

基于多酚类物质的红茶滋味特征分类与判别

陈文凤¹, 练开明², 刘江洪¹, 戴秋香², 李志辉², 郭雅玲^{1*}

¹福建农林大学园艺学院; ²福建农林大学农产品品质研究所, 福州 350002

摘要:为探讨以多酚类为指标对茶叶滋味类型进行鉴别的可靠性,以中国 13 种红茶为材料,进行感官审评和化学成分分析。感官审评结果为:13 种红茶在滋味上可分为甜醇温润、清甜鲜爽、甜醇浓烈和小种 4 个类型。化学分析结果为:以茶多酚、茶三素和 7 种儿茶素的相对含量进行主成分分析、聚类分析和判别分析,主成分、聚类分析的结果与茶叶感官审评分类结果基本一致,相似度 77%;以感官审评分类结果为依据进行判别,判别准确率达 92.3%。因此,根据多酚类含量可区分和判别红茶的滋味类型。本试验可为茶叶滋味分类和鉴别提供依据和应用参考。

关键词:红茶;滋味特征;聚类分析;主成分分析;判别分析

中图分类号:R917

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2019)6-0986-09

DOI:10.16333/j.1001-6880.2019.6.010

Classification and discrimination for black tea's taste characteristics based on polyphenol

CHEN Wen-feng¹, LIAN Kai-ming², LIU Jiang-hong¹, DAI Qiu-xiang², LI Zhi-hui², GUO Ya-ling^{1*}

¹College of Horticulture, Fujian Agriculture Forestry University;

²Agricultural Product Quality Institute, Fujian Agriculture Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: This paper is to explore the relationship between the taste feature recognition of black tea and its polyphenol by using 13 kinds of black tea in China and combining with sensory evaluation and chemical analysis. The result of sensory evaluation shows that the 13 kinds of black tea can be divided into 4 types in taste: sweet and gentle, sweet and fresh, sweet and alcohol, and xiaozhong type. The result of chemical analysis shows that the outcome of principal component analysis and cluster analysis are basically consistent with the results of tea sensory evaluation classification, and the similarity is 77%, which using the relative contents of tea polyphenol, tea tris and 7 catechins as variables. Base on the distinguish result of sensory evaluation, 13 kinds of black tea are discriminated and analyzed, and the discrimination accuracy is 92.3%. To sum up, the result shows that the content of polyphenols can be used for classification and identification of black tea flavor characteristics. This study can provide experimental basis and application reference for the classification and identification of different tea flavor.

Key words: black tea; taste characteristics; cluster analysis; principal component analysis; discriminant analysis.

红茶起源于中国,是目前世界上消费区域最广、生产量最多、国际总贸易量最大的茶类,具有红汤红叶和香甜味醇的特征。不同的红茶其内含成分及成分相互间的比例不同,有着不同的风味特征,红茶风味特征最直接的体现是滋味特征,滋味是红茶审评中最重要的评价因子,也是茶叶鉴别中的关键因素。茶叶的滋味判别主要通过人的感官审评来评定,而感官审评很大程度上依赖人的经验,易受主观因素

和感官疲劳的影响,为消除审评中的不利因素,提高茶叶品质评价的科学性和效率,近年来,国内针对如何建立简单、快速、有效、准确鉴别茶叶滋味品质的技术展开了广泛的研究。陈冬^[1]结合人工感官审评、智能感官分析和化学分析研究了优质祁门红茶的滋味特征,为优质祁门红茶的鉴定和分析提供理论依据;金恩惠^[2]研究了红茶茶汤滋味与呈味物质含量之间的关系,建立了红茶主要呈味物质含量与审评得分之间的函数关系;程焕^[3]利用尺度评价法对茶汤滋味的 10 个分属性进行评定,并将各个属性与化学组分进行相关性分析,实现了茶叶感官品质的定量分析。

收稿日期:2018-08-09 接受日期:2019-04-10

基金项目:福建农林大学创新基金(CXZX2017350);福建农林大学科技创新专项基金(CXZX2016102)

*通信作者 Tel:86-013015749848; E-mail:yaling7819@126.com

当前研究主要集中在茶叶内部化学成分与其滋味品质关系的研究上,且对茶叶滋味区分和鉴别的主要智能手段是电子舌,但电子舌是通过模拟人的舌头对样品进行分析、识别和判断,而通过茶叶内部化学成分区分和鉴别不同茶叶滋味特征尚未见报道。多酚类物质是茶叶中的主要呈味成分,且是对红茶风味影响最为重要的成分。本研究以化学分析法为依据,综合运用高效液相色谱技术和主成分分析、系统聚类 and 判别分析等数据分析手段,对不同红茶的滋味类型进行分类,以期找出基于多酚类物质

对红茶滋味进行分类和感官审评对红茶滋味进行分类两者的关联性,为多酚类物质为指标对茶叶滋味类型分类和鉴别提供理论依据,也为茶叶不同风味类型判别提供更为客观、高效、智能的方式作参考^[4]。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试茶样为全国主要工夫红茶和小种红茶(共13个),由福建元泰茶业有限公司提供,供试红茶样品产地如下表所示。

