

肥城桃果实不同发育时期的香气组分及其变化

罗华^{1,2}, 李敏^{1,2}, 冯志文^{1,2}, 宋红日³, 张连忠^{1,2*}

(1.山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018; 2.作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018; 3.肥城市肥城桃研究所, 山东 泰安 271600)

摘 要: 以 21 年生 ‘白里’ 肥城桃为研究材料, 运用气-质联用技术(GC-MS), 对肥城桃果实绿熟期、白熟期和完熟期的香气组分及其含量变化进行研究。结果表明, 在果实中共检测到 63 种香气成分, 这些香气物质主要为醛类、醇类、酯类和内酯类化合物。醛类物质主要为 C₆ 醛类和芳香醛类化合物; 醇类物质主要为 C₆ 醇类和 C₅ 醇类化合物, 芳香醇类化合物含量极少, C₆ 醇类化合物含量随果实成熟逐渐降低。随果实的成熟, 酯类物质的含量迅速上升, 这主要是由乙酸乙酯含量增加所致。γ-己内酯、γ-庚内酯、δ-辛内酯仅在白熟期和完熟期能检测到。己醛、(Z)-3-己烯醛、(E,E)-2,4-己二烯醛、2-环己烯-1-醇是未成熟果实的特征香气成分; (E)-2-己烯醛、乙酸乙酯、γ-己内酯、γ-庚内酯、δ-辛内酯是成熟果实的特征香气成分。

关 键 词: 肥城桃; 发育时期; 香气; 气-质联用技术

中图分类号: S662.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)03-0276-06

Changes in aroma components during fruit development in Feicheng peach

LUO Hua^{1,2}, LI Min^{1,2}, FENG Zhi-wen^{1,2}, SONG Hong-ri³, ZHANG Lian-zhong^{1,2*}

(1.College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2.State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China; 3.Institute of Feicheng Peach Research, Tai'an, Shandong 271600, China)

Abstract: The 21-year-old Feicheng peach trees were chose to investigate the changes in aroma components of fruit at green ripe stage, white ripe stage and ripe stage by GC-MS. The results showed that a total of 63 compounds were identified from the sample extracts. Aldehydes, alcohols, esters and lactone were the major constituents. C₆ aldehydes and aromatic aldehydes were the main aldehydes in Feicheng peach fruit. The content of aromatic alcohols was low, and the relative contents of C₆ alcohols gradually increased as ripening proceeded. The relative contents of esters rapidly increased along ripening process mainly because of the ethyl acetate; lactones such as γ-caprolactone, γ-heptalactone and δ-octalactone were not detected in green ripe fruits, but detected in white ripe and ripe fruits; hexanal, (Z)-3-hexenal, (E,E)-2,4-hexadienal, 2-cyclohexen-1-ol were the characteristic aroma components in mature peach, (E)-2-hexenal, ethyl acetate, γ-caprolactone, γ-heptalactone, δ-octalactone were the characteristic aroma components in immature peach.

Key words: Feicheng peach; development period; aroma; GC-MS

肥城桃(*Prunus persica* cv. Feicheng)是中国名特优果品之一, 果实肥大, 肉质细嫩, 汁多甘甜, 香气馥郁, 被誉为“群桃之冠”。随着市场对果品

品质要求的提高以及食品加工业对天然风味物质需求的增加, 果品香气成分及其影响因素的研究日益受到关注。近年来, 利用 GC-MS 技术研究果实

收稿日期: 2012-02-27

基金项目: 国家现代农业产业体系建设专项(CARS-31)

作者简介: 罗华(1986—), 男, 山东新泰人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培生理研究, luohua.lwc@163.com; *通信作者, zhanglz@sdau.edu.cn

