Lin

(Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Hubei Tea Engineering
and Technology Research Centre, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to systematically and comprehensively understand the quality characteristics of flat green tea, the sensory quality, color difference, and content differences of tea polyphenols, free amino acids, caffeine and water extracts from five different areas (Dawu county, Hubei province, Panan county, Zhejiang province, Shexian county, Anhui province, Meitan county, Guizhou province, Emeishan city, Sichuan province) were analyzed. Results showed that the $L1$ value (brightness) and $b1$ value (yellowness and blueness) of dry Longjing tea were 38.20 and 19.35, respectively, both significantly ($P < 0.05$) higher than that of the other four types of flat green tea. The $L3$ value (brightness) of Dafang tea soup was the highest. The total amount of water extracted of Dafang tea and Meitan Cuiya tea were over 48.00%, significantly ($P < 0.05$) higher than that of Xiaogan Longjian tea, Longjing tea and Zhuyeqing tea. The contents of free amino acid, caffeine, catechin, epicatechin gallate and catechin gallate were all the highest in Meitan Cuiya. The content of epigallocatechin gallate was the highest in Xiaogan Longjian tea. The partial least square discriminant analysis model based on the relative content of each quality component successfully distinguished the flat green tea samples from five producing areas. The variable important for the projection value ($VIP > 1$) was used to screen 11 key quality components as quality indexes to distinguish five flat green teas, which were $E1$ (dry tea), $L1$ (dry tea), $b1$ (dry tea), epicatechin gallate, gallocatechin gallate, caffeine, free amino acid, $a3$ (tea soup), $b3$ (tea soup), $L3$ (tea soup) and $E3$ (tea soup). This study would provide a scientific reference for the processing technology and quality improvement of flat green tea.

Key words: flat green tea; producing areas; chemical component; color difference; partial least squares discriminant analysis (PLS-DA)

中图分类号: TS272.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)20-0218-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.20.035

引文格式: 桂安辉,高士伟,叶飞,等.不同产地扁形绿茶的品质成分差异分析[J].食品工业科技,2020,41(20):218-223,229.

收稿日期: 2019-12-17

作者简介: 桂安辉(1990-),男,博士研究生,助理研究员,研究方向:茶叶加工与质量控制, E-mail: guianhui@qq.com。

* 通讯作者: 龚自明(1966-),男,本科,研究员,研究方向:茶叶加工与综合利用, E-mail: ziminggong@163.com。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0400800); 国家茶叶产业技术体系项目(CARS-19); 湖北省农业科学院青年科学基金项目(2019NKYJ06); 中央引导地方科技发展专项“茶叶学科科研条件改善和创新能力提升”(2018ZYDD009); 湖北省农业科技创新中心项目(2016-620-000-001-032)。

扁形绿茶是加工过程中通过做形工序制成的具有特定外形特征的绿茶。通过在扁形茶炒制机或理条机中进行抖炒、理条、压扁等工序,所加工出的扁形绿茶外形扁平、锋苗显露,色泽黄绿油润,滋味醇厚、香气浓郁,汤色黄绿明亮,叶底嫩绿匀整,深受高端消费者的青睐。外形、汤色、香气、滋味及叶底是构成绿茶品质特征的5个主要因子。其中,滋味是决定绿茶风味品质的关键因子,茶多酚、氨基酸、咖啡碱、可溶性糖等化学物质的含量均起着重要作用^[1]。近年来,人们对扁形绿茶的已有研究多数集中于加工工艺^[2]、产地判别分析^[3-5],品种适制性分析等^[6],但对构成扁形绿茶特有品质并起主要作用的化学成分组成和含量方面的研究尚不够系统。要全面评价扁形绿茶的品质,首先需要选择应用标准加工工艺加工而成的具有代表性的扁形绿茶样品,然后在相关品质成分等方面进一步展开系统性地检测分析研究工作。

本研究针对来自湖北大悟、浙江磐安、安徽歙县、贵州湄潭、四川峨眉山5个产地的具有代表性的扁形绿茶样品进行系统的化学成分含量和色泽的检测分析,主要利用分光光度计等常规方法检测了茶多酚、游离氨基酸总量,并使用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)法检测8种儿茶素组分及咖啡碱(caffeine, CAF)的含量,使用色差法分析了扁形绿茶干茶、叶底和茶汤色泽变化,基于各品质成分的相对含量建立的偏最小二乘法判别分析(partial least square discriminant analysis, PLS-DA)模型成功区分了5个产地的扁形绿茶样品,揭示其主要化学成分含量差异,并进行产地溯源与判别分析,以期明确扁形绿茶的主要品质特征,为扁形绿茶加工工艺和品质提升提供一定的科学借鉴和参考,同时为扁形绿茶原产地保护提供鉴定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

16个扁形绿茶样品 分别来自湖北大悟(孝感龙剑茶,5个)、浙江磐安(龙井茶,3个)、安徽歙县(大方茶,2个)、贵州湄潭(湄潭翠芽,2个)、四川峨眉山(竹叶青茶,4个),选取的均为当地具有代表性的2018年3月至4月春茶样品,原料质量等级均为一级,具体信息见表1,加工方式均按照扁形绿茶基本工艺流程,即“摊青→杀青→做形→干燥”;咖啡碱、儿茶素、没食子儿茶素、儿茶素没食子酸酯、没食子酸儿茶素没食子酸酯、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯 均购自美国Sigma公司;甲醇、乙腈 均为色谱纯,购自德国默克公司;冰乙酸、碳酸钠、福林-酚、茚三酮等 均为国产分析纯。

