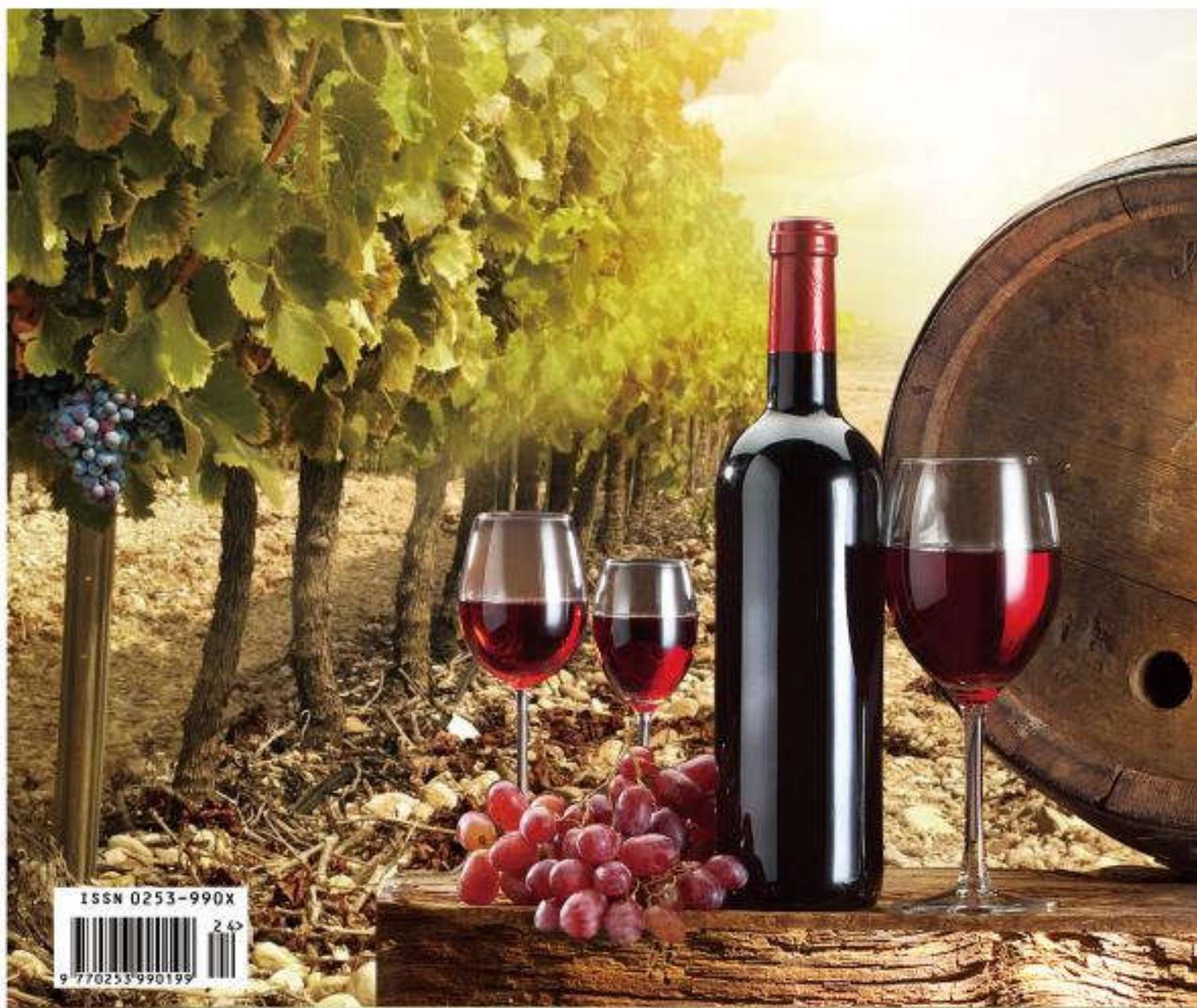


中国科学引文数据库(CSCD)核心库源期刊 中国科技核心期刊 中文核心期刊

食品与发酵工业

FOOD AND FERMENTATION INDUSTRIES

F&FI 2019.24
第45卷



ISSN 0253-990X



9 770253 990199

FOOD AND FERMENTATION INDUSTRIES

食品与发酵工业

第四十五卷

第二十四期

二〇一九年

目次 CONTENTS

2019年45卷第24期(总第396期)(卷终)半月刊

1970年创刊 1975年国内外公开发行

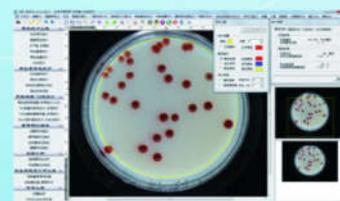
公共餐厨垃圾饲料化利用的混合菌发酵工艺	黄林丽, 谢斌, 陈立, 等	148
热杀菌对即食鲟鱼鱼糜制品品质的影响	宋恭帅, 陈康, 俞喜娜, 等	153
苹果全粉对小麦粉加工性能及吐司面包品质的影响	周韵, 高冉, 李建婷, 等	161
超高压处理结合壳聚糖涂膜对板栗贮藏效果的研究	顾仁勇, 杨万根	168
三个中国主栽宽皮柑橘品种制汁品质评价	成传香, 王鹏旭, 贾蒙, 等	173
对比研究响应面法和BP神经网络-粒子群算法		
优化调理松板肉加工工艺	胡欣颖, 李洪军, 李少博, 等	179
不同冻结方式对大菱鲆鱼片冻藏过程中品质变化的影响	欧帅, 赵峰, 邹朝阳, 等	188
凤尾茶精油提取工艺及凉茶饮料配方的优化	詹永, 樊保敏, 廖霞, 等	196
聚赖氨酸与魔芋葡甘聚糖复配对海鲈鱼片的保鲜效果	张海燕, 吴燕燕, 杨少玲, 等	202
温度和湿度对龙井绿茶和工夫红茶贮藏品质的影响	王近近, 袁海波, 陶瑞涛, 等	209
· 分析与检测 ·		
基于手持式电子鼻的白酒识别	李金全, 孙哲华, 孟庆浩	218
QuEChERS 结合超高效液相色谱-串联质谱法同时测定梅花鹿鹿茸中 18 种磺胺	黄胜广, 赵卉, 王玉方, 等	223
超高效液相色谱串联质谱法测定蚝油中 3 种甲基咪唑类物质	张丽华, 邵瑞婷, 杨丽梅, 等	229
不同品种蓝莓果实品质及芳香物质成分分析	刘笑宏, 王建萍, 顾亮, 等	234
水产品中氯霉素时间分辨荧光免疫层析定量检测方法	崔乃元, 赵义良, 马立才, 等	241
· 综述与专题评论 ·		
乳清蛋白源抗氧化肽的酶法制备及评价方法的研究进展	刘振民, 庞佳坤, 郑远荣	246
鱼制品腥味产生机制及调控措施研究进展	吴静, 黄卉, 李未好, 等	254
金枪鱼中生物胺的防控技术与检测技术的研究发展	邓建朝, 李少丽, 杨贤庆, 等	262
基于大豆分离蛋白的环境友好型包装材料研究进展	孙嘉临, 袁玉娇, 曾涣煌, 等	269
