

不同品种百香果品质评价及质构分析

陈蔚辉¹, 李昶炎², 彭珩¹, 张福平², 黄俊生¹

(1. 韩山师范学院 烹饪与酒店管理学院, 广东 潮州 521041;
2. 韩山师范学院 食品工程与生物科技学院, 广东 潮州 521041)

摘要:以黄金果、紫红和紫香一号三个百香果品种为试材,采用电子鼻和质构仪分析其气味及质构特性,比较不同品种百香果的食用品质。结果表明,三个百香果品种均含硫化物、萜烯类、芳香类、醇类、醛酮类等挥发性物质,其在电子鼻的响应值为:紫红>紫香一号>黄金果,紫红百香果香味最浓;三个品种百香果的质构特性比较,果皮硬度以黄金果最大,果肉弹性三者均无明显差异,果肉内聚性、粘胶性、咀嚼性以紫红百香果最大;三个品种的果汁pH值无明显差异,而含糖量则紫红百香果略高。不同品种百香果的品质存在一定的差异性,综合比较认为,紫红百香果的食用品质最佳。

关键词:百香果;不同品种;食用品质;质构特性

中图分类号: TS 255.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6883 (2020) 03-0053-08

百香果,又名鸡蛋果,为西番莲科西番莲属多年生藤本植物西番莲(*Passiflora edulis*)的成熟果实。产于热带亚热带地区。我国种植面积4万多 hm^2 ,主要分布在台湾、广西、福建、海南等地,栽培品种有黄果种、紫色种、杂交种、满天星等^[1]。百香果的果汁含有多种水果香味,营养成分丰富,是天然的保健饮品,深受人们的喜爱,被誉为“果汁之王”^[2]。

目前,国内外对百香果的引种栽培、贮运保鲜、营养分析等方面有许多研究报道。李杰等^[3]开展了百香果新品种的引种试验;帅良等^[4-5]研究了热处理及1-MCP结合保鲜袋处理对采后百香果保鲜效果的影响;王琴飞等^[6-9]学者采用高效液相色谱等方法对百香果的营养成分进行测定;滕浩等^[10]从百香果果皮获取多糖并分析了多糖的结构和抗氧化活性;郭艳峰^[11]等报道了不同品种百香果果汁的营养成分存在一定的差异性,根据不同品种百香果的营养特点,认为在保健产品开发应用方面,百香果中的黄金果品种是最为适宜的选择;陈玲等^[12]对海南西番莲果实的香气成分进行了研究;Janzanti等^[13]对百香果进行采前技术处理并鉴定出其果汁含有64种香气物质;王文新等^[14]发现西双版纳百香果果汁含有81种挥发性香气化合物,其中含量最高的是酯类,这些挥发性物质使百香果果汁呈现出独特的芳香气味;韩素芳等^[15]研究了顶空固相微萃取结合气质联用技术测定百香果香气条件的优化。

然而,对于不同百香果品种间的质构特性和气味差异等方面仍有待进一步研究。文中采用质构仪法和电子鼻技术对紫香一号、紫红、黄金果等三个百香果品种的口感及气味进行探究,通过电子鼻技术对百香果果汁的挥发性气味物质进行线性判别分析(LDA)、主成分分析(PCA)和负荷加载分析(Loadings),为不同品种百香果的口感和香味分型与评价提供一定的理论依据。

收稿日期: 2019-10-30

基金项目:广东省“省市共建本科高校”建设项目(项目编号:2017GD619001);中央财政支持地方高校专项(项目编号:粤财教[2015]304号)。

作者简介:陈蔚辉(1963-),男,广东饶平人,韩山师范学院烹饪与酒店管理学院教授。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

三个不同品种的百香果分别为：黄金果、紫红、紫香一号。果实均采摘于广西容县，选取成熟度一致且无虫害的三个品种百香果，运往实验室后置于阴凉干燥处备用。

PEN3 型便携式电子鼻（德国 AIRSENSE 公司）；TMS-Pro 质构仪（美国 FTC 公司）；手持式糖度计；AUW120D 电子天平（日本岛津公司）；PHS-3C/3C 智能酸度计（成都世纪方舟科技有限公司）；15 mm 游标卡尺。