Waters2695 高效液相色谱、2998 PDA 检测器、Waters Symmetry C₁₈ (150 mm × 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱 美国Waters公司;CM-5 分光测色计 日本柯尼卡美能达公司;UV-2550 紫外-可见光分光光度计 日本岛津公司;Milli-RO PLUS 30 纯水机 法国Millipore公司;HHS 型恒温水浴锅 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;PerkinElmer Avio200 电感耦合等离子体发射光谱仪 美国珀金埃尔默公司。

1.2 实验方法

1.2.1 感官审评 委托农业农村部茶叶质量监督检验测试中心对全部扁形绿茶样品进行感官评定,并参照GB/T 23776-2018《茶叶感官审评方法》、GB/T 14487-2017《茶叶感官审评术语》分别对每个样品的外形、汤色、香气、滋味以及叶底的感官品质进行打分。样品感官审评总分(分) = 外形得分 × 25% + 汤色分 × 10% + 香气得分 × 25% + 滋味得分 × 30% + 叶底得分 × 10%。

1.2.2 色差测定 色差法(亮度L值、红绿色度a

表1 16个代表性扁形绿茶样品基本信息

Table 1 Basic information of 16 representative flat green tea samples

编号	样品名称	产地	生产厂家
X1	孝感龙剑茶	湖北大悟	湖北悟道茶业有限公司
X2			湖北悟道茶业有限公司
X3			湖北悟道茶业有限公司
X4			大悟黄龙柏园茶叶有限公司
X5			大悟黄龙柏园茶叶有限公司
L1	龙井茶	浙江磐安	浙江清连香茶业有限公司
L2			浙江清连香茶业有限公司
L3			浙江清连香茶业有限公司
D1	大方茶	安徽歙县	黄山搁船尖生态农业开发有限公司
D2			黄山茶业集团有限公司
M1	湄潭翠芽	贵州湄潭	贵州湄潭沁园春茶业有限公司
M2			贵州湄潭沁园春茶业有限公司
Z1	竹叶青茶	四川峨眉山	四川省峨眉山竹叶青茶业有限公司
Z2			四川省峨眉山竹叶青茶业有限公司
Z3			四川省峨眉山竹叶青茶业有限公司
Z4			四川省峨眉山竹叶青茶业有限公司

表2 16个不同产地扁形绿茶样品感官审评结果(分)

Table 2 Sensory evaluation of 16 flat green tea samples from different producing areas(scores)

编号	外形(25%)		汤色(10%)		香气(25%)		滋味(30%)		叶底(10%)		总分
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	
X1	尚光扁、尚直、稍带青片、深绿稍暗	78.00	绿、明亮	89.00	清新、略有花香	90.00	浓醇、尚鲜爽、略涩	85.00	软尚匀、有摊张、黄绿	78.00	84.20
X2	全芽、微有毫、稍欠匀、绿翠	88.00	黄、明亮	87.00	清高、微青、略闷	87.00	较浓醇、青涩	83.00	全芽、较匀齐、较嫩绿	90.00	86.35
X3	尚光扁、尚直、稍带青片、深绿	83.00	黄绿、较明	86.00	清高、微青、微闷	89.00	较浓醇、青涩	83.00	软尚匀、黄绿带红叶	81.00	84.60
X4	兰花形、挺直、较绿	88.50	嫩绿、明亮	92.00	清高、微青	90.00	尚浓醇、较鲜爽、略青涩	86.00	嫩较匀、绿明亮	87.00	88.33
X5	兰花形、较挺直、较绿	88.00	尚嫩绿、稍偏黄、较明亮	90.00	较高鲜	90.00	较浓醇、尚鲜、青、略涩	85.00	嫩、较匀、较嫩绿、明亮	89.50	87.95
L1	扁平、较光滑、较挺直、较嫩绿	89.00	黄绿、明亮	88.00	较高、火工高	88.00	较浓醇、涩	84.00	嫩、尚匀、成朵、黄绿	88.50	87.10
L2	扁平、尚光滑、较挺直、尚嫩绿稍花	87.50	较嫩绿、明亮	91.00	较高、有火工	88.00	尚浓醇、较甘爽、微涩	88.00	嫩、尚匀、较成朵、黄绿	88.00	88.18
L3	扁平、尚光滑、较挺直、尚嫩绿稍花偏黄	87.00	黄绿、较明亮	86.00	较高、有火工、微闷	87.50	浓醇、略涩	85.00	嫩、尚匀、较成朵、黄绿暗	87.00	86.43
D1	较扁平、较光滑、挺直、多爆点、黄绿暗	82.00	浅黄、尚明、多沉淀	86.00	尚高、闷、略烟焦	80.00	和淡、微闷、略烟	85.00	嫩较匀、较成朵、较嫩绿带红叶	87.00	83.30
D2	稍呈兰花形、稍扁、显毫、较嫩绿	87.00	浅绿、清澈明亮	90.00	清香、陈	82.00	醇和、稍淡、略陈	87.00	嫩较匀、较成朵、青绿	88.00	86.15
M1	全芽、较匀齐、较绿稍花、稍泛黄	89.00	尚嫩绿、偏黄、明亮	90.00	清香、略闷、略陈	85.00	尚浓醇、尚鲜、略闷、微涩	86.50	细嫩、全芽稍带叶、青绿明亮	91.00	87.55
M2	全芽稍带叶、微有毫、较直、尚绿稍暗	88.00	嫩绿、清澈明亮	93.00	较高鲜、略有栗香、略有花香	92.00	尚浓醇、尚鲜爽、略涩	87.00	细嫩、全芽稍带叶、嫩绿明亮	91.00	89.50
Z1	全芽、月牙形、壮实、绿翠	91.00	浅嫩黄、明亮	91.50	清高、微有栗香	90.00	尚浓醇、尚鲜爽、微青涩	87.00	全芽、壮实、青绿明亮	91.00	89.60
Z2	全芽、月牙形、壮实、绿翠	91.00	浅嫩黄、明亮	91.50	较清高、微青	89.50	尚浓醇、尚鲜爽、微青涩	87.50	全芽、壮实、青绿明亮	91.00	89.63
Z3	全芽、月牙形、壮实、绿较翠	91.00	浅嫩黄、明亮	91.00	清高、微有花香、微青	90.00	尚浓醇、尚鲜爽、微青涩	87.00	全芽、壮实、青绿明亮	91.00	89.55
Z4	全芽、月牙形、壮实、尚嫩绿稍偏黄	90.00	浅嫩黄、明亮	91.00	高爽、有栗香、微有火工	92.00	尚浓醇、尚甘爽、略涩	87.00	全芽、壮实、较嫩绿、明亮	91.00	89.80

