

# 锦橙果实发育进程香气成分及品质特性分析

唐会周<sup>1,2</sup>, 曾凯芳<sup>1,3,\*</sup>, 明建<sup>1,3</sup>, 李紫云<sup>1</sup>

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.贵阳医学院公共卫生学院, 贵州 贵阳 550004;

3.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

**摘要:**以固相微萃取技术为香气富集方法, 采用气相色谱-质谱联用分析锦橙果实发育过程中香气成分的变化, 同时测定果实品质指标的变化。结果显示: 在锦橙果实发育中共检测出76种香气成分, 随着成熟度的增加, 在5个取样阶段果实中分别检出香气成分40、41、36、38、39种, 分属于醛类、醇类、酯类和萜烯类等, 其中醛类相对含量和种类数量先上升后下降, 酯类相对含量和种类数量呈上升趋势。随着果实发育, 可溶性固形物、VC和还原糖含量指标均呈上升趋势, 可滴定酸含量呈先下降后上升趋势。

**关键词:**锦橙; 香气成分; 品质指标; 果实发育

## Analysis of Aroma Components and Quality Characteristics of Jincheng Orange Fruits during Growth and Development

TANG Hui-zhou<sup>1,2</sup>, ZENG Kai-fang<sup>1,3,\*</sup>, MING Jian<sup>1,3</sup>, LI Zi-yun<sup>1</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Public Health, Guiyang Medical University, Guiyang 550004, China;

3. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** In this study, the quality and aroma components of Jincheng oranges during the periods of growth and development were evaluated by solid-phase micro-extraction (SPME) coupled to GC-MS. The results showed that 76 aroma volatile compounds were identified during the growth and development periods. Meanwhile, 40, 41, 36, 38 and 39 aroma volatile compounds were detected during five development periods, respectively, which were aldehydes, alcohols, esters and terpenes. The relative contents and number of aldehydes increased at first and then decreased. In contrast, esters kept an increasing trend during the whole development process. The contents of soluble solids, vitamin C and reducing sugar exhibited an increasing trend during the period of development although titratable acid showed an initial decrease followed by an increase.

**Key words:** Jincheng orange; aroma component; quality parameters; fruit development

中图分类号: TS255.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)08-0260-05

锦橙(*Citrus sinensis* Linn. Osbeck cv. Jincheng)是既可鲜食, 也可加工果汁的优良甜橙品种, 目前三峡库区柑橘加工中熟品种90%以上为锦橙<sup>[1]</sup>。水果品质与香气成分的形成主要是发生在发育过程中, 品质与香气成分是影响柑橘加工、鲜食特性的重要因素, 香气成分的综合效果能客观的反映不同果实的风味特点和成熟程度, 也与人类健康和营养密切相关。随着消费者对果实品质要求的提高, 香气成分研究日益受到重视<sup>[2]</sup>。有关柑橘类水果香气成分的报道较多, 主要是关于果汁贮藏、加工过程中产生异味以及异味物质种类方面<sup>[3-7]</sup>, 也

有部分关于柑橘留树保鲜或者延迟采收香气成分变化的报道<sup>[8-9]</sup>。目前, 已经有柑橘发育进程中有机酸代谢<sup>[10]</sup>、糖代谢<sup>[11]</sup>、营养元素<sup>[12]</sup>、类黄酮<sup>[13]</sup>和细胞壁物质<sup>[14]</sup>变化

情况的报道, 其他水果如越橘<sup>[15]</sup>、苹果<sup>[16-17]</sup>发育进程中香气组分的变化也有报道, 但有关于柑橘发育进程中香气成分和品质变化的研究报道较少<sup>[18]</sup>。了解锦橙生长发育期间可溶性固形物、总酸、VC变化以及香气成分差异对选择加工品种、采摘时间以及改善生产工艺促进消费具有重要意义。本实验测定了重庆市北碚区特有

收稿日期: 2011-05-09

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31071618)

作者简介: 唐会周(1986—), 男, 助教, 硕士, 主要从事食品营养与卫生研究。E-mail: shcjthz@163.com

\*通信作者: 曾凯芳(1972—), 女, 教授, 博士, 主要从事食品贮藏研究。E-mail: zengkaifang@163.com

锦橙品种“447”果实10~12月转色期间品质特性与香气成分变化,考察品种的生长特性,旨在初步探明供试品种发育期间可溶性固形物、总酸、VC含量和成熟后香气成分的变化及差异,为确定品种品质特性,改进不同产品加工工艺和选择合适采收期提供参考数据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 植物材料

