

两种甜樱桃果实挥发性成分的 HS-SPME-GC/MS 分析

秦 玲, 蔡爱军, 张志雯, 齐艳玲, 耿立英

(河北科技师范学院生命科技学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要: 采用顶空固相微萃取(HS-SPME)技术提取“红灯”和“巨红 13-38”两种甜樱桃成熟期果实的挥发性成分,经气相色谱-质谱(GC/MS)联用仪测定,比较分析两种甜樱桃果实的香气成分变化。结果表明:两种甜樱桃中共检测出 68 种香气成分,其中,在“红灯”甜樱桃中检测出 29 种香气成分,主要为醛类、醇类和酯类,分别占鉴定物质总量的 34.25%、32.00% 和 30.77%;在“巨红”甜樱桃中检测出 50 种香气成分,主要为萜类、醇类、脂类化合物,分别占鉴定物质总量的 78.41%、10.47% 和 5.29%。“红灯”和“巨红”香气种类及含量存在很大差异,两种甜樱桃果实只有 10 种共有香气成分,“红灯”中相对含量较高的物质是苯甲醛、苯甲醇、乙酸乙酯和(E)-2-己烯醇,可作为其特征香气;巨红中相对含量较高的物质为石竹烯,达 41.8%,其次为顺-氧化芳樟醇和葑草烯。

关键词: 甜樱桃;香气成分;顶空固相微萃取(HS-SPME);气相色谱-质谱(GC/MS)

中图分类号: O 657.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-2997(2010)04-0228-07

Analysis of Volatile Components in Sweet Cherry Fruit by HS-SPME-GC/MS

QIN Ling, CAI Ai-jun, ZHANG Zhi-wen, QI Yan-ling, GENG Li-ying

(Hebei Normal College of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Volatile components in ‘Hongdeng’ and ‘Juhong’ sweet cherry fruits at ripe stage were collected using head space-solid phase micro-extraction (HS-SPME), and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). 69 compounds are isolated and identified from the sample extracts. 29 components in ‘Hongdeng’ sweet cherry fruits are identified, among them aldehydes, esters and alcohols are the major components in the sample extracts, account for 34.25%, 32.00% and 30.77% of the total volatile components identified, respectively. 50 components in ‘Juhong’ are identified. Among them terpene and alcohols are predominant flavor volatiles, account for 78.41% and 10.47%, respectively. 10 same volatile components are present in both sweet cherry cultivars. It is also found that ‘Hongdeng’ and ‘Juhong13-38’ have 19 and 40 unique components, respectively. The volatile components in two cherry fruits were constantly changing in the type and content. Benzaldehyde, benzyl alcohol, ethyl acetate and (E)-2-Hexenol are predominant flavor volatiles

收稿日期: 2009-09-28; 修回日期: 2009-12-21

基金项目: 校博士启动基金(2007YB009)资助

作者简介: 秦 玲(1974~), 女(汉族), 山西高平人, 博士, 副教授, 从事果品采后研究。E-mail: qlshx@yahoo.com.cn

通信作者: 齐艳玲(1967~), 女(汉族), 河北昌黎人, 副教授, 从事化学分析研究。E-mail: qyl6790@126.com

in ‘Hongdeng’ sweet cherry fruits. The relative contents of β -caryophyllene is the highest in ‘Juhong13-38’ cherry fruits.

Key words: cherry; volatile components; head space-solid phase micro-extraction (HS-SPME); gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS)

甜樱桃 (*Prunus. avium* L.) 是一种早熟、优质、保健果品, 种植效益较高, 国内外均处于发展时期。我国在该果品的科研及其生产方面与世界先进生产国差距较大, 其产业目前面临科技滞后的状态^[1]。因此, 深入开展甜樱桃的科学研究, 对提高果实品质, 扩大生产总量具有重要意义。成熟果实的香气构成和影响水果及其加工产品的质量及典型性, 是吸引消费者和增强市场竞争力的重要因素之一, 因此果品香气成分研究日益受到关注^[2]。传统研究方法有液-液萃取法, 蒸馏法, 静态顶空法, 动态顶空法等。固相微萃取是 20 世纪 90 年代以来出现的样品前处理方法, 具有样品量少、操作简单、快速、费用低等优点^[3]。利用顶空固相微萃取法 (HS-SPME) 分析, 可以有效避免非挥发性组分污染等。