低酯果胶的提取与制备技术研究进展	刘新新, 刘钟栋	278

shineso 迅数®

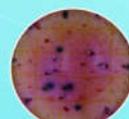
显微细胞分析 / 菌落计数
筛选 / 抑菌圈测量联用仪



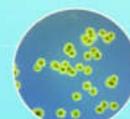
晶锐暗视野成像、三色LED、双紫外



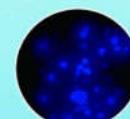
菌落智能识别技术、显微细胞分析、抑菌圈分析



Petrifilm测试片



显色识别



荧光菌落



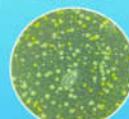
螺旋平皿



抑菌圈测量



透明双圈分析



分类识别



真菌一键测量



显微细胞分析

杭州迅数科技有限公司

电话: 0571-85125132 85124967 85020452

地址: 杭州市西湖区西园八路11号B座405

www.shineso.com

三个中国主栽宽皮柑橘品种制汁品质评价

成传香,王鹏旭,贾蒙,桂瑶,马亚琴*

(西南大学柑桔研究所,国家柑桔工程技术研究中心,重庆,400712)

摘要 该文研究3种主栽宽皮柑橘制汁品质,评价其制汁特性。通过测定3种宽皮柑橘主要理化指标、营养成分及香气物质,并采用主成分分析进行比较和区分。结果表明,南丰蜜桔具有高糖低酸的特性,椪柑则为高酸低糖。温州蜜柑光学特性 L^* 、 a^* 和 b^* 值较其他2个品种高出2.54~6.06,其色泽属性最佳。温州蜜柑和南丰蜜桔中活性成分含量均高于椪柑,其中温州蜜柑中总酚含量最高达43.78 mg/100 mL。椪柑的柠檬苦素含量为0.59 mg/L,显著高于其他2个品种,表现为苦味严重,而南丰蜜桔几乎不表现苦味特征。椪柑的风味品质最好,香气物质总含量高达673.74 $\mu\text{g/g}$,南丰蜜桔最差,含量仅为281.37 $\mu\text{g/g}$ 。因此,温州蜜柑制汁特性最佳,但其他因素如气候、土壤条件等也会对柑橘汁品质产生显著影响。

关键词 宽皮柑橘;制汁品质;主成分分析;温州蜜柑;南丰蜜桔;椪柑

柑橘是世界第一大宗水果,其种类包括宽皮柑橘、橙类、柚类、柠檬和金柑等^[1]。宽皮柑橘(*Citrus reticulata*)属芸香科(Rutaceae)柑橘属(*Citrus*. L)植物,是一类果皮宽松、容易剥皮的柑橘品种群。宽皮柑橘在2018/19年度全球产量预计达3 140万t,中国为2 200万t,占全球宽皮柑橘产量的70%以上^[2]。我国宽皮柑橘资源丰富,品种多样化,主栽品种为温州蜜柑、南丰蜜桔和椪柑,其产量分别占我国柑橘总产量(2017年)的23.4%、6.0%、10.3%^[3]。

