

果实香气研究进展

梁乘榜, 张风杰, 吴霏霏, 周春华

(扬州大学 园艺与植物保护学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:综合前人的研究资料,对果实的香气从组成、含量、合成途径、影响因素及分离鉴定方法等方面进行了综述,为深入研究果实香气成分提供了参考。

关键词:果实;风味;芳香物质

中图分类号:S 66 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)09-0211-05

果实风味物质可分为2种,1种是通过嗅觉可以感觉到的,称为香气,另1种是通过味觉品尝感知的。这2种物质可同时影响人们对于果实风味的评价。总体说来,果实香气具有含量低、成分复杂且不稳定、嗅觉遗传差异性、呈嗅心理复杂性等多个特点。果实的挥发性香气物质约有2 000种,包括酯类、萜类、内酯类、醛类、醇类、羧基化合物和一些含硫化合物^[1]。这些香气物质可以客观反映不同水果的风味特点,是对果实风味品质进行评价的重要指标。现对前人研究成果进行综述,以期为进一步研究果实香气成分提供参考。

第一作者简介:梁乘榜(1987-),男,山东滨州人,硕士,现主要从事果实品质形成等研究工作。E-mail:1616512580@qq.com。

责任作者:周春华(1974-),男,浙江江山人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事果实品质与生物活性物质研究等工作。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31171934);扬州大学科技创新培育基金资助项目(2012CXJ062)。

收稿日期:2012-12-12

1 果实芳香物质

1.1 果实中芳香物质的分类

根据不同化学结构的香气成分的呈味效果,果实香气物质可分为青香型、辛香型、果香型、醛香型、木香型等。果香型化合物指具有成熟水果香气并伴有甜气味的物质,是水果中释放出怡人香气的主要来源;青香型化合物指具有如刚采摘下来的草或树叶青香气味的物质;醛香型化合物则是以C7~C12的脂肪族为重要代表。青香型和醛香型化合物是果实生长发育过程中的主要香气物质^[2]。

根据生物合成途径的不同,香气物质可分为萜类化合物、芳香族化合物、脂肪族化合物和脱辅基类胡萝卜素4类。这些挥发性物质来自植物的根、茎、叶片、花朵、果实等^[3-4]。在苹果中有300多种香气物质被鉴别出来^[5],草莓超过350种^[6],芒果超过270种^[7],葡萄超过460种^[8],番茄超过400种^[9]。

1.1.1 萜类化合物 萜类物质是构成果实香气的主要

[25] 丁永良,叶展荣. 负氧离子与癌症防治[C]. 第七届功能性纺织品及纳米技术研讨会论文集,2007.

[26] 尹向阳,崔晓峰. 负氧离子喷雾疗法辅助治疗刺胞皮炎疗效观察[J]. 中国皮肤性病学杂志,2007(9):36-37.

[27] 陶名章,李慧,陈少周,等. 人工空气负氧离子对高脂血症的临床疗效研究[J]. 中国医药导报,2011(4):43-45.

[28] 章银柯,王恩,林佳莎,等. 城市绿地空气负离子研究进展[J]. 山东林业科技,2009(3):143-145.

Research Progress of Spatio-temporal Changes and Health Effects of Negative Air Ions

TAN Yuan-jun, WANG En, ZHANG Peng-chong, ZHANG Yin-ke
(Hangzhou Botanical Garden, Hangzhou, Zhejiang 310013)

Abstract: The research of negative air ions in recent years, including evaluation criteria of negative air ions, temporal changes of negative air ions, spatial changes of negative air ions and health effects of negative air ions were reviewed in this paper. The concentrations of negative air ions is higher in Summer and Autumn than in Winter and Spring; concentrations of negative air ions have two peaks in morning and dusk, and midday is lower; negative air ions in middle elevation area and water side are higher than others; negative air ions can also promote sleep and prevent disease.

