

福鼎白茶风味的电子鼻 和电子舌评价

潘俊娴, 段玉伟, 蒋玉兰, 吕杨俊, 张海华, 朱跃进, 张士康*
(中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院,
浙江省茶资源跨界应用技术重点实验室, 浙江杭州 310016)

摘要: 本文采用电子鼻和电子舌对不同冲泡条件下的福鼎白茶的风味品质进行检测区分, 并与感官审评结果相比较分析。运用电子鼻对经不同时间、温度、茶水比、冲泡次数和水质处理的福鼎白茶的挥发性物质变化进行测定, 对所得数据进行主成分分析(Principal component analysis, PCA)和线性判别分析(Linear discriminant analysis, LDA), 发现不同冲泡条件下福鼎白茶的风味不同, LDA分析方法比PCA方法对不同冲泡条件福鼎白茶的区分效果更好。通过电子舌对不同冲泡条件下的福鼎白茶进行检测, 发现不同冲泡条件对福鼎白茶的滋味具有一定的影响, 对数据进行PCA分析结果表明电子舌能够将不同的处理区别开来。不同冲泡条件下福鼎白茶风味感官审评结果具有差异, 将电子鼻和电子舌数据与感官审评结果相比较, 发现仪器评价替代感官评价尚有距离。

关键词: 福鼎白茶, 冲泡, 电子鼻, 电子舌, 风味成分

Evaluation of Fuding white tea flavor using electronic nose and electronic tongue

PAN Jun-xian, DUAN Yu-wei, JIANG Yu-lan, LV Yang-jun,
ZHANG Hai-hua, ZHU Yue-jin, ZHANG Shi-kang*

(Hangzhou Tea Research Institute, CHINA COOP Zhejiang Key Laboratory of
Transboundary Applied Technology for Tea Resources, Hangzhou 310016, China)

Abstract: In this study, an electronic nose and an electronic tongue were employed to detect flavor quality of Fuding white tea at different brewing conditions and compared with the results of sensory evaluation. Electronic nose was used to determine the volatile compounds of white tea at different time, temperature, ratio of tea and water, brewing time and water quality. The data obtained were analyzed by the methods of principle component analysis (Principal component analysis, PCA) and linear discrimination analysis (Linear discriminant analysis, LDA). The results showed that the flavor of Fuding white tea was different at different brewing conditions and LDA was more effective in distinguish white tea from the same species at different brewing conditions. Meanwhile, Fuding white tea under different brewing conditions was also analyzed by electronic tongue. Different brewing conditions had an effect on the taste of white tea and electronic tongue could distinguish different treatment by PCA. The results of sensory evaluation of Fuding white tea under different brewing conditions also varied. The data from electronic nose and electronic tongue was compared with the results of sensory evaluation and it was far from replacing sensory evaluation with instrument evaluation.

Key words: Fuding white tea; brewing; electronic nose; electronic tongue; flavor component

中图分类号: TS272.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)12-0025-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.12.005

白茶是我国传统六大茶类之一, 茶鲜叶采摘后, 不经杀青或揉捻, 只经过萎凋和干燥加工而成, 形成独特的清淡回甘滋味^[1]。白茶原产地在福建, 主要产区为福鼎、政和、松溪、建阳等地。白茶富含儿茶素^[2]、茶氨酸^[3]等活性成分, 具有抗氧化^[1]、抗癌抗

癌^[4]等作用。

目前, 对茶叶品质的评价主要靠感官审评, 但在费时费力、主观影响等不足^[5-6]。电子鼻通过模拟人类嗅觉系统实现品质评价^[7], 具有样品预处理简单、检测时间短、便于重复、检测结果可靠等特点^[5, 8]。

收稿日期: 2016-11-01

作者简介: 潘俊娴(1991-), 女, 硕士, 研究方向: 茶食品技术与产品研发, E-mail: xianzizmcx@163.com。

* 通讯作者: 张士康(1965-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 茶资源综合利用, E-mail: zcyteafood@163.com。

基金项目 “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD36B06)。

目前,电子鼻在食品工业有着广泛的应用,在茶叶品质方面也有报道,如刘远方等^[9]建立了电子鼻研究信阳毛尖茶香气的分析方法,区分指数达90。史波林等^[8]利用电子鼻来判别西湖龙井等级,建立了不同等级西湖龙井茶的判别模型,正确率高达95%以上。Yu等^[10-12]也利用电子鼻对不同质量等级的龙井绿茶进行判别。Chen等^[13]采用电子鼻对绿茶、红茶和乌龙茶进行判别,判别率达100%。也有研究将电子鼻结合其他技术手段评价茶叶品质,如采用电子鼻结合GC-MS对不同等级的绿茶和红茶风味进行分析^[14]。通过电子鼻结合感官评价的方法判别不同产地和等级的绿茶和红茶^[15]。

电子舌是模仿人体味觉系统的传感器,具有高灵敏度、可靠性和重复性等优点^[16]。在茶叶中也有一定应用,主要用于不同种类或等级茶叶的区分、茶叶地理位置的鉴别及茶饮料的鉴别等^[17],如贺玮等^[18]采用电子舌与主成分分析相结合能够区分不同等级的普洱茶,姜莎等^[19]采用电子舌与主成分分析和聚类分析相结合可以很好地区分市场上的7种红茶饮料。吴瑞梅等^[20]采用电子舌评价绿茶的滋味品质,建立了滋味感官评分与电子舌传感器响应值间的BP-ANN模型,该模型的预测值与实际评分之间无显著差异,相关系数达0.932。

