

焦云,许建兰,马瑞娟,等.红肉桃品种“半斤桃”果实发育期挥发性组分分析[J].江苏农业科学,2013,41(9):129-131.

红肉桃品种“半斤桃”果实发育期挥发性组分分析

焦云,许建兰,马瑞娟,颜少宾,俞明亮

(江苏省农业科学院园艺研究所,江苏南京 210014)

摘要:采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术分析了红肉桃品种半斤桃果实发育期挥发性组分的变化。结果表明,半斤桃果实发育期共检测到 17 种主要挥发性香气组分,主要为醛类、酯类、醇类、烷烃类。随着果实发育成熟,酯类物质含量逐渐上升,这主要是 γ -癸内酯和乙酸己酯含量增加所致。5-羟基-2,4-癸二烯酸- δ -内酯、异丙氧胺基甲酸乙酯、丁酰乳酸丁酯仅在果实成熟期能检测到。

关键词:红肉桃;挥发性组分;顶空固相微萃取;气相色谱-质谱联用;果实发育期

中图分类号:S662.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)09-0129-03

桃(*Prunus persica*)是我国传统的栽培果树之一,果实营养丰富,风味浓郁,可广泛用于鲜食和加工。红肉桃作为桃属植物中的特色资源,富含具有保健、药用价值的花色素苷,符合人们对水果天然、安全、营养及健康的现代要求,越来越受到人们关注。在进行商业栽培品种的选育时,应注重果实颜色和综合风味品质,其中挥发性成分能客观地反映不同水果的风味特点,是评价果实风味品质的重要指标,也是吸引消费者的主要因素之一。目前,国内外对红肉桃的研究主要包括种质资源收集和表型评价、分子标记与亲缘关系、果实发育过程中糖和花色素苷的变化及相关调控基因表达规律等方

面^[1-9],对红肉桃果实在发育过程中的香气组分及含量变化的研究还未见报道。本研究利用固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)与气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)技术建立对红肉桃品种“半斤桃”果实挥发性组分的提取方法,并对其果实发育期香气组分含量的变化进行分析,为进一步对红肉桃果实芳香物质的合成机理和调控等研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试材及取样

以红肉桃品种半斤桃为试验材料,果实采自江苏省农业科学院国家果树种质南京桃资源圃。自盛花后 40 d 开始,每隔 10 d 左右采 1 次样,直至果实成熟,共采样 7 次,每次采集果实 10 个,将果肉液氮冷冻后贮存于 -20 ℃ 冰箱,备用。

1.2 果肉挥发性成分测定

挥发性成分测定参考 Zhang 等的方法^[10]。取储藏于 -20 ℃ 的桃果肉液氮研磨,称取 5.0 g 样品置于 15 mL 聚四氟乙烯硅橡胶垫密封螺口的萃取瓶,然后加入 5 mL 饱和

试验[J]. 浙江农业科学,2012(7):1008-1009.

[8]戴玉华,杨莲,李顺德,等.调节土壤 pH 防治白菜根肿病技术探索[J]. 中国植保导刊,2004,24(8):20-22.

[9]付小军,盛鑫,马进,等.设施蔬菜根结线虫病重发原因分析及防治对策[J]. 陕西农业科学,2011,57(5):143-144.

[10]刘炜,韦有照,孙月轩,等.石灰氮对温室番茄根结线虫病防治效果试验[J]. 上海蔬菜,2012(3):79-80.

[11]彭震. 十字花科蔬菜根肿病发生规律和综合防治措施[J]. 蔬菜,2012(11):35-36.

[12]吕俊杰. 油菜根肿病发生原因及防治措施[J]. 安徽农学通报,2005,11(2):53-53.

[13]李茜,沈向群,耿新翠,等.芸薹根肿菌单孢分离接种及生理小种的鉴定[J]. 植物保护,2012,38(3):95-101.