Key words: negative air ions; spatio-temporal changes; health effects

成分。根据骨架中的碳原子数,可分为单萜(C10)、倍半萜(C15)、二萜(C20)、三萜(C30)、四萜(C40)。按照果实香气中萜类物质的结构不同可分为萜烯、萜醇、萜醛、萜酮以及萜酯类。Okamoto 等^[10]在葡萄的挥发性物质中鉴定出 36 种单萜类,并认为其主要香气成分是沉香醇和牻牛儿醇。此外,Bureau 等^[11]发现葡萄的挥发性物质中还含有 C13 异戊二烯类化合物。

1.1.2 芳香族化合物 芳香族化合物在果实的挥发性物质中广泛存在,以苯乙醇、苯甲醇、香兰素、百里香酚和丁香酚等为特征香气成分。在葡萄中含有较多的苯甲醇、苯乙醇、香草醛、香草酮以及其衍生物^[11]。在香蕉成熟果实的挥发性成分中则含有大量的丁香醇、丁香醇甲酯以及其衍生物等酚类物质^[12]。在草莓成熟果实中发现有以甲酯和乙酯为主的肉桂酸的衍生酯^[13]。此外,甜瓜含有乙酸苯酯类^[14],番茄有 2-苯基乙醇^[15]等。

1.1.3 脂肪族化合物 脂肪族化合物在果实香气成分中的含量和作用仅次于萜类和芳香族化合物,其在果实中的特征香气物质为脂肪醇,一些不饱和的醛、酮类物质。苹果中的醇类主要为丁醇和己醇,占总挥发性物质的 6%~12%,此外还有少量的酮类和醛类^[16]。在甜瓜未成熟果实中则存在大量的中链醇和醛类物质^[17]。

1.1.4 脱辅基类胡萝卜素 脱辅基类胡萝卜素由类胡萝卜素酶促氧化裂解生成,是目前公认的果实香气的重要组成成分^[18-19]。脱辅基类胡萝卜素可分为环状和线型 2 类(图 1)。环状脱辅基类胡萝卜素,如 β -紫罗酮和 β -大马烯酮等,它们的嗅觉阈值极低,通常在果实中丰度不高,但对风味却极重要。线型脱辅基类胡萝卜素,如 6-甲基-5-庚烯-2-酮和香叶基丙酮等,其嗅觉阈值较环状高得多,但也是果实中重要的香气成分^[20-21]。

1.2 不同果实所含特征芳香物质的类别

果实风味是果实特征效应化合物的浓度与阈值的综合体现,阈值越大,越不易被感觉到。例如,微量就可被察觉的反式-2-己烯醛和顺式-3-己烯醇,阈值分别为 0.02 mg/kg 和 0.7 mg/kg^[22]。

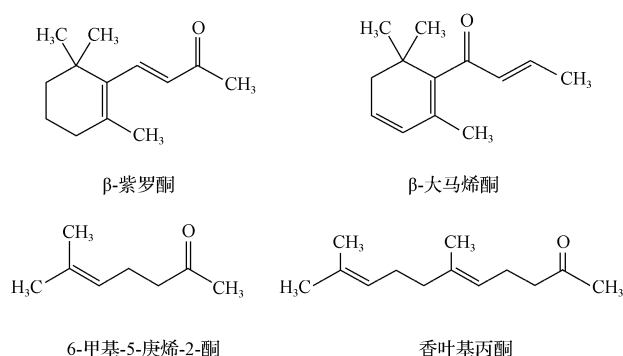


图 1 番茄果实几种脱辅基类胡萝卜素成分分子结构

鸭梨特征香气成分为乙酸己酯、己酸乙酯、丁酸乙酯^[23],但刘向平等^[24]认为己醛、乙酸乙酯也是特征香气成分。Baldwin 等^[25]研究发现,己醛和牻牛儿丙酮与番茄的甜味和风味相关;乙醛、 β -紫罗兰酮、乙酮、乙醇及顺-3-己醇等与酸味相关;1-戊烯-3-酮、顺-3-己烯醛与苦味相关;顺-3-己烯醛和涩味相关,2,3-二甲基丁醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮则与番茄的整体风味满意度、腐败味等相关。甜瓜的香气特征香气成分是一些低分子酯类,起主要的作用是乙酸酯类^[26]。草莓的特征香气成分为丁酸甲酯、己酸甲酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、DMMF、DMHF 等^[27]。桃果实目前已分离到近百种香气成分,主要有醛类、酮类、醇类、酯类、内酯类、烃类等^[28]。李子果实香气成分中,第一大组分是 6-烯壬醇,含量为 17.21%;第二大组分为顺-4-烯癸酸乙酯,含量为 9.98%;表明醇类、酯类物质对李子气味起着决定性作用^[29]。