1.2 试验方法

1.2.1 百香果物理特征常数测定

使用游标卡尺测量果实的横径、纵径和果皮厚度。纵径即百香果顶部到底部之间的长度；与纵径相垂直的最中心位置左右两端之长度为横径；果形指数即果实纵径与横径的比值；果皮厚度为百香果纵切面果皮的厚度。果实质量用电子天平称量。

1.2.2 电子鼻检测

采取顶空吸气法采集样品的挥发性物质。取 30 mL 百香果果肉，置于 50 mL 干净小烧杯中，以食品保鲜膜进行封口，并用橡皮筋固定保鲜膜，静置样品。打开电子鼻装置开关，预热仪器 30 min，连接电脑设备，先清洗传感器后进样。设定参数为：洗器时间 110 s，预进样时间 5 s，进样流量 0.3 L/min，检测分析时间为 80 s，顶空温度 18 °C。

PEN3 电子鼻（德国 AIRSENSE 公司）是对挥发性物质气味检测的重要仪器。该仪器由 10 个金属氧化气体传感器组、控制和存储芯片及数据采集分析软件等组成^[16]，表 1 为电子鼻 10 个传感器的名称和性能描述。

表 1 电子鼻传感器性能描述

序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	对芳香苯类物质灵敏
2	W5S	对氮氧化合物灵敏度大
3	W3C	对氨水、芳香成分灵敏
4	W6S	对氢气有选择性
5	W5C	对烷烃、芳香成分灵敏
6	W1S	对甲基类灵敏
7	W1W	对无机硫化物、萜烯类灵敏
8	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
9	W2W	对芳香成分、有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏

1.2.3 果皮硬度的测定

采用质构仪果皮穿刺法进行实验，将成熟度基本一致的不同品种百香果，沿横向穿刺，重复 3 次，测量结果取平均值。质构仪穿刺参数设定为：探头穿刺距离为 30 mm，起始力 2 N，压力 1 000 N，穿刺速度 60 mm/min，回程速度 60 mm/min。

1.2.4 果肉质构特性检测

百香果的果肉质构特性采用 TPA 法测验，TPA 实验又被称为两次咀嚼测试，主要是通过模拟人体口腔的咀嚼运动，对样品进行两次压缩^[17]。可避免人为的误差，进而反应百香果果肉的质构特性（内聚性、弹性、粘胶性、咀嚼性等），可以使得感官分析更加科学和客观。其设定参数：采用 TPA P/10 型号探头，起始力 2 N，压力为 1 000 N，回到样品表面高度 30 mm，下降速率和返回速率均为 60 mm/min，弹性形变百分比为 60%，两次压缩间隔时间为 5 s。每次取 3 个样本，每次测试后，用擦镜纸将探头以及仪器擦拭干净，重复进行测试操作，将实验数据和图谱进行比较分析。

1.2.5 果汁 pH 的测定

切开百香果，使用 200 目纱布挤出果汁过滤去核，分别得到三个品种的百香果果汁，置于 25 mL 烧杯中，在同一温度（25 °C）下测量 pH。pH 测定：打开仪器预热后，调到被测溶液的温度值；清洗

电极并用滤纸吸干；接着将电极放入被测百香果果汁样品中，摇动烧杯或搅动溶液，待数字稳定后，即可读取被测溶液的pH值，每个样品测量三次，结果取平均值。

1.2.6 可溶性固形物含量的检测

采用手持式糖度计测定：打开折光仪的镜盖板，在折光棱镜上滴2~3滴百香果果汁。盖上镜盖板后，从目镜观察，通过目镜在刻度尺上进行读数，即可得出百香果果汁的可溶性固形物含量(%)。每个样品测量3次，结果取平均值。

1.3 数据处理

使用电子鼻自带的Winmuster软件，传感器对百香果的相对重要作用采用载荷分析法(Loadings)进行分析，不同品种百香果的区分采用主成分分析(PCA)和线性判别分析(LDA)。另外，结合Excel、SPSS 20.0统计软件进行分析，结果以均值±SD表示。

2 结果与分析

2.1 不同品种百香果物理特征常数分析

表2可以看出，三种不同品种百香果的物理特征常数中，黄金果与另外两种百香果的果实横径、纵径以及果实质量之间存在显著差异($p < 0.05$)，紫香一号果的果实横径以及纵径较长，果实质量较重，而黄金果的质量较轻；紫红果和紫香一号果的果实横径、纵径以及果实质量间无显著差异($p > 0.05$)；黄金果的果皮厚度与紫红果存在显著差异($p < 0.05$)，与紫香一号百香果无显著差异($p > 0.05$)；紫红果的果皮厚度与紫香一号果存在显著差异($p < 0.05$)；紫红百香果的果皮较薄，另外两种百香果果皮较厚。在果形指数上，三种品种百香果不存在显著差异($p > 0.05$)，果形指数均大于0.9，果实偏圆形。

