

# 基于电子鼻技术对不同季节山东绿茶香气的分析

王宝怡<sup>1</sup>, 王培强<sup>1</sup>, 李晓晗<sup>1</sup>, 石知钢<sup>2</sup>, 张新富<sup>1</sup>

(1. 青岛农业大学园艺学院, 山东青岛 266109) (2. 青岛崂矿尊圃茶业有限公司, 山东青岛 266000)

**摘要:** 本研究以山东茶区春、夏、秋季绿茶为材料, 运用感官审评对其香气特征进行评价, 同时利用电子鼻技术对其香气成分组成进行分析。感官审评表明: 春、夏、秋季绿茶分别呈现清香、栗香和花香, 春茶综合得分最高, 品质最佳。电子鼻分析表明: 在主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 中, 第一主成分 PC1 的贡献率为 74.22%, 第二主成分 PC2 的贡献率是 24.27%, 总贡献率为 98.49%, 在线性判别分析 (Linear Discriminant Analysis, LDA) 中, 第一主成分 PC1 的贡献率为 96.68%, 第二主成分 PC2 的贡献率为 3.30%, 总贡献率为 99.98%, 两者均可以将不同季节绿茶区分开来; 从传感器区贡献率分析 (Loadings) 分析可以看出, 传感器 7、9、2、10 即硫化物、芳烃化合物、硫的有机化合物、氮氧化物以及烷类和脂肪族, 对区分不同季节绿茶香气的贡献较大, 这几类成分可能是影响不同季节山东绿茶香气差异的主体成分。研究结果为山东不同季节绿茶的判断提供了一种科学、快速的方法。

**关键词:** 不同季节; 绿茶; 香气成分; 感官审评; 电子鼻测定

文章编号: 1673-9078(2020)10-284-289

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.10.0293

## Analysis of Aroma of Shandong Green Tea in Different Seasons Based on Electronic Nose Technology

WANG Bao-yi<sup>1</sup>, WANG Pei-qiang<sup>1</sup>, LI Xiao-han<sup>1</sup>, SHI Zhi-gang<sup>2</sup>, ZHANG Xin-fu<sup>1</sup>

(1.College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2.Qingdao Laokuang Zunpu Tea Industry Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

**Abstract:** In this study, the aroma characteristics of spring, summer and autumn green tea in Shandong tea area were evaluated by sensory evaluation, and the composition of aroma components was analyzed by electronic nose technology. Sensory evaluation showed that: spring, summer and autumn green tea presented fragrance, chestnut fragrance and flower fragrance respectively. Electronic nose analysis showed that in Principal Component Analysis (PCA), the contribution rate of the first principao component PC1 was 74.22%, and that of the second principal component PC2 was 24.27%, with a total contribution rate of 98.49%. In lineat discriminant analysis (LDA), the contribution rate of the first Principal Component PC1 was 96.68%, and that of the second principal component PC2 was 3.30%, with a total contribution rate of 99.98%. The aroma of green tea in different seasons could be distinguished by both PCA and LDA analysis. From the analysis of loadings, it can be seen that sensors 7, 9, 2 and 10, namely sulfur compounds, aromatic compounds, organic compounds of sulfur, nitrogen oxides, alkanes and aliphatic groups, contributed a lot to distinguish the aroma of green tea in different seasons. These components might be the main components that influenced the aroma of Shandong green tea in different seasons. A scientific and rapid method for the judgment of green tea in different seasons in Shandong Province could be provided by this study.

**Key words:** different season; green tea; aroma component; sensory evaluation; electric-nose determination

引文格式:

王宝怡,王培强,李晓晗,等.基于电子鼻技术对不同季节山东绿茶香气的分析[J].现代食品科技,2020,36(10):284-289

WANG Bao-yi, WANG Pei-qiang, LI Xiao-han, et al. Analysis of aroma of Shandong green tea in different seasons based on electronic nose technology [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(10): 284-289

收稿日期: 2020-03-31

基金项目: 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室 (SKLT0F20150110); 青岛农业大学高层次人才启动基金 (663/1114343)