中国虽然是宽皮柑橘第一生产大国,但加工转化率不足5%,且主要的加工形式依然是传统的橘瓣罐头加工,宽皮橘汁产品在国内市场鲜有销售。本研究以温州蜜柑、南丰蜜桔和椪柑为研究对象,考察其品质特性(包括糖酸含量、光学特性、活性成分及风味物质),为宽皮柑橘制汁提供理论参考,以期提高我国宽皮柑橘利用率及缓解鲜果滞销。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

三种柑橘原料(温州蜜柑、南丰蜜桔和椪柑)均在成熟期采摘,分别采于湖北宜昌、江西南丰及浙江衢州。利用锥式压榨机制汁,榨汁后经80目无菌纱布过滤,存于-80℃超低温冰箱备用。

第一作者:硕士研究生(马亚琴副研究员为通讯作者,E-mail:maya211@163.com)。

基金项目:国家现代农业柑橘产业技术体系(CARS-26-06B);中央高校基本业务费专项资金资助(XDJK2019B048)

收稿日期:2019-07-30,改回日期:2019-09-03

葡萄糖、果糖、蔗糖(均为色谱纯),购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;福林酚试剂,购于北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司;2,6-二氯喹酚、丙酮、石油醚、二氯甲烷、抗坏血酸、没食子酸,购于成都市科龙华工试剂厂;乙腈、甲醇(均为色谱纯),购于赛卡姆(北京)科技仪器有限公司。

1.2 仪器与设备

榨汁机,美国Brown公司;实验室pH计,梅特勒-托利多(上海)有限公司;紫外分光光度计(TU-1901),北京普析通用仪器有限责任公司;高效液相色谱(Ulimate 3000);美国Thermo Fisher公司;色差仪(Color i5),瑞士Gretag Macbeth公司;阿贝折射仪,上海精密科学仪器有限公司;7890A/5975C气相色谱-单四极杆质谱仪(配DB-5MS石英毛细管柱),美国Agilent公司;Combi PAL气相色谱多功能自动进样器,瑞士CTC公司。

1.3 试验方法

1.3.1 pH值测定

使用梅特勒-托利多FE20型实验室pH计直接进行测定。

1.3.2 可溶性固形物测定

依照GB/T 8210—2011《柑橘鲜果检验方法》中阿贝尔折射仪测定法进行测定。

1.3.3 可滴定酸测定

依照GB/T 8210—2011《柑橘鲜果检验方法》中酚酞指示剂法进行测定。

1.3.4 可溶性糖测定

采用高效液相色谱法,检测器为示差折光检测器(refractive index detector, RID)。液相色谱条件:色谱柱:Hypersil APS-2 氨基色谱柱(250 × 4.6 mm, 5 μm);流动相:80% 乙腈;流速:2 mL/min;柱温:40℃;进液量:10 μL。

准确称取 250 mg 果糖、葡萄糖和蔗糖标准品,用超纯水定容至 10 mL 体积,制备为 25.0 g/L 的标准母液。然后将标准溶液稀释至 15.0、10.0、5.0、2.5、2.0、1.0 和 0.5 g/L。以果糖、葡萄糖、蔗糖质量为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制了标准曲线。果糖、葡萄糖和蔗糖的标准曲线分别为 $y = 0.013x - 0.005$ 、 $y = 0.0118x + 0.0316$ 和 $y = 0.0127x - 0.0071$ 。

1.3.5 色值测定

使用 Color i5 色差仪测定样品的 L^* 、 a^* 和 b^* 值,其中 L^* 为样品的亮度, a^* 为红绿值, b^* 为黄蓝值。

1.3.6 抗坏血酸测定

依照 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准食品中抗坏血酸》中 2,6-二氯靛酚滴定法测定。

1.3.7 总酚测定

参照 Folin-Ciocalteu 法^[4]测定。

1.3.8 总类胡萝卜素测定

参照迟淼^[5]的石油醚-丙酮萃取法测定。

1.3.9 柠檬苦素测定

参照李一兵等^[6]的方法并加以修改。样品处理:取 20 mL 果汁,加入 20 mL 二氯甲烷后,涡旋振荡 30 min,连续浸提 3 次,浸提液经旋转蒸发仪 30℃ 蒸干,然后用 85% 乙腈定容至 2 mL,经 0.22 μm 有机滤膜过滤后进行 HPLC 分析。

HPLC 测定条件:A 相:乙腈,B 相:纯水;流速 1 mL/min;柱温 30℃;进样量 20 μL;检测波长 210 nm。

1.3.10 酚酸组分测定

参照 MATTILA 等^[7]的方法并加以修改。取 10 mL 果汁加入 5 mL 浓度为 16 mol/L 的 NaOH 溶液水解 1 h,水解结束后,用 8 mol/L 的 HCl 调 pH 至 1~2,然后加 10 mL 乙酸乙酯与乙醚(体积比 1:1)萃取 3 次,合并萃取液,40℃ 旋转蒸发仪蒸干,再用 2 mL 80% 甲醇定容,0.22 μm 微孔滤膜过滤,上机备用。