表2 百香果物理特征常数 (n=20)

品种	果实横径 (cm)	果实纵径 (cm)	果实质量 (g)	果皮厚度 (mm)	果形指数
黄金果	5.760.15 ^a	5.480.11 ^a	71.125.05 ^a	5.580.30 ^b	0.950.02 ^a
紫红果	6.570.29 ^{ab}	6.050.12 ^{ab}	88.268.18 ^{ab}	4.660.41 ^a	0.920.03 ^a
紫香一号果	6.840.35 ^b	6.300.29 ^b	95.348.32 ^b	5.410.57 ^b	0.910.05 ^a

注：表中同列数据后不同字母表示显著差异 ($p < 0.05$)

2.2 电子鼻对不同品种百香果气味响应的数据分析

2.2.1 载荷分析 (Loadings)

Loadings分析结果如图1所示，气味物质总贡献率为99.99%，几乎能反映百香果气味的所有信息。其中，W1W和W2W传感器对第一主成分贡献率最大，且W1W>W2W；W5S、W1S、W2S和W3S传感器的第二主成分贡献率较大；而W1C、W3C、W6S和W5C这四个传感器的贡献率几乎为零，说明这四个传感器几乎不能识别百香果的气味。

2.2.2 雷达图分析

雷达图分析结果见图2，其中每个传感器所对应的每一数值，一般来说，响应气体浓度越大，其数值越偏离1，如果气体浓度低于检测限，则接近甚至等于1。从图2可以看出，不同品种的百香果对各个传感器的响应趋势基本是一致的，其中最灵敏的传感器是W1W和W2W，其余传感器均没有明显反应。对照表1可以看出，三种不同品种百香果的挥发性成分主要是无机硫化物、萜烯类、芳香成分、有机硫化物，响应强烈程度为紫红百香果>紫香一号百香果>黄金百香果。

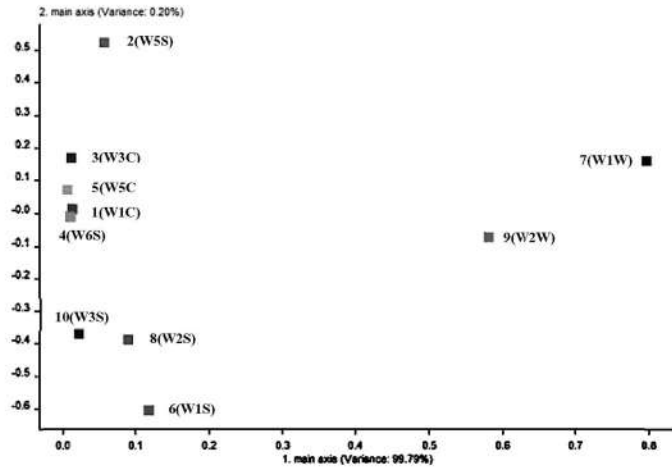


图1 不同品种百香果的负荷加载分析结果

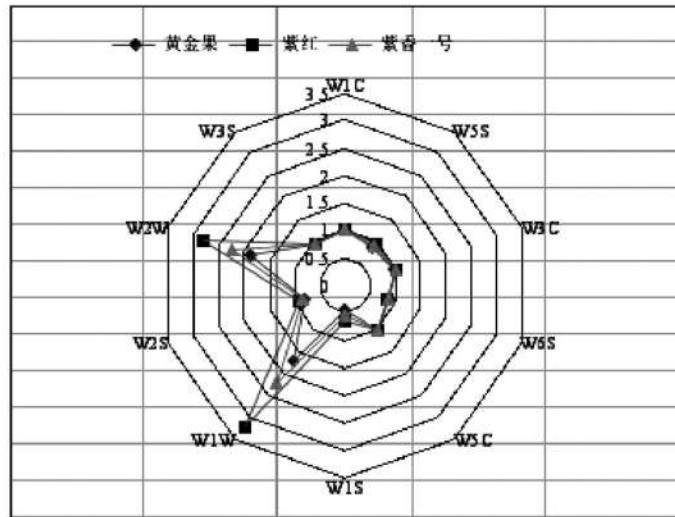


图2 传感器对不同品种百香果香味特征的反应

2.2.3 主成分分析 (PCA)