[14]王芳展,刘亚培,张梅,等.十字花科作物根肿病的侵染生理与抗性遗传研究进展[J]. 中国油料作物学报,2012,34(2):215-224.

[15]余德松. 园林植物病虫害防治[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2007:73-80.

收稿日期:2013-05-18

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-31);

江苏省科技支撑计划(编号:BE2011318)。

作者简介:焦云(1983—),男,河北石家庄人,博士,助理研究员,从事果树分子遗传与育种研究。E-mail:jydyx@163.com。

通信作者:俞明亮,研究员,从事桃新品种选育及种质资源利用研究。

Tel: (025)84391891; E-mail: mly1008@yahoo.com.cn。

200~300 mL;也可用 15% 噻唑膦颗粒剂 3 kg/hm² 或 10% 噻唑膦颗粒剂 22.5 kg/hm²,在青花菜移栽时撒施或移栽后穴施,浇水盖土防效更佳。

参考文献:

[1]屈为栋,何道根,苏英京.台州市西兰花产业现状、存在问题及发展对策[J]. 浙江农业科学,2009(6):1062-1065.

[2]陈桂华,蒋学辉,郑永利. 十字花科蔬菜病虫原色图谱[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2005:68-70.

[3]郑永利,戚红炳,陆剑飞. 西瓜与甜瓜病虫原色图谱[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2005:43-45.

[4]王旭伟,彭洪江,高明泉,等. 茎瘤芥(榨菜)根肿病病原初步鉴定及发病影响因素[J]. 西南农业学报,2002,15(4):75-78.

[5]刘芹,孙敦恒. 山药根茎瘤病及其防治[J]. 安徽农学通报,2009,15(24):77,93.

[6]苏武斌. 十字花科根肿病及根结线虫的识别与防治[J]. 长江蔬菜,2005(3):29.

[7]余山红,王会福,张顺昌. 枯草芽孢杆菌防治西兰花根肿病药效

NaCl 溶液与 10 μL 内标 2 - 辛醇(9.01 mg/mL),涡旋 1 min 并放入磁力搅拌子,盖紧样品瓶盖,将其置于磁力搅拌器恒温搅拌(转速 500 r/min),50 ℃ 平衡 30 min。采用固相微萃取法(SPME),萃取头型号为 65 μm PDMS/DVB,萃取样品前经过 250 ℃ 活化,样品顶空萃取时间为 30 min,进样口热解析 5 min。主要试验仪器:美国 Agilent 公司制造的 Agilent 7890/5795C 气相色谱/质谱联用仪。

气相色谱条件:采用 DB - 225MS 色谱柱(柱长 30 m、内径 0.25 mm、膜厚 0.25 μm);进样口温度 245 ℃;起始柱温 40 ℃,保持 2 min,以 3 ℃/min 升至 150 ℃,保持 2 min,以 10 ℃/min 升至 220 ℃,保持 2 min;载气为氦气,纯度 >99.999%;流速 1 mL/min,不分流进样。

质谱条件:离子源温度 230 ℃,电子能量 70 eV,倍增电压 1 247 V,传输线温度 280 ℃,扫描范围 30 ~ 350 m/z。

数据分析:利用仪器自带数据分析软件比对数据库,并与 NIST 08(the National Institute of Standards and Technology)的标准质谱图对照,选取匹配度大于 90% 的组分,按峰面积归一化法计算各个组分的相对含量,重复 3 次。以 2 - 辛醇作为内标进行浓度计算^[11]。计算方法:组分含量(μg/kg) =

$$\frac{\text{各组分的峰面积} \times \text{内标浓度}(\mu\text{g/mL}) \times 1\,000}{\text{内标的峰面积} \times \text{样品量}(\text{g})}$$
。试验数据采用 Excel 2007 进行处理及分析。