实验于2010年10月至12月在西南大学食品科学学院实验室进行,供试锦橙品种为447#锦橙(*Citrus sinensis* Linn. Osbeck cv. Jincheng 447#),实验样品采自重庆市北碚区歇马镇小磨滩一果园5年生的锦橙植株,采样选择树势和结果基本一致的植株,自10月11日(膨大期已过)至12月6日,每隔1周采集1次,每次在树冠中部外围采摘长势良好的20个果实,记录果皮颜色变化情况,并立即带回实验室进行处理及分析。本实验共采集9个阶段锦橙生长期果实进行品质测定,选择5次用于香气成分测定,分别是第1、3、5、7、9个阶段。采样期间锦橙果实颜色变化如下,以转黄率计,第1和第2次取样为0%,第3次取样5%~10%,第4次取样40%~60%,第5次取样≥80%,第6次取样≥95%,第7、8、9次取样为100%。

### 1.2 仪器与设备

2010气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)仪、DB-FFAP弹性石英毛细管柱(30m × 0.25mm, 0.25 μm) 日本岛津公司;固相萃取(solid-phase microextraction, SPME)装置、DVB/CAR/PDMS 50/30 μm(二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷)萃取头 美国Supelco公司;手持式折光仪、紫外可见分光光度计等。

### 1.3 普通品质指标测定方法

可溶性固形物:参照GB/T12295—90《蔬菜制品可溶性固形物含量的测定》<sup>[19]</sup>;VC:参照GB/T6195—86《水果、蔬菜VC含量测定》<sup>[20]</sup>;总酸:参照SB/T10203—1994《果汁通用试验方法》<sup>[21]</sup>。

### 1.4 香气成分测定

#### 1.4.1 SPME条件

称取5g待测待测样品,研磨均匀,转移至15mL顶空瓶中,加入磁力搅拌子,使用DVB/CAR/PDMS 50/30 μm萃取头、固相萃取装置(在40℃条件下顶空吸附50min后,将萃取头插入GC进样口),解吸5min。

#### 1.4.2 色谱条件

DB-FFAP石英毛细管柱(30m × 0.25mm, 0.25 μm);载气:氦气(He);进样口温度:230℃,无分流进样。升温程序:起始温度40℃保持2min,以4℃/min升至

80℃保持0min,再以10℃/min升至240℃,保持5min。

#### 1.4.3 质谱条件

接口温度230℃,离子源温度230℃,四极杆温度150℃;离子化方式:EI;电子能量70eV;质量扫描范围35~350 m/z。

#### 1.4.4 数据分析

运用计算机检索并与图谱库(NIST05)的标准质谱图对照,确认香气物质的各个化学成分,按峰面积归一化法算出样品中各个组分的相对含量。

### 1.5 统计及制图

Excel 2003统计分析所有数据,计算标准误。应用SPSS 15.0软件对数据进行方差分析(ANOVA),利用最小显著差数法(least significant difference, LSD)较对差异进行显著性分析,同一指标不同字母表示差异显著( $P < 0.01$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 普通品质分析

本实验测定锦橙果实发育期间的还原糖、VC、可溶性固形物、可滴定酸4种品质指标,结果见表1。由表1可知,除由取样1至取样2有一定下降外,果实发育期间还原糖含量呈上升趋势,根据上升幅度将取样3至取样9可以分为3个阶段,取样3、4、5为一个阶段,取样6、7为一个阶段,取样8、9又为一个阶段( $P < 0.01$ )。