作者简介: 王宝怡 (1997-), 女, 硕士在读, 研究方向: 茶叶加工与品质化学

通讯作者: 张新富 (1979-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 茶叶加工与品质化学

绿茶是我国茶叶生产的消费的主要茶类,根据鲜叶采摘的季节不同,绿茶有春茶、夏茶、秋茶之分,且不同季节的茶叶香气品质会受到光照、温度、湿度、降雨量等气候因素的影响,制成的茶叶的香气也因此而不同。一般来说,春茶香气最高,秋茶次之,夏茶最低<sup>[1]</sup>。赖幸菲<sup>[2]</sup>等将不同季节翠玉品种加工的绿茶香气进行对比研究发现,春茶和夏茶的香气物质种类较多,物质组成较为相似,且春茶主导香气成分多呈现为花香型;秋茶的香气物质种类较少,主导香气成分与春、夏两季不同。

茶叶香气是决定茶叶品质的重要因素之一,它是由茶叶中所含有的挥发性香气化合物综合作用而成的,是形成茶叶风味特征、影响茶叶内质的重要因素和决定茶叶价值的重要指标。茶叶的芳香物质组成极为复杂,归纳起来可分为11类:碳氢化合物、醇类、醛类、酮类、酯类、内酯类、羧酸类、酚类、含氧化合物、含硫化合物和含氮化合物,含量占茶叶干物质质量的0.03%~0.05%<sup>[3]</sup>。目前常用的检测茶叶香气的方法有气相色谱(GC)、质谱(MS)和GC-MS联用技术以及电子鼻等手段<sup>[4,5]</sup>。然而,由于茶叶香气物质在茶叶中具有相对含量低(仅0.05%左右)、成分多而复杂、易挥发,提取过程中易发生多种反应等特点,极大地影响茶叶香气化学分析方法的有效性<sup>[6]</sup>,茶叶香气的研究仍存在许多亟待解决的问题,需要进一步深入研究。

随着电子鼻的兴起,我们意识到有一种通过气味评价茶叶品质的新方法,由于电子鼻具有功能各异的化学传感器阵列和适当的模式识别系统,所以可以全面和快速的检测气味的整体信息<sup>[7]</sup>。目前电子鼻技术在酒类<sup>[8]</sup>、果蔬<sup>[9,10]</sup>、肉类<sup>[11]</sup>、牛奶<sup>[12]</sup>、烟草类等食品

工业中都有广泛的应用,在茶叶香气组分分析方面主要是应用于检测不同品质等级<sup>[13,14]</sup>和不同贮藏时间<sup>[15,16]</sup>的茶叶的香气差异判定。本研究以不同季节的山东绿茶为原料,结合感官审评和电子鼻分析的方法,对不同季节绿茶的香气进行判定分析,为快速检测绿茶香气提供一定的方法支持,同时为山东绿茶生产季节的判断提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

鲜叶来源:2018年5月、7月、9月采自青岛农业大学教学实践基地(青岛即墨)茶园,茶树品种为龙井长叶,采摘标准为一芽两叶。将采摘的鲜叶分别制成春茶、夏茶、秋茶。

PEN3型便携式电子鼻,德国Airsens公司;6CST-40型杀青机,浙江上洋机械有限公司;6CR-30型揉捻机,浙江上洋机械有限公司;6CH941型烘干机,浙江上洋机械有限公司;AR124CN电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 绿茶加工方法

制作绿茶的加工工序:

杀青→回潮→揉捻→烘干造形→提香

杀青210℃左右,叶片表现出失去光泽,有焦边、有茶香,青气明显消失为杀青适度;回潮半小时后进行揉捻,揉捻按照“轻-重-轻”的原则分别揉捻20 min、15 min和5 min;揉捻之后在110℃下进行烘干造形;最后在100℃下进行提香。

表1 PEN3电子鼻传感器敏感物质

Table 1 Shows the schematic diagram of the electronic-nose measurements and the gas flow of PEN3

编号	传感器	敏感物质	检测范围/(mL/m <sup>3</sup> )
R1	W1C	芳烃化合物	10
R2	W5S	氮氧化物	1
R3	W3C	氨, 香气分子	10
R4	W6S	氢化物	100
R5	W5C	烯烃, 芳族, 极性分子	1
R6	W1S	烷类	100
R7	W1W	硫化物	1
R8	W2S	检测醇, 部分芳香族化合物	100
R9	W2W	芳烃化合物, 硫的有机化合物	1
R10	W3S	烷类和脂肪族	100