2 果实芳香物质的形成

2.1 芳香物质形成部位

果实中挥发性风味物质的形成部位主要是果皮,它们从果皮向果实内部和外部扩散,在缺氧或细胞间隙中二氧化碳浓度高时,果实内部也可能形成一些挥发性物质。

2.2 形成途径

2.2.1 脂肪酸代谢 果实芳香成分中直链脂肪族醇、醛、酯和酮类物质主要来源于脂肪酸氧化。脂肪酸在果实中经 β -氧化产生酮酸和酰基-CoA,这 2 个产物下一步还原成醛和醇,最后用于合成酯类。在果实成熟期间,脂肪酸也可直接利用脂氧合酶(LOX)进行氧化,产物为 C6 醛、醇和酯类。果实中 C6、C9 的醛和醇类就是从亚油酸和亚麻酸 2 条途径生成的^[26]。

2.2.2 氨基酸代谢 果实中的氨基酸代谢是其芳香物质中支链脂肪族醇、醛、酮和酯类物质的主要来源。氨基酸通过转氨基作用生成支链酮酸,关键酶为转氨酶;再经脱羧或脱氢生成支链醇和酰基-CoA,脱羧关键酶为丙酮酸脱氢酶,最后生成支链酯类。参与芳香物质合成的氨基酸有缬氨酸、异亮氨酸、丙氨酸、亮氨酸、半胱氨酸和苯丙氨酸等^[26,30]。

2.2.3 由醛到醇到酯类 由脂肪酸和氨基酸代谢生成的醛在醇脱氢酶的作用下形成醇类,醇和酰基-CoA 在醇酰基转移酶(AAT)的作用下合成酯类,由醇生成酯的反应为需氧过程,故酯类物质的合成在果实表皮部位最活跃^[26]。

2.2.4 次生代谢 挥发性萜类和酚类物质均为次生代谢物质。由苯丙氨酸经莽草酸途径形成的有丁香醇及其衍生物、肉桂酸的衍生酯、香草酮、香草醛等;葡萄中的萜类物质和番茄中的紫罗兰酮则是由胡萝卜素代

谢产物生成^[31]。

2.2.5 类胡萝卜素分解途径 类胡萝卜素是一大类结构相似的化合物,植物中的裂解途径主要有羟化酶途径(BCH途径)和双加氧酶裂解途径(CCD途径)(图2)^[33]。

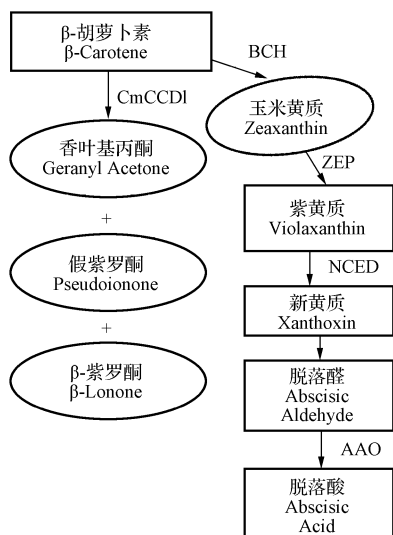


图2 植物中β胡萝卜素氧化裂解途径

3 影响果实香气释放的因素

影响果实香气释放的因素很多,如品种、成熟度、贮藏条件等,对同一品种而言,最重要的是果实成熟度^[27]。

3.1 品种(基因)

基因型是对果实香气影响最大的因素,如苹果“乔纳金”、“金冠”含有较多的乙酸丁酯和乙酸己酯;而“Jacques lebel”和“Bookoop”则含有较多的法呢烯 2-甲基丁酸己酯^[26]。