电子鼻和电子舌是从同一种物质的不同方面进行分析评价。甘芝霖等^[5,21]分别采用电子鼻和电子舌均可将不同等级信阳毛尖茶进行良好区分。李达敏等^[22]利用电子鼻和电子舌技术对海南红碎茶进行研究,并与感官审评结果相比较,结果表明电子鼻和电子舌能够区分不同海南红碎茶的香气和滋味,与感官审评结果基本一致。将电子鼻和电子舌结合使用有助于提高结果准确性^[7],如将电子鼻与电子舌结合能够有效提高红茶判别率^[23,24]。目前,电子鼻和电子舌在茶叶方面的应用大都集中于不同等级茶叶品质的检测,而对于不同冲泡条件下茶叶品质检测分析方面的研究报道很少。

同一茶叶样品冲泡过程中,影响品质的因素主要有冲泡温度、时间、茶水比、次数、水质等,研究发现冲泡时间和温度对儿茶素的浸出起到显著影响^[25];低Ca²⁺含量的水有利于绿茶的冲泡^[26];pH为3~5.3时冲泡绿茶较合适^[27]。不同冲泡条件也影响茶汤的风味品质,研究表明冲泡温度和时间影响土耳其绿茶茶汤的色泽、滋味和香气,85℃冲泡3min时感官评分最高^[25]。目前,有关冲泡条件对茶叶品质影响的研究大多针对绿茶,与白茶相关的研究尚不多见。本文尝试采用电子鼻和电子舌对不同冲泡条件下福鼎白茶的风味品质进行检测,并与感官审评结果相比较,旨在为福鼎白茶的质量分级和风味品质的仪器数字化评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

福鼎白茶,白毫银针(含水量7.02%) 福建八闽茶庄提供;实验用矿泉水 农夫山泉(建德)新安江饮料有限公司;实验用纯净水 娃哈哈食品有限

公司19L桶装水;实验用自来水 测试实验室用自来水。

TS-5000Z 味觉分析系统(电子舌) 日本INSENT公司;PEN3 便携式电子鼻系统 德国AIRSENSE公司;BS110S 型电子天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司;GZX-9246 鼓风干燥箱 上海博讯事业有限公司;LSY 电热恒温水浴锅 北京医疗设备厂。

1.2 实验方法

1.2.1 福鼎白茶的冲泡 采用GB23776-2009茶叶感官审评方法中的评审专用杯碗作为福鼎白茶冲泡用具,按表1中的编号和冲泡条件进行冲泡,取茶汤进行相关分析检测。

表1 冲泡条件设计
Table 1 The design of brewing conditions

样品号	茶水比 (g/mL)	温度 (℃)	冲泡时间 (min)	水质	冲泡次数
1	1:50	100	5	纯水	1
2	1:30	100	5	纯水	1
3	1:60	100	5	纯水	1
4	1:50	100	5	纯水	5
5	1:50	100	7	纯水	1
6	1:50	100	5	纯水	2
7	1:50	100	5	纯水	3
8	1:50	100	5	纯水	4
9	1:50	100	3	纯水	1
10	1:40	100	5	纯水	1
11	1:50	90	5	纯水	1
12	1:50	80	5	纯水	1
13	1:50	100	5	矿泉	1
14	1:50	100	5	自来	1

1.2.2 福鼎白茶茶汤风味感官分析 对表1所得的茶汤参考借鉴GB/T 23776-2009茶叶感官审评方法中的审评标准对茶汤香气和滋味进行评价,评价地点为国家茶叶质量监督检验中心感官审评室,感官审评小组均具有国家高级评茶师职业资格,具体评价品质评语与因子评分见表2。

表2 白茶品质评语与因子评分表
Table 2 White tea quality evaluation and factor assessment

因子	档次	品质特征	给分
香气 (c)	甲	嫩香、毫香显	90~99
	乙	清香、尚有毫香	80~89
	丙	尚纯 或有酵气或有青气	70~79
滋味 (d)	甲	毫味明显、甘和鲜爽	90~99
	乙	醇厚较鲜爽	80~89
	丙	尚醇、浓稍涩、青涩	70~79

1.2.3 电子鼻检测 分别称取不同冲泡条件下的福鼎白茶茶汤10.0g于顶空瓶中,用于后续电子鼻检测,每个茶样设置6次平行,该电子鼻含有10个不同的金属氧化物传感器(表3)。电子鼻每隔1s采样一次,样品准备时间5s,连续采样150s,清洗时间

30 s, 归零时间 10 s, 内部流量 260 mL/min, 进样流量 260 mL/min。

表 3 传感器性能描述

Table 3 The properties of sensors

传感器名称	性能描述	检测范围 (mL·m ⁻³)
W1C	对芳香成分灵敏	10
W5S	灵敏度大, 对氮氧化物很灵敏	1
W3C	对氨水、芳香成分灵敏	10
W6S	主要对氢气有选择性	100
W5C	对烷烃、芳香成分灵敏	1
W1S	对甲烷灵敏	100
W1W	对硫化物灵敏	1
W2S	对乙醇灵敏	100
W2W	对芳香成分、有机硫化物灵敏	1
W3S	对烷烃灵敏	10

