

基于电子鼻分析提香工艺 对红茶香气特征的影响

陈慧敏¹, 李晓晗¹, 王 漪², 石知钢³, 张新富^{1,*}

(1. 青岛农业大学园艺学院, 山东青岛 266109;

2. 青岛果茶花卉工作站, 山东青岛 266000;

3. 青岛尊圃茶业有限公司, 山东青岛 266000)

摘要:为了分析不同提香工艺红茶(80 ℃ 4 h、90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h、100 ℃ 1 h+90 ℃ 1 h和110 ℃ 1 h+100 ℃ 1 h)的差异香气成分,探究最佳的提香工艺,本文采用电子鼻技术和感官审评对红茶香气进行研究。结果表明:传感器 W1S、传感器 W2S、传感器 W1W 和传感器 W2W 在不同提香工艺红茶香气区分中起主要作用,即四组提香工艺红茶的差异性香气成分是甲烷类、乙醇类和部分芳香型化合物、硫化物和萜烯类、有机硫化物和氮氧化物。此外,感官审评结果显示:提香工艺为90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h的红茶品质最佳。

关键词:提香工艺, 红茶, 香气, 电子鼻, 感官审评

Effect of Aroma-improving Processing on Aroma Characteristics of Black Tea Based on Electronic Nose Analysis

CHEN Hui-min¹, LI Xiao-han¹, WANG Yi², SHI Zhi-gang³, ZHANG Xin-fu^{1,*}

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

2. Qingdao Fruit, Tea and Flower Workstation, Qingdao 266000, China;

3. Qingdao Zunpu Tea Industry Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

Abstract: To analysis the distinctive aroma components and obtain the best aroma-improving processing, electronic nose technique and sensory evaluation were performed among black teas whose aroma-improving technology were 80 ℃ 4 h, 90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h, 100 ℃ 1 h+90 ℃ 1 h and 110 ℃ 1 h+100 ℃ 1 h, respectively. The results showed that the sensors W1S, W2S, W1W and W2W played significant role in the discrimination of aroma in different aroma-improving processing of black teas, which meant that the differential aroma components were methane, ethanol and some aromatic compounds, as well as sulfide and terpenes, organic sulfides and nitrogen oxides. Moreover, the sensory evaluation showed that the black tea quality was best whose aroma-improving process was 90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h.

Key words: aroma-improving processing; black tea; aroma; electronic nose; sensory evaluation

中图分类号: TS272.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)18-0234-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.18.038

引文格式: 陈慧敏, 李晓晗, 王漪, 等. 基于电子鼻分析提香工艺对红茶香气特征的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 234-237, 242.

红茶是我国六大基本茶类之一,属于全发酵茶,产量占国际茶叶总产量的78%^[1-2]。红茶是我国茶类中的瑰宝,早在我国明代就有生产记载^[3]。我国红茶的产量占全世界的6%~7%,其中江南茶区的祁门红茶在国际茶叶市场上享有盛誉。工夫红茶因其怡人的花果香和甜醇的滋味成为我国红茶的主流。目前,我国有关红茶品质的研究日渐深入,不仅在香气和滋味等方面取得了成果,还有许多新型产品被研

发,如武夷山地区的金骏眉、银骏眉和妃子笑等^[4],这为红茶特征品质的研究提供了良好的基础。

香气不仅决定红茶的品质还影响消费者的选择,同时也是国内外茶叶研究的重点和难点。Rawat等^[5]采用同时蒸馏萃取法发现康格拉正统红茶主要香气成分是(E)-2-己烯醛、1-戊烯-3-醇、(Z)-3-己烯醇三种非萜类化合物和芳樟醇及其氧化物、香叶醇、水杨酸甲酯等萜类化合物。曾亮等^[6]通过比较小

收稿日期: 2019-01-15

作者简介: 陈慧敏(1993-),女,硕士研究生,研究方向:茶叶加工与品质化学, E-mail: chmtea@163.com。

* 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, E-mail: areyouare@163.com。