值、黄蓝色度*b*值、综合色差*E*值)测定(光源D65,角度4°),对不同产地的扁形绿茶干茶、叶底和茶汤进行色差值检测。干茶和叶底混匀随机取样,用专用比色皿测定;汤色采取3g茶叶加150mL沸纯净水冲泡5min,过滤后用专用比色皿测定^[7]。扁形绿茶样品干茶色差值分别标记为*L1*、*a1*、*b1*、*E1*,叶底色差值分别标记为*L2*、*a2*、*b2*、*E2*,茶汤色差值分别标记为*L3*、*a3*、*b3*、*E3*。

1.2.3 主要化学成分含量测定 水浸出物含量测定:参照GB/T 8305-2013《茶水浸出物测定》;茶多酚含量测定:参照GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素含量的检测方法》中福林-酚法;游离氨基酸总量测定:参照GB/T 8314-2013《茶游离氨基酸总量测定》茚三酮比色法;可溶性总糖的测定采用蒽酮-硫酸法^[8];儿茶素组分以及咖啡碱含量采用高效液相色谱法^[9],流动相为2%乙酸和乙腈,色谱条件:检测波长为280nm,流速:1mL·min⁻¹,柱温:40℃,进样量:10μL。

1.3 数据处理

所有指标均重复测定三次,采用SAS 9.4进行显著性分析,SIMCA 11.0软件进行PLS-DA分析。

2 结果与分析

2.1 不同产地扁形绿茶感官品质分析

不同产地的扁形绿茶各具特色,因产地不同,其外形、汤色、香气、滋味和叶底等感官品质表现出一定的差异性。同一产地的产品因不同样品也不完全一致,与取样的鲜叶质量、茶树品种、加工工艺及生产时间均有一定关系。由表2可知,从外形来看,龙井茶更加扁平光滑,且颜色偏黄,显花杂;湄潭翠芽、竹叶青茶均为全芽,呈月牙形,颜色为嫩绿或绿翠;孝感龙剑茶根据鲜叶等级呈现不同形态,得分差异大(84.20~88.33分),整体较挺直、颜色为深绿。从汤色来看,竹叶青茶为浅嫩黄、明亮,仅次于湄潭翠芽的嫩绿、清澈明亮。从香气来看,竹叶青茶香气清高、部分样品带花香、栗香,有些样品微青,而孝感龙剑茶略微闷。从滋味来看,浓醇、较浓醇、尚浓醇、青涩、苦涩均有分布。从叶底来看,湄潭翠芽和竹叶青茶相对较好,得分均为91.00分,主要是与其鲜叶等级相关。从感官审评总分来看,绝大部分扁形绿茶样品感官审评总分在83~90分之间,可见取样的扁形绿茶样品质量等级相当,具有较好的品质特征和代表性。

表3 不同产地扁形绿茶干茶、叶底和茶汤色差分析

Table 3 Chromatic aberration analysis of dried tea, leaves of flat green tea and tea soup from different producing areas