1.2.4 电子舌检测 采用电子舌对茶汤样品进行味觉风味分析。首先进行系统自检和准备, 启动分析系统软件, 自检结束后, 将传感器阵列浸入去离子水中清洗 10 s, 再在 0.01 mol/L 盐酸中清洗 120 s, 如此反复 3 次, 循环结束后再将传感器阵列浸入去离子水中清洗 10 s, 然后依次是 0.01 mol/L 盐酸中清洗 120 s, 去离子水中清洗 10 s, 0.01 mol/L 氢氧化钠中清洗 120 s, 去离子水中清洗 10 s, 0.01 mol/L 谷氨酸钠中清洗 120 s, 如此循环 6 次。系统自检后即可测定样品, 将 35 mL 茶汤装入 50 mL 专用检测杯中(室温 20 °C)进行检测。

1.3 数据分析

电子鼻检测数据的信号采集时间为 150 s, 取平稳状态下 147~150 s 的测量数据作为分析的点, 采用 PEN3 自带 WinMuster 数据处理软件进行主成分分析法(Principal component analysis, PCA)和线性判别分析法(Linear discriminant analysis, LDA)数据分析。电子舌数据采用自带的软件系统进行主成分分析法(PCA)分析。

2 结果与讨论

2.1 福鼎白茶气味的电子鼻检测

2.1.1 不同冲泡时间下福鼎白茶的电子鼻检测 采用 PCA 对不同冲泡时间下茶样的电子鼻数据进行分析, 如图 1(a) 所示。PCA 图中每个点代表一个样品, 点间距离代表样品之间差异的大小^[19]。图中两成分累积贡献率达到 99.53%, 能反映原始数据的信息。冲泡 3 min(样品号 9)的福鼎白茶能够与 5 min(样品号 1)、7 min(样品号 5)的白茶区分, 但冲泡 5 min 和 7 min 的白茶香气质量较为接近, 有一定的重叠, 不能良好的区分, 说明风味物质有一定的共性。因此, 需要运用 LDA 方法进一步分析。

LDA 可以很好地区分不同冲泡时间的福鼎白茶(图 1b), LD₁ 和 LD₂ 的贡献率分别为 67.28% 和 10.76%。LDA 注重分析芳香速率(各类中心点间的距离)的变化, 因此, 从图 1(b) 分析可得, 冲泡 3 min 与冲泡 5 min 的 LD₁ 变化很大, 说明冲泡过程中风味

成分变化很大, 而冲泡 5 min 与 7 min 的 LD₁ 变化较小, LD₂ 变化较大。由此说明, 福鼎白茶在冲泡过程中随着冲泡时间的延长, 风味发生变化。

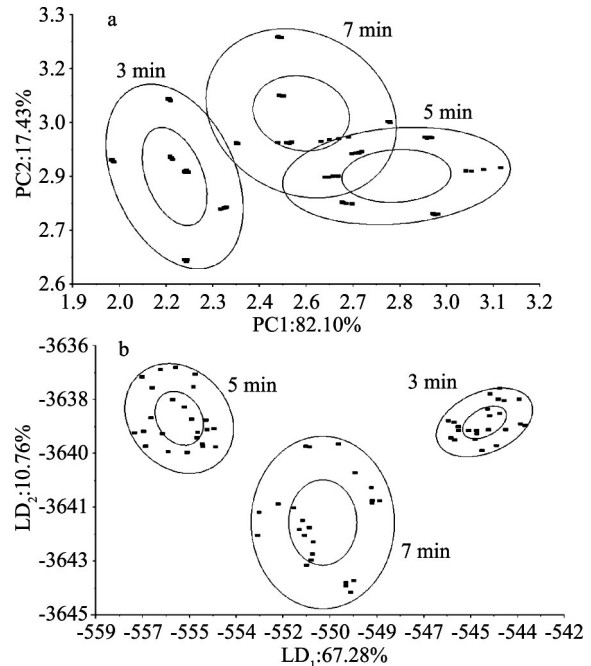


图 1 不同冲泡时间福鼎白茶的(a) PCA 和(b) LDA 分析图

Fig.1 (a) PCA and (b) LDA graphs of Fuding white tea at different brewing time

2.1.2 不同冲泡温度下福鼎白茶的电子鼻检测 图 2 为不同冲泡温度下福鼎白茶的 PCA 和 LDA 分析图。由图 2(a) 可知, 两种成分总贡献率虽为 99.69%, 但在 80 °C(样品号 12)和 90 °C(样品号 11)冲泡温度下的福鼎白茶重叠区域较大, 不能够得到区分, 但与冲泡温度 100 °C(样品号 1)的白茶能够得到很好的区分。LDA 可以区分不同冲泡温度的福鼎白茶图 2(b), LD₁ 的贡献率为 94.19%, LD₂ 的贡献率为 1.83%, 累积贡献率达到 96.02%。从图 2(b) 可以看出, 冲泡温度 80 °C 和 90 °C 的 LD₁ 在相近数值范围内, 风味较为相近, 而冲泡温度达到 100 °C 后, 在 LD₁ 方向变化很大, 说明冲泡温度上升到 100 °C 时, 风味成分变化很大。