#### 1.2.2 绿茶感官审评方法

由三位国家职业认证的茶叶审评人员按照 GB/T

23776-2018《茶叶感官审评方法》<sup>[17]</sup>中绿茶审评方法对所制样品进行感官审评。分别称取春茶、夏茶、秋

茶 200 g 于审评盘中, 把盘后干评其外形, 然后称取茶样各 3 g 于三个审评杯中, 加入 150 mL 沸纯净水, 从第一杯加水开始计时, 4 min 后依次倒入审评碗中, 按香气、汤色、滋味、叶底的顺序对其进行审评, 并对其各项指标进行评分。评审结果采用加权评分法, 外形、汤色、香气、滋味、叶底按照 25%、10%、25%、30% 和 10% 的评分系数进行计算。

### 1.2.3 绿茶香气的电子鼻评价方法

分别称取绿茶各 3 g, 放入审评杯中, 加入沸水冲泡 4 min, 倒掉茶汤并整理叶底, 然后迅速用保鲜膜将瓶口密封并 80 °C 水浴保温。电子鼻安装完成后与电脑连接, 打开配套软件 WinMuster 并搜索此台电子鼻设备, 设置进样参数为: 传感器自动清洗时间为 200 s, 传感器归零时间为 10 s, 进样准备时间为 5 s, 分析采样时间为 120 s, 采样时间间隔为 1 s, 进样流量为 400 mL/min, 清洗传感器后进样。

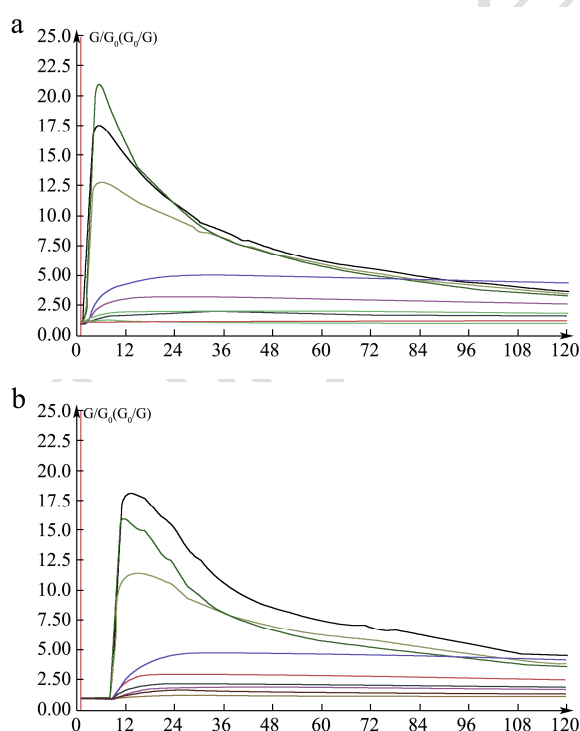
电子鼻十个传感器代表的敏感物质如表 1 所示。

表 2 山东不同季节绿茶感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation results of green tea

茶样	外形(25%)	评分	香气(10%)	评分	汤色(25%)	评分	滋味(30%)	评分	叶底(10%)	评分	总分
春茶	紧细	90	清香	93	嫩黄绿	92	鲜爽回甘	95	嫩绿明亮	93	92.60
夏茶	较紧细	87	栗香	90	黄绿发青	83	醇浓、带涩味	83	青绿、暗	88	85.20
秋茶	较紧细	88	花香	91	黄绿略青	89	醇和	86	绿、较亮	89	88.05

## 2.2 电子鼻传感器响应曲线分析



## 1.3 数据处理

运用 PEN3 型电子鼻配套软件 WinMuster 对数据进行主成分分析 (PCA)、负荷加载分析 (Loadings) 和线性判别分析 (LDA)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同季节绿茶感官审评

不同季节绿茶的感官审评结果如表 2 所示。由表 2 可知, 春茶的综合得分最高, 品质最佳, 外形紧细, 香气属于清香, 汤色嫩黄绿色, 滋味鲜浓有回甘; 夏茶品质次之, 香气类型属于栗香, 汤色黄绿发青, 滋味醇浓带涩味; 秋茶香气类型属于花香, 汤色黄绿略青, 滋味醇和。由于鲜叶采摘季节不同, 导致各季节绿茶的芳香物质不同, 从而形成不同类型的香气。