表1 供试茶样产地来源

Table 1 The region of tea

编号 No.	品名 Tea name	产地 Place of production	品种 Variety
B-1	正山小种(烟熏) Zhengshanxiaozhong (smoked)	福建武夷山桐木关 Tongmuguan, Wuyishan, Fujian	小菜茶 Xiaocaicha
B-2	永泰红茶 Yongtai Black tea	福建永泰县桐安镇联坪村 Lianpingcun, Yongtaixian, Fujian	金观音 Jinguanpin
B-3	白琳工夫 Bailingongfu	福建福鼎 Fuding, Fujian	金观音 Jinguanpin
B-4	坦洋工夫 Tanyangongfu	福建福安坦洋村 Tanyangcun, Fuan, Fujian	金牡丹 Jinmudan
B-5	政和工夫 Zhenghegongfu	福建松溪县 Songxixian, Fujian	政和大白茶 Zhenghedabaicha
B-6	祁门红茶 Qimen black tea	安徽祁门县 Qimen, Anhui	楮叶种 Zhuyezhong
B-7	苏红工夫 Suhong gongfu	江苏宜兴县 Yixingxian, Jiangsu	福鼎大毫 Fudingdahao
B-8	川红工夫 Chuanhonggongfu	四川高县 Gaoxian, Sichuan	小叶种 Xiaoyezhong
B-9	云南滇红 Yunnan black tea	云南凤庆县 Fengqing, Yunnan	云南大叶种 Yunnandayezhong
B-10	海南工夫 Hainan black tea	海南五指山 Wuzhishan, Hainan	海南大叶种 Hainandayezhong
B-11	英德红茶 Yingde black tea	广东清远县 Qingyuanxian, Guangdong	英德九号 Yingdejiuhao
B-12	桂红工夫 Guihonggongfu	广西百色县 Baisexian, Guangxi	凌云白毫 lingyunbaihao
B-13	正山小种(无烟) Zhengshanxiaozhong (no smoked)	福建武夷山桐木关 Tongmuguan, Wuyishan, Fujian	小菜茶 Xiaocaicha

主要试剂:GA(gallic acid,没食子酸)、EGC(epigallocatechin,表没食子儿茶素)、C(catechin,儿茶素)、CAF(cafeine,咖啡碱)、EC(L-Epicatechin,表儿茶素)、EGCG(epigallocatechin gallate,表没食子儿茶素没食子酸酯)、GCG(gallocatechingallate,没食子儿茶素没食子酸酯)、ECG(epicatechin gallate,表儿茶素没食子酸酯)、CG(catechin gallate,儿茶素没食子酸酯)标准样品(纯度 $\geq 99.8\%$):美国 Sigma-

Aldrich 公司产品;福林酚(分析纯)、甲醇(色谱纯)美国 Sigma-Aldrich 公司;乙酸乙酯、乙醇、正丁醇、没食子酸、碳酸氢钠(均为分析纯)北京化学试剂公司,等。

1.2 仪器与设备

UPLC 超高效液相色谱仪 Waters;分析天平(感重 0.000 1 g):Sartoriu BSA1245-CW 产品;离心机(转速:3 500 rpm,10 min):美国 Sigma 产品;真空过

滤器(滤膜 0.45 μm);针筒式过滤器(孔径 0.45 μm);移液管、分液漏斗等。

1.3 方法

1.3.1 感官审评

按照红茶审评方法 GB/T 23776-2009 进行,由 10 名专业审评员完成,结合评语法和加权平均法,各因子评分权重为外形 25%,汤色 10%,香气 25%,滋味 30%,叶底 10%。

1.3.2 指标测定

取样:按照 GB/T 8302-2013 进行。磨碎试样的制备:按照 GB/T 8303-2013 进行。含水率测定:采用 GB/T 8304-2013 120 $^{\circ}\text{C}$ 烘干法测定。茶多酚的测定:采用 GB/T 31740.2-2015 福林酚试剂法测定。

茶色素测定:采用 Roberts 系统分析法。儿茶素咖啡碱:参考 GB/T 8313-2008 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法,并略做优化。

以上各指标均做 3 次生物学平行测定后取平均值。

1.4 数据分析

数据采集分析采用 Microsoft Excel 2013 和 IBM SPSS Statistics 20.0 软件,差异显著性分析采用 Student's-t-test。

2 结果与分析

2.1 不同红茶理化性质与感官审评分析

2.1.1 不同红茶理化性质

表 2 不同红茶品质生化成分含量 单位(%)

Table 2 The content of biochemical components in different black tea(%)