3.2 成熟度

果实成熟度对其风味有很大影响,若采摘过早则会对有后熟的果实非常不利。果实的芳香物质并非在果实开始生长时便同步生成,而是在一个较短的成熟期内由酶促反应快速合成的。其中有些挥发成分的含量直至代谢停止才不再增加,但也有一些在果实最适成熟期时已达最大含量,如 Chandler 草莓在花后 41~46 d,生物合成酯类的能力增加了 3 倍,还有研究报道 AAT 只有在草莓果实开始转红后才能检测到,其活性亦随果实成熟度的增加而增强。

3.3 气候环境

环境因素中温度、光照、矿物质、栽培条件等均可影响果实的生长,并且还能影响到采收时果实的内在品质,如香气等^[26],果实位于树冠南面和西面时比位于东面和北面的酯类物质合成较多。

番茄在缺铁条件下,分离鉴定出芳香物质的种类比正常铁处理的少 5 种,而铁营养过剩对芳香物质种类影响很小^[32]。在对苹果进行套袋处理时,与薄袋相比厚袋

使果实中酯类含量下降更明显,但厚袋处理却能相对增加果实的耐贮性^[34]。在对草莓的研究中,发现大棚栽植草莓比露天栽植更有利于香气物质的合成。对草莓施以高、中、低和不施氮肥 4 个处理分别测出 27、29、28 和 26 种芳香成分^[35]。对草莓进行不摘叶、摘 1/3 叶和摘 2/3 叶 3 种处理,在果实中分别检测出 43、33 和 37 种香气成分^[36]。草莓留果过少会使营养过剩,令植株营养生长与生殖生长失调,从而引起果实风味品质的降低;留果过多则导致芳香物质合成的前体(糖、氨基酸等)供应不足,进而影响芳香物质合成^[37]。

3.4 采后因素

采后因素指贮藏时的温度、湿度、CO₂:O₂ 值、化学制剂、O₃ 等,这些因素都会对果实芳香物质的合成释放产生影响。汪秋安等^[38]把苹果放在 3、6、10 和 15℃ 下贮藏,发现苹果芳香物质的释放量随贮藏温度增高而快速增加,至 2 个月左右达最大值,之后逐渐减少;并且发现先在各种温度下贮藏 2 周,然后在 15℃ 下催熟或者在 3℃ 下贮藏的苹果,香气释放量最大。

Catherine 等^[39]对冷冻草莓芳香物质进行测定,结果显示其 DMHF 和 DMMF 的含量变化不大,橙花叔醇含量上升,温度过低会导致发酵,引发酯类分解和乙醇积累。

3.5 果实呼吸类型

通常将果实分为呼吸跃变型和非跃变型。采后可继续后熟的果实(苹果、香蕉等)称为跃变型果实,柑桔、草莓则属非跃变型。跃变型果实若在后熟之初采收会使风味品质会更佳,若在其成熟之前采收则对其风味物质的形成和释放有很大不利^[26]。

4 芳香物质的提取、分离与鉴定

4.1 芳香物质的提取

提取时首先要选择恰当的部位,根据所提取物的沸点以及挥发性来确定提取的方法,由待提取物的极性确定提取剂的极性,再根据其热稳定性来确定是加热还是减压方式。任何一种抽提方法都不应该对待测物质的质和量进行更改,但这些待测物质常有热敏性,或者易被氧化等特点,故要视具体情况而定,尽量做到完美抽提^[26]。常用提取方法见表 1。

4.2 芳香物质的分离

芳香物质分离技术发展历程为:传统的化学分馏萃取法→纸、薄层色谱技术→气相、液相色谱仪分析技术。利用色谱技术分离时,样品在固相和液相之间进行反复分配,使样品中分配系数差别较小的物质也能很好的分离。常用分离方法见表 2。