香气一直是个热点。Roberston^[1]、Visai^[2]、Aubert^[3]对 ‘Creshtvaen’、‘Glohaven’ 和 ‘Maria Laura’、‘Vermeil’ 这些欧美栽培桃主栽品种的香气成分进行了研究, 一致认为内酯类物质, 尤其是 γ -癸内酯和 δ -癸内酯, 对于成熟桃果实的香气感官有重要作用。Rizzolo 等^[4]、Jia 等^[5]认为, 桃果实宜人的香气成分为内酯类、C₆ 醛类、脂肪族醇类、萜类等化合物和反式-2-己烯醛、正式-3-己烯醇、芳樟醇等具有辛味、青草味及花香味的化合物。

肥城桃作为 1 个品系种群, 现有品种中以 ‘红里’ 桃、‘白里’ 桃和 ‘柳叶’ 桃较具栽培价值^[6]。笔者分析 ‘白里’ 肥城桃果实不同发育时期的香气化合物种类及其组分的变化, 旨在确定其果实特征香气, 为生产上确定合理的采收期提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为 21 年生 ‘白里’ 肥城桃。

1.2 试验设计

试验于 2008—2010 年在山东农业大学作物生物学国家重点实验室进行。样品取自肥城市新城办事处西尚里村果园。果园土壤为钙质岩与黄土状母质(第四纪)组成的褐土, 速效氮、速效磷、速效钾的含量分别为 73.50、47.25、293.00 mg/kg, 有机质含量为 13.6 g/kg。果园常规管理。果树栽植密度为 4 m×5 m, 生长正常。

随机选取 5 棵长势一致的桃树, 分别于其绿熟期(2010 年 8 月 27 日)、白熟期(2010 年 9 月 2 日)及完熟期(2010 年 9 月 7 日)在东南方向外围果枝上随机采样。用 GY1 型硬度计测定果实硬度; 用手持糖量计测定可溶性固形物含量。以感观分析为基础, 根据可溶性固形物含量、硬度和果色等性状进行采样。选择成熟度一致、大小均匀、无机械损伤和无病虫害的桃果实, 立即用保鲜盒盛装, 常温运回实验室进行香气成分测定。

1.3 果实香气成分测定

SPME 取样: 取不同发育时期的肥城桃果实各 3 个, 去皮, 将果肉迅速切成薄片后混匀, 于榨汁机中榨汁。吸取混匀果汁 5 mL, 置于 15 mL 顶空

瓶中, 加入 2 g NaCl, 使挥发性成分充分萃取, 加盖封口, 将老化后的 75 μ m CAR/PDMS 萃取头插入样品瓶顶空部分, 于 45 $^{\circ}$ C 吸附 40 min。取出吸附后的萃取头, 插入气相色谱进样口, 于 250 $^{\circ}$ C 解吸 3 min, 同时启动仪器采集数据。

GC-MS 分析: 用美国 Finnigan Trace MS 气相色谱-质谱联用仪分析进样。色谱柱为 PEG-20M 型弹性石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μ m)。程序性升温, 进样口温度 250 $^{\circ}$ C, 起始温度 40 $^{\circ}$ C, 保留 4 min, 以 6 $^{\circ}$ C/min 升至 160 $^{\circ}$ C, 以 10 $^{\circ}$ C/min 升至 230 $^{\circ}$ C, 保留 6 min。载气为高纯氦气, 不分流, 恒流 0.8 mL/min。检测器温度 200 $^{\circ}$ C。质谱条件: GC-MS 接口温度 250 $^{\circ}$ C, 电离方式 EI, 电子能量 70 eV, 电流 200 μ A, 检测电压 350 V, 离子源温度 200 $^{\circ}$ C, 质量范围 29~600 amu。肥城桃各香气组分均经过 NIST/WILEY 谱库检索及资料分析。各组分含量均由面积归一化法计算。

1.4 数据处理

利用 Excel 2003 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同发育时期肥城桃果实的性状及香气组分

2.1.1 果实性状

由表 1 可见, 从绿熟期、白熟期到完熟期, 其间的时间间隔约为 6 d; 白熟期单果质量较绿熟期增加 4.48%, 完熟期较白熟期增加 10.71%; 可溶性固形物含量逐渐升高, 硬度逐渐降低; 果色由绿色逐渐变白, 最后完全变白。