表1 果实发育期间的品质指标

Table 1 Changes in quality parameters during the development of Jincheng orange

取样第次	还原糖/%	VC/(mg/100g)	可溶性固形物/%	可滴定酸/%
1	0.273 ± 0.004 <sup>B</sup>	37.41 ± 0.70 <sup>A</sup>	8.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	1.60 ± 0.01 <sup>D</sup>
2	0.254 ± 0.004 <sup>A</sup>	41.71 ± 0.14 <sup>C</sup>	7.9 ± 0.2 <sup>A</sup>	1.18 ± 0.01 <sup>B</sup>
3	0.314 ± 0.005 <sup>C</sup>	41.19 ± 0.23 <sup>C</sup>	8.0 ± 0.2 <sup>A</sup>	1.19 ± 0.04 <sup>B</sup>
4	0.312 ± 0.005 <sup>C</sup>	39.50 ± 0.41 <sup>B</sup>	8.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	1.17 ± 0.01 <sup>B</sup>
5	0.305 ± 0.004 <sup>C</sup>	44.80 ± 0.24 <sup>D</sup>	7.9 ± 0.2 <sup>A</sup>	1.17 ± 0.01 <sup>B</sup>
6	0.329 ± 0.003 <sup>D</sup>	44.19 ± 0.23 <sup>D</sup>	8.5 ± 0.3 <sup>B</sup>	1.27 ± 0.02 <sup>C</sup>
7	0.333 ± 0.001 <sup>D</sup>	48.24 ± 0.37 <sup>E</sup>	8.9 ± 0.2 <sup>C</sup>	0.96 ± 0.04 <sup>A</sup>
8	0.354 ± 0.005 <sup>E</sup>	51.89 ± 0.49 <sup>F</sup>	10.0 ± 0.1 <sup>D</sup>	0.98 ± 0.01 <sup>A</sup>
9	0.355 ± 0.005 <sup>E</sup>	53.82 ± 0.46 <sup>G</sup>	10.0 ± 0.2 <sup>D</sup>	1.31 ± 0.01 <sup>C</sup>

注:表中数据为平行测定3次的结果,表示方法为平均值±标准差,同一列字母不同代表差异显著( $P < 0.01$ )。

锦橙果实发育期间的VC含量变化趋势与还原糖一样,都是总体呈上升趋势,但上升幅度较还原糖要大,且取样3至取样4出现了一个下降的转折,在第9次取样时VC含量最大,为53.83mg/100g。随着成熟度的增加,锦橙果实可溶性固形物呈上升趋势,根据显著性关系( $P < 0.01$ )可分为4个阶段,第一个阶段从第1次取

样至第5次取样,第5、6次取样分别为一个阶段,第8、9次取样合为一个阶段,从第6次取样可溶性固形物开始出现上升的趋势。可滴定酸的变化趋势与其他指标不一致,总体呈先下降后上升的趋势,第1次取样时为1.60%,在第7次取样时为0.96%,且和第8次取样差异不显著( $P < 0.01$ ),至第9次取样时又上升至1.31%。

## 2.2 果实发育进程中的香气成分分析

5个生长期锦橙果实香气组分经计算机质谱检索确认其香气成分,运用峰面积归一化法,求得其相对含量见表2。5个生长期共有76种香气成分被检出,分为7大类,包括18种醇类、11种醛类、1种酮类、9种酯类、22种单萜、16种倍半萜和9种其他类(表2)。

从第1、3、5、7、9次采样果实中分别检出香气成分40、41、36、38、39种,5个样品中共有的香气成分13种,分别是D-柠檬烯、(Z)-3-己烯醇、芳樟醇、1-辛醇、己醛、辛醛、正癸醛、反式-柠檬醛、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -月桂烯、 $\beta$ -水芹烯、4-萜烯和4,7-二甲基-1-异丙基-(1,2,4a,5,8,8a)-六氢萜。在5次采样中,D-柠檬烯的相对含量都是最高,分别为89.73%、89.39%、89.5%、88.66%和86.62%。其他相对含量较

表2 锦橙果实发育进程香气成分  
Table 2 Aroma components of Jincheng orange at different stages of development

类别	编号	名称	取样第次				
			1	3	5	7	9
醇类	1	(Z)-3-己烯醇	0.06	0.09	0.09	0.06	0.68
	2	芳樟醇	1.07	0.88	1.06	1.05	1.00
	3	1-辛醇	0.23	0.13	0.11	0.24	0.11
	4	4-香芹草孟烯醇	0.06	0.04	0.03	0.04	—
	5	马鞭草烯醇	0.01	—	—	—	—
	6	癸醇	0.02	—	—	—	—
	7	$\alpha$ -蒎品醇	0.10	0.09	0.07	0.12	—
	8	1-癸醇	0.02	0.01	—	—	—
	9	$\beta$ -香茅醇	0.03	—	—	—	—
	10	香橙醇	0.17	—	—	—	—
	11	十二醇	0.03	—	—	—	—
	12	雪松醇	0.01	0.01	—	—	—
	13	香叶醇	—	0.09	0.02	0.18	—
	14	乙醇	—	—	0.22	0.29	0.25
	15	(Z)-2-己烯醇	—	—	—	0.12	0.23
	16	香茅醇	—	—	—	0.02	0.02
	17	香橙醇	—	—	—	—	0.05
	18	己醇	—	—	0.08	—	—
	合计	1.81	1.34	1.68	2.12	2.34	
醛类	19	己醛	0.04	0.18	0.21	0.2	0.26
	20	辛醛	0.08	0.08	0.16	0.09	0.04
	21	正癸醛	0.35	0.26	0.15	0.15	0.2
	22	反式-柠檬醛	0.12	0.08	0.13	0.08	0.09
	23	肉豆蔻醛	0.05	—	—	—	—
	24	(Z)-3-己烯醛	—	0.05	—	—	—
	25	(E)-2-己烯醛	—	0.1	—	—	—
	26	壬醛	—	0.06	0.04	—	—
	27	(E)-2-壬烯醛	—	0.02	—	—	—
	28	香茅醛	—	0.10	—	0.16	—