4.3 芳香物质的鉴定

鉴定方法有传统的化学及物理性质法、色谱、质谱、红外光谱、核磁共振及电子鼻等。常用鉴定方法见表 3。

表 1

果实香气的提取方法

名称	简介
蒸汽蒸馏-溶剂萃取法	合样品的水蒸汽蒸馏和馏分的溶剂萃取为一步,但操作时温度较高,采用真空蒸馏或减压蒸馏可减少温度的影响,同时宜采用冷凝措施以减少芳香物质的损失。以其操作简便、条件易得而被广泛采用
溶剂萃取抽提法	以待萃取物质在萃取剂和样品之间的分配系数不同为依据,利用溶剂的选择性来排除干扰组分,有选择的提取目的成分。此法简单,但溶剂中的杂质会对芳香物质的分析检测产生较大干扰,并且有些不易消除,其抽提效率也较低,浓缩过程还会造成芳香物质的损失
超临界萃取法	常以 CO ₂ 作为超临界流体萃取样品中的挥发性物质,将压力和温度进行调整,便可以使芳香物质与样品分离而完成提取。优点是抽提效率高,抽提温度低,并且对产品污染小;缺点是会将一些非芳香物质一同抽提出来,从而对后续分析产生不利影响
顶空收集法	将待测样品放在密闭空间内,待其芳香成分挥发(可借助加热)富集于顶部,在芳香物质气-液平衡后直接静态定量取样或用惰性气体洗涤气体样品,然后检测分析。此方法直接简单,但由于缺乏富集能力,不易将一些含量较低的成分检出,并且水蒸汽对色谱柱会有一定影响
吹扫捕集法	采用高纯氮或氮等惰性气体将挥发性组分从样品中吹扫出,然后用吸附剂吸附或冷阱捕集。此法条件温和,但费用高、耗时长。若用吸附剂吸附,则要用有机溶剂进行洗脱浓缩,然后进行检测,所以样品易被污染,干扰检测结果;但也有报道称利用热解吸代替溶剂洗脱可避免有机溶剂对检测结果的干扰
顶空固相微萃取法	采用 SPME,将其萃取头置于样品上方或样品中,待样品中待测挥发性物质扩散并富集于萃取头上,然后将萃取头置于气相色谱的进样室进行解吸分析。此法所需样品量少、不需溶剂、操作简便、快速并且准确性和选择性高,故使用较广泛

表 2

果实香气的分离方法

名称	简介
气相色谱法(GC)	GC 的分离效果与色谱柱密切相关,填充柱和毛细管柱均可用,但后者效果较好。检测器多为氢火焰离子检测器。若与标样结合可进行定性分析,也常与质谱连用进行定性分析。因选择性好、灵敏度高、分离效率高、分析速度快,所以现在比较常用
多维气相色谱(MDGC)	此法较 GC 的分离能力强,MDGC 由前柱和分析柱 2 个柱组成,风味物质经前柱分离后,于冷阱分别收集,之后再于分析柱分别进行进一步的分离检测。填充柱、中分辨宽径毛细管柱或高分辨毛细管柱均可做前柱,而分析柱一般只能用毛细管柱,并且前柱和分析柱在极性上要有差异
超临界流体色谱(SFC)	SFC 色谱的流动相介于气态和液态之间,可较好的分离高沸点和热不稳定的物质,并且可以使易挥发、难挥发和不挥发的物质同时得到分离。SFC 可以与氢火焰离子检测器或紫外检测器连用,也可与质谱、傅立叶变换红外光谱连接