表 1 不同发育时期肥城桃果实的性状
Table 1 Characteristic of Feicheng peach fruit harvested at different development stages

发育时期	发育时间/d	单果质量/g	可溶性固形物含量/%	硬度/(kg·cm ⁻²)	果色
绿熟期	140	268	7~9	11.2	绿色
白熟期	146	280	9~11	11.0	绿变白
完熟期	152	310	11~13	10.8	完全白

2.1.2 果实香气成分的 GC-MS 分析结果

经 GC-MS 分析, 检测到肥城桃果实绿熟期、白熟期和完熟期香气成分共 63 种(表 2)。

表2 肥城桃果实发育过程中香气成分的GC-MS分析结果

Table 2 GC-MS analysis of aroma component of Feicheng peach during fruit development

化合物	香气成分	保留时间/min			相对含量/%			
		绿熟期	白熟期	完熟期	绿熟期	白熟期	完熟期	
酯类	乙酸甲酯		2.43	2.41	—	2.37	1.07	
	乙酸异丙酯	2.33	—	—	1.03	—	—	
	乙酸乙酯	3.01	3.01	2.98	3.53	12.06	32.45	
	甲酸戊酯	—	11.76	—	—	2.22	—	
	乙酸己酯	—	12.05	—	—	0.07	—	
	(E)-3-己烯酸乙酯	—	—	12.82	—	—	0.15	
	乙酸顺-3-己烯酯	13.10	13.15	13.2	0.11	0.37	0.06	
	(E)-己酸-2-己烯酯	13.34	—	—	0.04	—	—	
	1,2-乙二醇单乙酸酯	14.69	14.64	14.63	0.06	0.03	0.06	
	辛酸乙酯	—	—	15.97	—	—	0.13	
	E-4-癸烯酸乙酯	—	—	20.51	—	—	0.05	
	2-氧代己酸甲酯	—	24.98	—	—	0.13	—	
	邻苯二甲酸二乙酯	—	29.85	—	—	0.06	—	
	内酯类	γ -己内酯	—	21.10	21.10	—	1.02	1.45
		γ -庚内酯	—	22.70	22.69	—	0.04	0.04
δ -辛内酯		—	24.34	24.33	—	0.79	0.38	
5-丙基戊酸-5-内酯		—	—	25.06	—	—	0.18	
γ -癸内酯		27.30	27.29	27.28	0.29	1.00	0.59	
7-癸烯-5-内酯		—	28.65	28.64	—	0.11	0.06	
4-乙基丁酸-4-内酯		21.11	—	—	0.42	—	—	
5-戊基戊酸-5-内酯		27.93	27.92	27.91	0.17	0.69	0.23	
醛类	2-丁烯醛	5.80	—	—	0.11	—	—	
	己醛	6.98	6.95	6.94	20.86	9.97	12.40	
	(Z)-3-己烯醛	8.57	8.42	8.48	2.13	0.29	0.69	
	(E)-2-己烯醛	11.08	10.64	10.69	4.11	30.68	28.39	
	2,2-二甲基丙醛	12.44	—	—	0.04	—	—	
	2-甲基-4-戊烯醛	8.87	8.55	8.98	0.51	0.58	0.34	
	(E,E)-2,4-己二烯醛	15.17	15.21	15.2	3.67	1.78	1.44	
	2-呋喃甲醛	16.51	16.52	16.51	1.57	0.51	0.73	
	苯甲醛	17.72	17.77	17.75	2.14	15.37	3.75	
	5-甲基-2-呋喃甲醛	18.81	18.80	—	0.23	0.15	—	
	4,5-二甲基-2-糠醛	—	25.09	—	—	0.29	—	
	5-羟甲基-2-呋喃甲醛	31.23	31.21	31.21	1.59	0.31	0.51	
醇类	(Z)-3-己烯-1-醇	14.92	14.89	14.88	3.82	5.29	1.52	
	(E)-2-己烯-1-醇	15.41	15.39	15.39	2.04	2.96	2.42	
	顺-2-戊烯-1-醇	13.47	13.41	13.39	0.36	0.50	0.36	
	己醇	14.25	14.22	14.21	3.52	5.40	4.85	
	1-戊烯-3-醇	9.70	9.49	9.35	0.71	1.16	0.47	
	环戊醇	4.46	—	—	0.31	—	—	
	2-环己烯-1-醇	10.77	—	—	39.30	—	—	
	1,4-丁二醇	26.61	—	26.59	0.08	—	0.08	
	2-呋喃甲醇	20.42	20.42	20.41	0.34	0.09	0.20	
	1-戊醇	11.84	—	11.71	0.32	—	0.56	
	(E)-3-己烯-1-醇	—	—	14.41	—	—	0.19	
	[+]-丹参二醇 A	—	5.36	—	—	0.09	—	
	(R)-2-丁醇	—	5.81	—	—	0.13	—	
	反-1,2-环戊二醇	—	8.23	—	—	0.13	—	