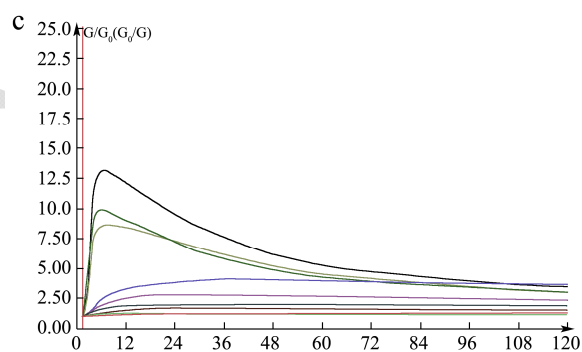


图 1 不同季节绿茶电子鼻传感器响应曲线

Fig.1 The electronic nose sensor response curves of green tea in different seasons

注: a: 春茶; b: 夏茶; c: 秋茶; ■R1; ■R2; ■R3; ■R4; ■R5; ■R6; ■R7; ■R8; ■R9; ■R10.

不同季节绿茶香气的电子鼻传感器响应曲线如图 1 所示。图中横轴为采样时间 t, 纵轴为信号值 (G/G<sub>0</sub>), 其中 G 是传感器接触到样品气体后的电导率, G<sub>0</sub> 是传感器在经过标准活性炭过滤气体清洗后的电导率, 电导率比值 (G/G<sub>0</sub>) 的变化代表了香气物质含量的相

对变化。

根据传感器响应曲线图,在其响应曲线平稳之后,提取各组样品的电子鼻各个传感器的电导率比值(G/G0)值的变化即代表了香气物质含量的相对变化。从图1中可以看出随着电子鼻开始进样,绿茶香气挥发物在气敏传感器上开始聚集,各传感器响应值开始发生变化,呈现逐步上升的趋势,R2、R7、R9

传感器变化极其显著,R6传感器其次,R1、R2、R4、R5、R8、R10传感器变化不显著。传感器数值在T=7左右达到最大值,随后逐渐下降,在T=118s开始各传感器响应曲线逐渐趋于平稳,因此选取T=120s时的稳态响应值进行分析,表3为春茶、夏茶、秋茶在T=120s时的电导率比值(R1~R10分别是电子鼻的10个金属传感器)。

表3 绿茶电导率 G/G0 比值

Table 3 The conductivity ratio (G/G0) of green tea

样品	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
春茶	1.652	3.434	1.354	1.367	1.135	4.391	3.817	2.675	3.530	1.910
夏茶	1.675	3.635	1.380	1.260	1.153	4.162	4.465	2.543	3.878	1.960
秋茶	1.491	3.033	1.271	1.218	1.107	3.625	3.424	2.340	2.970	1.863

从表3中可以看出,春茶中R6(W1S)传感器的G/G0最大,其次是R7(W1W)和R9(W2W),即传感器R6(W1S)对春茶香气成分中烷类反应最灵敏、响应值有所增加,其次是传感器R7(W1W)对硫化物、R9(W2W)传感器对芳烃化合物和硫的有机化合物的反应;夏茶和秋茶中R7(W1W)传感器的G/G0最大,其次是R6(W1S)和R9(W2W),即传感器R7(W1W)对夏茶、秋茶香气成分中硫化物反应最灵敏、响应值有所增加,其次是传感器R6(W1S)对烷类、R9(W2W)传感器对芳烃化合物和硫的有机化合物的反应。综合来看,通过PEN3型电子鼻对绿茶香气成分的分析,在春茶、夏茶、秋茶中,含量最多的香气组分是烷类、硫化物、芳烃化合物和硫的有机化合物,这与马会杰<sup>[18]</sup>等人研究不同产地名优绿茶香气成分一致。

茶样在第一主成分方向显示出了分离趋势,春茶与夏茶和秋茶在第二主成分方向显示出明显的分离,说明PCA分析可以较好地将春、夏、秋三个不同季节的绿茶区分开来。汪琦<sup>[21]</sup>等人对山东春茶、夏茶、秋茶进行PCA分析发现,第一主成分贡献率达到90%以上,说明不同季节山东绿茶的共有香气成分对茶叶的香气类型起到的作用基本一致,因此春茶、夏茶、秋茶各自的特有香气成分对香气类型起主导作用。

### 2.3 主成分分析 (PCA)

主成分分析(PCA)是一种降维的统计方法,通过将传感器提取的信息进行转换和降维处理,将原来变量重新组合成一组新的相互无关的几个综合变量,这些变量尽可能多地反映原来变量的信息,最后在PCA分析的散点图上显示出主要的二维或三维的散点图<sup>[19]</sup>。PC1轴和PC2轴上包含了在转换中得到的第一主成分和第二主成分贡献率,贡献率越大,说明降维后的综合指标可以较好地反映。一般选取累计贡献率达到80%以上的前几个主成分代替原始变量来做进一步分析<sup>[20]</sup>。