样品	色差指标	孝感龙剑茶	龙井茶	大方茶	湄潭翠芽	竹叶青茶
干茶	L1	31.23 ± 0.82 ^d	38.20 ± 0.32 ^a	34.70 ± 0.53 ^c	33.71 ± 0.04 ^c	35.76 ± 0.29 ^b
	a1	-1.63 ± 0.29 ^b	-0.26 ± 0.59 ^a	-0.32 ± 1.69 ^a	-0.28 ± 0.41 ^a	-1.51 ± 0.60 ^b
	b1	12.42 ± 0.93 ^d	19.35 ± 0.32 ^a	14.59 ± 0.60 ^b	12.52 ± 0.07 ^d	13.74 ± 0.57 ^c
	E1	33.67 ± 1.43 ^d	42.83 ± 0.43 ^a	37.69 ± 0.27 ^b	35.96 ± 0.02 ^c	38.36 ± 0.35 ^b
叶底	L2	39.99 ± 0.59 ^a	38.01 ± 0.76 ^a	38.51 ± 0.21 ^a	41.00 ± 0.37 ^a	41.74 ± 1.65 ^a
	a2	0.22 ± 0.28 ^{ab}	0.56 ± 0.43 ^a	0.69 ± 1.86 ^a	-0.003 ± 0.70 ^{ab}	-0.50 ± 0.40 ^b
	b2	27.24 ± 0.47 ^a	28.29 ± 0.64 ^a	29.20 ± 1.01 ^a	28.88 ± 1.33 ^a	26.21 ± 2.55 ^a
	E2	48.40 ± 0.68 ^a	47.39 ± 0.98 ^a	48.37 ± 0.80 ^a	50.17 ± 1.07 ^a	49.33 ± 0.69 ^a
茶汤	L3	97.48 ± 0.13 ^d	97.92 ± 0.29 ^c	98.98 ± 0.29 ^a	98.41 ± 0.40 ^b	98.69 ± 0.08 ^{ab}
	a3	-3.16 ± 0.20 ^c	-3.21 ± 0.19 ^c	-1.85 ± 0.34 ^a	-2.55 ± 0.14 ^b	-2.00 ± 0.07 ^a
	b3	13.75 ± 0.80 ^a	13.58 ± 1.22 ^a	7.88 ± 0.33 ^c	10.18 ± 1.02 ^b	8.54 ± 0.39 ^c
	E3	98.51 ± 0.13 ^c	98.92 ± 0.13 ^b	99.31 ± 0.27 ^a	98.97 ± 0.29 ^b	99.08 ± 0.04 ^b

注:L代表亮度;a代表红绿色度,正值时表示红色程度,负值时表示绿色程度;b代表黄蓝色度,正值时表示黄色程度,负值时表示蓝色程度;表中不同小写字母表示同一行数据间比较差异显著(P<0.05);表4同。

2.2 不同产地扁形绿茶的色泽分析

对不同产地的扁形绿茶干茶、叶底和茶汤进行色差值检测,结果如表3所示。龙井茶干茶L1值与b1值分别达到38.20和19.35,均显著(P<0.05)高于其他4个产地的扁形绿茶,这与感官审评结果中龙井茶外形“较光滑”“偏黄”一致。从a1值来看,孝感龙剑茶与竹叶青茶平均值分别为-1.63和-1.51,显著(P<0.05)低于其他3个产地的扁形绿茶(其平均值均大于-0.33),表明其外形色泽更偏绿,同样与感官审评中孝感龙剑茶外形的“深绿”、竹叶青茶的“绿翠”的评语具有一致性,而其他3个产地扁形茶评语多为“较绿”、“较/尚嫩绿”、“稍泛黄”等。从叶底来看,5个产地扁形绿茶的叶底L2值、b2值与综合色差值E2均无显著差异。李立祥等^[10]采用色差分析和感官审评的方法对10种绿茶汤色进行分析,结果显示,评茶师对绿茶评分与评价呈现较高度一致,差异性较小。色差分析绿茶汤色各组间明亮度(L3)、茶汤绿度(a3)和茶汤黄度(b3)均具有较好的一致性,表明色差计测定可以作为茶叶汤色评定的衡量方法。从汤色来看,大方茶茶汤L3值最高,达到98.98,孝感龙剑茶L3值最低,为97.48;孝感龙剑茶、

龙井茶汤色a3值均小于-3.0,显著(P<0.05)低于大方茶、湄潭翠芽与竹叶青茶,表明其汤色偏绿;同时这两个茶的花汤b3值也显著高于其他3个产地的扁形绿茶,这与汤色感官评语“黄绿”相一致。

2.3 不同产地扁形绿茶主要化学成分比较

不同产地扁形绿茶主要化学成分如图1和表4所示。茶多酚与茶叶品质密切相关,是茶叶内含成分和功能性成分的主体,是茶叶滋味浓度和苦涩味的代表物质^[11]。5个产地扁形绿茶的茶多酚含量在15.70%~16.50%之间,并无显著差异,其滋味评语多为“浓醇”或“尚浓醇”“略/微青涩”(图1A)。氨基酸对绿茶滋味贡献主要表现为鲜爽、醇和两种特征,品质好的绿茶滋味为鲜、醇、浓^[12-13]。不同产地扁形绿茶中游离氨基酸含量以湄潭翠芽最高,为3.35%,显著高于其他4个产地扁形绿茶样品,孝感龙剑茶中游离氨基酸含量最低,为2.85%(图1B)。酚氨比可以反映绿茶滋味的纯度,5个产地扁形绿茶样品的酚氨比范围为5.14~5.58,无显著差异(图1C)。茶叶中水浸出物是一切可溶性物质的总和,其中包括多酚类化合物、可溶性蛋白质、果胶、维生素群、糖类、生物碱及微量的芳香油等,对茶叶的品质起决定性

表4 不同产地扁形绿茶儿茶素组分含量分析

Table 4 Analysis of catechin components of flat green tea from different producing areas