续 表

化合物	香气成分	保留时间/min			相对含量/%		
		绿熟期	白熟期	完熟期	绿熟期	白熟期	完熟期
醇类	苯甲醇	—	23.76	—	—	0.10	—
	10-十二碳炔-1-醇	—	—	27.73	—	—	0.22
酮类	1-戊烯-3-酮	5.38	—	—	0.26	—	—
	羟基丙酮	12.91	12.77	12.75	0.46	0.15	0.15
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	—	13.66	13.68	—	0.08	0.08
	2-环戊烯-1,4-二酮	18.99	—	18.98	0.11	—	0.06
	5-乙基-2(5H)-呋喃酮	19.21	—	—	0.21	—	—
	2(5H)-呋喃酮	21.91	21.9	21.89	0.09	0.04	0.04
	4-[苯甲酰基]-2H-吡喃-3-酮	20.31	20.3	20.29	0.32	0.47	0.12
	1,2-环戊二酮	22.19	—	22.17	0.18	—	0.10
	2H- β -紫罗兰酮	—	23.14	23.14	—	0.09	0.04
	1,3-二羟基-2-丙酮	26.56	—	26.53	0.04	—	0.12
	戊基吡喃酮	27.74	27.73	—	0.08	0.31	—
有机酸类	乙酸	16.31	16.39	16.3	1.27	0.17	0.67
	戊酸	20.61	20.63	20.58	0.19	0.57	0.23
	己酸	23.34	23.44	23.35	0.80	0.34	0.23
占总峰面积的比例					97.42%	96.59%	96.79%

由表 2 可见,在不同发育阶段,肥城桃果实的香气组分及香气含量存在差异。

1) 绿熟期果实共检测出 41 种成分,含量较高的芳香成分为 2-环己烯-1-醇、己醛、(E)-2-己烯醛、(Z)-3-己烯-1-醇、(E,E)-2,4-己二烯醛、乙酸乙酯、己醇、苯甲醛、(Z)-3-己烯醛、(E)-2-己烯-1-醇,其中 C₆ 醛类化合物相对含量较高,达 30.77%。

2) 白熟期果实共检测出 43 种成分,含量较高的芳香成分为(E)-2-己烯醛、苯甲醛、乙酸乙酯、己醛、己醇、(Z)-3-己烯-1-醇、(E)-2-己烯-1-醇、乙酸甲酯、甲酸戊酯、(E,E)-2,4-己二烯醛。与绿熟期果实相比,C₆ 醛类化合物含量(42.72%)和(E)-2-己烯醛含量有较大提高,而己醛、(Z)-3-己烯醛含量有较大降低,且在该时期多检测到了 γ -己内酯、 γ -庚内酯、 δ -辛内酯等内酯类物质,其他内酯类物质的含量也比绿熟期高,另外还检测到了含量较高的乙酸甲酯、甲酸戊酯等酯类物质;乙酸乙酯相对含量有较大提高;绿熟期含量最高的 2-环己烯-1-醇在白熟期没有检测到。