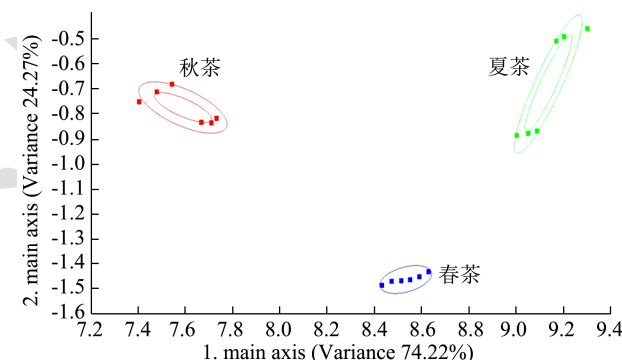


图2 不同季节绿茶的PCA分析图

Fig.2 The PCA analysis of the different season of green tea

表4 不同季节的绿茶PCA分析的区分度

Table4 Differentiation of PCA analysis of the different season of green tea

	春茶	夏茶	秋茶
春茶	-	0.914	0.975
夏茶	0.914	-	0.979
秋茶	0.975	0.979	-

表4中的数值越接近1,代表两者之间的区分度越大,区分越明显。可以看出,春茶与夏茶的区分度为0.914,春茶与秋茶的区分度为0.975,夏茶与秋茶的区分度为0.979,说明不同季节的绿茶能很好地区分开,并且夏茶与秋茶的区分最为明显。

图2表示不同季节绿茶的PCA分析图,在CORRELATION相关性矩阵模式下,第一主成分PC1的贡献率为74.22%,第二主成分PC2的贡献率为24.27%,总贡献率为98.49%,较好的反映了降维后的指标,并且以第一主成分区分为主。春、夏、秋三个

## 2.4 传感器区分贡献率分析 (Loadings)

传感器区分贡献率分析 (Loadings) 与 PCA 分析法具有相同之处, 它们都基于同一种算法, 但不同的是, 本实验中贡献率分析算法主要是对传感器进行研究, 利用该方法可以确认特定实验样品下各传感器对样品区分的贡献率大小, 从而可以考察在这个样品区分过程中哪一类气体起了主要区分作用。根据传感器在 PCA 图中的数据, 分析传感器对第一、第二主成分区分贡献率大小, 贡献率越大, 说明区分越明显。

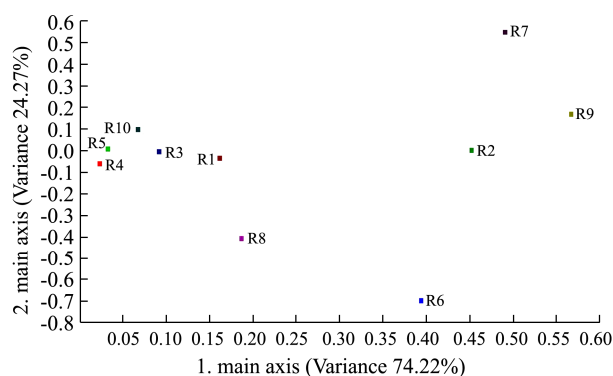


图3 不同季节绿茶的 Loadings 分析图

Fig.3 The Loadings analysis of the different season of green tea

根据图3可以看出, Loadings 分析的第一、二主成分的贡献率与 PCA 分析相同, 并且以第一主成分为主。其中对第一主成分贡献率最大的传感器为 R9 (W2W), 其次是传感器 R7 (W1W) 和传感器 R2 (W5S), 对第二主成分区分贡献率最大的传感器是 R7 (W1W), 其次是传感器 R9 (W2W) 和传感器 R10 (W3S), R1、R3、R4、R5、R6、R8 传感器的负载参数近乎为零, 它们对绿茶香气成分的敏感程度很低。Loadings 分析说明了在区分不同季节绿茶香气成分中, 芳烃化合物、硫化物以及硫的有机化合物贡献比较大, 其次是氮氧化物和烷类。