果实的特征香气由几种香气阈值较低, 相对含量较高的芳香物质成分在果实成熟过程中逐步形成^[2]。国内外对不同果品挥发性物质成分进行了大量研究: 从不同品种苹果果实中鉴定出 300 多种物质, 认为成熟苹果的香气类型主要有酯香型和醇香型^[3-5]; 葡萄果实香气成分的研究较多, 早在 1976 年 Schreier^[7-8] 就已经鉴定出葡萄中 225 种挥发性成分。国内外对樱桃香气成分的研究也有报道: Mattheis 等^[9-10] 采用动态顶空法在“Bing”甜樱桃果实中检测出 31 种风味化合物, 认为 2-丙醇、苯甲醛、己醛是“Bing”樱桃果实的主要香气成分; Girard 等^[11] 从 12 个樱桃品种中鉴定出 50 种挥发性物质, 认为苯甲醛、己醛、(E)-2-己烯醛和 (E)-2-己烯醇是甜樱桃果实最重要的香气成分。目前关于我国樱桃品种的风味研究相对较少, 张序等^[12] 采用顶空固相微萃取法从主栽品种“红灯”甜樱桃 3 个不同时期的果实中检测出 37 种香气成分, 认为己醛、(E)-2-己烯醛、苯甲醛、(E)-2-己烯醇和乙酸乙酯是其特征香气成分, 而关于我国其他主栽樱桃品种香气成分研究未见报道。

“红灯”甜樱桃是我国目前主栽的甜樱桃品种, 具有较广阔的贸易市场, “巨红”甜樱桃是一个新品种, 果实风味佳且试种效果良好, 具有较

好的发展前景。本研究采用灵敏度较高的顶空固相微萃取-气相色谱/质谱 (HS-SPME-GC/MS) 联用技术, 对我国主栽品种“红灯”和“巨红”甜樱桃成熟期果实的香气成分进行测定、分析, 目的在于通过顶空固相微萃取方法比较研究两个品种甜樱桃果实香气成分的异同, 确定其各自的特征香气和独有香气成分及其可能的合成途径, 所得结果对确定甜樱桃果实特征香气有一定的价值, 另外, 对樱桃品种改良、推广和果品贮藏、香料研发等方面也有一定的参考价值。

1 实验部分

1.1 主要仪器与试剂

Agilent 6890 气相色谱仪; 美国 Agilent 公司产品; Agilent 5975 质谱仪; 美国 Agilent 公司产品; 自动顶空固相微萃取装置; 德国 Gerstel 公司产品; 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头; 美国 Supelco 公司产品; Aventi J-E 离心机; Beckman 公司产品。

2-辛醇 ($\geq 96\%$): 购自 Sigma-Aldrich 公司; NaCl (分析纯): 购自国药集团化学试剂有限公司。

1.2 实验样品

样品采自河北秦皇岛山海关大樱桃示范园, 有良好的灌溉条件, 土壤为砂壤, 肥力中等, 管理水平较高, 树龄 6 年。樱桃 (*Prunus. avium* L.) 品种为“红灯”和“巨红”甜樱桃, 参照文献^[12] 的采样方法, 从树冠外围随机采果 2 kg, 采后运至江南大学分析测试中心进行测定分析。

1.3 实验条件和方法

1.3.1 样品预处理 取每个品种 400 g 甜樱桃果肉, 打浆, 利用 Beckman 离心机离心 5 min ($10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$), 取其上清液置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱, 保存待测。

1.3.2 顶空固相微萃取条件 各取 8 mL 两种甜樱桃样品液, 置于 20 mL 顶空瓶中, 封口。将老化后的萃取头插入样品瓶顶空, 于 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 萃取 60 min。吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口, 于 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 解吸 3 min, 进行 GC/MS 分