表 3

果实香气的鉴定方法

名称	简介
气相色谱法(GC)	色谱条件(柱温、柱长、柱内径、载气流速)相同时,任何一种物质都有其确定的保留值,在一定条件下测得各色谱峰的保留时间,然后与相应的标准样对照,便可得知色谱峰所代表的是何化合物
气相色谱-质谱(GC-MS)	GC-MS 综合了色谱的灵敏度高、分离效率高、定量准确和质谱的鉴别能力强、响应速度快、能确定分子式的优点,已成为芳香物质鉴定常用的方法
气相色谱-红外光谱-微机联用(GC-IR-MC)	GC-IR-MC 对分子化合物有较强的“指纹”识别能力,可作为复杂混合物(几何异构体等)分离和检测的有力工具。由于 IR 灵敏度不如 MS,尤其是缺少气相 IR 图谱,并且仪器价格偏高,所以此法普及不高
核磁共振法(NMR)	利用 NMR 可以获得化合物丰富的分子结构信息,是天然产物定性和结构分析最为主要的技术。借助 NMR,可以确定风味物质常见官能团的化学环境,由此可进一步跟踪化学反应进程
电子鼻(E-nose)	E-nose 具有识别单一和复杂气味的能力,不仅可以得到被测样品中的某一种或几种成分的定性定量结果,而且可以得到样品中挥发成分的整体信息。E-nose 已改进到利用复合传感器、多变量解析、神经网络等模型进行分析,并被广泛应用于食品领域,如水果新鲜度分析、茶叶挥发性成分分析、香精识别、牛奶新鲜度的判断等

5 展望

在科技的推动下,对果实香气的研究越来越深入,人们对香气代谢的干预也逐渐加大,渐渐似乎能按照人的意志来控制香气的合成释放,但在实际的情况中,人们所能享用到的果实的风味却大不如过去。现在市面上的果蔬似乎仅有诱人的外表和芳香,但缺少了底蕴味道。研究者不应仅仅着眼于一点,要在纵览全局后方可做出科研规划,以期降低负面效应,避免事与愿违。

参考文献

- [1] Dudareva N, Negre F, Nagegowda D A, et al. Plant volatiles: recent advances and future perspectives[J]. CRC Crit Rev Plant Sci, 2006, 25: 417-440.
- [2] Hatanaka A. The biogenesis of green odour by green leaves[J]. Phytochemistry, 1993, 34: 1201-1218.
- [3] Chen F, Ro D K, Petri J, et al. Characterization of a root-specific

Arabidopsis terpene synthase responsible for the formation of the volatile monoterpene 1,8-cineole[J]. Plant Physiol, 2004, 135(4): 1956-1966.

- [4] Steeghs M, Bais H P, De G J, et al. Proton-transfer-reaction mass spectrometry as a new tool for real time analysis of root-secreted volatile organic compounds in Arabidopsis[J]. Plant Physiol, 2004, 135(1): 47-58.
- [5] Dimick P S, Hoskin J C. Review of apple flavor state of the art[J]. Food Sci Nutrition, 1983, 18: 387-409.
- [6] Perez A G, Sanz C, Olías R, et al. Aroma quality evaluation of strawberry cultivars in southern Spain[J]. Acta Hort, 1997, 439(1): 337-340.
- [7] Laleh J D, Singh Z, Tan S C. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango[J]. Postharvest Biol Technol, 2003, 27: 323-326.
- [8] Shen Y S, Feng Q. Identification of aroma composition in fruit wines[J]. Food and Fermentation Industries, 1990(4): 35-43.
- [9] Baldwin E A, Scott J W, Shewmaker C K, et al. Flavor trivia and tomato aroma: Biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma

components[J]. Hort Science, 2000, 35(6): 1013-1022.

[10] Okamoto G, Liao K, Fushimi T. Aromatic substances evolved from the whole berry, skin and flesh of 'Muscat of Alexandria' grapes[J]. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University, 2001, 90: 21-25.

[11] Bureau S M, Razungles A J, Baumes R L. The aroma of 'Muscat of Frontignan' grapes: effect of the light environment of vine or bunch on volatiles and glycoconjugates [J]. J Sci Food Agric, 2000, 80: 2012-2020.

[12] Tress R, Drawert F. Biogenesis of banana volatiles [J]. J Agric Food Chem, 1973, 21: 560-565.

[13] Latza S, Dietmar G, Berger R G. Identification and accumulation of 1-o-trans-cinnamoyl-beta-D-glucopyranose in developing strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Duch. cv. kent)[J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 1367-1370.

[14] Shalit M, Katzir N, Larkov O, et al. Aroma formation in muskmelon volatile acetates in ripening fruits [J]. Acta Hort, 1994, 510: 455-461.