编号 Number	水分 MC	茶多酚 Tea polyphenols	茶黄素 TF	茶红素 TR	茶褐素 TB
B-1	6.51	8.20 ^{Aa}	0.36 ^{Aa}	2.86 ^{Aa}	6.20 ^{BCDbed}
B-2	4.96	15.22 ^{Ed}	0.77 ^{Ed}	4.76 ^{EFde}	6.45 ^{CDed}
B-3	6.08	9.14 ^{Aa}	0.44 ^{ABCab}	3.39 ^{ABCDabc}	7.91 ^{Ef}
B-4	4.91	12.30 ^{BCDbc}	0.39 ^{ABa}	4.00 ^{BCDEbed}	5.64 ^{Bb}
B-5	4.61	13.48 ^{CDc}	0.35 ^{Aa}	3.10 ^{ABab}	5.90 ^{BCbc}
B-6	5.24	11.81 ^{Bb}	0.49 ^{ABCabc}	3.06 ^{ABab}	6.75 ^{Dde}
B-7	5.52	12.01 ^{Bbc}	0.49 ^{ABCabc}	3.16 ^{ABCabc}	7.63 ^{Ef}
B-8	4.04	12.14 ^{BCbc}	0.59 ^{CDbc}	3.44 ^{ABCDabc}	7.49 ^{Ef}
B-9	6.53	11.19 ^{Bb}	0.52 ^{Babc}	4.08 ^{CDEbcd}	12.12 ^{Gh}
B-10	5.32	12.42 ^{BCDbc}	0.95 ^{Ff}	4.25 ^{DEede}	4.94 ^{Aa}
B-11	6.24	17.73 ^{Fe}	0.45 ^{ABCab}	5.26 ^{Fe}	6.43 ^{CDed}
B-12	6.85	12.52 ^{BCDbc}	0.66 ^{DEed}	4.10 ^{CDEbcd}	7.40 ^{Eef}
B-13	6.41	13.62 ^{Dcd}	0.45 ^{ABCab}	2.62 ^{Aa}	9.22 ^{Fg}

注:同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicates significant differences($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicates very significant($P < 0.01$). Same as below.

对红茶风味影响最为重要的是茶多酚,在红茶制造过程中,茶多酚会受到酶的催化作用,形成有色氧化产物,茶黄素、茶红素和茶褐素。多酚类物质的含量、组成比例不同形成了不同红茶独特的滋味特征^[5,6]。

茶多酚是决定茶汤滋味的主要呈味成分,由表 2 可知 13 种红茶茶多酚含量在 8% ~ 18% 之间,英德红茶茶多酚含量最高,为 17.73%,正山小种(烟熏)茶多酚含量最低,约为 8.20%,正山小种(无烟)茶多酚含量极显著高于正山小种(烟熏)的茶多酚含量;坦洋工夫、祁门红茶、苏红工夫、川红工夫、云

南滇红、海南红茶、桂红工夫茶多酚含量相差不大,相互之间无显著差异。

茶黄素是红茶汤色“亮”的主要成分,也是形成茶汤“金圈”的主要成分,茶黄素具有滋味强烈鲜爽的特征,影响红茶茶汤的浓度、强度和鲜度。由表 2 可知,茶黄素含量在 0.35% ~ 0.95% 之间。茶黄素含量最高的是海南工夫,云南滇红、川红、桂红茶黄素含量无显著差异,白琳工夫、坦洋工夫、政和工夫、正山小种(烟熏)、正山小种(无烟)、英德红茶、祁门红茶、苏红工夫这 8 种红茶茶黄素含量无显著差异;云南滇红、川红工夫、桂红工夫三者茶黄素无显著差异。

茶红素是红茶茶汤“红”的主要成分,与茶汤红艳度、浓度有关,有一定的刺激性和收敛性,具有滋味醇和的特征。TR/TFs 比值合适,茶汤色亮红明,滋味强。由表 2 可知,茶红素含量在 2.62% ~ 5.26% 之间,茶红素含量最高的是英德红茶,含量最低的是正山小种系列,正山小种(烟熏)与正山小种(无烟)无显著差异;祁门红茶、政和工夫、苏红工夫、白琳工夫、川红工夫、坦洋工夫茶红素相互间无显著差异;云南滇红、桂红工夫、海南工夫、永泰红茶无显著差异。

茶褐素是红茶汤暗的主要原因,部分溶于茶汤,滋味淡欠鲜爽。由表 2 可知,茶褐素含量在 4.94% ~ 12.12% 之间,滇红的茶褐素含量最高,与其剩余红茶含量有显著差异;海南工夫茶褐素含量最低,与其剩余红茶含量有显著差异;桂红工夫、川红工夫、

苏红工夫、白琳工夫无显著差异;正山小种(烟熏)、英德红茶、永泰红茶、祁门红茶相互间无显著差异。

由上述分析可知,正山小种与其他工夫红茶相比其氨基酸、咖啡碱、水浸出物、茶黄素、茶红素含量均低于其他红茶,与正山小种独特的滋味类型相符。

2.1.2 不同红茶感官审评

13 种红茶感官审评见表 3,13 种红茶因滋味特征的不同被归为 4 类,永泰红茶(B-2)、坦洋工夫(B-4)、祁门红茶(B-6)、苏红工夫(B-7)、川红工夫(B-8)为 SG 型,滋味特征为甜醇温润;白琳工夫(B-3)、政和工夫(B-5)为 SF 型,滋味特征为清甜鲜爽;云南滇红(B-9)、海南红茶(B-10)、英德红茶(B-11)、桂红工夫(B-12)为 SA 型,滋味特征为甜醇浓烈;正山小种(烟熏)(B-1)、正山小种(无烟)(B-13)为 XZ 型,滋味特征为小种类型。