析,重复 3 次。

1.3.3 色谱条件 CP-Wax 色谱柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:初始温度 50 °C,保持 1 min,以 4 °C·min⁻¹升温至 230 °C,保持 15 min;进样口温度 250 °C;载气(He)流速 2 mL·min⁻¹;检测器温度 250 °C。

1.3.4 质谱条件 电子轰击(EI)电离源,电子能量 70 eV,离子源温度 230 °C,扫描范围 m/z 33~500。

挥发性物质经计算机检索同时与 NIST li-

brary(107 k compounds)和 Wiley library(320 k compounds,version 6.0)相匹配,仅当匹配度大于 80%鉴定结果才予以报道。

2 结果与分析

GC/MS 检测到的“红灯”和“巨红”甜樱桃果实在成熟期的香气成分总离子图示于图 1。经计算机谱库(NBS/WILEY)检索及资料分析,确认其香气成分,运用峰面积归一化法,求得各成分相对百分含量,列于表 1。

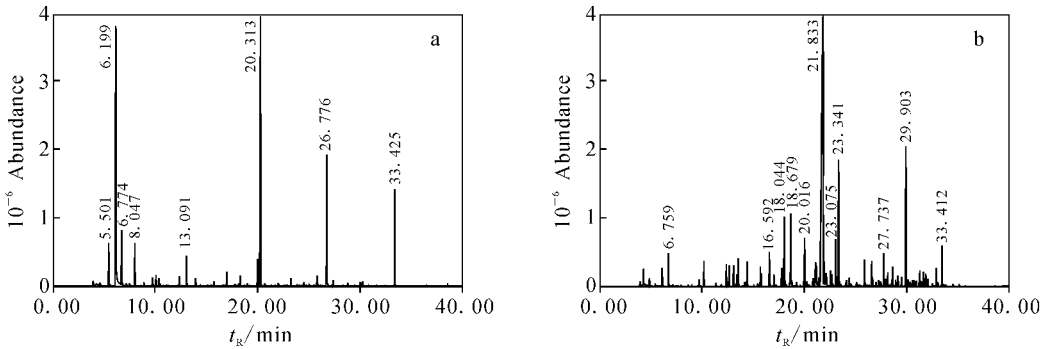


图 1 “巨红”(a)和“红灯”(b)甜樱桃果实香气成分总离子图

Fig. 1 Total ion current chromatography of aroma components in ‘Juhong’ (a) and ‘Hongdeng’ (b) sweet cherry fruits

2.1 甜樱桃果实香气组成分析

通过比较发现,在两个品种的甜樱桃果实中,香气种类及含量存在较大差异。两个品种共检测到 69 种香气成分,从“红灯”甜樱桃成熟期果实中共检测到 29 种芳香物质,从“巨红 13-38”检测到 50 种。它们共有的香气成分仅有 10 种,分别为(*E*)-2-己烯醛、(*E*)-2-己烯醇、苯甲醛、乙酸乙酯、*α*-萜品醇、芳樟醇、3,4-二甲苯甲醛、乙醇、壬醛和 1-壬醇。

“红灯”甜樱桃果实中检测出的香气物质主要为醇类、醛类和脂类,相对百分含量分别为 34.25%、32.00%和 30.77%,含量较高的是苯甲醛、苯甲醇、乙酸乙酯、2-乙醛、乙酸甲酯和乙醇等。而“巨红 13-38”检测到的香气物质主要为萜类、醇类和酯类,分别占到总挥发性物质的 78.41%、10.47%和 5.29%,其中相对百分含量较高的成分为 β -石竹烯、顺-氧化芳樟醇、乙醇和萹草烯。

可见,不同甜樱桃品种的嗅感香气不同,苯甲醛、苯甲醇、乙酸乙酯和(*E*)-2-己烯醇是成熟“红灯”甜樱桃的重要香气物质;而 β -石竹烯、顺-氧化芳樟醇、乙醇和萹草烯是“巨红”甜樱桃果实的重要香气成分。

2.2 不同甜樱桃果实中香气成分分析

两种甜樱桃的香气物质成分主要为醇类、醛类、萜类和脂类化合物,在不同品种的甜樱桃中,各类香气化合物成分的相对百分含量差异较大。

2.2.1 醇类化合物的差异 醇类化合物是甜樱桃果实香气成分中最主要的一类物质,在“红灯”甜樱桃中主要为芳香醇、C₆ 醇、乙醇、C₅ 醇类以及少量的 C₉ 醇,示于图 2。