儿茶素组分	孝感龙剑茶	龙井茶	大方茶	湄潭翠芽	竹叶青茶
GC(%)	0.28 ± 0.06 ^b	0.47 ± 0.03 ^a	0.44 ± 0.06 ^a	0.20 ± 0.07 ^b	0.21 ± 0.03 ^b
EGC(%)	1.01 ± 0.18 ^a	1.16 ± 0.09 ^a	0.77 ± 0.12 ^b	0.39 ± 0.02 ^c	0.69 ± 0.02 ^b
C(%)	2.48 ± 0.36 ^{bc}	2.37 ± 0.11 ^c	2.97 ± 0.68 ^b	4.51 ± 0.73 ^a	4.43 ± 0.03 ^a
EC(%)	0.54 ± 0.05 ^a	0.55 ± 0.02 ^a	0.52 ± 0.04 ^{ab}	0.45 ± 0.01 ^b	0.54 ± 0.01 ^a
EGCG(%)	8.32 ± 0.23 ^a	7.91 ± 0.09 ^{ab}	7.75 ± 0.44 ^{ab}	7.46 ± 1.46 ^{bc}	6.87 ± 0.19 ^c
GCG(%)	0.31 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.04 ^a	0.31 ± 0.06 ^b	0.29 ± 0.05 ^b	0.27 ± 0.03 ^b
ECG(%)	2.43 ± 0.03 ^b	2.17 ± 0.04 ^c	2.22 ± 0.25 ^c	3.30 ± 0.32 ^a	3.10 ± 0.08 ^a
CG(%)	0.15 ± 0.03 ^{ab}	0.11 ± 0.00 ^{bc}	0.09 ± 0.03 ^{bc}	0.16 ± 0.02 ^a	0.08 ± 0.03 ^c
品质指数	1211.4 ± 220.85 ^b	871.50 ± 73.42 ^c	1329.11 ± 178.53 ^b	2740.56 ± 497.48 ^a	1442.43 ± 78.14 ^b
苦涩味指数	4.13 ± 0.50 ^a	3.89 ± 0.13 ^{ab}	3.23 ± 0.67 ^b	2.39 ± 0.72 ^c	2.16 ± 0.04 ^c

注:儿茶素品质指数=(EGCG+ECG)/EGC×100^[19];儿茶素苦涩味指数=(EGCG+EGC+ECG+GC)/(EC+C)^[20]。

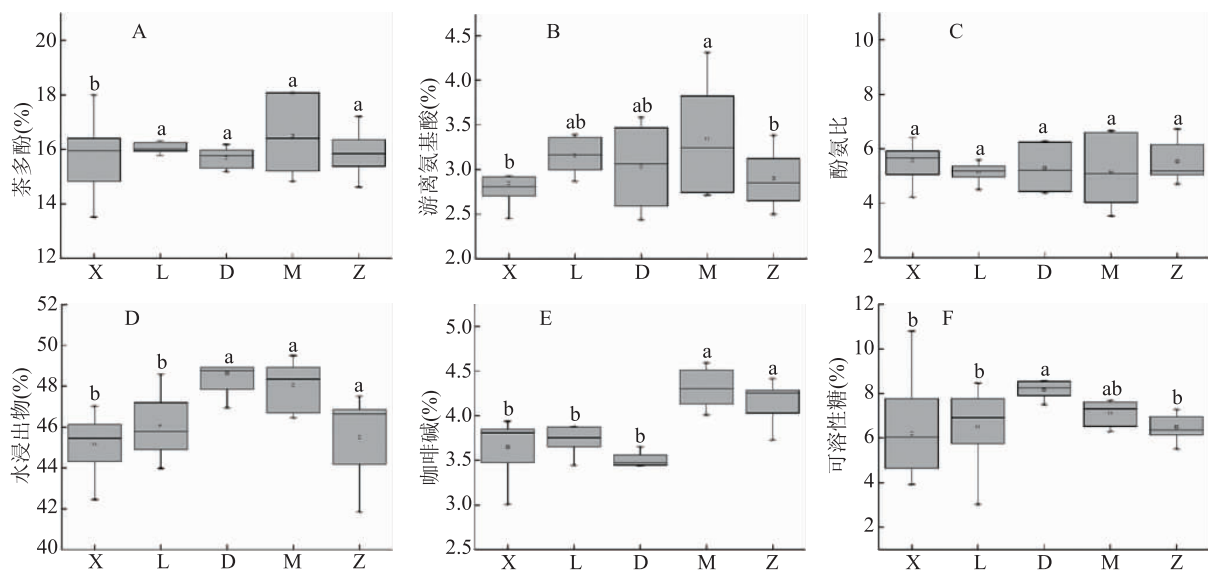


图1 不同产地扁形绿茶主要生化成分含量分析

Fig.1 Contents of chemical components in flat green tea from different producing areas

注:X表示“孝感龙剑茶”;L表示“龙井茶”;D表示“大方茶”;M表示“湄潭翠芽”;

Z表示“竹叶青茶”,图2同;不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

的作用^[14]。大方茶和湄潭翠芽中水浸出物总量显著高于孝感龙剑茶、龙井茶及竹叶青茶,其平均质量分数超过48.00%,分别达到48.64%、48.05%(图1D)。咖啡碱是茶叶苦味的主要呈味物质,一般茶树新梢越嫩的部位,咖啡碱含量越高,反之原料越老,咖啡碱含量越低^[15]。湄潭翠芽和竹叶青茶中咖啡碱含量均超过4.00%,分别达到4.31%、4.16%,显著($P < 0.05$)高于其他3个产地的扁形绿茶,这可能与湄潭翠芽、竹叶青茶均采用细嫩的芽头为原料相关(图1E)。可溶性糖含量以大方茶最高,为8.17%,显著($P < 0.05$)高于孝感龙剑茶(6.20%)、龙井茶(6.51%)和竹叶青茶(6.50%),与湄潭翠芽(7.12%)则无显著差异(图1F)。