[15] Tandon K S, Baldwin E A, Shewfelt R L. Aroma perception of individual volatile compounds in fresh tomatoes as affected by the medium of evaluation [J]. Postharv Biol Technol, 2000, 20: 261-268.

[16] Yahia E M. Apple flavor [J]. Hort Rev, 1994, 16: 197-234.

[17] Shalit M, Katzir N, Tadmor Y, et al. Acetyl-CoA: alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening melon fruits [J]. J Agric Food Chem, 2001, 49: 794-799.

[18] Lewinsohn E, Sitrit Y, Bar E, et al. Not just colors-carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit[J]. Trends Food Sci Technol, 2005, 16: 407-415.

[19] Winterhalter P, Rouseff R. Carotenoid-derived aroma compounds [M]. Washington, DC: American Chemical Society, 2002.

[20] Goff S A, Klee H J. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value [J]. Science, 2006, 311: 815-819.

[21] Klee H J. Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry, and biotechnology[J]. New Phytologist, 2010, 187: 44-56.

[22] Morales M T, Alonso M V, Rios J J. Virgin olive oil aroma: relationship between volatile compounds and sensory attributes by chemometrics[J]. J Agric Food Chem, 1995, 43: 2925-2931.

[23] 王少敏, 魏树伟. 套袋对鸭梨果实香气及糖酸组分的影响[J]. 青岛农

业大学学报(自然科学版), 2011, 28(2): 115-117.

[24] 刘向平, 寇晓虹, 张平, 等. 不同采收期对鸭梨采后贮藏香气成分的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 292-295.

[25] Baldwin E A, Scott J W, Einstein M A, et al. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor[J]. J Amer Soc for Hort Science, 1998, 123(5): 906-915.

[26] 王彩霞. 薄皮和厚皮甜瓜挥发性风味物质的分析比较[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.

[27] 刘松忠. 氮素营养对“罗莎”草莓果实芳香物质及其前体影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.

[28] Hidenobu S, Sachiko S, Aya N, et al. Changes in composition of volatile compounds in high pressure treated peach [J]. J Agric Food Chem, 1994, 42(3): 785-790.

[29] 潘雪峰, 杨明非. 李子挥发物质的分析[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(3): 113-114.

[30] 贾慧娟. 水果香气物质研究进展[J]. 福建果树, 2007(2): 31-33.

[31] 也兰春, 孙建设, 黄瑞虹. 果实香气形成及其影响因素[J]. 植物学通报, 2004, 21(5): 631-637.

[32] 吴俊华, 侯雷平, 李远新, 等. 不同供铁水平对番茄产量及果实风味品质的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 154-157.

[33] 由淑贞, 杨洪强. 类胡萝卜素裂解双加氧酶及其生理功能[J]. 西北植物学报, 2008, 28(3): 630-637.

[34] 卜万锁, 牛自勉, 赵红钰. 套袋处理对苹果芳香物质含量及果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 1998, 31(6): 1-5.

[35] 刘松忠, 姜远茂, 彭福田, 等. 氮素处理对成熟草莓果实芳香成分的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(2): 183-186.

[36] 姜远茂, 彭福田, 刘松忠, 等. 草莓摘叶处理对果实芳香物质的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(2): 230-232.

[37] 刘松忠, 姜远茂, 彭福田, 等. 疏果处理对草莓果实芳香成分的影响[J]. 西北农业学报, 2004, 13(2): 172-175.

[38] 汪秋安, 碧云. 水果在成熟与贮藏时香气的形成与变化[J]. 香料香精化妆品, 1994(2): 42-48.

[39] Catherine D, Elisabeth G. The aroma of strawberry (*Fragaria ananassa*): characterisation of some cultivars, influence of freezing[J]. J Sci Food Agric, 1990, 50: 517-531.

Research Progress of Fruit Aroma

LIANG Cheng-bang, ZHANG Feng-jie, WU Fei-fei, ZHOU Chun-hua

(College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

Abstract: In this paper, the composition, content, biosynthetic pathway, influential factors, isolation and identification methods of fruit aroma were reviewed based on previous research data, in order to provide some information for thorough research of fruit aroma components.

Key words: fruit; flavor; aroma