基金项目: 青岛农业大学高层次人才启动基金(663/1114343)。

种红茶与工夫红茶的气味活度值,发现 β -大马酮和己醛可能是二者香型区别的关键化合物。红茶香气成分组成复杂种类繁多且极不稳定,除品种、气候和栽培等外,加工工艺直接影响红茶的香气特征。潘科等^[7]研究认为同一品种茶叶在发酵时通氧,不会改变主要挥发性成分的组成且有利于香气成分种类的增加。Bhattacharyya 等^[8]提出了一种新的基于电子鼻监测红茶发酵过程中香味的方法,即 2-Norm 方法(2NM)和马氏距离法。我国对于红茶的研究多集中于南方地区的品种花色,有关江北茶区红茶的文献报道较少,本次试验主要对山东地区不同提香工艺红茶的香气成分进行探究。

提香是红茶加工的最后道工序,提香能促使低沸点的香气成分挥发以及高沸点的良好香气成分的形成。为了探究红茶表现甜香的最佳提香工艺、探索提升红茶香气品质的技术,本研究以山东地区茶鲜叶为原料,采用颗粒形红茶加工技术,设置不同的提香条件来加工红茶,并结合电子鼻(E-NOSE)和感官审评对红茶的品质进行探究。基于电子鼻响应值的差异采用主成分分析(principal components analysis, PCA)、负荷加载分析(loadings analysis)和线性判别分析(linear discrimination analysis, LDA)对不同提香工艺的红茶进行区分,为快速检测红茶香气提供方法依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器设备

龙井 长叶无性系品种,一芽二、三叶,8月初采自山东青岛茶园。

PEN3 型便携式电子鼻 德国 AIRSENSE 公司; 6CHF-5B 型智能红茶发酵机 日照春茗机械制造有限公司; 6CCP-100 型茶叶炒干机 日照升华茶业机械股份有限公司; 6CCGQ-50 型双锅曲毫炒干机、6CR-30 型揉捻机 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; DGX-9243 BC-1 鼓风干燥箱 上海福玛实验设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 红茶加工方法 红茶加工工艺:室内自然萎凋(12 h, 23~26 °C)→揉捻 60 min(轻-重-轻)→发酵 4 h(湿度 90%, 32 °C)→初炒(200 °C, 25 min)→曲毫(100 °C, 1.5 h)→提香。

红茶的提香工艺分为四组:80 °C 提香 4 h; 先 90 °C 提香 1 h 再 80 °C 提香 1 h; 100 °C 提香 1 h 加 90 °C 提香 1 h; 先 110 °C 提香 1 h 后 100 °C 提香 1 h。80 °C 是红茶加工常用的温度参数^[9],本课题组前期研究发现 80 °C 提香 4 h 的山东红茶品质比 80 °C 提香 1、2、3 h 的红茶品质较佳(因为山东地区红茶与南方红茶相比火攻较高,但高火香的红茶在山东地区销售很是乐观,因此设置更高的温度研究)。

1.2.2 电子鼻分析红茶香气成分方法 分别称取 20 g 红茶置于粉碎机中粉碎 30 s,然后精确称取粉碎后的红茶 3.0 g 于 50 mL 锥形瓶中,用保鲜膜和橡皮圈封口,在 80 °C 的干燥箱中烘 20 min 后进行检测,

样品处理参照 Li 等^[10]的方法。电子鼻采样时间间隔是 1 s,传感器清洗时间为 200 s,归零时间是 10 s,样品准备时间为 5 s,传感器和样品流量均为 400 mL/min,分析采样时间为 120 s,载气为空气,清洗传感器后进样,每个样品重复三次。

电子鼻十个金属传感器分别对不同类型的香气化合物响应^[11],传感器 1(W1C)对芳香型化合物敏感;传感器 2(W5S)对氮氧化物敏感;传感器 3(W3C)对氨类、芳香型化合物敏感;传感器 4(W6S)对氢气敏感;传感器 5(W5C)对烷烃、芳香型化合物敏感;传感器 6(W1S)对甲烷敏感;传感器 7(W1W)对硫化物、萜烯类敏感;传感器 8(W2S)对乙醇、部分芳香型化合物敏感;传感器 9(W2W)对有机硫化物敏感;传感器 10(W3S)对烷烃敏感。

1.2.3 感官审评方法 感官审评参见 GB-T/23776-2018 法,由三位国家职业认证评茶员组成一个审评小组集体审评。首先均匀称取 200 g 干茶用于审评红茶的外形,然后精确称取 3.0 g 茶样置入相应的审评杯中,接着注入沸水、加盖、计时,5 min 后依次等速滤出茶汤,留叶底于杯中,按汤色→香气→滋味→叶底的顺序逐项审评。