儿茶素是茶多酚的主体成分,也是茶叶涩味品质主要呈味物质之一^[16-17]。从表4可知,5个产地扁形绿茶儿茶素组成含量则存在较大差异。作为儿茶素组成中含量最高的一种组分,EGCG含量以孝感龙剑茶最高,为8.32%,竹叶青茶含量最低,仅有6.87%,这与孝感龙剑茶滋味评语“略涩”、“青涩”,竹叶青茶滋味评语“微青涩”相一致。此外,孝感龙剑茶鲜叶等级以一芽二叶为主,而竹叶青茶鲜叶等级均为单芽,因此EGCG含量存在较大差异。湄潭翠芽中C、ECG、CG含量最高,但EGC和EC含量最低;龙井茶和大方茶中GC含量均达到0.40%以上,而其他3个产地茶叶中GC含量在0.20%~0.28%之间;GCG含量则以龙井茶最高,达到0.78%,显著高于其他产地扁形绿茶(0.27%~0.31%)。儿茶素品质指数在一定程度上反映出绿茶的品质差异,指数愈大,品质愈好^[18]。湄潭翠芽儿茶素品质指数最高,达到2740.56,龙井茶最低,仅为871.50,这与湄潭翠芽加工原料均为单芽,而龙井茶加工原料为一芽二叶相关。儿茶素苦涩味指数是表示绿茶滋味品质的经验参数。5个产地扁形绿茶儿茶素苦涩味指数以孝

感龙剑茶最高(4.13),竹叶青茶最低(2.05),两者之间相差两倍。

2.4 不同产地扁形绿茶品质指标的 PLS-DA 分析及关键成分判别

PLS-DA是基于偏最小二乘法回归的一种有监督的分析方式,通过对样品数据的归纳、整理和统计分析,较为客观地反映样品的微小变化、分类以及变化趋势等^[21-22],广泛应用于茶叶产地识别^[23-24]、等级判定^[25]、品质比较^[26]等方面。本研究采用SIMCA-P 11.0软件对不同产地扁形绿茶进行分析,基于各品质成分的相对含量建立了PLS-DA模型。通过PLS-DA模型成功区分了5个产地的扁形绿茶样品(图2A)。由图2B可知,儿茶素组分C、EGC、ECG、茶汤b3、干茶L1、E1对扁形绿茶样品分类有较大贡献。如图2C所示, Q^2 回归直线与Y轴的截距小于0,表明该PLS-DA判别模型不存在过拟合现象,模型较为可靠($R^2 = 0.67$, $Q^2 = -0.83$)。由图2D可知,本研究共有11种品质成分VIP值大于1,它们分别是E1(干茶)、L1(干茶)、b1(干茶)、ECG、GCG、咖啡碱、游离氨基酸(FAA)、a3(茶汤)、b3(茶汤)、L3(茶汤)、E3(茶汤),可以作为区分5个产地扁形绿茶的关键品质成分。

3 结论

不同产地扁形绿茶感官品质各具特点,龙井茶扁平光滑,且颜色偏黄,显花朵,孝感龙剑茶整体较挺直、颜色深绿。湄潭翠芽、竹叶青茶均为全芽,颜色为嫩绿或绿翠,汤色浅嫩黄、明亮,评分较高,香气清高或带花香,整体品质较好。

龙井茶干茶L1值与b1值均显著高于其他4个类型的扁形绿茶,孝感龙剑茶与竹叶青茶外形色泽更偏绿。大方茶茶汤L3值最高,孝感龙剑茶、龙井茶偏黄绿。5个产地扁形绿茶的叶底色差值均无显著差异。

大方茶和湄潭翠芽中水浸出物总量显著

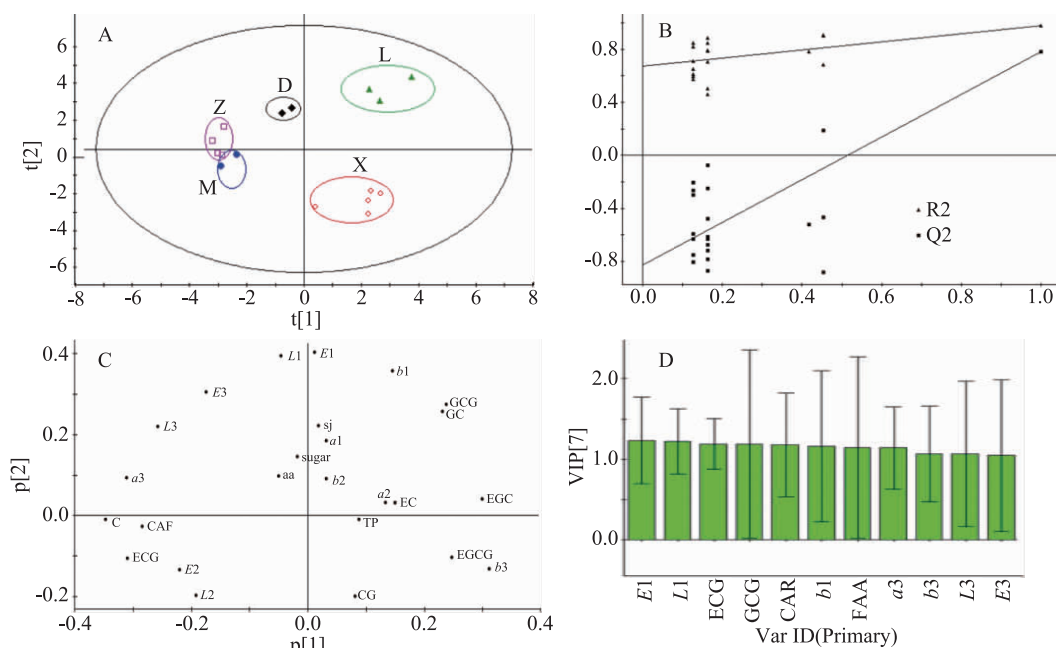


图2 不同产地扁形绿茶化学成分 PLS-DA 结果

Fig.2 PLS-DA results of chemical components of flat green tea from different producing areas