## 2.5 线性判别式分析 (LDA)

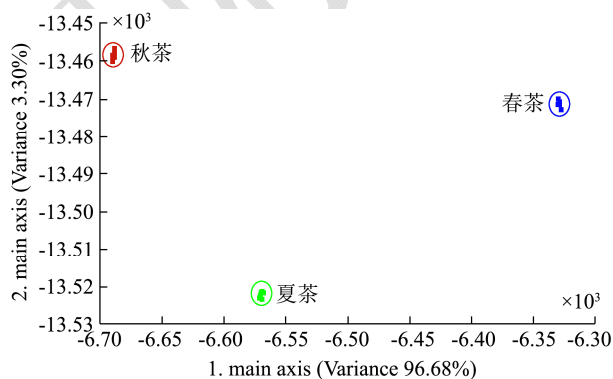


图4 不同季节绿茶的 LDA 分析图

Fig.4 The LDA analysis of the different season of green tea

线性判别分析 (LDA) 是一种运用降维进行模式识别的线性识别方法。LDA 分析是从每一个传感器中收集信息, 通过一个特殊的向量化使每一个类别转化<sup>[22]</sup>, LDA 分析更加注重样品在空间中的分布状态及彼此之间的距离分析, 保证他所分的类间的耦合度低, 类内的聚合度高, 即类内离散度矩阵中的数值要小, 而类间离散度矩阵中的数值要大, 这样的分类的效果才好。

根据图4可知, 在 LDA 分析下, 第一主成分 PC1 的贡献率为 96.68%, 第二主成分 PC2 的贡献率为 3.30%, 总贡献率为 99.98%, 很好的显示出了不同季节绿茶的香气信息, 并且以第一主成分区分为主。图中春、夏、秋三个茶样在第一主成分方向显示出了显著的分离趋势, 夏茶在第二主成分方向与春茶和秋茶也有明显的分离趋势, 而且 LDA 分析的每一种茶样的数据更为集中, 各个茶样之间的分布区域较远, 说明不同季节的绿茶差异非常显著, 区分很明显, 不同季节的绿茶香气中的挥发物质存在一定的差异, 可以被电子鼻检测判别并区分开来。

## 3 结论

通过对山东春、夏、秋的绿茶进行电子鼻的检测, PCA 分析主成分总贡献率为 98.494%, 能够较好地地区分不同季节的绿茶; Loadings 分析可知, 传感器 W2W 对第一主成分的贡献率最大, 其次是传感器 W1W; 传感器 W1W 对第二主成分的贡献率最大, 其次是传感器 W2W, 说明在区分不同季节绿茶香气成分中, 芳烃化合物、硫化物以及硫的有机化合物贡献比较大, 其次是氮氧化物和烷类; LDA 分析线性判别函数第一主成分 PC1 和第二主成分 PC2 的总贡献率为 99.975%, 可以很好地将不同季节的绿茶区分开。由此可知, 利用电子鼻进行山东绿茶生产季节的判断是一种快速准确的方法。

## 参考文献

- [1] KANG Su-young, 朱荫, 郑新强, 等. 不同季节绿茶香气成分的判别与聚类分析[J]. 食品科学, 2018, 39(14): 268-275  
KANG Su-young, ZHU Yin, ZHENG Xin-qiang, et al. Multivariate statistical analysis of volatiles compounds in green teas from different harvesting seasons [J]. Food Science, 2019, 39(14): 268-275
- [2] 赖幸菲, 庞式, 李裕南, 等. 不同季节翠玉品种茶叶香气组分的 GC-MS 分析[J]. 现代食品科技, 2014, 12: 287-293  
LAI Xing-fei, PANG Shi, LI Yu-nan, et al. Aroma-producing components of Cuiyu tea leaves during different seasons by