续表2

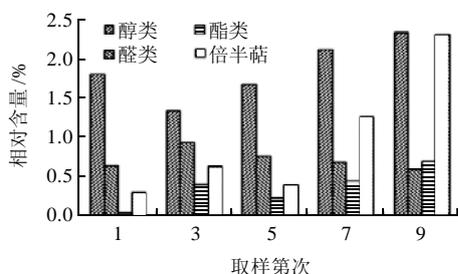
类别	编号	名称	取样第次				
			1	3	5	7	9
酮类	29	乙醛	—	—	0.07	—	—
		合计	0.64	0.93	0.76	0.68	0.59
	30	环己酮	—	—	0.06	—	—
		合计	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
	31	橙花醇乙酸酯	0.02	0.05	—	0.03	0.08
酯类	32	乙酸香叶醇酯	0.02	0.03	—	0.04	0.02
	33	乙酸辛酯	—	0.24	0.09	0.22	0.20
	34	香茅醇乙酸酯	—	0.05	0.02	0.06	0.05
	35	甲酸香茅酯	—	0.03	—	—	—
	36	丁酸乙酯	—	—	0.07	0.10	0.17
	37	己酸乙酯	—	—	0.02	—	0.11
	38	甲酸辛酯	—	—	0.03	—	0.04
	39	辛酸乙酯	—	—	—	—	0.03
		合计	0.04	0.40	0.23	0.45	0.70
单萜	40	$\alpha$ -蒎烯	0.53	0.47	0.53	0.47	0.51
	41	$\beta$ -蒎品烯	0.03	—	—	—	0.06
	42	3-萜烯	0.24	0.09	0.08	0.03	—
	43	$\alpha$ -水芹烯	0.07	0.08	0.05	—	—
	44	$\beta$ -月桂烯	4.28	4.03	3.62	4.05	3.32
	45	D-柠檬烯	89.73	89.39	89.50	88.66	86.62
	46	$\beta$ -水芹烯	1.11	1.21	1.73	1.23	1.23
	47	$\gamma$ -蒎品烯	0.08	0.05	0.07	0.13	—
	48	4-萜烯	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04
	49	$\beta$ -侧柏烯	—	0.03	0.04	0.03	0.04
	50	$\alpha$ -侧柏烯	—	—	0.04	—	—
	51	$\beta$ -蒎烯	—	—	—	0.11	—
		合计	96.18	95.41	95.71	94.76	91.82
	52	反式- $\beta$ -罗勒烯	0.02	—	—	—	—
	53	顺式- $\beta$ -罗勒烯	0.05	0.03	—	0.04	—
	54	胡椒烯	0.03	—	—	0.11	0.02
55	吉马烯D	0.03	—	0.02	—	0.05	
倍半萜	56	7-甲基-4-亚甲基-1-异丙基-(1,2,3,4,4a,5,6,8a)-八氢萜	0.02	0.05	—	0.13	0.16
	57	石竹烯	0.04	0.06	—	0.07	0.11
	58	$\alpha$ -蛇麻烯	0.01	—	—	—	—
	59	$\alpha$ -法呢烯	0.01	—	—	—	—
	60	4,7-二甲基-1-异丙基-(1,2,4a,5,8,8a)-六氢萜	0.09	0.12	0.07	0.15	0.25
	61	$\alpha$ -石竹烯	—	0.02	—	0.02	—
	62	1,8a-二甲基-7-异丙基-1,2,3,5,6,7,8,8a-八氢萜	—	0.34	0.30	0.72	1.54
	63	$\alpha$ -衣兰油烯	—	0.01	—	—	0.02
	64	$\gamma$ -榄香烯	—	—	—	0.02	—
	65	$\beta$ -人参烯	—	—	—	—	0.03
其他	66	怡米烯	—	—	—	—	0.02
	67	紫穗槐烯	—	—	—	—	0.12
		合计	0.30	0.63	0.39	1.26	2.32
	68	二氢茛	0.01	—	—	—	—
	69	1,1,1-三甲基-3-苯基茛满	0.35	0.33	0.41	—	—
	70	$\alpha$ -葎澄茄苦素	—	0.03	0.01	—	—
	71	蒹紫素	—	0.01	—	—	—
	72	1-甲基萜	—	—	0.01	—	—
	73	氧化柠檬烯	—	—	—	0.05	0.39
	74	1,1,1-三甲基-3-苯基-2,3-二氢茛满	—	—	—	0.22	0.46
75	$\alpha$ -蒎烯氧化物	—	—	—	—	0.01	
76	1,6-二甲基-1,5-二环辛二烯	0.09	—	—	—	—	