1.3 数据处理

电子鼻不同传感器的响应值使用 Origin 软件画图,其它所有数据分析在电子鼻自带软件 WinMuster 下进行,主要包括主成分分析、负荷加载分析和线性判别分析。

2 结果与分析

2.1 电子鼻传感器对不同提香工艺红茶香气成分的响应值

选取 90 °C 1 h + 80 °C 1 h 的红茶响应图作为参考(图 1A),经过传感器的气体的浓度越大, G/G₀ 的值越偏离 1。由图可知各传感器的响应值在初始期较高,初期较为敏感的传感器有 2 号、7 号和 9 号传感器,其次是 6 号和 8 号传感器。随着检测时间的增加各传感器的响应值逐渐表现出平缓的趋势。选取平稳后 100 s 处的响应值作为分析点建立雷达图(图 1B)。图 1B 是电子鼻 10 个传感器对不同工艺红茶响应的结果,响应值越大说明传感器对应成分的浓度越高。四组红茶的电子鼻响应值呈现出相似的轮廓,即 10 个金属传感器的敏感度表现较为相似。由图 1 综合可知:对红茶香气响应比较敏感的传感器有传感器 6、传感器 8、传感器 7、传感器 9、传感器 2 和传感器 1,说明四组红茶香气中甲烷、乙醇和部分芳香型化合物、硫化物和萜烯类、有机硫化物、氮氧化物、芳香型化合物的含量较为突出。其它传感器响应值接近于 1,说明茶叶中对应的化合物(部分芳香型化合物和烷烃)含量较低,这与杨停^[12]和王秋霜^[13]等对我国名优红茶香气成分的研究一致,即烷烃在总香气成分中的含量较低。

2.2 不同提香工艺红茶香气成分 PCA 分析

主成分分析(PCA)是将传感器提取的多元因子进行降维、简化和数据转换等,提取几个特征值较大能反映样本信息变量的因子进行线性分类,最后得

表1 不同提香工艺红茶香气成分 PCA 分析数据矩阵表

Table 1 Data matrix of different aroma-improving processing aroma components of black tea by PCA analysis

	80 °C 4 h	90 °C 1 h+80 °C 1 h	100 °C 1+1 h	110 °C 1 h+100 °C 1 h
80 °C 4 h		0.860	0.748	0.891
90 °C 1 h+80 °C 1 h	0.860		0.502	0.369
100 °C 1 h+90 °C 1 h	0.748	0.502		0.619
110 °C 1 h+100 °C 1 h	0.891	0.369	0.619	

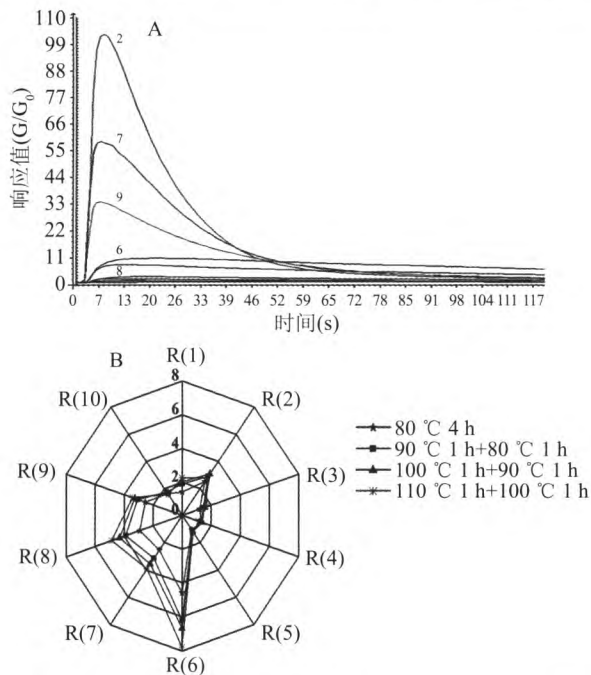


图1 不同提香工艺红茶香气成分电子鼻传感器响应图

Fig.1 The response to electronic nose of different aroma-improving processing aroma components of black tea

注:图A中2,7,9,6,8分别代表电子鼻2号、7号、9号、6号和8号传感器。

到可视化的二维散点图,散点图上 PC1 轴和 PC2 轴包含第一主成分和第二主成分的贡献率,贡献率用来反映原始数据信息,贡献率越大越能最大限度的反映样本的原本特征^[14-15]。