2.1.3 不同冲泡茶水比下福鼎白茶的电子鼻检测 对不同茶水比冲泡得到的福鼎白茶的风味物质进行 PCA 分析, 结果如图 3(a) 所示。四个处理下的福鼎白茶在 PCA 图上的分布都较为分散, 而且它们之间的重叠区域较大, 不能够得到区分。而图 3(b) 中 LDA 分析可以明显区分不同茶水比冲泡的白茶, 累积贡献率为 89.32%。茶水比 1:30(样品号 2)和 1:60(样品号 3)的样品中心距离最近, 而与茶水比 1:40(样品号 10)和 1:50(样品号 1)距离较远, 说明福鼎白茶在茶水比 1:30 和 1:60 条件下风味差异较小, 而与茶水比 1:40 和 1:50 风味差异较大, 其中茶水比 1:40 冲泡的白茶风味差异最大。

2.1.4 不同冲泡次数下福鼎白茶的电子鼻检测 由图 4(a) 可知, 不同冲泡次数的福鼎白茶 PCA 分析中, 两成分的累积贡献率为 99.76%。第 1 泡(样品

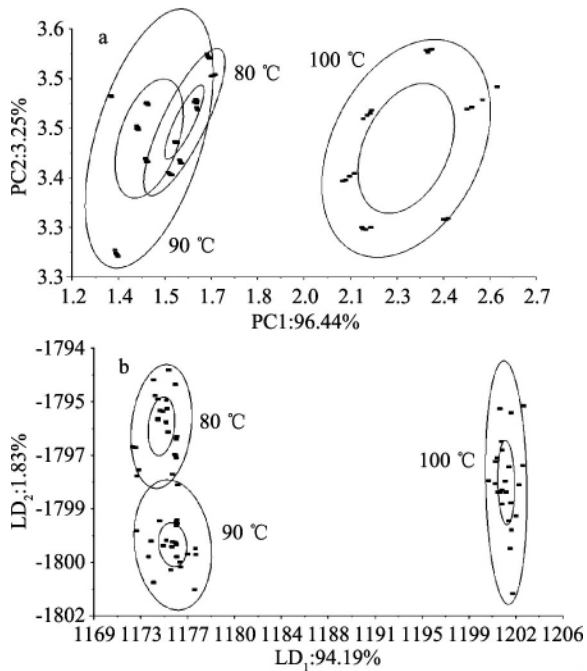


图2 不同冲泡温度福鼎白茶的(a) PCA和(b) LDA分析图
Fig.2 (a) PCA and (b) LDA graphs of Fuding white tea at different brewing temperature

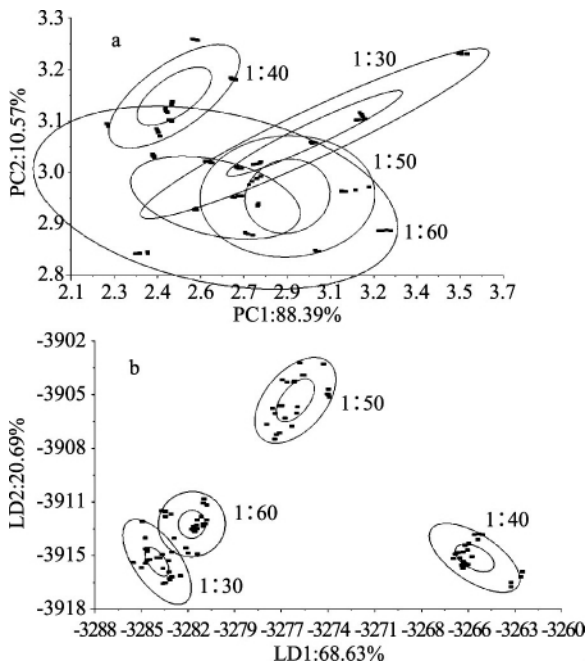


图3 不同冲泡茶水比福鼎白茶的(a) PCA和(b) LDA分析图

Fig.3 (a) PCA and (b) LDA graphs of

Fuding white tea at different brewing ratio of tea and water

号1)和第2泡(样品号6)的白茶风味得到很好的区分,其中第1泡与第3~5泡(样品号7、8、4)的风味之间的距离相对于第2泡与第3~5泡之间的距离更远,说明第1泡的白茶风味与第2~5泡具有明显的差异。采用LDA法对数据进行分析,如图4(b),不同冲泡次数白茶分布的密集程度得到了较大提高,第4泡与5泡的白茶有重叠区域,区分度不高,而第1~3泡的白茶能得到较好的区分,与PCA分析相似,

第1泡的白茶与其余处理有明显的差异。可以看出冲泡次数越多,图中距离越近,差异越不明显,说明随着冲泡次数的增加,新生成的挥发性成分逐渐减少,风味逐渐趋于相似,主要是因为冲泡初始阶段风味前体物质比较丰富,随着次数的增加,风味前体物质逐渐减少。