3) 在完熟期果实中共检测出 43 种成分,含量较高的芳香成分为乙酸乙酯、(E)-2-己烯醛、己醛、己醇、苯甲醛、(E)-2-己烯-1-醇,其中乙酸乙酯含量

继续上升;C₆ 醛类化合物的种类和含量(42.92%)与白熟期果实差别不大;没有检测到 2-环己烯-1-醇。

2.2 各发育时期肥城桃果实不同种类香气物质的含量

肥城桃果实香气物质的主要成分为醛类、醇类、酯类和内酯类。在不同发育时期,果实各类香气物质含量的变化较大(图 1)。

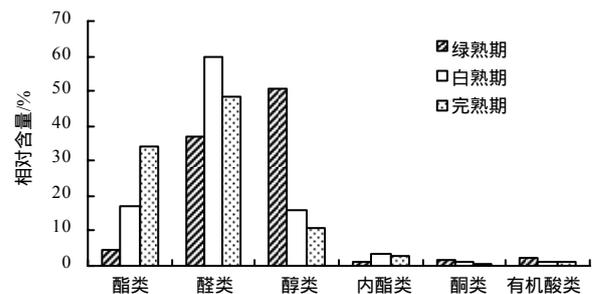


图 1 不同香气种类在果实不同发育时期的含量

Fig.1 Relative content of different kinds of aroma in different development periods

2.2.1 酯类物质的含量

酯类物质含量迅速增加,乙酸乙酯含量上升幅度最大,白熟期比绿熟期提高了 242%,达到 12.06%,完熟期比白熟期提高了 169%,达 32.45%,说明乙酸乙酯是成熟肥城桃的重要香气物质。

2.2.2 醇类物质的含量

醇类物质含量迅速下降。醇类化合物主要为 C₆ 醇类和 C₅ 醇类, 芳香醇类含量极少(图 2), 还有其他醇类, 如 2-呋喃甲醇、1,4-丁二醇等。

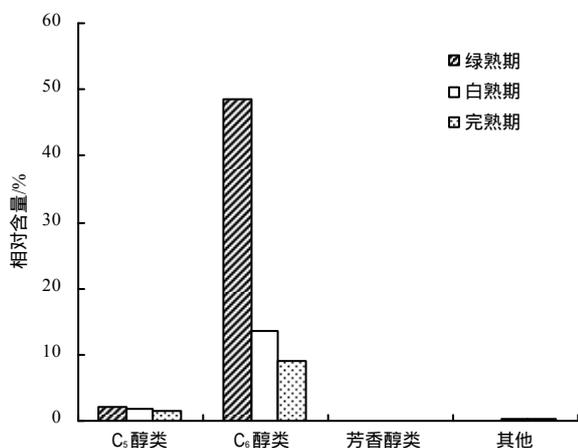


图2 不同发育时期醇类化合物的含量

Fig. 2 Concentration of alcohol components in different development periods

C₆ 醇类化合物主要有(Z)-3-己烯-1-醇、(E)-2-己烯-1-醇、(E)-3-己烯-1-醇、己醇、2-环己烯-1-醇, 其含量由绿熟期的 48.68% 降到白熟期的 13.65%, 完熟期进一步降低到 8.98%。导致这种含量变化的主要原因是绿熟期含量最高的 2-环己烯-1-醇(占 39.3%) 在白熟期和完熟期都没有检测到, 表明 2-环己烯-1-醇是未成熟肥城桃的特征香气物质。

C₅ 醇类化合物主要有顺-2-戊烯-1-醇、1-戊烯-3-醇、环戊醇、1-戊醇和反-1,2-环戊二醇。环戊醇仅在绿熟期被检测到, 顺-2-戊烯-1-醇、1-戊烯-3-醇含量随果实成熟变化不大。