由图2可知,第一主成分的贡献率为95.40%,第二主成分的贡献率为2.59%,累积贡献率为97.99%。PCA分析能较好的反映原始数据的矩阵特征,并且以第一主成分区分为主。此外,四组红茶在第一主成分方向上表现出分离趋势,110 °C 1 h+100 °C 1 h提香的红茶与其它组在第二主成分方向有差异,这说明这两个提香工艺处理使红茶香气在种类、含量上发生较大变化。并且从椭圆的距离来看,100 °C 1 h+90 °C 1 h提香与90 °C 1 h+80 °C 1 h提香红茶的距离较近,表示二者之间香气特征可能较为相似。总的来说,不同提香温度和时间使红茶香气成分表现出差异,这与孙庆娜等^[16]的研究结果相似。表1中数值越接近1说明区分度越大,区别越明显。区分度最大的是80 °C 4 h和110 °C 1 h+100 °C 1 h提香的红茶,即提香温度和时间差异,使红茶香气表现出较大差异;最小的是110 °C 1 h+100 °C 1 h和90 °C 1 h+80 °C 1 h提香(0.369),二者主要在第

一主成分上区别不明显,而第二主成分的贡献率较低,需要进一步区分。

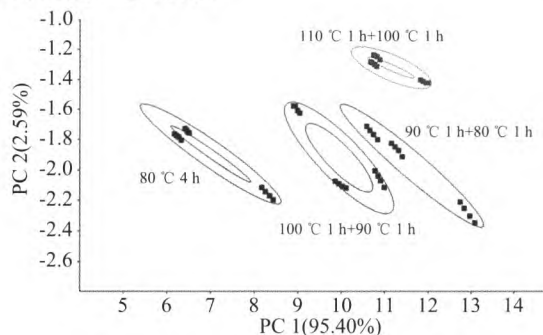


图2 不同提香工艺红茶香气成分 PCA 分析

Fig.2 PCA analysis of different aroma-improving processing aroma components of black tea

2.3 不同提香工艺红茶香气成分 Loadings 分析

Loadings 分析和 PCA 基于同一算法,但反映的是不同传感器在红茶香气区分中的贡献大小,一般通过传感器在图中的位置来判断其贡献的大小。传感器与原点的距离越近,说明传感器对样品分析起到的作用越小,反之则表示作用越大^[17]。图3中第一、第二主成分的贡献率与 PCA 分析相同,其中第一主成分起到了关键的作用,并且传感器6(W1S)对第一主成分贡献最大、传感器8(W2S)次之;传感器2(W5S)和9(W2W)对第二主成分贡献较大。传感器4、10、5、3和1的负载因子均不高,表示他们对红茶香气敏感程度相对较低。Loadings 分析说明在不同工艺提香的红茶香气区分中甲烷类、乙醇类和部分芳香型化合物对区分贡献较大,另外氮氧化物和有机硫化物也起到了区分作用。

2.4 不同提香工艺红茶香气成分 LDA 分析

LDA 分析是在 PCA 分析后对传感器响应红茶香气成分的优化,通过扩大差异更直观的表现不同提香工艺红茶香气之间的区别。线性判别更侧重于同一类别的空间分布状态和距离的精度^[18]。图4中判别式 LD1 的贡献率为66.97%,LD2 的贡献率为32.09%,总贡献率为99.06%,能很好地反映红茶香气的信息。图中呈现4个明显的分离区域,其中80 °C 4 h提香与其它三组距离较远,在线性判别分析中被区分开;110 °C 1 h+100 °C 1 h提香在 LD1 轴和 LD2 轴均表现出最大差异,说明这两种处理的香气与其红茶差异较大,即温度过低或过高都会极大地影响红茶香气的品质。90 °C 1 h+80 °C 1 h提香红茶主要在 LD1 轴被区分开;判别因子1和2对100 °C 1 h+90 °C 1 h提香红茶的区分都有贡献;110 °C 1 h+100 °C 1 h和90 °C 1 h+80 °C 1 h在

表2 不同提香工艺红茶感官审评表(分)

Table 2 The sensory evaluation of different aroma-improving processing of black teas(score)