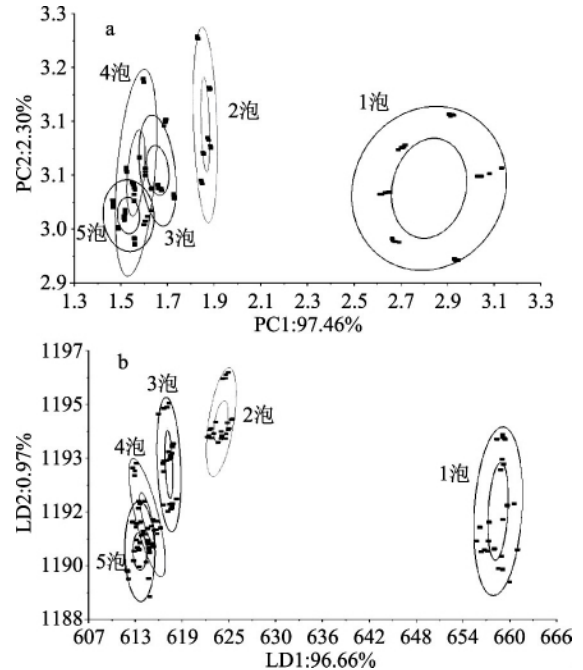


图4 不同冲泡次数福鼎白茶的(a) PCA和(b) LDA分析图
Fig.4 (a) PCA and (b) LDA graphs of Fuding white tea at different brewing times

2.1.5 不同冲泡水质下福鼎白茶的电子鼻检测 采用PCA和LDA对不同水质冲泡白茶的风味数据进行分析,如图5所示。不同水质冲泡的白茶PCA分析中,两成分的总贡献率为99.38%,但三个样品在PCA图上分布较为分散,重叠区域较大,不能够得到有效的区分,其中自来水(样品号14)冲泡的白茶能够与纯水(样品号1)冲泡的白茶进行区分。LDA分析可以很好区分不同水质冲泡的白茶,总贡献率达到88.68%,用矿泉水(样品号13)和自来水冲泡的白茶中心距离最近,而与纯水冲泡的白茶距离较远,说明矿泉水和自来水冲泡的福鼎白茶风味差异较小,而与纯水冲泡的白茶风味差异较大。不同水质对白茶风味的影响,与其pH、离子含量和硬度有关^[28],研究发现 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 和 Zn^{2+} 显著地影响绿茶茶汤的香气^[26],纯水、矿泉水、自来水的离子含量存在差异,所以其冲泡的白茶风味具有差异。

2.2 福鼎白茶滋味的电子舌检测

通过电子舌对不同冲泡条件下的福鼎白茶进行滋味分析,从图6可以看出福鼎白茶在不同冲泡条件下的甜味、酸味、鲜味差异性较大,苦味、涩味和回味-B差异不明显,说明不同冲泡条件对甜味、酸味、鲜味影响较大,而对苦味、涩味和回味影响较小。

对电子舌得到的数据进行PCA分析,结果如图7所示,第1主成分和第2主成分的贡献率分别为60.17%和26.95%,累计贡献率达到87.12%,表明这

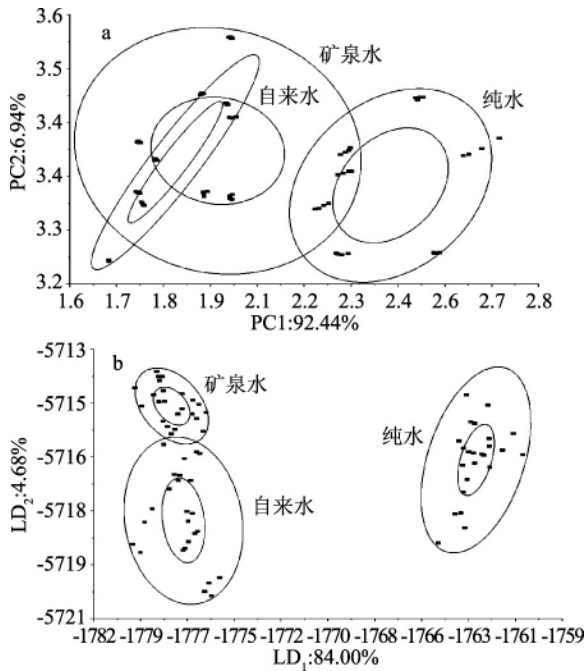


图5 不同冲泡水质福鼎白茶的 (a) PCA 和 (b) LDA 分析图

Fig.5 (a) PCA and (b) LDA graphs of Fuding white tea at different brewing water

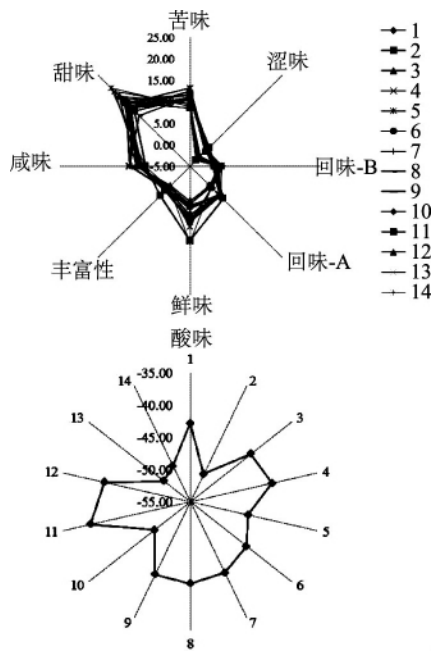


图6 味觉指标雷达图

Fig.6 Radar graph of taste indexes

两个主成分包含了样本的大部分信息,因此可以作为样本分析的两个主要成分。从图中可以看出不同冲泡方式得到的茶汤分布在不同的区域内。

2.2.1 不同冲泡时间下福鼎白茶的电子舌检测 由图7可知,对于冲泡3 min(9)、5 min(1)、7 min(5)得到的茶汤样品分别分布在不同的象限内,表明不同冲泡时间下茶汤滋味具有一定的差异,因为随着时间的增加,儿茶素、咖啡碱、茶氨酸等成分逐渐溶于茶汤中,相互作用形成茶汤的滋味,电子舌可有效区分不同冲泡时间的茶汤滋味。