2 结果与分析

2.1 半斤桃果实发育期挥发性组分及含量的变化
通过 GC - MS 对半斤桃样品挥发性组分进行分析后得到总质子流色谱图(total ion current chromatogram, TIC)(图 1),与 NIST 08 标准质谱图对照,并按峰面积归一法确定各组分的含量,结果见表 1。

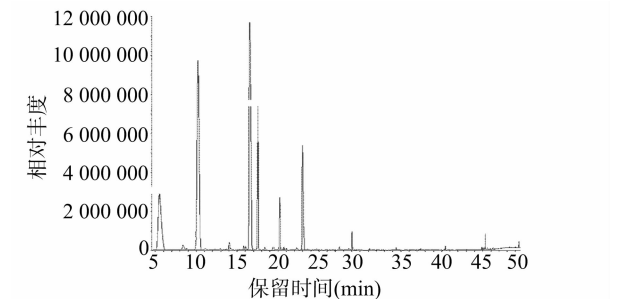


图1 半斤桃花后 95 d 果实香气成分GC-MS总离子流色谱(TIC)

表 1 半斤桃果实发育期挥发性组分及含量

香气成分	挥发性香气组分含量(μg/kg)						
	40 d	50 d	60 d	71 d	82 d	90 d	95 d
醇类	10.01	9.51	3.77	0.23	—	—	—
1 - 己醇	0.83	0.66	0.50	0.23	—	—	—
(E) - 2 - 己烯 - 1 - 醇	9.18	8.85	3.27	—	—	—	—
醛类	15.08	11.27	5.84	2.36	1.32	0.78	0.53
(E) - 2 - 辛烯醛	0.55	0.45	0.55	0.19	—	—	—
(E,E) - 2,4 - 庚二烯醛	0.48	0.35	0.28	—	—	—	—
(E) - 2 - 己烯醛	3.14	2.97	1.75	0.62	0.33	0.44	0.29
苯甲醛	10.39	7.05	1.89	0.57	0.23	0.34	0.24
苯乙醛	0.52	0.45	—	—	—	—	—
己醛	—	—	1.08	0.80	0.76	—	—
壬醛	—	—	0.29	0.18	—	—	—
内酯类	0.13	0.22	0.30	0.41	0.80	0.94	1.12
γ - 癸内酯	0.13	0.22	0.30	0.41	0.53	0.74	0.83
5 - 羟基 - 2,4 - 癸二烯酸 - δ - 内酯	—	—	—	—	0.27	0.20	0.29
酯类	0.15	0.19	0.22	0.67	1.51	2.39	2.65
(E) - 乙酸己烯酯	—	—	—	0.35	0.96	0.53	0.60
乙酸己酯	0.15	0.19	0.22	0.32	0.55	0.81	0.89
异丙氧胺基甲酸乙酯	—	—	—	—	—	0.67	0.71
丁酰乳酸丁酯	—	—	—	—	—	0.38	0.45
烷烃类	0.37	0.41	0.26	0.20	0.37	0.49	0.50
十三烷	0.37	0.41	0.26	0.20	0.17	0.33	0.38
十六烷	—	—	—	—	0.20	0.16	0.12

注:“—”未被检测到。

半斤桃果实发育过程中共检测到 17 种主要挥发性物质,其中包括 2 种醇类、7 种醛类、4 种酯类、2 种内酯及 2 种烷烃类(表 1)。共有 5 种挥发性物质在果实发育的不同阶段均被检测到,为(E) - 2 - 己烯醛、苯甲醛、γ - 癸内酯、乙酸己酯、十三烷。在果实发育前期,(E) - 2 - 己烯 - 1 - 醇、苯甲醛含量相对较高,随着果实的不断发育,醇类物质含量逐渐减少。5 - 羟基 - 2,4 - 癸二烯酸 - δ - 内酯、异丙氧胺基甲酸乙酯、丁酰乳酸丁酯只在果实发育后期才被检测出。烷烃类物质(如十三烷)在整个果实发育过程中均可检测到,然而它在