注：“—”未检出。

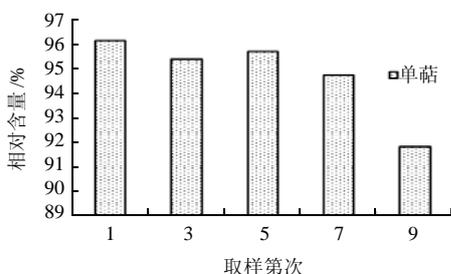
高的有  $\beta$ -月桂烯、 $\beta$ -水芹烯、芳樟醇和  $\alpha$ -蒎烯等。

### 2.3 果实发育进程中香气组分的变化

447 锦橙香气物质有 76 种，主要成分为醇类、醛类、酯类等。在果实发育不同阶段，各香气成分所占比例与种类变化很大。



A. 锦橙 447 果实醇类、醛类、酯类和倍半萜类香气成分的变化趋势



B. 锦橙 447 果实单萜类香气成分的变化趋势

图 1 不同发育时期锦橙果实香气成分含量

Fig.1 Aroma components and their relative contents in Jincheng orange at different stages of development

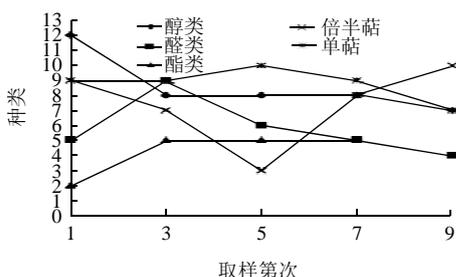


图 2 不同发育时期锦橙果实香气成分种类数量

Fig.2 Changes in group composition of aroma components in Jincheng orange at different stages of development

#### 2.3.1 醇类变化

由图 2 可知，随着成熟度的增加，醇类物质的种类总体在减少，第 1 次取样时种类最多有 12 种，在第 3 和第 5 次取样时降至 8 种，第 9 次取样时最低并只有 7 种；锦橙发育期间不仅醇类种类数量差异较大，而且类别差异也较大，只有芳樟醇、(Z)-3-己烯醇和 1-辛醇存

在于整个发育进程，马鞭草烯醇、癸醇、 $\beta$ -香茅醇、香橙醇、十二醇在第 1 次取样时检出后再也未检出，乙醇在第 5 次取样后被检出，(Z)-2-己烯醇和香茅醇在第 7 次取样后被检出， $\alpha$ -蒎品醇除第 9 次取样外存在于整个发育期(表 2)。锦橙果实发育期间醇类香气成分相对含量变化如图 1A 所示，其出现先下降后增加的趋势，最低点出现在第 3 次取样。

#### 2.3.2 醛类的变化

果实发育进程中醛类种类数量变化如图 2 所示，醛类物质种类数量出现先增后减的趋势，第 1 次采样有 5 种、第 3 次有 9 种最多，从第 3 次之后种类逐渐降低，至第 9 次时只有 4 种，其相对含量变化见图 1A，趋势与种类变化趋势完全一致。己醛、辛醛、正癸醛和反式-柠檬醛存在于锦橙果实整个发育进程中，第 3 次取样时醛类种类最多，是(Z)-3-己烯醛和(E)-2-己烯醛这两种 C<sub>6</sub> 烯醛，以及(E)-2-壬烯醛这种 C<sub>8</sub> 烯醛，它们都是低碳醛类。