HPLC 条件:色谱柱:Venasil MP C₁₈ 色谱柱(5 μm, 4.6 mm × 250 mm) A 相:纯甲醇,B 相:0.5% 乙酸,流速 1 mL/min,进样量 20 μL。

1.3.11 类黄酮组分测定

参照 AGCAM^[8]的方法并加以修改。10 mL 果汁加入 10 mL 乙酸乙酯涡旋振荡 20 min,4 000 r/min 离心 15 min,取有机相至新离心管中,水相再用 10 mL 乙酸乙酯萃取 2 次,合并 3 次萃取液,40℃ 旋转蒸发仪蒸干,用 2 mL 60% 甲醇定容,0.22 μm 微孔滤膜过滤,上机备用。

HPLC 条件:色谱柱:Thermo Fisher 色谱柱(5 μm, 4.6 mm × 250 mm)、柱温 30℃、A 相:纯乙腈,B 相:1% 乙酸、流速 1 mL/min,进样量 20 μL。

1.3.12 香气成分测定

1.3.12.1 样品萃取条件

参照郑洁等^[9]的方法,并加以修改。准确称取 5.0 g 果汁,置于 20 mL 螺口玻璃瓶中,加入 1.0 g 干燥后的 NaCl,再加入 2 μL 环己酮作为内标物,用聚四氟乙烯隔热垫密封瓶盖旋紧备用,每个样品测定 2 次。顶空固相微萃取条件:40℃ 平衡 20 min;顶空吸附 30 min;解析 5 min。

1.3.12.2 色谱和质谱条件

气相色谱条件:色谱柱为 DB-5MS(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:35℃ 保持 5 min,以 3℃/min 升至 180℃ 保持 2 min,再以 5℃/min 升至 240℃,保持 2 min;进样口温度 250℃;不分流进样;载气为氦气(纯度大于 99.999%);载气流速 1 mL/min。

质谱条件:电子电离(electron ionization, EI)源;电子能量 70 eV;传输线温度 280℃;离子源温度 230℃;四极杆温度 150℃;质量扫描范围 m/z 35~400。

1.3.12.3 定性和半定量分析

利用图谱库(NIST 2008 和 Flavour 2.0)的检索结果,并以 C5-C25 正构烷烃的保留时间计算出化合物的相对保留指数,结合相关文献^[10-11]定性确定相应的挥发性物质。定量方法采用内标法,内标物为环己酮。利用各成分峰面积与内标物峰面积对比进行半定量分析,含量单位为 μg/g。

1.4 数据分析

采用 SPSS Statistics 17.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA),XLSTAT 2016 软件进行主成分分析,Excel 2013 用于绘制图表及数据整理。

2 结果与分析

2.1 三种宽皮柑橘糖酸成分比较

糖和酸是柑橘味感的主要成分,糖主要是葡萄糖、蔗糖和果糖,酸主要是指柠檬酸、苹果酸等。表 1 所示为 3 种宽皮柑橘糖酸成分比较,从表中可以看

出,不同品种之间,其糖酸含量均存在极显著差异($P < 0.01$)。椪柑的可滴定酸含量最高,温州蜜柑次之,南丰蜜桔最低,其 pH 值正好相反。可溶性固形物主要是指食品中所有溶解于水的化合物的总称,包括糖、酸、维生素、矿物质等,其中糖含量大约占 80%。3 种宽皮柑橘中含量最高的可溶性糖均是蔗糖,且蔗糖含量是葡萄糖和果糖的 2~4 倍。南丰蜜桔的可溶性固形物、蔗糖含量均高于另外 2 种宽皮柑橘,温州蜜柑和椪柑的 3 种可溶性糖其含量相差不大,但可溶性固形物含量差异显著。

表 1 三种宽皮柑橘糖酸成分比较

Table 1 Comparison of sugar and acid components of three Mandarin (*Citrus reticulata*)

品种	pH	可滴定酸/ [g·(100mL) ⁻¹]	可溶性固形物/ (Brix)	果糖/ [g·(100mL) ⁻¹]	葡萄糖/ [g·(100mL) ⁻¹]	蔗糖/ [g·(100mL) ⁻¹]
温州蜜柑	3.41 ± 0.01 ^b	0.76 ± 0.01 ^b	13.13 ± 0.06 ^b	2.93 ± 0.02 ^a	2.92 ± 0.02 ^a	5.63 ± 0.18 ^b
南丰蜜桔	4.14 ± 0.01 ^a	0.43 ± 0.01 ^c	13.53 ± 0.06 ^a	1.88 ± 0.01 ^c	2.14 ± 0.02 ^c	8.20 ± 0.03 ^a
椪柑	3.21 ± 0.01 ^c	0.82 ± 0.03 ^a	12.46 ± 0.06 ^c	2.61 ± 0.06 ^b	2.56 ± 0.08 ^b	5.69 ± 0.17 ^b
显著性	0	0	0	0	0	0