	外形		汤色		香气		滋味		叶底		总分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
80 ℃ 4 h	乌,较润,紧实,匀净	89	红,较亮	87	甜香带青气	86	甜,稍带酸味	87	叶质软,较红,较匀齐	87	87.25
90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h	乌润,紧实,匀净	90	红++ ,明亮	89	纯,甜香	90	甜,较浓	90	叶质软,红亮,匀齐	90	89.90
100 ℃ 1 h+90 ℃ 1 h	乌润,紧实,匀净	90	红+ ,亮	88	纯,清甜香	89	甜,尚浓	89	叶质较软,较红亮,匀齐	89	89.15
110 ℃ 1 h+100 ℃ 1 h	乌润,紧实,较匀净	89	红+++ ,明亮	90	较纯,高火香	86	醇,高火味	86	叶质稍硬,红亮,匀齐	89	87.45

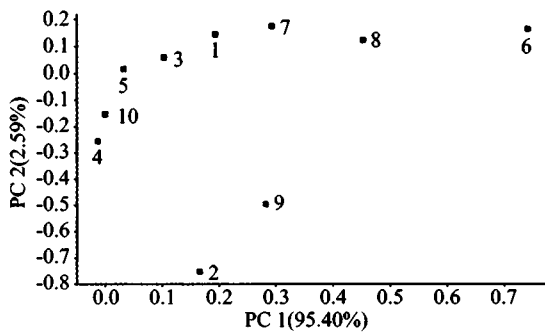


图3 不同提香工艺红茶香气成分负荷加载分析

Fig.3 Loading analysis of aroma components in different aroma-improving processing black teas

注:图中编号1~10代表电子鼻内部的十个传感器。

LD2轴较近,说明这两种提香工艺下香气差异小。总体结果与PCA分析相似,说明电子鼻在区分不同工艺提香红茶的香气中具有可行性。

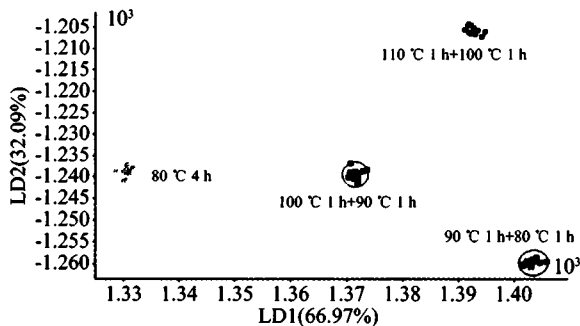


图4 不同提香工艺红茶香气成分线性判别分析

Fig.4 LDA analysis of aroma components

in different aroma-improving processing of black teas

2.5 不同提香工艺红茶感官审评分析

不同提香工艺的红茶感官审评结果见表2,可知:90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h提香的红茶表现出最佳的综合品质。在香气方面表现出甜香;滋味上表现出甜、较浓。不同提香红茶的品质存在差别,90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h提香的红茶综合得分和香气得分均为最高,100 ℃ 1 h+90 ℃ 1 h提香次之。当提香的条件为80 ℃ 4 h时,香气较低甚至带有青气,滋味稍带酸味;当提香条件为110 ℃ 1 h+100 ℃ 1 h时,温度过高使香气和滋味带有高火味。说明加工温度和时间与茶叶品质密切相关,蒋金星等^[19]研究发现10~25 ℃的中低温揉捻有利于工夫红茶滋味品质的形成;曹冰

冰等^[20]认为足干温度对红茶茶黄素和五项因子都有影响,本次试验验证了提香工艺对红茶品质形成影响。综合可知,90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h提香的红茶品质最佳,可运用到生产实践中。

3 结论

基于电子鼻检测,采用PCA、Loadings和LDA对不同提香工艺的四组红茶香气成分进行分析,并结合感官审评进行综合探究。结果显示:四组提香工艺的红茶在电子鼻检测过程中均表现出先上升后稳定的趋势,并且电子鼻中PCA和LDA能够有效区分不同提香工艺红茶的香气。Loadings分析表明在探究不同提香工艺红茶的差异香气成分中,传感器W1S、W2S、W5S和W2W贡献较大,即不同提香条件红茶的差异性成分主要是甲烷类、乙醇类和部分芳香型化合物,另外,氮氧化物和有机硫化物也是重要的区分成分。感官审评结果表明:品质最佳的红茶提香工艺是90 ℃ 1 h+80 ℃ 1 h。