表 3 不同红茶滋味感官审评表

Table 3 The sensory review of teaste in different black tea

编号 Number	名称 Name	滋味 Taste	滋味评分 Score	滋味类型 Taste type
B-1	正山小种(烟熏) Zhengshanxiaozhong(smoked)	浓厚,甜醇带熏烟味 Thick, sweet and a bit smoky	85	XZ
B-2	永泰红茶 Yongtai Black tea	甜醇 Sweet and alcohol	83	SG
B-3	白琳工夫 Bailingongfu	醇和带清甜鲜爽 Sweet, umami, alcohol, breeze	85	SF
B-4	坦洋工夫 Tanyangongfu	甜醇 Sweet and alcohol	84	SG
B-5	政和工夫 Zhenghegongfu	甜醇带鲜爽 Sweet, alcohol and umami	85	SF
B-6	祁门红茶 Qimen black tea	醇甜,柔和 Alcohol, sweet and gentle	86	SG
B-7	苏红工夫 Suhonggongfu	甜醇温润 Sweet, alcohol, warmly and soft	84	SG
B-8	川红工夫 Chuanhonggongfu	醇厚鲜爽 Thick and fresh cool	83	SG
B-9	云南滇红 Yunnan black tea	甜醇带陈醇味 Sweet, alcohol and a bit old	84	SA
B-10	海南红茶 Hainan black tea	烈,苦涩感较强, Strong, bitter and astringent	82	SA
B-11	英德红茶 Yingde black tea	醇厚甜润带花香 Thick, sweet, gentle and have a flower	84	SA
B-12	桂红工夫 Guihonggongfu	醇厚带清凉 Thick and a bit cooling refresh	81	SA
B-13	正山小种(无烟) Zhengshanxiaozhong (no smoked)	甜醇,稍带烟香 Sweet, alcohol and a bit smoky	83	XZ

注:表中“SG”代表甜醇温润,“SF”代表清甜鲜爽,“SA”代表甜醇浓烈,“XZ”代表小种类型。下同。

Note: In the table, "SG" stands for sweet and gentle, "SF" stands for sweet and fresh, "SA" stands for sweet and alcohol, and "XZ" stands for xiaozhong type. Same as below.

13 种红茶中,属于 SG 类甜醇温润有 5 种红茶,

属于 SF 类清甜鲜爽的有 2 种红茶,属于 SA 类甜醇

浓烈的有 4 种,属于 XZ 类小种类型的有 2 种(见图 1)。

2.2 不同品种红茶儿茶素单体分析

利用超高效液相色谱技术(UPLC)对红茶中 GA(没食子酸)、表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(C)、表儿茶素(EC)、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)、表儿茶素没食子酸酯(ECC)7 种成分进行定量分析,结果见下表。

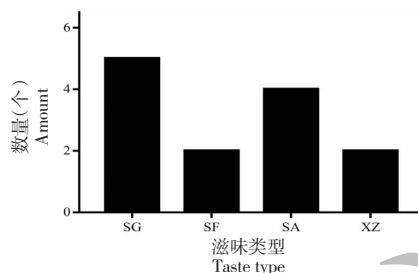


图 1 13 种红茶感官审评不同滋味类型

Fig. 1 Different taste types of 13 kinds of black tea

表 4 13 种红茶儿茶素组分及 GA 含量 单位(mg/g)

Table 4 The content of catechin and GA in 13 kinds of black tea (mg/g)

编号 Number	GA	EGC	C	EC	EGCG	GCG	ECC	儿茶素总量 Total catechins
B-1	3.66 ^{Kl}	3.10 ^{Fh}	0.13 ^J	7.03 ^{Hi}	6.52 ^{Ghhi}	8.07 ^{Hh}	4.11 ^{Fg}	28.96
B-2	6.39 ^{Fg}	5.45 ^{Be}	6.34 ^{Dd}	19.03 ^{Bb}	18.1 ^{Aa}	14.58 ^{Cc}	7.26 ^{Dde}	70.75
B-3	3.91 ^{jk}	3.88 ^{DEf}	1.41 ^{li}	6.17 ^{lk}	6.72 ^{Ghhi}	10.2 ^{Fg}	7.14 ^{De}	35.51
B-4	3.80 ^{kl}	4.00 ^{Def}	7.58 ^{Cc}	13.57 ^{Dd}	14.98 ^{Bb}	11.56 ^{Ee}	6.08 ^{Ef}	57.78
B-5	13.30 ^{Bb}	4.72 ^{Cd}	17.76 ^{Aa}	11.4 ^{Fg}	14.13 ^{Bc}	12.35 ^{Dd}	7.71 ^{Dde}	68.07
B-6	6.75 ^{Ef}	5.72 ^{Bb}	3.71 ^{Gg}	11.21 ^{Fg}	11.83 ^{De}	15.52 ^{Bb}	5.32 ^{Ef}	53.32
B-7	7.18 ^{Dd}	6.35 ^{Aa}	5.66 ^{Ee}	12.58 ^{Ee}	12.05 ^{De}	17.10 ^{Aa}	7.60 ^{Dde}	61.34
B-8	6.19 ^{Gh}	4.05 ^{Def}	5.66 ^{Ee}	9.38 ^{Gh}	10.14 ^{Ef}	10.69 ^{Ff}	7.75 ^{Dde}	47.68
B-9	6.93 ^{Ee}	4.27 ^{De}	2.67 ^{Hh}	6.61 ^{Hh}	6.08 ^{Hi}	11.50 ^{Ee}	12.4 ^{Cc}	43.53
B-10	18.36 ^{Aa}	3.97 ^{Df}	15.26 ^{Bb}	27.53 ^{Aa}	12.84 ^{Cd}	10.47 ^{Ffg}	8.14 ^{Dd}	78.20
B-11	8.82 ^{Cc}	3.52 ^{Efg}	4.66 ^{Ff}	18.11 ^{Cc}	8.00 ^{Fg}	9.22 ^{Gh}	25.18 ^{Aa}	68.70
B-12	5.34 ^{Hi}	2.19 ^{Gj}	2.50 ^{Hh}	12.16 ^{Ef}	6.78 ^{Gh}	5.52 ^{jk}	16.57 ^{Bb}	45.72
B-13	4.12 ^{lg}	2.48 ^{Gi}	0.00 ^{lj}	7.18 ^{Hi}	6.36 ^{Hi}	6.33 ^{lj}	5.63 ^{Ef}	27.96