进一步PCA分析,选取检测时间为67 s~70 s时传感器多指标的信息进行数据转换和降维,并对降维后的特征向量进行线性分类,形成更直观二维图^[18](图3),即不同品种百香果的PCA分析结果.图3每个椭圆代表每种百香果的数据采集点,三种不同品种百香果的测定数据在PCA分析图上基本聚集于同一区域,且存在一定的距离,说明电子鼻能有效辨别三种不同品种百香果的气味,在第一主成分(PC1)轴上,越往右数值越大,所释放的气味越浓,其顺序分别为紫红百香果>紫香一号百香果>黄金百香果,这与雷达图分析总结的规律相符.

2.2.4 线性判别分析 (LDA)

LDA分析是将高维的模式样本投影到最佳鉴别矢量空间,是PCA的进一步放大,保证模式样本在新的子空间有最大的类间距离和最小的类内距离^[19].对于LDA分析,总的贡献率大于75%~85%的方法即可使用^[20].三种不同品种百香果的LDA分析法结果如图4,其中,紫红百香果与紫香一号百香果的图谱距离较近,而这两者与黄金百香果距离较远,这可能是由于紫红百香果与紫香一号百香果同属紫红品系,其挥发性成分更为相近,而与黄金百香果成分差别较大所致.从图4还可以看出,第一判别式(横轴)的贡献率为99.87%,第二判别式(纵轴)的贡献率为0.13%,总贡献率为100%,因此可以

使用LDA法分析, 不同品种的百香果的分析数据点均分布于各自区域, 相互之间无重叠或交叉, 样本之间距离较大, 说明运用LDA法分析可以对这三种品种的百香果加以区分。