以上结果表明电子鼻检测具有方便、客观和快速的优点,且配带多变量分析软件,可有效地区分不同提香工艺的红茶,为快速判别提供了可行性并避免了人为主观因素的影响。分析显示不同提香工艺的红茶香气存在差异,为进一步差异成分的定性定量研究提供了参考依据。

参考文献

- [1] Zou X, Du W, Peng S, et al. Hypoglycemic effect of the water extract of Pu-erh tea [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(40): 10126-10132.
- [2] Yassin G H, Koek J H, Kuhnert N. Model system-based mechanistic studies of black tea thearubigin formation [J]. Food Chemistry, 2015, 180: 272-279.
- [3] 陈栋, 卓敏. 半个世纪以来中国红茶生产和贸易的演变与发展策略思考(续) [J]. 中国茶叶, 2009, 31(1): 7-10.
- [4] 刘春丽, 郭雯飞. 武夷山地区新红茶香气分析 [J]. 浙江大学学报: 理学版, 2014, 41(1): 58-62.
- [5] Rawat R, Gulati A, Babu G D K, et al. Characterization of volatile components of Kangra orthodox black tea by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Chemistry, 2007, 105(1): 229-235.
- [6] 曾亮, 王杰, 柳岩, 等. 小种红茶与工夫红茶品质特性的比

(下转第242页)

江浙地区产的总多糖含量最高,各单糖含量半乳糖>阿拉伯糖>葡萄糖>木糖>鼠李糖,为联合各单糖含量与总多糖含量进行原桃胶的质量控制提供了方法。在聚类分析中很明显江浙地区产的原桃胶聚为一类,贵州、云南、安徽大别山产地的聚为一类,江浙地区气候湿润多雨,贵州、云南、安徽大别山的气候相对干燥,原桃胶的形成过程又于空气湿度、降雨等气候条件相关,所以不同产地原桃胶的聚类结果与环境气候有密切的关系。