注:A:PLS-DA 得分图;B:PLS-DA 载荷图;C:PLS-DA 验证模型;D:VIP>1 关键成;CAR:咖啡碱;FAA:游离氨基酸。

($P < 0.05$)高于孝感龙剑茶、龙井茶及竹叶青茶,5个产地扁形绿茶的茶多酚含量和酚氨比均无显著差异,游离氨基酸和咖啡碱含量以湄潭翠芽最高。大方茶可溶性糖含量显著高于孝感龙剑茶、龙井茶和竹叶青茶,与湄潭翠芽则无显著差异。EGCG含量以孝感龙剑茶最高,竹叶青茶含量最低;龙井茶和大方茶中GC无显著差异,GGG含量则以龙井茶显著($P < 0.05$)高于其他产地扁形绿茶。湄潭翠芽中C、ECG、CG含量和儿茶素品质指数最高,但EGC、EC含量和儿茶素苦涩味指数均较低。

对5个不同产地扁形绿茶化学成分及色差等进行偏最小二乘法判别分析,以产地为指定变量,PLS-DA模型则成功区分了5个产地的扁形绿茶样品,为打击假冒产品,保护原产地品牌提供了科学依据。同时,利用PLS-DA变量重要性因子VIP值筛选出了在不同产地间差异显著的11种关键品质成分,分别是E1(干茶)、L1(干茶)、b1(干茶)、ECG、GCG、咖啡碱、游离氨基酸、a3(茶汤)、b3(茶汤)、L3(茶汤)、E3(茶汤),这些指标可作为不同产地扁形绿茶的主要品质特征,为后续扁形绿茶加工工艺的提升提供研究方向。

参考文献

- [1] 刘盼盼,邓余良,尹军峰,等.绿茶滋味量化及其与化学组分的相关性研究[J].中国食品学报,2014,14(12):173-181.
- [2] 刘建军,廖书娟,孙慕芳,等.优绿茶机制工艺探讨[J].广东农业科学,2011(7):115-117.
- [3] 成浩,王丽鸳,周健,等.基于化学指纹图谱的扁形茶产地判别分析研究[J].茶叶科学,2008,28(2):83-88.
- [4] 王洁,伊晓云,倪康,等.基于稀土元素指纹的扁形茶产地判别分析[J].浙江农业科学,2016,57(7):1118-1124.
- [5] 赵明明,金钰,周有祥.基于氨基酸指纹图谱的扁形绿茶

- 品种分析[J].湖北农业科学,2018,57(22):120-123.
- [6] 侯渝嘉,童华荣,胡翔,等.不同茶树品种针扁形茶香气化合物分析[J].西南农业学报,2010,23(6):1870-1874.
- [7] 叶飞,滕靖,龚自明,等.提香时间对远安黄茶理化品质的影响[J].现代食品科技,2017,33(11):96-101.
- [8] 钟萝.茶叶品质理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1989:250-350.
- [9] 刘盼盼,高士伟,郑鹏程,等.冲泡条件对恩施玉露绿茶茶汤品质的影响[J].食品工业科技,2016,37(20):138-144.
- [10] 李立祥,梅玉,常珊,等.绿茶汤色分析[J].食品与发酵工业,2005,31(10):123-126.
- [11] 向丽敏,刘雅琼,赖幸菲,等.不同茶类陈年茶的生化成分分析及其抗氧化活性[J].现代食品科技,2018,34(4):56-62.
- [12] 许伟,彭影琦,张拓,等.绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J].食品科学,2019,40(11):36-41.
- [13] 陈美丽,唐德松,龚淑英,等.绿茶滋味品质的定量分析及其相关性评价[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2014,40(6):670-678.
- [14] 赖幸菲,柏珍,李智芳,等.三种砖茶品质生化成分的研究[J].食品工业科技,2012,33(8):374-376,379.
- [15] Wang X G, Wan X C, Hu S X, et al. Study on the increase mechanism of the caffeine content during the fermentation of tea with microorganism[J]. Food Chemistry, 2008, 107: 1086-1091.
- [16] Zhang X, Xu F, Gao Y, et al. Optimizing the extraction of tea polyphenols, (-)-epigallocatechin gallate and theanine from summer green tea by using response surface methodology[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2012, 47(10):2151-2157.