茶叶中的多酚类物质主要是儿茶素,儿茶素是形成茶色香味的主要物质,对茶叶品质影响很大^[7]。儿茶素分为酯型儿茶素和非酯型儿茶素,酯型儿茶素亦称“复杂儿茶素”,占儿茶素总量约占 70%,具有强烈收敛性,苦涩味较重,是影响茶叶苦涩味的主要成分,主要有表没食子儿茶素没食子酸酯 EGCG 和表儿茶素没食子酸酯 ECC。非酯型儿茶素亦称“简单儿茶素”,含量占儿茶素总量的 23%~25%,其味醇和,收敛性较弱,回味爽口,主要包括表儿茶素 EC、表儿茶素 EGC、儿茶素 C、没食子儿茶素没食子酸酯 GCG 和没食子儿茶素 GC。只有酯型儿茶素与非酯型儿茶素组合适当,才能产生良好口感。

由表 4 可知,不同红茶儿茶素含量存在差异($P < 0.05$),13 种红茶儿茶素总量范围在 27.96 ~ 78.20 mg/g,海南工夫儿茶素总量最高,为 78.20

mg/g;正山小种(无烟)儿茶素总量最少,为 27.96 mg/g,其次含量少的是正山小种(烟熏)为 28.96 mg/g,正山小种儿茶素总量明显低于其他红茶,这与叶小辉的研究结果一致^[8],这应该与正山小种独特的加工工艺有关。

GA 的呈味特征为酸涩,含量最高的为海南工夫,且与其他红茶 GA 含量有极显著差异,最低的是正山小种(烟熏);EGC 的呈味特征是苦涩带甜,含量范围在 2.19 ~ 6.35 mg/g,最高为苏红工夫,最低为桂红工夫;C 的呈味特征为苦涩带甜,含量范围在 0.00 ~ 17.76 mg/g,含量最高的是政和工夫,且与其它红茶的 C 含量有极显著差异,最低的是正山小种(烟熏);EC 的呈味特征是苦涩带甜,含量范围在 6.17 ~ 27.53 mg/g,含量最高的是海南工夫,最低的是白琳工夫;EGCG 的呈味特征是苦涩,含量范围在

6.36 ~ 18.1 mg/g, 含量最高的是永泰红茶, 最低的是正山小种(无烟); GCG 呈味特征是苦涩, 含量范围在 5.22 ~ 17.10 mg/g, 含量最高的是苏红工夫, 最低的是桂红工夫, 正山小种系列也较低; ECG 的呈味特征是苦涩, Narukawa^[9] 研究发现 ECG 在儿茶素中显示出最强的味觉特征, 由表可知, 13 种红茶 ECG 含量范围在 4.11 ~ 25.18 mg/g, 含量最高的是英德红茶, 与其剩余红茶有显著差异, 最低的是正山小种(烟熏), 白琳工夫、永泰红茶、苏红工夫、政和工夫、川红工夫、海南红茶 ECG 含量无显著差异。

2.3 不同红茶主成分分析、聚类分析、判别分析

2.3.1 不同红茶主成分分析

主成分分析的目的之一就是少量的因子来描

表 5 多酚类物质主成分的特征值

Table 5 The characteristic value of principal component in polyphenols

主成分 Principal component	特征值 Eigen value	方差贡献率 Variance contribution ratio (%)	累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate (%)
1	4.457	40.521	40.521
2	2.712	24.657	65.177
3	1.417	12.886	78.063

表 6 多酚类物质主成分的特征向量

Table 6 The feature vector of principal component in polyphenols

成分 Component	茶多酚 Polyphenols	TF	TR	TB	GA	EGC	C	EC	EGCG	GCG	ECG
1	0.555	0.601	0.552	-0.603	0.768	0.461	0.797	0.911	0.784	0.462	0.148
2	0.488	0.252	0.632	0.091	0.079	-0.709	-0.167	0.260	-0.442	-0.715	0.833
3	0.418	-0.210	0.374	0.427	-0.345	0.485	-0.308	-0.143	0.096	0.495	0.391