注:同列肩标不同字母表示列组间有显著性差异($P < 0.05$)。下同。

2.2 三种宽皮柑橘光学特性比较

柑橘汁的色泽是影响消费者购买欲的重要因素之一,也是反映果汁新鲜度和卫生状况的重要指标。天然色素的种类和数量对柑橘汁的色泽起着决定性作用。由表 2 可知,温州蜜柑汁的亮度(L^*)、红色色泽(a^*)及黄色色泽(b^*)均要显著高于其他两种宽皮柑橘汁,南丰蜜桔和椪柑的 L^* 值相差不大,但南丰蜜桔的 a^* 值低于椪柑, b^* 值要高于椪柑。

表 2 三种宽皮柑橘光学特性比较

Table 2 Comparison of optical characteristics of three Mandarin (*Citrus reticulata*)

品种	L^*	a^*	b^*
温州蜜柑	43.88 ± 0.03 ^a	12.95 ± 0.03 ^a	28.01 ± 0.10 ^a
南丰蜜桔	41.34 ± 0.16 ^c	6.89 ± 0.01 ^c	25.92 ± 0.03 ^b
椪柑	41.60 ± 0.07 ^b	8.55 ± 0.04 ^b	22.39 ± 0.05 ^c
显著性	0	0	0

表 4 三种宽皮柑橘酚酸组分比较

Table 4 Comparison of phenolic acids of three Mandarin (*Citrus reticulata*)

品种	没食子酸/ (mg·L ⁻¹)	原儿茶酸/ (mg·L ⁻¹)	对羟基苯甲酸/ (mg·L ⁻¹)	咖啡酸/ (mg·L ⁻¹)	对香豆酸/ (mg·L ⁻¹)	阿魏酸/ (mg·L ⁻¹)	芥子酸/ (mg·L ⁻¹)
温州蜜柑	1.82 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.01 ^a	0.91 ± 0.11 ^a	2.91 ± 0.01 ^b	3.38 ± 0.04 ^a	63.34 ± 0.68 ^a	2.98 ± 0.47 ^a
南丰蜜桔	1.42 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.04 ^a	0.16 ± 0.01 ^c	1.07 ± 0.01 ^c	0.91 ± 0.01 ^c	30.79 ± 0.14 ^b	1.96 ± 0.02 ^b
椪柑	1.53 ± 0.15 ^b	0.12 ± 0.01 ^a	0.39 ± 0.01 ^b	5.81 ± 0.01 ^a	2.14 ± 0.05 ^b	28.66 ± 0.43 ^c	2.16 ± 0.01 ^{ab}
显著性	0.038	0.141	0.003	0	0	0	0.063

表 5 所示为测定 5 种主要类黄酮组分的含量,橙

2.3 三种宽皮柑橘活性成分比较

柑橘水果具有丰富的营养价值,除含有基本的糖酸、矿物质外,还含有抗坏血酸、酚酸、黄酮、类胡萝卜素、柠檬苦素等多种活性成分。其中柠檬苦素和柚皮苷这 2 种苦味物质也是评价果汁加工适应性的重要指标^[12]。

由表 3 可知,3 种宽皮柑橘的 4 类活性成分含量之间存在极显著差异($P < 0.01$)。其中,南丰蜜桔的抗坏血酸和总类胡萝卜素含量均最高,椪柑的柠檬苦素含量最高,温州蜜柑的总酚含量最高。3 种宽皮柑橘其抗坏血酸含量相差不大,但椪柑的柠檬苦素含量是南丰蜜桔的将近 3 倍,温州蜜柑的总酚含量是南丰蜜桔的 2.5 倍,南丰蜜桔的总类胡萝卜素含量是椪柑的 1.8 倍。

表 3 三种宽皮柑橘活性成分比较

Table 3 Comparison of active ingredients of three Mandarin (*Citrus reticulata*)

品种	抗坏血酸/ [mg·(100mL) ⁻¹]	柠檬苦素/ [mg·(100mL) ⁻¹]	总酚/ [mg·(100mL) ⁻¹]	总类胡萝卜素/ [mg·(100mL) ⁻¹]
温州蜜柑	26.82 ± 1.57 ^a	0.23 ± 0.03 ^b	43.78 ± 0.42 ^a	1.20 ± 0.01 ^b
南丰蜜桔	27.45 ± 0.01 ^a	0.20 ± 0.01 ^b	17.73 ± 0.55 ^c	1.87 ± 0.01 ^a
椪柑	21.17 ± 0.04 ^b	0.59 ± 0.07 ^a	22.92 ± 0.98 ^b	1.02 ± 0.02 ^c
显著性	0	0	0	0