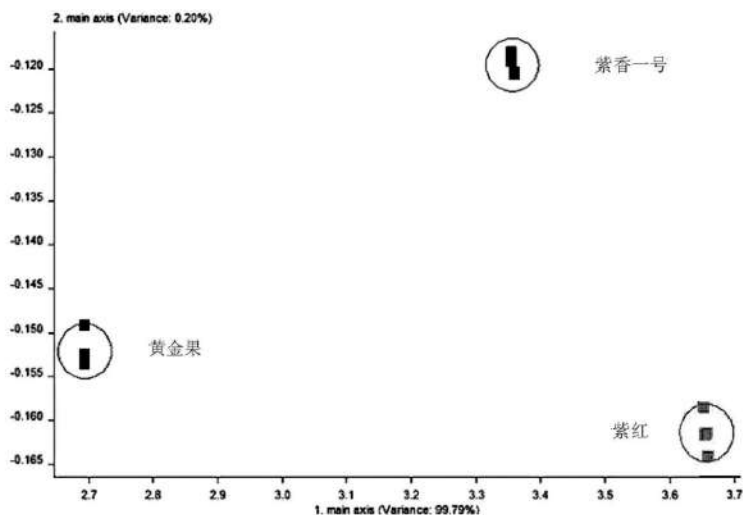


图3 不同品种百香果的PCA分析结果

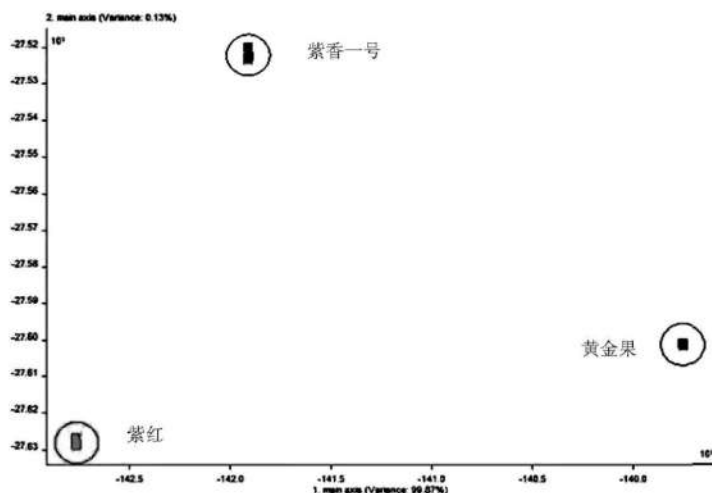


图4 不同品种百香果的LDA分析结果

2.3 不同品种百香果果皮硬度分析

硬度是使食品达到一定变形所需要的力, 在一定程度上水果的果皮硬度可以反映果实的贮藏时间, 硬度越大, 保存时间相对更久^[21]。质构仪穿刺法测量不同品种百香果果皮硬度, 其穿刺法测量曲线如图5。三种不同品种的百香果中果皮硬度最大的是黄金百香果, 数值为7.97 N, 第二是紫香一号百香果, 果皮硬度最小是紫红百香果。同时在数值上可以知道, 黄金百香果的果皮硬度比紫红百香果高出1.71 N, 而与紫香一号百香果相差较小, 仅0.19 N, 推测果皮的硬度与果皮厚度有关, 这与表2所分析的果皮厚度相一致。

2.4 不同品种百香果果肉质构特性分析

质构是描述食品的组织结构特性, 与人的触觉有关, 所以也是感官评定中的重要指标。不同品种百香果的果肉质构特性主要有内聚性、弹性、粘胶性、咀嚼性^[22]。

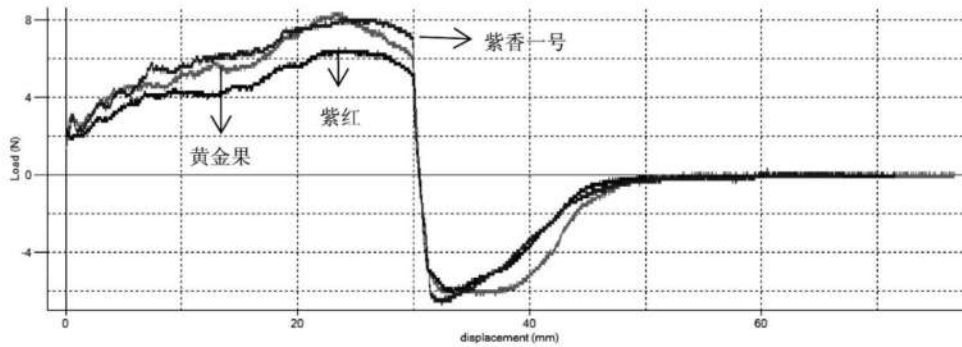


图5 不同品种百香果穿刺结果

从图6a可以看出,不同品种百香果果肉内聚性比较,最大为紫红百香果,与黄金百香果相差不多,内聚性最低的是紫香一号百香果.图6b可见,3种不同品种百香果果肉的弹性差异并不明显,紫香一号百香果果肉的弹性仅稍稍高于黄金果和紫红百香果,黄金果的果肉弹性最小.图6c表明,不同品种百香果的果肉粘胶性比较,最大的是紫红百香果,其次是黄金百香果,粘胶性最低的是紫香一号百香果.咀嚼性是指模拟牙齿将样品咀嚼成吞咽稳定状态时所需要消耗的能量,咀嚼性能综合反映果实牙齿咀嚼过程中对外力的持续抵抗作用.图6d显示,不同品种百香果果肉的咀嚼性存在明显的差异,其中咀嚼性最大的是紫红百香果,其次是黄金百香果,最后是紫香一号百香果.

2.5 不同品种百香果果汁pH值和可溶性固形物含量分析

百香果果汁的pH值在一定程度上可反映果汁的酸度,会影响其口感,刺激味蕾.试验表明,三个不同品种百香果果汁的pH值分别为黄金果3.02,其次为紫香一号2.96,紫红最小2.82,差异性不明显,均为弱酸性.