以样本的各主成分得分为坐标, 建立主成分得分 3D 图, 见图 2。通过主成分分析, 并参照感官审评对红茶不同滋味类型的分类结果, 可从图 2 看出, 不同红茶可明显的被区分, B-2、B-6、B-7 相距很近归为一类, 即永泰红茶、祁门红茶、苏红工夫为一类; B-3、B-4、B-5、B-8 相距较近归为一类, 即白琳工夫、坦洋工夫、政和工夫、川红工夫为一类; B-1、B-13、B-10 相距较近归为一类, 即正山小种(烟熏)、正山小种(无烟)和海南工夫为一类; B-9、B-11、B-12 相距较近归为一类, 即云南滇红、英德红茶、桂红工夫为一类; 13 种红茶中, 只有川红工夫、坦洋工夫和海南红茶的归类与感官审评结果中的归类不同, 其它红茶分类结果与感官审评分类结果相同。可见主成分分析结果与感官审评分为的四类结果有较强的相似

述多种指标或因素之间的关系。以 13 种红茶中的茶多酚、茶三素、GA(没食子酸)、表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(C)、表儿茶素(EC)、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)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)的相对含量为变量, 利用 SPSS 软件进行因子分析, 抽取方法为主成分, 旋转方法为最大方差法, 相关矩阵的特征值如表 5 所示, 特征向量如表 6 所示, 由表可知提取出三个主成分, 3 个主成分累计方差为 78.063%, 累计方差贡献率大于 60%, 说明提取出的三个主成分是有意义的, 它保留了原始数据的大部分信息, 可用这三个主成分得分进行后续的分析。

度, 相似度达 77%, 说明以多酚类物质为指标采用主成分分析方法对红茶的滋味特征进行分类是有效的可行的。

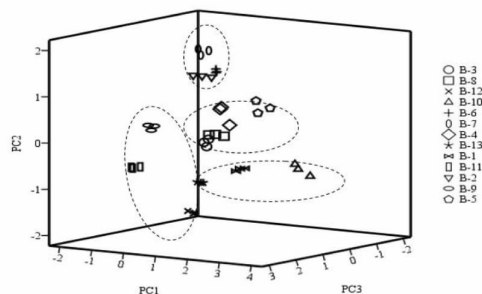


图 2 不同红茶主成分得分 3D 图

Fig. 2 3D picture of principal component score in different black tea

2.3.2 不同红茶聚类分析

聚类分析目前已被广泛用于许多领域,如模式识别、数据分析、图像处理等。它是将一批样本数据根据其诸多特征,按照性质上的亲疏程度进行自动分类的统计方法。试验中以多酚类主成分分析的前三个主成分分子得分为指标,以欧式平方距离为度量准则,类间采用 Ward's 算法做出分类,聚类结果见图 3。聚类结果表明,当临界值取为 15 时,13 种红茶聚为四类,B-2、B-4、B-5、B-6、B-7、B-8 为一类,即永泰红茶、坦洋工夫、政和工夫、祁门红茶、苏红工夫、川红工夫为一类,滋味特征对应感官审评分类中的甜醇温润(SG)型;B-10 海南红茶为一类;B-3、B-13、B-1 归为一类,即白琳工夫、正山小种(无烟)、正山小种(烟熏)为一类;B-9、B-11、B-12 归为一类,即云南滇红、英德红茶、桂红工夫为一类,对应感官审评分类中的甜醇浓烈(SA)型。13 种红茶聚类分析中,只有政和工夫、白琳工夫和云南滇红的归类与感官审评结果中的归类不同,其它红茶分类结果与感官审评分类结果相同,聚类分析结果与感官审评分类结果相似度达 77%。可见聚类分析结果与感官审评分为的四类结果有较强的相似度,说明以多酚类物质为指标采用系统聚类方法对不同红茶的滋味特征进行分类是有效可行的。

2.3.3 不同红茶判别分析

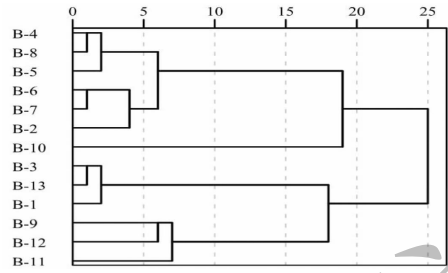


图 3 不同红茶聚类分析谱系图

Fig. 3 The picture of cluster analysis in different black tea

判别分析是在分类确定的条件下,根据某一研究对象的各种特征值判别其类型归属问题的一种多变量统计分析方法^[10]。本研究以感官审评的分类结果为依据,即 13 种红茶根据滋味特征分为 SG 型、SF 型、SA 型和 XZ 型,以儿茶素单体、茶多酚和茶三素为指标对 13 种红茶的不同类型进行判别分析,通过典则判别函数分析得到判别函数散点图,见图 4,分析中使用了前 3 个典则判别函数(见表 7)对原始样本进行交叉验证,已对交叉验证分组案例中的 92.3% 个进行了正确分类,即 39 个样品中,只有 3 个 SG 型的样品被错误归为 SF 类,其余样都被正确归类,正确率为 92.3%,见表 8。由图 4 可看出不同类型红茶有明显区分,证明了以多酚类物质含量为指标应用判别函数分析可有效区分不同红茶的风味特征。