表 4 所示为测定 7 种主要酚酸组分的含量,阿魏酸是含量最高的酚酸组分,咖啡酸、芥子酸、没食子酸、对香豆酸次之,原儿茶酸和对羟基苯甲酸含量最低,与张元梅^[13]的研究结果基本一致。其中,3 种宽皮柑橘的对羟基苯甲酸、咖啡酸、对香豆酸和阿魏酸差异极显著($P < 0.01$),没食子酸含量差异显著($P < 0.05$),原儿茶酸和芥子酸含量差异不显著($P > 0.05$)。温州蜜柑的没食子酸、原儿茶酸、对羟基苯甲酸、对香豆酸、阿魏酸和芥子酸含量均高于其他 2 种宽皮柑橘,椪柑的咖啡酸含量最高,将近南丰蜜桔含量的 6 倍,南丰蜜桔各酚酸组分含量除了原儿茶酸和阿魏酸,均低于温州蜜柑和椪柑。

皮苷是含量最高的类黄酮组分,芸香柚皮苷次之,含

量最低的是柚皮苷和新橙皮苷,与赵梓燕^[4]的研究结果基本一致。其中3种宽皮柑橘的芸香柚皮苷和新橙皮苷含量之间差异极显著($P < 0.01$),柚皮苷、橙皮苷和川皮陈素含量之间差异显著($P < 0.05$)。除了川皮陈素,其他4种类黄酮组分在温州蜜柑中含量均为最高,川皮陈素在椪柑中含量最高,南丰蜜桔的芸香柚皮苷、橙皮苷和川皮陈素含量均低于温州蜜柑和椪柑,并且含量差别极大。

表5 三种宽皮柑橘类黄酮比较

Table 5 Comparison of flavonoids of three Mandarin (*Citrus reticulata*)

品种	芸香柚皮苷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	柚皮苷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	橙皮苷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	新橙皮苷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	川皮陈素/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
温州蜜柑	8.95 ± 1.81 ^a	0.81 ± 0.07 ^a	16.12 ± 0.75 ^a	1.26 ± 0.01 ^a	2.09 ± 0.44 ^b
南丰蜜桔	4.15 ± 0.21 ^b	0.55 ± 0.08 ^b	7.69 ± 0.32 ^b	0.52 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.17 ^b
椪柑	8.20 ± 0.84 ^a	0.49 ± 0.02 ^b	14.39 ± 1.82 ^a	0.41 ± 0.01 ^c	3.37 ± 0.43 ^a
显著性	0	0.032	0.01	0	0.018

2.4 三种宽皮柑橘香气物质比较

香气是衡量果实品质好坏的重要指标,新鲜柑橘的挥发性香气物质种类繁多,不同物质混合在一起,相互作用影响,共同赋予柑橘果汁清新、独特、舒适的气味^[5]。利用GC-MS在3种宽皮柑橘中共检测到49种香气物质,其中在温州蜜柑、南丰蜜桔和椪柑中分别检测到27、30和28种(表6),3种宽皮柑橘中共测得香气物质总含量分别为441.61、281.37和673.74 $\mu\text{g}/\text{g}$ 。椪柑的香气物质总含量最高,温州蜜柑次之,南丰蜜桔最低。在3种宽皮柑橘中所有香气物质中,烯炔类物质含量均为最高,其次为醇类和酯类物质。温州蜜柑的醛类和酯类物质含量均高于其他2种宽皮柑橘,南丰蜜桔的酮类和酚类物质含量要高于温州蜜柑和椪柑,而醇类和烯炔类在椪柑中的含量最高。

表6 三种宽皮柑橘香气物质含量比较

Table 6 Comparison of aroma substances in three Mandarin (*Citrus reticulata*)

香气物质分类	温州蜜柑/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	南丰蜜桔/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	椪柑/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
醇类	18.47	23.5	42.44
醛类	2.36	0.27	0.23
酮类	0.14	1.11	0.88
酯类	26.04	25.03	23.6
烯炔	392.97	229.32	604.17
酚类	0.89	1.86	1.77
其他	0.74	0.29	0.65
总计	441.61	281.37	673.74

含量高的香气物质其香气强度不一定高,如含量高的柠檬烯对整体香气贡献程度并不高,利用香气值(odor activity value, OAV)可以较准确的判定香气强度。OAV > 1的香气物质称为特征香气物质,也叫做香气活性物质, OAV值越高,香气强度越大,对整体香气的贡献程度也就越大。查阅相关文献^[15-18]得到香气物质的香气阈值,结合GC-MS的定量结果,计算所得OAV值。表7所示为3种宽皮柑橘中OAV > 1的香气物质。由表7可以看出,3种宽皮柑橘中OAV > 1的香气物质总共27种,醇类、醛类、酮类、酯类、萜烯类和酚类分别有8、3、3、1、10和2种,其中OAV值较高的香气物质有芳樟醇、 β -紫罗兰酮、异松油烯和柠檬烯等。椪柑包含最多的特征香气物质,为21种,其次为温州蜜柑,包含19种,南丰蜜桔最少,为17种。

表7 三种宽皮柑橘中OAV > 1的香气物质

Table 7 Aroma substances of OAV > 1 in three Mandarin (*Citrus reticulata*)