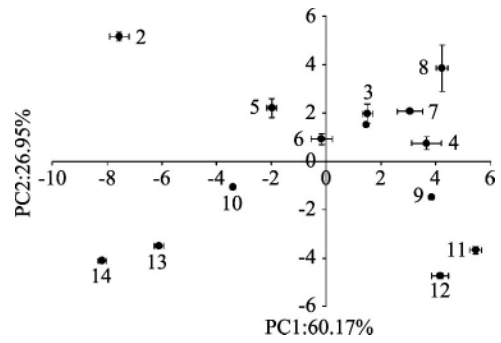


图7 味觉指标 PCA 分析图

Fig.7 PCA graph of taste indexes

2.2.2 不同冲泡温度下福鼎白茶的电子舌检测 点之间的距离代表样品之间特征差异的大小。由图7可知,80℃(12)和90℃(11)得到的茶汤样品分布在PCA图的第4象限,距离相近,其滋味较接近,但与100℃(1)下的茶汤(分布在PCA图的第1象限)距离较远,具有明显差异,能够较好地地区分,可能是由于80℃和90℃下滋味成分浸出较少,100℃下儿茶素、咖啡碱等成分大量浸出^[29]。

2.2.3 不同冲泡茶水比下福鼎白茶的电子舌检测 由图7可知,茶水比1:50(1)和1:60(3)得到的茶汤样品分布在PCA图的第1象限,比较接近,没有明显的差别,而茶水比1:30(2)和1:40(10)的茶汤样品分别分布在第2象限和第3象限,能够明显区分开来,相距较远,说明滋味差异较大。

2.2.4 不同冲泡次数下福鼎白茶的电子舌检测 由图7可知,不同次数对福鼎白茶茶汤滋味的影响较小,茶汤样品大都分布在PCA图的第1象限,各处理组比较接近,没有明显的差异,说明电子舌不能很好地区分不同冲泡次数的福鼎白茶茶汤滋味。

2.2.5 不同冲泡水质下福鼎白茶的电子舌检测 由图7可知,矿泉水(13)和自来水(14)冲泡得到的茶汤滋味较接近,均分别在PCA图的第3象限,但与纯水(1)得到的茶汤能明显区分。不同水质对茶汤品质的影响,主要与水的理化性质有关,包括酸碱度、硬度、离子含量、电导率等^[30,28]。研究发现水中Ca²⁺、Fe²⁺、Al³⁺和Zn²⁺对绿茶茶汤的滋味具有显著性的影响,同一种茶用不同的水冲泡会产生不同的滋味^[26]。pH也会影响茶汤品质,pH越低,滋味鲜爽度和收敛性就越强;pH大于7时,收敛性变弱^[31]。纯水、矿泉水、自来水的离子含量和pH不同,所以其冲泡的白茶茶汤滋味具有差异。

因此,电子舌能够在一定程度上将不同冲泡条件下的福鼎白茶区别开来。

2.3 福鼎白茶感官评价与仪器评价比较分析

对福鼎白茶茶汤进行感官审评,不同冲泡条件对福鼎白茶茶汤香气和滋味的影响如表4所示,随着冲泡时间的延长,福鼎白茶香气评分减小;而随着冲泡温度的升高,香气评分增加;当茶水比为1:30时,香气得分达到最高值;纯水和矿泉水冲泡得到的茶汤香气得分一致,均高于自来水冲泡的茶汤;随着冲泡次数的变化,福鼎白茶茶汤香气得分先减小后

增大再减小,在第1泡时分值最高;冲泡时间3 min、茶水比1:50、冲泡1次、冲泡温度100℃、纯水冲泡时,茶汤香气得分最高。对于滋味得分,随着冲泡时间的延长而减小,随着茶水比的减小、冲泡温度的升高而线性增加,随着冲泡次数的增加先增大后减小,在冲泡时间5 min、茶水比1:60、冲泡1次、冲泡温度100℃、纯水冲泡时,茶汤滋味评分最高。

表4 福鼎白茶茶汤感官审评结果
Table 4 Results of sensory evaluation of
Fuding white tea infusions

不同冲泡条件	感官评分		
	香气	滋味	
冲泡时间 (min)	3	91	92
	5	88	90
	7	85	87
茶水比 (g/mL)	1:30	90	85
	1:40	86	88
	1:50	88	90
	1:60	87	93
水质	纯水	88	90
	自来水	85	82
	矿泉水	88	88.5
冲泡次数	1	88	90
	2	80	91
	3	85	83
	4	82	82
	5	80	80
冲泡温度 (℃)	80	80	83
	90	83	87
	100	88	90

2.3.1 不同冲泡时间下感官评价与仪器评价比较 将感官评价结果与电子鼻、电子舌结果进行对比分析,电子鼻和电子舌均能较好地地区分不同冲泡时间得到的福鼎白茶茶汤的香气和滋味,与感官评价结果基本一致,区分度较好。

2.3.2 不同冲泡温度下感官评价与仪器评价比较 电子鼻和电子舌均能较好地地区分100℃与80、90℃得到的茶汤,但80℃和90℃得到的茶汤香气和滋味较接近,而通过感官审评能对不同冲泡温度得到的茶汤进行较好的区分。