- GC-MS [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 12: 287-293
- [3] 宛晓春. 茶叶生物化学(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
- WAN Xiao-chun. *Biochemistry of Tea* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003
- [4] 葛东颖, 龙旭霞, 杨成聪, 等. 基于电子鼻和GC-MS联用技术对不同原料酿造黄酒风味品质的比较研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 9: 137-142
- GE Dong-ying, LONG Xu-xia, YANG Cheng-cong, et al. Comparative study on the flavor quality of yellow rice wine fermented by different raw materials based on electronic nose and GC-MS [J]. *Food Research and Development*, 2019, 9: 137-142
- [5] 刘聪, 张文杰, 严亮, 等. 顶空固相微萃取结合GC/MS分析玫瑰香型滇红茶香气成分[J]. *食品科技*, 2017, 42(8): 300-305
- LIU Cong, ZHANG Wen-jie, YAN Liang, et al. Analysis of volatile aroma components in rose aromatic Yunnan black tea using headspace solid-phase microextraction coupled with GC-MS [J]. *Food Science and Technology*, 2017, 42(8): 300-305
- [6] 施莉婷, 江和源, 张建勇, 等. 茶叶香气成分及其检测技术研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(12): 347-351
- SHI Li-ting, JIANG He-yuan, ZHANG Jian-yong, et al. Progress on components and detection technology of tea aroma [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(12): 347-351
- [7] 张红梅, 邹光宇, 王淼森, 等. 基于传感器阵列多特征优化融合的茶叶品质检测研究[J]. *传感技术学报*, 2018, 31(3): 491-496
- ZHANG Hong-mei, ZOU Guang-yu, WANG Miao-sen, et al. Detection method for tea quality using sensor array coupled with multi-feature optimization fusion [J]. *Chinese Journal of Sensors and Actuators*, 2018, 31(3): 491-496
- [8] 孙海燕, 郭松年, 王华. 电子鼻对不同年份赤霞珠葡萄酒香气的检测分析[J]. *食品工业*, 2017, 38(4): 281-284
- SUN Hai-yan, GUO Song-nian, WANG Hua. Detection and analysis of the aroma in different vintages cabernet sauvignon wine by electronic nose [J]. *The Food Industry*, 2017, 38(4): 281-284
- [9] 王虎玄, 胡仲秋, 龙芳羽, 等. 苹果汁中鲁氏接合酵母早期污染的电子鼻识别研究[J]. *农业机械学报*, 2016, 47(1): 209-214, 220
- WANG Hu-xuan, HU Zhong-qiu, LONG Fang-yu, et al. Research on identification of spoilage in apple juice caused by *Zygosaccharomyces rouxii* at early stage using electronic nose [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016, 47(1): 209-214, 220
- [10] 傅均, 黄灿钦, 章铁飞. 便携式智能电子鼻系统及其葡萄货架期评价研究[J]. *传感技术学报*, 2017, 30(5): 782-788
- FU Jun, HUANG Can-qing, ZHANG Tie-fei. A portable intelligent electronic nose system and its application in grape shelf life evaluation [J]. *Chinese Journal of Sensors and Actuators*, 2017, 30(5): 782-788
- [11] Neely K, Taylor C, Prosser O, et al. Assessment of cooked alpaca and llama meats from the statistical analysis of data collected using an 'electronic nose' [J]. *Meat Science*, 2001, 58(1): 53-58
- [12] Capone S, Epifani M, Quaranta F, et al. Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis [J]. *Sensors and Actuators B (Chemical)*, 2001, 78(1-3): 174-179
- [13] 陈哲, 赵杰文. 基于电子鼻技术的碧螺春茶叶品质等级检测研究[J]. *农机化研究*, 2012, 34(11): 133-137
- CHEN Zhe, ZHAO Jie-wen. Detection of Biluochun green tea quality grade by using an electronic nose [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2012, 34(11): 133-137
- [14] 史波林, 赵镭, 支瑞聪, 等. 西湖龙井茶品质的智能嗅觉识别[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(12): 130-135
- SHI Bo-lin, ZHAO Lei, ZHI Rui-cong, et al. Quality recognition of Xihu Longjing tea based on intelligent olfactory [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(12): 130-135
- [15] 陈婷, 蒋明忠, 彭文, 等. 基于电子鼻技术对云南普洱熟茶的香气品质判别[J]. *西南农业学报*, 2017, 30(2): 339-344
- CHEN Ting, JIANG Ming-zhong, PENG Wen, et al. Aroma quality discrimination of Yunnan Pu'er ripe tea based on electronic nose [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2017, 30(2): 339-344
- [16] 杨春兰, 薛大为, 鲍俊宏. 黄山毛峰茶贮藏时间电子鼻检测方法研究[J]. *浙江农业学报*, 2016, 28(4): 676-681
- YANG Chun-lan, XUE Da-wei, BAO Jun-hong. Study on analysis method of storage time of Huangshanmaofeng tea by electronic nose [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2016, 28(4): 676-681
- [17] GB/T 23776-2018. 茶叶感官审评方法[S]
- GB/T 2376-2018. Methodology for sensory evaluation of tea [S]

(下转第 259 页)