表 7 典型判别式函数特征值

Table 7 The characteristic value of typical discriminant function

函数 Function	特征值 Eigen value	方差 Variance (%)	累积 Accumulation (%)	正则相关性 Regular correlation
1	31.270 ^a	81.5	81.5	0.984
2	5.941 ^a	15.5	96.9	0.925
3	1.172 ^a	3.1	100.0	0.735

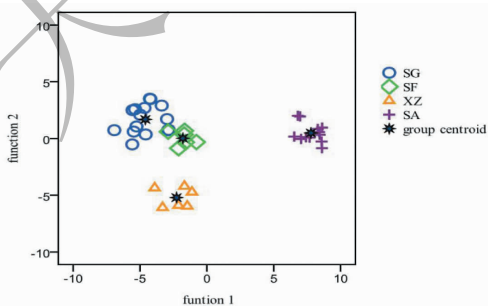


图 4 不同红茶典则判别函数图

Fig. 4 The picture of canonical discriminant function in different black tea

3 讨论

人们对茶的追随,源于口感。滋味因子在茶叶品质中所占比重较大,人们通常以测定影响滋味的贡献化学成分含量来确定其对茶叶品质的贡献。红茶主要多酚类化合物含量与其滋味品质密切相关,多酚类化合物的组成、含量的差异是形成红茶独特品质的重要因素^[11]。

本试验以中国 13 种典型红茶为材料,对 13 种红茶进行人工感官审评和化学分析,证明了以茶叶内的化学成分对茶叶滋味类型进行分类与判别的可能。

表8 不同红茶判别分析结果

Table 8 Discriminant analysis results of different black tea

交叉验证 Cross-validation	滋味类型 Taste type	预测组成员 Forecast group members				合计 Total
		SG	SF	XZ	SA	
计数 Count	SG	12	3	0	0	15
	SF	0	6	0	0	6
	XZ	0	0	6	0	6
	SA	0	0	0	12	12
%	SG	80.0	20.0	0	0	100.0
	SF	0	100.0	0	0	100.0
	XZ	0	0	100.0	0	100.0
	SA	0	0	0	100.0	100.0

靠性,即基于红茶多酚类物质含量可以作为红茶滋味特征分类和鉴别的依据。

随着科学技术的快速发展,为了弥补感官审评和化学成分检测在鉴别茶叶风味特征和品质上的不足,提高茶叶品质评价的客观性、准确性和审评效率,将茶叶内含成分与专家感官审评建立相关关系,以期实现智能化感官分析成为研究热潮^[12,13]。郭雅玲、赖玲玲^[14]以滋味品质因子和汤色品质因子为指标,建立了3个决策树可有效区分三种不同外观类型的福建绿茶,并发现因子分析的绿茶滋味品质归类与感官审评结果基本一致,并且提出后续增加茶叶中的多酚类物质这个指标将提高茶叶外形和滋味品质的区分和判别率,它们的研究涉及到对不同茶叶滋味品质进行区分,而本文是以多酚类物质为指标实现对茶叶滋味类型的区分和判别。杨晨^[15]等对不同产地普洱生茶滋味品质关系进行了研究分析,推测了不同产地普洱生茶滋味特征与其化合物含量的相关性,发现不同产地的普洱茶滋味特征不同与其多酚类物质含量有关,这与本文以茶叶多酚类物质含量实现对茶叶滋味特征分类和鉴别相一致。张磊^[16]等基于气相色谱-质谱联用和液相色谱-质谱联用的代谢组学方法,证明了儿茶素、氨基酸、糖、有机酸和黄酮苷类与茶叶滋味密切相关,这也印证了本文以多酚类物质对茶叶滋味特征进行分类的可行性与可靠性。张颖彬^[17]等研究了茶叶理化成分与茶叶等级的关系,将茶多酚、儿茶素、咖啡碱、氨基酸、总糖和水浸出物这些指标与茶叶等级进行拟合,结果总体判别趋势良好,且与感官审评结果一致,而本文将感官审评作出的茶叶滋味类型分类结果与以多酚类物质含量对茶叶滋味类型进行分类的结果相比较,相似度达77%,这都说明了茶叶中的

理化成分与茶叶品质特征的强相关性。国外对茶叶滋味的研究主要集中在对影响某个滋味的成分进行深入研究。Cesarettin Alasalvar^[18]等研究了7种等级红茶的风味特点,发现味道活性化合物与芳香活性化合物的结合产生的组合效应形成了每一等级红茶的特色风味,本文只研究了多酚类物质对茶叶滋味的影响,今后可结合香气的研究提高对茶叶滋味分类的正确率;Scharbert S^[19]等用仪器分析和生物反应相结合的方法鉴定红茶中涩味化合物,发现了14个类黄酮-3-醇苷类多酚化合物作为红茶饮用后的涩味的主要来源,表明了红茶滋味特征与其多酚类物质的相关性和紧密性,而本文以红茶的多酚类物质含量为指标实现了对不同红茶滋味特征的分类,其分类结果与感官审评分类结果基本一致。