特征香气物质	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	OAV		
		温州蜜柑	南丰蜜桔	椪柑
芳樟醇	0.03	234.9	121.32	616.33
α -松油醇	0.33	11.62	47.62	17.83
香茅醇	0.04	31.53	8.61	113.73
正辛醇	0.11	5.15	—	20.49
2-甲基-5-(1-甲基乙炔基)- 2-环己烯-1-醇	0.1	7.62	—	1.74
橙花醇	0.3	5.31	—	2.76
香叶醇	0.01	—	—	16.6
叶醇	0.07	7.4	—	—
反式-2-己烯醛	0.02	93.61	—	—
癸醛	0.03	5.64	9.08	7.68
紫苏醛	0.06	9.64	—	—
香芹酮	0.25	0.57	0.92	1.38
香叶基丙酮	0.06	—	8.72	8.95
β -紫罗兰酮	0.001	—	35 723	—
3,7-二甲基-6- 辛烯醇丁酸酯	0.02	—	—	35.67
α -蒎烯	0.19	8.15	6.36	20.37
月桂烯	0.67	19.49	10.86	32.92
柠檬烯	1.2	271.3	157.25	419.25
γ -松油烯	0.26	151	92.24	238.1
异松油烯	0.04	94.72	50.59	152.13
巴伦西亚橘烯	10.5	0.52	0.02	0.06
β -石竹烯	0.06	19.3	—	—
水芹烯	0.5	—	1.16	2.9
别罗勒烯	0.03	—	—	5.2
对伞花烃	0.01	—	366.96	—
2,5-二叔丁基酚	0.5	1.78	1.82	2.27
百里酚	0.1	—	9.47	6.31

注“-”表示无。

2.5 三种宽皮柑橘品质的主成分分析

本研究以宽皮柑橘样品及理化指标作为分析对象,采用主成分分析法对3种宽皮柑橘样品的11个重要理化指标进行分析。 $F1$ 主成分的贡献率为63.61%, $F2$ 主成分的贡献率为36.38%,2个主成分的累计贡献率已经达到100%,表明 $F1$ 、 $F2$ 两个主成分解释了原品质特征变量100%的方差信息。主成分1主要携带的是pH、可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖、柠檬苦素、抗坏血酸、总类胡萝卜素的信息,主成分2主要携带的是总酚、 L^* 、 a^* 、 b^* 的信息。

11个重要理化指标在2个主成分的载荷图见图1。可溶性糖、可溶性固形物、抗坏血酸和 b^* 分布在第一象限,说明它们对主成分1和主成分2有较大影响。可滴定酸、总酚、分布在第二象限,说明它们与主成分2呈正相关。柠檬苦素位于第3象限,说明对主成分1和主成分2影响较小。pH和总类胡萝卜素位于第四象限,说明它们与主成分1相关性较大。主成分1和主成分2对三种宽皮柑橘区分明显,温州蜜柑与总酚、 L^* 及 a^* 相关性显著,南丰蜜桔与pH、总类胡萝卜素相关性显著,椪柑位于第三象限,与柠檬苦素有较大的相关性。

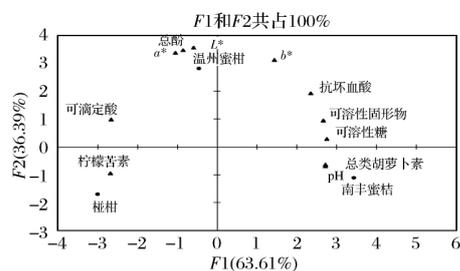


图1 主成分载荷图

Fig. 1 Principal component load diagram

3 结论

3种宽皮柑橘的理化指标存在显著差异,温州蜜柑的总酚含量、 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值及5种酚酸组分(没食子酸、原儿茶酸、对羟基苯甲酸、阿魏酸、芥子酸)和4种类黄酮组分(芸香柚皮苷、柚皮苷、橙皮苷、新橙皮苷)均为最高,南丰蜜桔的pH、可溶性固形物、可溶性糖含量、抗坏血酸、总类胡萝卜素含量均为最高,但可滴定酸、柠檬苦素、总酚含量、 L^* 值、 a^* 值、6种酚酸组分、3种类黄酮组分及香气物质总含量最低,椪柑的可滴定酸、柠檬苦素、咖啡酸、川皮陈素含量计香气物质总含量均为最高,但可溶性固形物、

抗坏血酸、总类胡萝卜素、 b^* 显著低于其他2个品种。

南丰蜜桔特征表现为高糖低酸,椪柑则为高酸低糖,而温州蜜柑的色泽特征最好。温州蜜柑和南丰蜜桔的各活性成分含量均要高于椪柑,即包含更多的营养成分。椪柑的柠檬苦素含量显著高于其他2个品种,表现为苦味严重,而南丰蜜桔几乎不表现苦味特征。椪柑的风味品质最好,南丰蜜桔最差。3种宽皮柑橘的感官性状与李申^[19]、李楠楠^[20]和张震^[21]的实验结果基本一致。主成分分析根据其特征表现可以将3个宽皮柑橘有效区分开来,并得出温州蜜柑更适合制汁。综上,本实验研究3种宽皮柑橘的品质特性,分析其制汁适应性,为宽皮柑橘制汁提供理论参考,对柑橘产业发展具有重要的现实意义,还可以有效缓解宽皮柑橘产量过多,市场供过于求的现状。