2.3.3 不同冲泡茶水比下感官评价与仪器评价比较 对于不同茶水比的处理,通过LDA分析,电子鼻对茶水比1:30和1:60的茶汤区分度较弱,但能很好地地区分与茶水比1:40和1:50的茶汤风味,而电子舌不能很好地地区分茶水比1:50和1:60得到的茶汤,但与茶水比1:30和1:40的茶汤能够明显区分开来,感官评价对不同茶水比冲泡的茶汤滋味区分度较好。

2.3.4 不同冲泡次数下感官评价与仪器评价比较 电子鼻能够较好地地区分第1~3泡的茶汤,电子舌对不同冲泡次数得到的福鼎白茶茶汤不能较好的区分,但感官评审中不同冲泡次数的福鼎白茶茶汤香气和滋味评分具有差异,说明对于不同冲泡次数

的茶汤风味感官审评的区分度强于仪器评价。

2.3.5 不同冲泡水质下感官评价与仪器评价比较 电子鼻通过LDA分析可以较好地地区分不同水质冲泡的茶汤,用矿泉水和自来水冲泡的茶汤香气较为接近,而与纯水冲泡的茶汤区分度较高。与电子鼻结果相似,电子舌对不同水质冲泡的茶汤滋味的评价结果显示矿泉水和自来水冲泡得到的茶汤滋味较接近,但与纯水得到的茶汤能明显区分。感官评价对于纯水和矿泉水冲泡的茶汤风味区分度较低,而对其与自来水能够较好的区分。

在本实验中,电子舌和电子鼻能够在一定程度上将不同冲泡条件下的福鼎白茶区别开来,但与感官审评相比,其区分度较低,对于不同冲泡条件得到的茶汤风味,仪器评价的检测方法还有待提高。

3 结论

通过电子鼻和电子舌对不同冲泡条件下的福鼎白茶风味进行分析,对于电子鼻利用PCA不能很好地地区分不同冲泡条件下福鼎白茶的风味,但利用LDA能进行明显的区分,说明LDA是分辨不同冲泡条件下福鼎白茶风味差异的有效分析方法,不同冲泡时间、温度、茶水比、冲泡次数和水质对福鼎白茶风味有很大的影响,电子鼻能在一定程度上区别不同冲泡条件下福鼎白茶茶汤的风味。不同冲泡条件对福鼎白茶的滋味也有显著影响,而电子舌能够在一定程度上将不同冲泡条件下的福鼎白茶区别开来。与感官评价结果相比较,电子鼻和电子舌对于同种茶样不同冲泡条件风味的检测方法还有待提高。

参考文献

- [1] Damiani E, Bacchetti T, Padella L, et al. Antioxidant activity of different white teas—Comparison of hot and cold tea infusions [J]. *Journal of Food Composition and Analysis* 2014, 33(1): 59–66.
- [2] Azman N a M, Peiró S, Fajari L, et al. Radical Scavenging of White Tea and Its Flavonoid Constituents by Electron Paramagnetic Resonance (EPR) Spectroscopy [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014, 62(25): 5743–5748.
- [3] Pinto M D S. Tea—A new perspective on health benefits [J]. *Food Research International* 2013, 53: 558–567.
- [4] Hajiaghaalipour F, Kanthimathi M S, Sanusi J, et al. White tea (*Camellia sinensis*) inhibits proliferation of the colon cancer cell line HT-29, activates caspases and protects DNA of normal cells against oxidative damage [J]. *Food Chem* 2015, 169: 401–410.
- [5] 甘芝霖, 刘远方, 杨阳, 等. 基于电子鼻技术的信阳毛尖茶品质评价 [J]. *食品工业科技* 2013, 34(2): 54–57, 60.
- [6] Banerjee R, Chattopadhyay P, Tudu B, et al. Artificial flavor perception of black tea using fusion of electronic nose and tongue response—A Bayesian statistical approach [J]. *Journal of Food Engineering* 2014, 142: 87–93.
- [7] 王俊, 崔绍庆, 陈新伟, 等. 电子鼻传感技术与应用研究进展 [J]. *农业机械学报* 2013, 44(11): 160–167, 179.
- [8] 史波林, 赵镭, 支瑞聪, 等. 应用电子鼻判别西湖龙井茶香气品质 [J]. *农业工程学报* 2011, 27: 302–306.
- [9] 刘远方, 李阳, 梁飞, 等. 绿茶香气的电子鼻分析方法研究 [J]. *食品科技* 2012, 37(1): 58–62.