(下转第229页)

- [12] Teixeira T, Hoeltz M, Einloft T, et al. Determination of ochratoxin A in wine from the southern region of Brazil by thin layer chromatography with a charge-coupled detector[J]. Food Additives & Contaminants: Part B, 2011, 4(4): 289-293.
- [13] Lee T P, Saad B, Ng E P, et al. Zeolite linde type L as micro-solid phase extraction sorbent for the high performance liquid chromatography determination of ochratoxin A in coffee and cereal[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1237: 46-54.
- [14] Andrade M A, Lancas F M. Determination of ochratoxin A in wine by packed in-tube solid phase microextraction followed by high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2017, 1493: 41-48.
- [15] Yu Feng-Yih, Chi Tsuen-Feng, Liu Biing-hui, et al. Development of a sensitive enzyme-linked immunosorbent assay for the determination of ochratoxin A[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(17): 6947-6953.
- [16] Wang Xiao-Ying, Shan Yan-Qun, Gong Miao, et al. A novel electrochemical sensor for ochratoxin A based on the hairpin aptamer and double report DNA via multiple signal amplification strategy[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2019, 281: 595-601.
- [17] Zhang Ya-Qiong, Wang Lan-Teng, Shen Xing, et al. Broad-specificity immunoassay for simultaneous detection of ochratoxins A, B, and C in millet and maize[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(23): 4830-4838.
- [18] Abnous K, Danesh N M, Ramezani M, et al. A novel colorimetric sandwich aptasensor based on an indirect competitive enzyme-free method for ultrasensitive detection of chloramphenicol[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2016, 78: 80-86.
- [19] Wang Guan-Li, Hu Xue-Lian, Wu Xiu-ming, et al. Fluorescent aptamer-based assay for thrombin with large signal amplification using peroxidase mimetics[J]. Microchimica Acta, 2016, 183(2): 765-771.
- [20] Wei Yin, Zhang Ji, Wang Xu, et al. Amplified fluorescent aptasensor through catalytic recycling for highly sensitive detection of ochratoxin A[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2015, 65: 16-22.
- [21] Lin Cui-Ying, Zheng Hui-Xia, Sun Mi, et al. Highly sensitive colorimetric aptasensor for ochratoxin A detection based on enzyme-encapsulated liposome[J]. Analytica Chimica Acta, 2018, 1002: 90-96.
- [22] Mishra R K, Hayat A, Catanante G, et al. Sensitive quantitation of ochratoxin A in cocoa beans using differential pulse voltammetry based aptasensor[J]. Food Chemistry, 2016, 192: 799-804.
- [23] Zeng Hong-Ling, Zhu Yu-Lin, Ma Ling-ling, et al. G-quadruplex specific dye-based ratiometric FRET aptasensor for robust and ultrafast detection of toxin[J]. Dyes and Pigments, 2019, 164: 35-42.
- [24] Lv Lei, Li Dong-Hao, Liu Ren-jie, et al. Label-free aptasensor for ochratoxin A detection using SYBR Gold as a probe[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2017, 246: 647-652.
- [25] Wang Quan-Bo, Xu Nan, Gui Zhen, et al. Strand displacement activated peroxidase activity of hemin for fluorescent DNA sensing[J]. Analyst, 2015, 140: 6532-6537.
- [26] Liu Jing, Xin Xiao-Yan, Zhou Hong, et al. A ternary composite based on graphene, hemin, and gold nanorods with high catalytic activity for the detection of cell-surface glycan expression[J]. Chemistry - A European Journal, 2015, 21(5): 1908-1914.
- [27] Li Jia, Yuan Tai-Xian, Yang Tian-tian, et al. DNA-grafted hemin with preferable catalytic properties than G-quadruplex/hemin for fluorescent miRNA biosensing[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2018, 271: 239-246.
- [28] 侯广月, 杜营, 杨帆, 等. 谷物及其制品中真菌毒素的前处理及检测技术研究进展[J]. 中国果菜, 2019, 39(12): 64-70.
- [29] 李安平. 霉变饲料中添加脱毒剂对蛋雏鸡健康的影响[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [30] 齐德生, 于炎湖, 等. 霉变豆粕品质改变的研究[J]. 粮食与饲料工业, 1999(1): 25-26.

(上接第 223 页)

- [17] Zhang Y N, Yin J F, Chen J X, et al. Improving the sweet aftertaste of green tea infusion with tannase[J]. Food Chemistry, 2016, 192: 470–476.
- [18] 叶乃兴. 茶叶品质性状的构成与评价[J]. 中国茶叶, 2010 (8): 10–11.
- [19] 阮宇成, 程启坤. 茶儿茶素的组成与绿茶品质的关系[J]. 园艺学报, 1964(3): 287–300.
- [20] 施兆鹏, 刘仲华. 夏茶苦涩味化学实质的数学模型探讨[J]. 茶叶科学, 1987(2): 7–12.
- [21] Trygg J, Holmes E, Lundstedt T. Chemometrics in metabolomics[J]. Journal of Proteome Research, 2007, 6(2): 469–479.
- [22] Li C F, Yao M Z, Ma C L, et al. Differential metabolic profiles during the albescent stages of ‘Anji Baicha’ (*Camellia sinensis*) [J]. PLoS One, 2015, 10(10): e0139996.
- [23] Meng W, Xu X, Cheng K K, et al. Geographical origin discrimination of oolong tea (TieGuanYin, *Camellia sinensis* (L.) O.Kuntze) using proton nuclear magnetic resonance spectroscopy and near-infrared spectroscopy[J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(11): 3508–3522.
- [24] 张悦, 朱荫, 叶火香, 等. 不同产地香茶的主要化学成分含量的差异分析[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 184–191.
- [25] Jing J, Shi Y, Zhang Q, et al. Prediction of Chinese green tea ranking by metabolite profiling using ultra-performance liquid chromatography–quadrupole time-of-flight mass spectrometry (UPLC–Q–TOF/MS) [J]. Food Chemistry, 2016, 221: 311–316.
- [26] Yang C, Hu Z, Lu M, et al. Application of metabolomics profiling in the analysis of metabolites and taste quality in different subtypes of white tea[J]. Food Research International, 2018, 106: 909–919.