芳香醇类化合物苯甲醇仅在白熟期被少量检测到。

2.2.3 醛类物质的含量

醛类物质含量较高, 在白熟期含量尤其高。醛类化合物主要为 C₆ 醛类、芳香醛类(图 3)。

C₆ 醛类化合物主要为己醛、(Z)-3-己烯醛、(E)-2-己烯醛、(E,E)-2,4-己二烯醛等, 含量在绿熟期为 30.77%, 随果实的成熟, 白熟期和完熟期分别

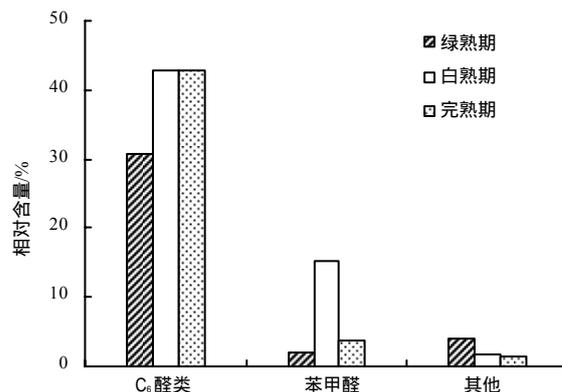


图3 不同发育时期醛类化合物的含量

Fig. 3 Concentration of aldehyde components in different development periods

达 42.72% 和 42.92%, 可见, C₆ 醛类化合物是肥城桃果实的重要香气物质。C₆ 醛类化合物中, 己醛、(Z)-3-己烯醛、(E,E)-2,4-己二烯醛的含量在绿熟期、白熟期和完熟期分别为 20.86%、2.13%、3.67%, 其他醛类相对较少, 表明这 3 种物质是未成熟肥城桃的重要香气物质; (E)-2-己烯醛含量在白熟期和完熟期, 分别比绿熟期提高了 646% 和 591%, 说明 (E)-2-己烯醛是成熟肥城桃的重要香气物质。

芳香醛类化合物苯甲醛含量随果实的成熟, 含量先升高, 由绿熟期的 2.14% 升到白熟期的 15.37%, 之后迅速下降, 完熟期降到了 3.75%。导致苯甲醛含量大幅变化的原因有待进一步研究。

2.2.4 内酯类物质的含量

内酯类物质含量在绿熟期较少, 在白熟期迅速增加, 完熟期稍有下降, 尤其是 γ -己内酯、 γ -庚内酯、 δ -辛内酯, 在绿熟期果实中没有检测到, 说明这 3 个内酯类物质是成熟肥城桃的特征香气物质。

2.2.5 酮类物质的含量

酮类物质含量一直维持在较低水平。

2.2.6 有机酸类物质的含量

有机酸类物质含量一直维持在较低水平。

3 结论与讨论

本研究结果表明: 未成熟‘白里’肥城桃果实的特征香气成分为己醛、(Z)-3-己烯醛、(E,E)-2,4-己二烯醛、2-环己烯-1-醇; 成熟果实的特征香气成分为(E)-2-己烯醛、乙酸乙酯、 γ -己内酯、 γ -庚

内酯、 δ -辛内酯。

果实香气物质是随果实成熟而变化的。每种果实都含有多种芳香物质成分,其中具有较高香气值(含量/香气阈值)的成分构成其成熟果实的特征香气,人们正是通过特征香气的差异从气味感观上对不同水果加以区别。‘白里’肥城桃果实中 C_6 醇类的含量随果实成熟逐渐降低,与 Aubert^[3]、Engel^[6]和 Zhang^[7]的研究结果一致。Aubert^[3]、Zhang^[7]认为己醛、(E)-2-己烯醛、己醇、(E)-2-己烯醇等为未成熟桃果实的主要香气成分,本研究结果与其存在差异,可能与品种、栽培条件等不同有关。

在‘白里’肥城桃果实发育过程中, C_6 醛类化合物含量升高,在白熟期及完熟期果实中,己醛含量仍达到 9.97%和 12.4%。(E)-2-己烯醛这一被称为“青香型气味”的成分在完熟期果实中含量明显比绿熟期和白熟期高,与文献[8]报道不符,原因有待研究。