(下转第43页)

- special focus on glucomannans [J]. Food Research International, 2013, 50: 384-391.
- [8] Guardamagna O, Abello F, Cagliero P, et al. Could dyslipidemic children benefit from glucomannan intake? [J]. Nutrition, 2013, 29(7): 1060-1065.
- [9] 金灵红, 朱伟云. 魔芋葡甘露聚糖功能及其应用研究进展 [J]. 畜牧与兽医, 2014, 2: 030.
- [10] Wei X, Pang J, Zhang C, et al. Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 118: 119-125.
- [11] Wang J, Liu C, Shuai Y, et al. Controlled release of anticancer drug using graphene oxide as a drug-binding effector in konjac glucomannan/sodium alginate hydrogels [J]. Colloids and Surfaces B-Biointerfaces, 2014, 113: 223-229.
- [12] Liang H, Ye T, Zhou B, et al. Fabrication of gastric floating controlled release tablet based on konjac glucomannan [J]. Food Research International, 2015, 72: 47-53.
- [13] Zhao X, Li J, Jin W, et al. Preparation and characterization of a novel pH-response dietary fiber-Chitosan-coated konjac glucomannan [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 117: 1-10.
- [14] Harding S E, Smish I H, Lawson C J, et al. Studies on macromolecular interactions in ternary mixtures of konjac glucomannan, xanthan gum and sodium alginate [J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 83(2): 329-338.
- [15] 刘亚伟, 王瑞娟, 曹立松, 等. 氧化羟丙基木薯淀粉的流变特性 [J]. 食品科学, 2015, 36(17): 59-64.
- [16] Wang C, Xu M, Lv W, et al. Study on rheological behavior of konjac glucomannan [J]. Physics Procedia, 2012, 33: 25-30.
- [17] Paqueté H, Hussain R, Bazinet L, et al. Effect of processing treatments and storage conditions on stability of fruit juice based beverages enriched with dietary fibers alone and in mixture with xanthan gum [J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(1): 131-138.
- [18] Xiao C, Lu Y, Zhang L. Preparation and physical properties of konjac glucomannan polyacrylamide blend films [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2001(14): 882-888.
- [19] 许时婴, 钱和. 魔芋葡甘露聚糖的化学结构与流变性质 [J]. 无锡轻工业学院学报, 1991(1): 1-12.
- [20] Russ N, Zielbauer B I, Ghebremedhin M, et al. Pre-gelatinized tapioca starch and its mixtures with xanthan gum and κ -carrageenan [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 56: 180-188.
- (上接第30页)
- [10] Yu H, Wang J. Discrimination of Longjing green-tea grade by electronic nose [J]. Sensors and Actuators B-Chemical, 2007, 122(1): 134-140.
- [11] Yu H, Wang J, Zhang H, et al. Identification of green tea grade using different feature of response signal from E-nose sensors [J]. Sensors and Actuators B, 2008, 128: 455-461.
- [12] Yu H, Wang J, Yao C, et al. Quality grade identification of green tea using E-nose by CA and ANN [J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(7): 1268-1273.
- [13] Chen Q, Liu A, Zhao J, et al. Classification of tea category using a portable electronic nose based on an odor imaging sensor array [J]. J Pharm Biomed Anal, 2013, 84: 77-83.
- [14] Qin Z, Pang X, Chen D, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry-Correlation with sensory properties and classification according to grade level [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 864-874.
- [15] He W, Hu X, Zhao L, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic tongue - Correlation with sensory properties and classification according to geographical origin and grade level [J]. Food Research International, 2009, 42(10): 1462-1467.
- [16] 王俊, 胡桂仙, 于勇, 等. 电子鼻与电子舌在食品检测中的应用研究进展 [J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 292-295.
- [17] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 378-381.
- [18] 贺玮, 胡小松, 赵镭, 等. 电子舌技术在普洱散茶等级评价中的应用 [J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 125-127, 131.
- [19] 姜莎, 陈芹芹, 胡雪芳, 等. 电子舌在红茶饮料区分辨识中的应用 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 345-349.
- [20] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 化学仪器与电子舌表征绿茶滋味感官品质的比较 [J]. 江苏大学学报, 2013, 34(2): 161-165.
- [21] 甘芝霖, 刘远方, 杨阳, 等. 基于电子舌技术对信阳毛尖茶品质的评价 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 74-76, 80.
- [22] 李达敏. 海南红碎茶感官审评与仪器模拟综合评价的比较研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [23] Banerjee R, Modak A, Mondal S, et al. Fusion of Electronic Nose and Tongue Response Using Fuzzy based Approach for Black Tea Classification [J]. Procedia Technology, 2013, 10: 615-622.
- [24] Banerjee R, Tudu B, Shaw L, et al. Instrumental testing of tea by combining the responses of electronic nose and tongue [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(3): 356-363.
- [25] Saklar S, Ertas E, Ozdemir I S, et al. Effects of different brewing conditions on catechin content and sensory acceptance in Turkish green tea infusions [J]. J Food Sci Technol, 2015, 52(10): 6639-6646.
- [26] Yin J-F, Zhang Y-N, Du Q-Z, et al. Effect of Ca^{2+} concentration on the tastes from the main chemicals in green tea infusions [J]. Food Research International, 2014, 62: 941-946.
- [27] Vuong Q V, Golding J B, Stathopoulos C E, et al. Effects of aqueous brewing solution pH on the extraction of the major green tea constituents [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 713-719.
- [28] Yau N J N, Huang Y J. The effect of membrane-processed water on sensory properties of Oolong tea drinks [J]. Food Quality and Preference, 2000, 11: 331-339.
- [29] Zhang H, Li Y, Lv Y, et al. Influence of brewing conditions on taste compounds in Fuding white tea infusions [J]. J Sci Food Agric, 2016.
- [30] 郑少燕, 刘乾刚, 林秋香. 水质与茶汤内含物溶解及风味的研究进展 [J]. 福建茶叶, 2016(3): 4-6, 11.
- [31] 金恩惠. 冲泡条件对铁观音和普洱茶的浸出规律和感官品质影响 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.