#### 2.3.3 酯类的变化

锦橙果实发育进程中酯类物质即有橙花醇乙酸酯、乙酸香叶醇酯、香茅醇乙酸酯这些萜烯类氧化物酯类，也有乙酸辛酯、丁酸乙酯等这些低碳酸酯类，并且它们的相对含量均较低，都在 1% 以下。如图 2 所示，随着果实成熟度增加，酯类物质的种类整体呈上升趋势；第 1 次取样时只有 2 种，3、5、7 次取样时有 5 种，但是种类不一样，然后在第 9 次取样时又增加到 8 种。其相对含量总体也是呈上升趋势，但在第 3 次至第 5 次时出现了短暂下降的现象。

#### 2.3.4 萜烯类的变化

锦橙果实中的萜烯类物质由单萜和倍半萜组成，同时萜烯类物质也是锦橙香气成分含量最多的一类物质，本实验也从单萜和倍半萜两个角度考察了果实发育进程中香气成分的变化。萜烯类物质中又属单萜含量最高，且单萜中含量最高的则是柠檬烯，在第 1、3、5、7、9 次取样中相对含量分别是 89.73%、89.39%、89.50%、88.66%、86.62%(表 2)，变化幅度较小。除柠檬烯外，本次试验中还有  $\beta$ -月桂烯和  $\beta$ -水芹烯等被检出。

锦橙果实发育进程中单萜种类变化如图 2 所示，由图 2 可知，随着果实发育，单萜类物质种类数量变化不大，其中数量最多的出现在第 5 次取样(10 种)，最少的出现在第 9 次取样(7 种)，其他发育进程期都有 9 种香气成分。果实发育期间单萜的相对含量变化见图 1B，单萜相对含量都维持在 90% 以上，变化幅度较小，总体趋势是成熟度的增加其相对含量降低。

尽管倍半萜含量在果实香气成分中所占比例不高(0.3%~2.32%)，但其在果实发育进程中变化程度较大。从第 1 次取样到第 9 次取样，其相对含量增长了 6 倍多，

除第3次取样相对含量比第5次高外,倍半萜相对含量的变化趋势皆为随着成熟度的增加相对含量上升。果实发育进程中倍半萜种类数量变化较大,这与单萜种类数量变化不同,发育期间,倍半萜种类数量呈先降低后增加的趋势,第5次取样时种类数量最少(3种),在第9次取样时种类数量最多(10种)。

### 3 讨论

#### 3.1 果实发育进程中可溶性固形物、总酸、VC和还原糖变化

柑橘中的可溶性固形物主要为糖类(果糖、蔗糖和葡萄糖),果实发育期间可溶性固形物和还原糖都呈增加趋势,并且都在12月6日取样时含量最高。可溶性固形物在第8、9次取样达到最大值(10.0%),较其他报道结果偏低<sup>[22]</sup>,可能与柑橘的品种和营养状况有关;在果实发育期间,其可滴定酸含量先降低后增加,在11月下旬时含量最低,这与其他关于锦橙果实留树期间可滴定酸含量一直降低的报道结果不一致<sup>[22]</sup>,其原因有待于进一步考查。酸性环境有利于保持VC的生物活性,VC是蔬菜水果中的一项非常重要的营养指标,VC含量虽然变化趋势有一定波动,但是波动较小,且总体呈上升趋势,陈克玲等<sup>[1]</sup>报道留树保鲜的变化规律不一致。

#### 3.2 果实发育期间香气成分变化

果实从未成熟无香气到成熟有香气的过程中,那些大量增加的挥发性物质对果实香气具有重要意义。在大多数的水果中,果实未成熟时以醛类和醇类为主,在成熟期转变为酯类<sup>[23]</sup>,然而在柑橘中,无论是未成熟还是成熟都是以萜烯类为主,萜烯类是柑橘最为主要的香气成分<sup>[24]</sup>,在447#锦橙果实发育进程中,醇类和醛类所占比例发展趋势相反,醇类总体上升、醛类总体下降,不仅比例下降,而且种类也大量下降,醛类物质种类最多的日期出现在10月25日;果实发育期间醇类虽然种类数量下降,但类别相对含量上升,由表2可知,醇类相对含量上升主要来自于乙醇的贡献。除在第5次取样检出环己酮外,整个发育期没有其他酮类检出。