Santford^[9]、Hidenobu^[10]认为,酯具有水果香味和花香味,而内酯的作用在于使桃果实具有桃香尾韵,其中, γ -癸内酯使桃果实具有桃特有的芳香气味,苯甲醛使桃果实保持良好的风味品质。本试验中也检测到了这些重要的香气物质。肥城桃的特征香气成分中,主要内酯类成分为 γ -己内酯、 γ -庚内酯、 δ -辛内酯, Jia^[5]、Narain^[11]、Horvat^[12]认为 γ -癸内酯在桃果实特征香气中贡献最大。本研究结果与其存在差异。

‘白里’肥城桃完熟果实中酯类、醛类的含量较高,而同为晚熟桃品种的‘沂蒙霜红’‘中华寿桃’‘桃王九九’和‘青州’蜜桃均表现为酯类成分含量较高^[13-14]。

参考文献:

- [1] Roberston J A, Meredith F I, Horvat R J, et al. Effects of cold storage and maturity on the physical and chemical characteristics and volatile constituents of peaches(cv. Cresthaven)[J]. J Agric Food Chem, 1990, 38 : 620-624.
- [2] Visai C, Volatile M. Volatile compound production during growth and ripening of peaches and nectarines[J]. Acta Horti Sin, 1997, 27 : 1256-1260.
- [3] Aubert C, Gunata Z, Ambid C, et al. Changes in physicochemical characteristics and volatiles constituents of yellow- and white-fleshed nectarines during maturation and artificial Ripening[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51 : 3083-3091.
- [4] Rizzolo A, Lombardi P, Vanoli M. Use of capillary gas chromatography/sensory analysis as an additional tool for sampling technique comparison in peach aroma analysis[J]. J High Resolut Chromatogr, 1995, 18 : 309-314.
- [5] Jia H J. Studies on peach quality affected by orchard practices[D]. Okayama : Okayama University, 2002.
- [6] Engel K H, Ramming D W, Flath R A. Investigation of volatile constituents in nectarines 2.Changes in aroma composition during nectarine maturation[J]. J Agric Food Chem, 1988, 36: 1003-1006.
- [7] Zhang X M, Jia H J. Changes in aroma volatile compounds and ethylene production ‘Huijingmilu’ peach(*Prunus persica* L.) fruit development[J]. J Plant Phys Mol Biol, 2005, 31(1) : 41-46 .
- [8] Harvat R J, Chapman G W. Comparison of the volatile compounds from peach fruits and leaves(cv.Monroe) during maturation[J]. J Agric Food Chem, 1990, 38 : 1442-1444 .
- [9] Santford V Overton, John J Manura. Volatile organic composition in several cultivars of peaches[J/OL]. Food Sci, 1999, 31a : 1-9 . [http:// www.sisweb.com](http://www.sisweb.com).
- [10] Hidenobu Sumitani, Sachiko Suekane, Aya Nakatani, et al. Changes in composition of volatile compounds in high pressure treated peach[J]. J Agric Food Chem, 1994, 42(3) : 785-790 .
- [11] Narain N, Thomas C, Hsieh Y. Dynamic headspace concentration and gas chromatography of volatile flavor components in peach[J]. J Food Sci, 2006, 55 : 1303-1307 .
- [12] Harvat R J, Chapman G W Jr, Robertson J A. Comparison of the volatile compounds from several commercial peach cultivars[J]. J Agric Food Chem, 1990, 38 : 234-237 .
- [13] 黄永红, 曾继吾, 周碧容, 等. 九仙蜜桃室温贮藏过程中果实品质及抗氧化酶系统的变化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(6) : 632-636 .
- [14] 连建国, 林群, 刘美艳. 几个晚熟桃品种香气成分的 GC-MS 分析[J]. 山东农业大学学报, 2010, 41 (4) : 503-507.

责任编辑: 王赛群