形成桃特征香气中的作用尚不明确。
2.2 半斤桃果实发育期主要香气物质变化
Horvat 等将己醛、(E) - 2 - 己烯醛、苯甲醛、芳樟醇、γ - 癸内酯等 5 种化合物定为桃果实主要呈味物质^[12]。有研究表明,己醛、(E) - 2 - 己烯醛、苯甲醛、乙酸己酯属于青草型香气成分,而芳樟醇、γ - 癸内酯等属于甜香或花香型香气成分^[13-16]。半斤桃青草型香气成分乙酸己酯、(E) - 2 - 己烯醛、苯甲醛的含量随着果实发育呈现不断下降的趋势,花香型香气成分 γ - 癸内酯的含量则随着果实发育不断增加(图 2)。

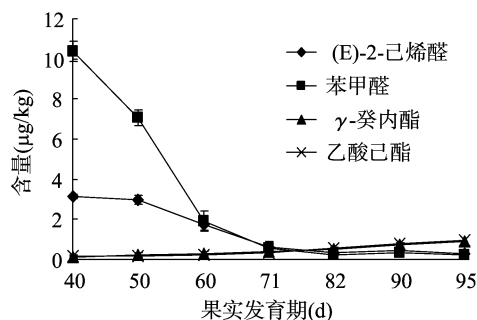


图1 半斤桃果实发育期香气成分变化

3 讨论

目前已从桃果实中鉴定到近百种香气成分,包括醛类、酮类、醇类、酯类、内酯类、烷烃类及其他类型化合物,它们共同作用形成桃果实的特定芳香品质^[17-20]。本研究通过质谱检测出半斤桃果实发育期间有 17 种挥发性香气物质,从物质的种类来分析,果实发育期的挥发性物质以醛类为主。国内外研究表明,内酯类物质中的 γ -癸内酯是桃果实香气主要的贡献者^[21-22]。随着果实成熟,一般核果类果实中醇类、醛类含量会有所下降,而酯类物质含量会逐渐增加^[23],本研究结果与此观点一致。大多数果香气都源于各种酯类的存在,而清香的气味多来自醇类、醛类等的共同作用。

此外,与其他相关研究相比^[13,22],本研究检测出的挥发性香气物质成分数量较少,可能和桃本身品种特性有关;半斤桃作为硬肉桃品种,具有果实硬度大、前期变软慢的鲜明特点,这是乙烯释放和脂肪酸代谢的调控作用所致,直接导致了香气成分的积累及变化^[24-26]。前人对香气的研究多是在果实采后贮藏过程中进行的,对于桃果实成熟前的挥发性香气物质成分研究较少,因此究竟是硬肉桃品种本身香气成分少还是由于试验只测定了果实软化前的香气成分,尚有待进一步考证。除此以外,果实香气成分的形成还受多种因素的影响,如果实成熟度、环境条件、栽培措施等。目前,有关桃属植物果实香气的研究,大都局限于白肉、黄肉品种,缺少对其他类型品种的探索,这不利于对桃属植物进行遗传特性的认识及选育特色品种,因此今后应加强对红肉桃优异资源的香气组分研究,为育种利用、品种改良提供参考。

参考文献:

- [1] 龚林忠,何华平,王富荣,等. 10 份湖北地方红肉桃资源生物学特性观察[J]. 果树学报,2008,25(3):413-417.
- [2] 王富荣,何华平,龚林忠,等. 桃红肉类型及其 F_1 代的 AFLP 分析[J]. 湖北农业科学,2010,49(12):2949-2951,2963.
- [3] 王富荣,何华平,龚林忠,等. 几个桃红肉品种及其 F_1 代 AFLP 分析[C]//中国园艺学会桃分会第二届学术年会,2009:223-227.
- [4] 许建兰,马瑞娟,俞明亮,等. 不同果肉颜色桃果实发育阶段糖、酸和叶绿素含量变化[J]. 江苏农业科学,2010(4):131-133.
- [5] 许建兰,马瑞娟,俞明亮,等. 红肉桃果实发育过程中果肉色素含量的变化[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1347-1351.
- [6] 沈志军,马瑞娟,俞明亮,等. 桃三种肉色类型果实抗氧化因子的比较评价[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2232-2241.
- [7] 胡亚东,贾惠娟,孙崇德,等. 桃果实中花青素的提取、检测及应