可溶性固形物含量是水果含糖量的一个重要指标,常采用手持式糖度计测定.三个不同品种百香

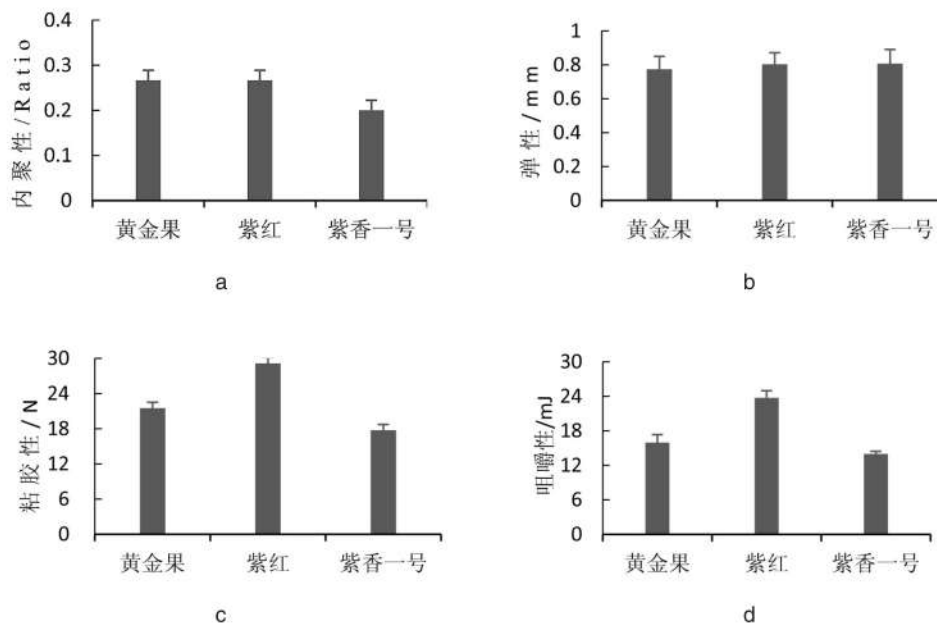


图6 不同品种百香果果肉的质构特性

果的果汁中,紫红的可溶性固形物含量最高,约为14.33%,其次是黄金果12.33%,紫香一号最低,仅为10.67%。

3 小结与讨论

从香味特征看,使用电子鼻技术PCA法和LDA法所建立的模型分析能很好地区分黄金果、紫红和紫香一号三个百香果品种。电子鼻对三个不同品种百香果挥发性成分的反应强烈程度为:紫红>紫香一号>黄金果,紫红百香果所含的挥发性物质含量最高,芳香气味最浓。

三个百香果品种的质构特性比较,果皮硬度黄金果最大,果肉弹性三者差异不明显,而果肉内聚性、粘性、咀嚼性以紫红百香果最好;三个品种的果汁pH值无明显差异,但可溶性固形物含量则紫红百香果最高。

潘葳等^[23]采用HPLC和SPME-GC-MS方法从“紫香(ZX)”“实生株系紫果”“芭乐味黄金果”等5个百香果品种中鉴定出68种香气成分,认为百香果的芳香气味是由酯类、醇类、酮类、萜烯类、烷类、醚类和杂环类所形成,其中,酯类含量最高占83.1%,而萜烯类只占3.6%,并认为黄金果的香气物质含量最高。然而,本试验通过电子鼻技术对百香果果汁的挥发性气味物质进行LDA分析、PCA分析和Loadings分析后发现,传感器W1W对三种百香果挥发性成分反应最为强烈,W2W次之,其它传感器几乎可以忽略(图1)。根据电子鼻传感器的敏感性能可知,W1W传感器对无机硫化物和萜烯类灵敏,W2W传感器对芳香成分和有机硫化物灵敏。从本实验数据分析,认为百香果中,可能还存在一定比例的挥发性无机硫化物,且在三个百香果品种中的含量为:紫红>紫香一号>黄金果;而从W2W传感器响应雷达图(图2)分析,结合潘葳等人的研究结果同样认为,百香果中还可能还存在挥发性有机硫化物,且含量也是紫红>紫香一号>黄金果,挥发性无机硫化物和有机硫化物可能参与了百香果芳香气味的构成,而构成比有多高,有待进一步研究。

综上所述,不同品种百香果的感官品质存在一定的差异性,作为鲜食品种,紫红百香果较为香甜,有广阔的消费市场。

参考文献:

- [1]张文斌. 福建百香果1号特征特性研究[J]. 基层农技推广, 2018, 6(11): 30-33.
- [2]王莹, 刘忠和, 康万利, 等. 百香果中矿物元素分析[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 328-330.
- [3]李杰, 韦中定. 4个百香果新品种引种试验探讨[J]. 农业研究与应用, 2018, 31(1): 21-24.
- [4]帅良, 廖玲燕, 罗焱, 等. 1-MCP处理对百香果贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 39(15): 281-284.
- [5]周葵, 滕建文, 韦保耀, 等. 热处理对西番莲果浆品质的影响研究[J]. 食品科技, 2015, 40(3): 90-95.
- [6]王琴飞, 李莉萍, 高玲, 等. 反相高效液相色谱法测定西番莲中的有机酸[J]. 热带作物学报, 2015, 36(8): 1511-1517.
- [7]OLIVEIRA G A, CASTILHOS F, RENARD C M C, et al. Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit[J]. Food Research International, 2014, 60: 154-162.
- [8]朱洁, 龙秀琴, 蔡国俊, 等. 两个品种百香果营养成分比较分析[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(13): 2476-2478.
- [9]覃日宏, 王秋玲, 阳春苗. 广西百香果营养成分的研究[J]. 中外食品工业, 2015(8): 88-92.
- [10]滕浩, 颜小捷, 林增学, 等. 百香果皮多糖的组成及其体外抗氧化活性分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15): 176-180.
- [11]郭艳峰, 杨得坡, 张延杰. 不同品种百香果果汁营养成分的比较[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 283-287.
- [12]陈玲, 杨文彬, 李剑政. 海南西番莲果实香气成分研究[J]. 香料香精化妆品, 2001, 68(5): 1-4.
- [13]JANZANTTINS, MACORISMS, GARRUTIDS, et al. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit[J]. Food Science and Technology, 2012, 46:

- 511-518.
- [14]王文新,王璐,谢冰,等.西双版纳西番莲果实挥发性香气成分研究[J].云南大学学报(自然科学版),2010,32(S1):60-67.
- [15]韩素芳,丁明,刘亚群,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱测定百香果香气条件的优化[J].中国食品学报,2010,10(4):278-283.
- [16]黎新荣.电子鼻在沃柑贮藏时间识别中的应用[J].南方农业学报,2018,49(9):1827-1832.
- [17]蒋丽婷,李理.白腐乳质构与其成分相关性研究[J].现代食品科技,2010,26(9):797-800.
- [18]缪璐,何善廉,莫佳琳.电子鼻技术在朗姆酒分类识别中的应用研究[J].广西糖业,2016(8):24-28.
- [19]黄菲菲,谷风林,吴桂萍,等.不同加工方式黑胡椒产品风味品质分析[J].作物学报,2017,38(7):1359-1364.
- [20]安莹,孙桃.基于电子鼻不同识别模式对不同品牌酱油的区分与识别[J].中国调味品,2016,41(2):60-62.
- [21]李里特.食品物性学[M].北京:中国农业出版社,1998:107-109.
- [22]张乐,王赵改,杨慧,等.不同品种板栗质地分析[J].保鲜与加工,2017,17(4):25-29.
- [23]潘葳,刘文静,韦航,等.不同品种百香果果汁营养与香气成分的比较[J].食品科学,2019,40(22):277-286.

Quality Evaluation and Texture Analysis of *Passiflora Edulis* of Different Varieties

CHEN Wei-hui¹, LI Chang-yan², PENG Heng¹, ZHANG Fu-ping², HUANG Jun-sheng

(1. College of Culinary Arts and Hotel Management, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong, 521041;

2. College of Food Engineering and Biotechnology, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong, 521041)

Abstract: The smell and texture characteristics of three kinds of *Passiflora edulis* (i.e. Huangjingguo, Zihong, Zixiang No.1) were analyzed by electronic nose and texture analyzer, and the edible quality of different kinds of *Passiflora edulis* was compared. The results showed that all three kinds of *Passiflora edulis* contained volatile substances such as inorganic sulfide, terpenes, aromatic, alcohol and aldehyde ketones. Its response value was Zihong > Zixiang No.1 > Huangjingguo, with Zihong having the strongest fragrance. Among the three varieties, Huangjingguo had the highest hardness of pericarp, and there was no significant difference in pulp elasticity among the three, whereas Zihong had the greatest cohesiveness, gumminess and chewability of the pulp. There was no significant difference in pH value among the three varieties, while the sugar content was slightly higher in Zihong. The quality of different varieties of *Passiflora edulis* was different to some extent. A comprehensive comparison showed that the edible quality of Zihong *Passiflora edulis* was the best.

Key words: *Passiflora edulis*; different varieties; edible quality; textural property

责任编辑 周春娟