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草(第十卷)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1998:86.
- [2] 明·姚可成. 食物本草[M]. 北京:人民卫生出版社,1994:441-444.
- [3] 蔡延渠,邓剑壕,朱志东,等. 不同产地原桃胶的多糖含量研究[J]. 广东药科大学学报,2018,34(1):25-28.
- [4] Wang Y, Lin D, Wang X, et al. The impact of a novel peach gum-derived polysaccharide on postprandial blood glucose control in streptozotocin-induced diabetic mice[J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 98:379-386.
- [5] Wang Y, Lin D, Wang X, et al. Data on water consumption in streptozotocin-induced diabetic mice by a novel peach gum-derived polysaccharide[J]. *Data Brief*, 2017, 12:358-360.
- [6] Yao X C, Cao Y, Wu S J. Antioxidant activity and antibacterial activity of peach gum derived oligosaccharides[J]. *Int J Biol Macromol*, 2013, 62:1-3.
- [7] 姬盼盼,季香勤,傅诗,等. 柚皮桃胶营养鲜湿面的研制[J]. 食品与发酵工业,2017,43(1):156-162.
- [8] 林明传. 一种桃胶柚子果粒营养果冻:中国, CN 106036685 A[P]. 2016-07-05.
- [9] 吕佳杰,蔡景竹,赵轶凡,等. 桃胶枸杞新型营养果冻的研制[J]. 安徽农业科学,2016,44(11):86-88.
- [10] 周航,张松. 桃胶银耳保健饮品工艺条件研究[J]. 现代食品,2016(12):114-119.
- [11] 肖作奇. 中药多糖质量控制研究进展[J]. 中国医药导报, 2015, 12(4):159-164.
- [12] 李绍平,吴定涛,赵静. 糖谱及其在中药多糖质量控制中的应用[J]. 中国中药杂志,2015,40(17):3505-3513.
- [13] 胡坪,乔晚芳,沈骏文,等. 麦冬多糖单糖组成的分析方法研究[J]. 药物分析杂志,2013,33(1):50-56.
- [14] 董碧莲,吕莉,朱盛山,等. 桃胶加工工艺研究概况[J]. 广东药科大学学报,2018,146(3):147-150.
- [15] Wang Q C, Zhao X, Pu J H, et al. Influences of acidic reaction and hydrolytic conditions on monosaccharide composition analysis of acidic, neutral and basic polysaccharides[J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 143:296-300.
- [16] Wu S, Lu M, Wang S. Hypoglycaemic and hypolipidaemic properties of peach gum polysaccharides[J]. *Biotech*, 2017, 7(3):166.
- [17] 任红,乔洪翔,方玲,等. HPLC-ELSD 测定银杏叶多糖组成及单糖含量[J]. 中国现代应用药学,2015,32(6):711-714.
- [18] 韩伟,吴汉洲,杨彩霞. L-阿拉伯糖降血糖和减肥功能实验研究[J]. 中国中医药信息杂志,2010,17(3):39-40.
- [19] 苏会波,林海龙. 新资源食品 L-阿拉伯糖的制备、功能、应用和市场现状[J]. 食品工业科技,2014,35(7):368-372.
- [20] 何遂庆. 用桃胶为原料生产 L-阿拉伯糖的方法:中国, CN102154410A[P]. 2011-08-17.
- [21] Bouaziz F, Koubaa M, Ellouz Ghorbel R, et al. Recent advances in Rosaceae gum exudates: From synthesis to food and non-food applications[J]. *Int J Biol Macromol*, 2016, 86:535-545.
- [22] 李智. 桃病原性流胶病发病过程中的生理生化变化研究[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
- [23] Li Z, Gao L, Wang Y T, et al. Carbohydrate metabolism changes in *Prunus persica* gummosis infected with *Lasiodiplodia theobromae*[J]. *Phytopathology*, 2014, 104(5):445-452.
- [24] 汪兴杰,张予林,刘吉彬,等. 基于氨基柱的高效液相色谱-示差折光检测器方法分析媚丽葡萄香气糖苷的糖基组成[J]. 分析化学,2017,45(5):681-686.
- [13] 王秋霜,陈栋,许勇泉,等. 中国名优红茶香气成分的比较研究[J]. 中国食品学报,2013,13(1):195-200.
- [14] Yin Y, Tian X. Classification of Chinese drinks by a gas sensors array and combination of the PCA with Wilks distribution[J]. *Sensors & Actuators B Chemical*, 2007, 124(2):393-397.
- [15] Labreche S, Bazzo S, Cade S, et al. Shelf life determination by electronic nose: Application to milk[J]. *Sensors & Actuators B Chemical*, 2005, 106(1):199-206.
- [16] 孙庆娜,张丽霞,王小会,等. 烘焙提香时间对工夫红茶品质的影响[J]. 中国茶叶加工,2012(2):20-27.
- [17] 宋伟,刘璐,支永海,等. 电子鼻判别不同储藏条件下糙米品质的研究[J]. 食品科学,2010,31(24):360-365.
- [18] 张鹏,李江阔,陈绍慧. 基于电子鼻判别富士苹果货架期的研究[J]. 食品工业科技,2015,36(5):272-276.
- [19] 蒋金星,何华锋,褚飞洋,等. 揉捻温度对工夫红茶滋味品质的影响[J]. 食品工业科技,2017,38(7):90-95.
- [20] 曹冰冰,杨亚,周小露,等. 用铁香茶树鲜叶加工高茶黄素花香红茶的工艺[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2018(2):162-166.

(上接第 237 页)

较分析[J]. 食品科学,2016,37(20):51-56.

[7] 潘科,冯林,陈娟,等. HS-SPME-GC-MS 联用法分析不同通氧发酵加工工艺红茶香气成分[J]. 食品科学,2015,36(8):181-186.

[8] Bhattacharyya N, Seth S, Tudu B, et al. Monitoring of black tea fermentation process using electronic nose[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 80(4):1146-1156.

[9] 范远景,王林,董万领,等. SPME-GC/MS 法测定红茶及红茶粉中的挥发性[J]. 现代食品科技,2012(9):1231-1235.

[10] Li Jia, Yuan H B, Yao Y F. Rapid volatiles fingerprinting by dopant-assisted positive photoionization ion mobility spectrometry for discrimination and characterization of green tea aromas[J]. *Talanta*, 2019, 191:39-45.

[11] 曾辉,刘璇,吴昕焯,等. 基于电子鼻技术的不同苹果品种香气的表征与识别[J]. 食品与发酵工业,2016,42(4):197-203.

[12] 杨停,雷攀登,周汉琛,等. 顶空固相微萃取-气质联用结合主成分分析法对太平猴魁茶香气成分的研究[J]. 食品工业科技,2017,38(10):49-53.