基于化学成分分析方法在红茶滋味鉴别与分类上的研究处于初始阶段,未来的发展还面临诸多挑战^[20]。影响茶叶滋味的化学组分多且复杂,呈味物质的种类、含量及其相互间的组合和比例都可影响茶叶风味特征,今后应当在影响茶叶风味特征的物质上进行更为深入的研究,深入探究不同茶叶风味与其内在化学组分的相关关系,揭示茶叶风味形成的内在机理,为实现茶叶智能化感官分析奠定坚实的理论基础。随着现代科学技术和科学理念的不断发展,将理化成分和人工模拟味觉系统有机结合,实现高效、自动、智能化的茶叶分类与鉴别,具有十分广阔的市场前景。

参考文献

- 1 Chen D, Ma T, San WL, et al. Taste characteristics of keemun black tea[J]. Food Sci (食品科学), 2017, 38: 168-174.
- 2 Kim EH, Wang YM, Mao X, et al. Construction of the evalua-

- tion model of black Tea taste sensory based on principal component regression analysis[J]. J Chin Inst Food Sci Tech (中国食品学报), 2016, 12: 235-239.
- 3 Cheng H, He W, Zhao L, et al. Correlation between sensory attributes and chemical components of black and green tea [J]. T Chin Soc Agric En (农业工程学报), 2012, 1: 375-380.
 - 4 Zhou JS, Lv SD, He YL, et al. Research progress in the relationship between transformation of chemical constituents and the taste of the tea [J]. Chine J Spec Lab (光谱实验室), 2014, 2: 284-291.
 - 5 Yue CN, Wang ZH, Mao SH, et al. The main taste substances in tea research progress [J]. Food Res Dev (食品研究与开发), 2017, 1: 219-224.
 - 6 Li JH, Ni TT, Zhang GH, et al. Content variation of polyphenols, caffeine and pigment during fermentation of pu-erh shucha [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2014, 26: 56-59
 - 7 Xie J, Xiong J, Song L, et al. Determination of 6 Catechins in Tea polyphenols extract by quantitative analysis of multi-components via single marker method [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2016, 28: 1568-1571, 1638
 - 8 Ye XH, Zhao F, He LM. HPLC analysis of the main polyphenolic compounds in black tea [J]. Tea Fujian (福建茶叶), 2014, 6: 18-23.
 - 9 Narukawa, Masataka, Kimata, et al. Taste characterisation of green tea catechins [J]. Int J Food Sci Tech, 2010, 8: 1579-1585.
 - 10 Zhao H, Yan Y, Zou LS, et al. Difference of chemical compositions in "Chuanpu" and "Wenpu" based on LC-MS and GC-MS [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2018, 1: 1-9.
 - 11 Wang KB, Chen QC, Lin Y, et al. Comparison of phenolic compounds and taste of Chinese black tea [J]. Food Sci Technol Int, 2014, 3: 639-646.
 - 12 Gao L, Bian MX, Mi RF, et al. Quality identification and evaluation of Pu-erh teas of different grade levels and various ages through sensory evaluation and instrumental analysis [J]. Int J Food Sci Technol, 2016, 6: 1338-1348.
 - 13 Qiu XH, Zhang DD, Wei H, et al. Analysis of aroma of different varieties of Wuyi Rock Tea by PTR-TOF-MS and GC-MS [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2018, 30: 1195-1201.
 - 14 Guo YL, Lai LL. Analysis on quality indicators of taste and infusion color and discrimination of famous and superior green tea with different appearances in Fujian province, PR China [J]. J Food Process Preserv, 2016, 5: 1084-1092.
 - 15 Yang C, Dai WD, Lv ML, et al. Study on the chemical constituents of Pu-erh tea from different areas by UHPLC-Q-TOF/MS [J]. J Tea Sci (茶叶科学), 2017, 6: 605-615.
 - 16 Zhang L, Zeng ZD, Ye GZ, et al. Non-targeted metabolomics study for the analysis of chemical compositions in three types of tea by using gas chromatography-mass spectrometry and liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Chin J Chrom (色谱), 2014, 8: 804-816.
 - 17 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 (茶叶科学), 2015, 3: 225-232.
 - 18 Cesarettin Alasalvar, Bahar Topal, Arda Serpen, et al. Flavor characteristics of seven grades of black tea produced in Turkey [J]. J Agric Food Chem, 2012, 25: 6323-6332.
 - 19 Scharbert S, Holzmann N, Hofmann T. Identification of the astringent taste compounds in black tea infusions by combining instrumental analysis and human bioresponse [J]. J Agric Food Chem, 2004, 11: 3498-3508.
 - 20 Wang QS, Wu HL, Jiang XH, et al. Multivariate statistical analysis of the aroma qualities of black tea from Luokeng Guangdong [J]. Modern Food Sci Tech (现代食品科技), 2016, 2: 309-316.

致谢:对以下合作单位参与本刊的学术建设表示由衷的感谢!

广西壮族自治区药用植物园

昆明医科大学药学院

西南交通大学生命科学与工程学院

西南交通大学期刊社