### 4 结论

锦橙果实在生长期各指标变化显著,可溶性固形物、VC含量和还原糖含量指标均呈上升趋势,可滴定酸出现先下降后上升的趋势。据气相色谱-质谱分析结果显示,从锦橙447果实中共检测出76种香气成分,主要成分为醛类、醇类、酯类和萜烯类,在第1、3、5、7、9次取样第次果实中分别检出香气成分40、41、36、38、39种。

### 参考文献:

- [1] 陈克玲,刘建军,罗楠,等.脐橙挂树贮藏期间果实品质变化规律研究[J].西南农业学报,2005,18(6):810-813.
- [2] 张上隆,陈坤松.果实品质形成于调控的分子生理[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [3] PEREZ-CACHO P R, ROUSEFF R. Processing and storage effects on orange juice aroma: a review[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(21): 9785-9796.
- [4] PEREZ-CACHO P R, MAHATTANATAWEE K, SMOOT J M, et al. Identification of sulfur volatiles in canned orange juices lacking orange flavor[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(14): 5761-5767.
- [5] KUMAZAWA K, WADA Y, MASUDA H. Characterization of potent odorants in hand-squeezed and heat processed citrus juices[J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 2007, 54(6): 266-273.
- [6] PEREZ-LOPEZ A J, SAURA D, LORENTE J, et al. Limonene, linalool, alpha-terpineol, and terpinen-4-ol as quality control parameters in mandarin juice processing[J]. European Food Research and Technology, 2006, 222(3/4): 281-285.
- [7] PEREZ-LOPEZ A J, CARBONELL-BARRACHINA A A. Volatile odour components and sensory quality of fresh and processed mandarin juices [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(14): 2404-2411.
- [8] 张红艳,夏仁学,徐娟,等.‘伦晚脐橙’成熟果实及其留树保鲜果实的香气成分分析[J].植物生理学通讯,2010,46(2):181-184.
- [9] 乔羽.柑橘汁香气活性化合物的鉴定及其在加工和储藏中的变化[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [10] 龚荣高,吕秀兰,张光伦,等.脐橙果实发育过程中有机酸代谢相关酶的研究[J].四川农业大学学报,2006,24(4):402-404.
- [11] 王贵元,吴强盛,孙俊雄.红肉脐橙果实发育过程中主要糖含量的变化[J].长江大学学报:自然科学版(农学卷),2007,4(1):12-15.
- [12] 肖家欣,严翔,彭抒昂,等.赣南华盛顿脐橙果实发育中几种矿质营养含量动态的研究[J].中国生态农业学报,2008,16(1):134-138.
- [13] 黄仁华,陆云梅,夏仁学.组荷尔脐橙果实发育过程中类黄酮变化与体外抗氧化活性的关系[J].食品科学,2009,30(1):35-37.
- [14] 曾秀丽,张光伦,闵治平,等.脐橙果实发育过程中细胞壁物质及其水解酶活性的变化[J].现代农业科学,2008,15(8):6-11.
- [15] 魏海蓉,孙阳,李国田,等.高丛越橘“喜来”果实发育进程中香气成分的组成及其变化[J].吉林农业大学学报,2009,31(5):607-610,615.
- [16] 段亮亮,郭玉蓉,李锦运,等.秦冠、富士、澳洲青苹生长发育期间品质特性分析[J].食品科学,2010,31(3):69-73.
- [17] 王海波,陈学森,张春雨,等.两个早熟苹果品种不同成熟阶段果实香气成分的变化[J].园艺学报,2008,35(10):1419-1424.
- [18] 乔宇,范刚,程薇,等.锦橙果实发育过程中香气成分的变化[J].果树学报,2011,28(1):138-142.
- [19] GB/T12295—90水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定:折射仪法[S].
- [20] GB/T6195—86水果、蔬菜维生素C含量测定法:2,6-二氯酚滴定法[S].
- [21] SB/T10203—1994果汁通用试验方法[S].
- [22] 淳长品,彭良志,江才伦,等.锦橙果实留树贮藏期间理化性状的变化[J].中国南方果树,2004,33(6):22-24.
- [23] 赵光伟,徐志红,刘君璞,等.甜瓜芳香物质研究进展[J].中国瓜菜,2008(1):27-29.
- [24] OBENLAND D, COLLIN S, MACKEY B, et al. Determinants of flavor acceptability during the maturation of navel oranges[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 52(2): 156-163.