参 考 文 献

- [1] 周志钦. 柑桔分类研究进展—文献综述 [J]. 园艺学报, 1993, 20 (3) : 243 - 250.
- [2] USDA. Citrus: World markets and trade [EB/OL]. [2018-3-46]. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>
- [3] 沈兆敏. 世界柑橘生产的变化及对我国柑橘发展的启示 [J]. 果农之友, 2018, 196 (9) : 5 - 8.
- [4] CAI Y, LUO Q, SUN M, et al. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer [J]. Life Sciences, 2004, 74 (17) : 2 157 - 2 184.
- [5] 迟淼. 橙汁在加工贮藏过程中色泽稳定性研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [6] 李一兵, 龚桂芝, 彭祝春, 等. 不同甜橙品种果汁中柠檬苦素含量的变化 [J]. 食品与发酵工业, 2017, 43 (2) : 201 - 205.
- [7] MATTLA P, HELLSTROM J. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2007, 20 (3 - 4) : 152 - 160.
- [8] AGCAM E, AKYILDIZ A, AKDEMIR G. Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields (PEF) and conventional thermal pasteurisation [J]. Food Chemistry, 2014, 143 (15) , 354 - 361.
- [9] 郑洁, 江东, 张耀海, 等. 我国主要金柑品种果皮中挥发性成分比较 [J]. 食品科学, 2015, 36 (6) : 145 - 150.
- [10] SELLAMI I, MALL V, SCHIEBERLE P. Changes in the key odorants and aroma profiles of hamlin and valencia orange juices not from concentrate (NFC) during chilled

- storage [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66 (28) : 7 428 – 7 440.
- [11] XIAO Z, WU Q, NIU Y, et al. Characterization of the key aroma compounds in five varieties of mandarins by gas chromatography-olfactometry, odor active values, aroma recombination, and omission analysis [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65 (38) : 8 392 – 8 401.
- [12] 沈勇根, 朱凤妮, 卢剑青, 等. 宽皮柑橘品质特性及加工适应性研究进展 [J]. 江西农业大学学报, 2017, 39 (4) : 669 – 677.
- [13] 张元梅. 中国野生宽皮柑橘酚类物质的检测及其抗氧化活性研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [14] 赵梓燕. 柑橘果实多甲氧基黄酮的提取、富集与分离纯化方法研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [15] 陈婷婷. 柑橘果实香气活性物质的确定及香气品质评价模型的建立 [D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [16] FENG S, SUH J H, GMITTER F G, et al. Differentiation between the flavors of sweet orange (*Citrus sinensis*) and mandarin (*Citrus reticulata*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66 (1) : 203 – 211.
- [17] GEMERT L J V. Odor Threshold Complications of Odor Threshold Values in Air, Water and Other Media [M]. The Netherlands: Oliemans Punter, Partners BV, 2003.
- [18] 吴曲阳. 不同品种宽皮柑橘果汁特征香气成分研究 [D]. 上海: 上海应用技术大学, 2017.
- [19] 李申. 低频超声处理对鲜榨温州蜜柑汁杀菌效果、加工品质及贮藏特性的影响 [D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- [20] 李楠楠. 高压脉冲电场技术对鲜榨椪柑汁的杀菌效果及品质影响的研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [21] 张震. 宽皮橘汁加工、复配及其贮藏特性的研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2019.

Evaluation of juice-making quality of three main Chinese Mandarin (*Citrus reticulata*) varieties

CHENG Chuanxiang, WANG Pengxu, JIA Meng, GUI Yao, MA Yaqin*

(Citrus Research Institute, Southwest University, National Citrus Engineering Research Center, Chongqing 400712, China)

ABSTRACT This paper studies the juice-making quality of three main mandarin cultivars and evaluates their juice-making characteristics. The main physical and chemical indexes, nutritional components and aroma substances of three kinds of mandarin were determined, and the principal component analysis was used to compare and distinguish them. Nanfeng mandarin was characterized by high sugar and low acidity, while Ponkan was characterized by high acidity and low sugar. The optical properties L^* , a^* and b^* of Satsuma orange were 2.54 – 6.06 higher than those of the other two varieties, and the color attributes of Satsuma orange were the best. The content of active ingredients in Satsuma orange and Nanfeng mandarin was higher than that in Ponkan, and the highest content of total phenols in Satsuma orange was 43.78 mg/100 mL. The content of Limonin in Ponkan was 0.59 mg/L, which was significantly higher than that of the other two varieties, showing harsh bitterness, while Nanfeng mandarin showed almost no bitterness. Ponkan had the best flavor quality with the total content of aroma substances reaching 673.74 $\mu\text{g/g}$, while Nanfeng mandarin had the least flavor quality in which the content of aroma substances was only 281.37 $\mu\text{g/g}$. The juice-making characteristics of Satsuma orange are the best, but other factors such as climate and soil conditions also have significant effects on the quality of citrus juice.

Key words Mandarin (*Citrus reticulata*); juice-making quality; principal component analysis; Satsuma orange; Nanfeng mandarin; Ponkan