- 用[J]. 果树学报,2004,21(2):167-169.
- [8] Tsuda T, Yamaguchi M, Honda C, et al. Expression of anthocyanin biosynthesis genes in the skin of peach and nectarine fruit[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2004, 129(6): 857-862.
- [9] 李雪飞,胡静静,王庆菊,等. 微量元素喷施对紫叶桃叶片花色苷含量及其合成酶活性的影响[J]. 林业科学,2010,46(12):75-79.
- [10] Zhang B, Shen J Y, Wei W W, et al. Expression of genes associated with aroma formation derived from the fatty acid pathway during peach fruit ripening[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(10): 6157-6165.
- [11] 陈美霞,陈学森,周杰,等. 杏果实不同发育阶段的香味组分及其变化[J]. 中国农业科学,2005,38(6):1244-1249.
- [12] Horvat R J, Chapman G W J R, Robertson J A. Comparison of the volatile compounds from several commercial peach cultivars[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38(6): 234-237.
- [13] 邓翠红,李丽萍,韩涛,等. “京艳”桃果实香气成分的气相色谱-质谱测定[J]. 食品科学,2008,29(6):304-307.
- [14] Bianco R L, Farina V, Avellone G, et al. Fruit quality and volatile fraction of ‘Pink Lady’ apple trees in response to rootstock vigor and partial rootzone drying[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(8): 1325-1334.
- [15] Takeoka G R, Buttery R G, Flath R A. Volatile constituents of Asian pear (*Pyrus serotina*) [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1992, 40(10): 1925-1929.
- [16] 贾惠娟. 水果香气物质研究进展[J]. 福建果树, 2007, 141(2): 31-34.
- [17] Jennings W G, Sevenants M R. Volatile components of peach[J]. Journal of Food Science, 1964, 29(6): 796-806.
- [18] Spencer M D, Pangborn R M, Jennings W G. Gas chromatographic and sensory analysis of volatiles from chilling peaches[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1978, 26(3): 725-732.
- [19] Narain N, Thomas C, Hsieh Y, et al. Dynamic is headspace concentration and gas chromatography of volatile flavor components in peach[J]. Journal of Food Science, 1990, 55(5): 1303-1307.
- [20] Zhang X M, Jia H J. Changes in aroma volatile compounds and ethylene production ‘Huijingmili’ peach (*Prunus persica* L.) fruit development[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005, 31(1): 41-46.
- [21] 魏好程. 桃果实采后贮藏保鲜及其品质控制的研究[D]. 儋州: 华南热带农业大学, 2005.
- [22] 李明,王利平,张阳,等. 水蜜桃品种间果香成分的固相微萃取-气质联用分析[J]. 园艺学报,2006,33(5):1071-1074.
- [23] 刘泽静,张京声,陈安均,等. “盖县李”果实成熟前后挥发性物质 GC-MS 分析[J]. 西南大学学报:自然科学版,2009,31(8): 13-20.
- [24] 陆苏珊,俞明亮,马瑞娟,等. 硬肉桃品种群 SSR 标记的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(3):374-379.
- [25] Larrigaudiere C, Pinto E, Vendrell M. Differential effects of ethephon and seniphos on color development of ‘Starking Delicious’ apple[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1996, 121(4): 746-750.
- [26] 李杨昕,王贵禧,梁丽松. ‘大久保’桃常温贮藏过程中香气成分变化及其与乙烯释放的关系[J]. 园艺学报,2011,38(1): 35-42.