在“巨红”中主要的 C₆ 醇类为己醇、(*Z*)-3-己烯-1-醇和(*E*)-2-己烯-1-醇,分别占总芳香物质的 1.65%、2.18%和 1.86%;而在“红灯”甜樱桃中检测 C₆ 醇类只有一种:(*E*)-2-己烯-1-醇,占总芳香物质的 7.91%,相对百分含量较高。

表 1 HS-SPME-GC/MS 鉴定的“红灯”和“巨红”甜樱桃果实香气成分及相对百分含量

Table 1 Aroma compounds and relative contents in ‘Hongdeng’ and ‘Juhong’ sweet cherry fruits identified by HS-SPME-GC/MS

化合物	分子式	红灯		巨红	
		匹配度/%	相对百分含量/%	匹配度/%	相对百分含量/%
乙酸甲酯 Acetic acid methyl ester	C ₅ H ₆ O ₂	84	5.12	—	—
乙酸乙酯 Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	90	20.83	91	2.78
丁酸乙酯 Butanoic acid ethyl ester	C ₄ H ₈ O ₂	—	—	94	0.41
戊酸乙酯 Pentanoic acid ethyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	—	—	91	1.82
甲酸己酯 Formic acid hexyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	83	0.18	—	—
(E)-乙酸-2-己烯-1-醇酯 (E)-2-Hexen-1-ol acetate	C ₈ H ₁₄ O ₂	90	3.73	—	—
乙酸己酯 Acetic acid hexyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂	90	0.22	—	—
乙酸叶醇酯 (Z)-3-Hexen-1-ol acetate	C ₈ H ₁₄ O ₂	—	—	83	0.09
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	C ₈ H ₈ O ₃	—	—	95	0.18
乙酸苄酯 Acetic acid phenylmethyl ester	C ₉ H ₁₀ O ₂	98	0.68	—	—
乙醇 Ethyl alcohol		94	2.36	86	4.34
叔戊醇 Amylene Hydrate	C ₅ H ₁₂ O	83	0.13	—	—
3-戊醇 3-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	83	0.49	—	—
3-甲基-1-丁醇 3-Methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	90	0.35	—	—
3-甲基-3-丁烯-1-醇 3-Methyl-3-buten-1-ol	C ₅ H ₁₀ O	94	0.17	—	—
3-甲基-2-丁烯-1-醇 3-Methyl-2-buten-1-ol	C ₅ H ₁₀ O	93	0.25	—	—
(Z)-3-己烯-1-醇 (Z)-3-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	—	—	86	2.18
己醇 1-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	—	—	83	1.65
(E)-2-己烯醇 (E)-2-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	91	7.91	87	1.86
苯甲醇 Benzyl alcohol	C ₇ H ₈ O	98	21.84	—	—
苯乙醇 Phenylethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	93	0.39	—	—
2-乙基-1-己醇 2-Ethyl-1-hexanol	C ₈ H ₁₈ O	—	—	90	0.33
1-壬醇 1-Nonanol	C ₉ H ₂₀ O	90	0.37	86	0.11
己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	90	2.17	—	—
E-2-己烯醛 2-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	96	1.67	97	0.58
苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	96	27.31	96	0.73
苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	80	0.44	—	—
壬醛 Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	86	0.18	86	0.07
3,4-二甲基苯甲醛 3,4-Dimethyl-benzaldehyde	C ₉ H ₁₀ O	90	0.23	94	0.17
对-1-薄荷-9-醛 <i>p</i> -Menth-1-en-9-al	C ₁₀ H ₁₆ O	—	—	80	0.11
2-戊酮 2-Pentanone	C ₅ H ₁₀ O	—	—	86	0.12
2-庚酮 2-Heptanone	C ₇ H ₁₄ O	—	—	90	0.06
6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-hepten-2-one	C ₈ H ₁₄ O	—	—	87	0.38
3,6-二甲基-2,3,3a,4,5,7a-六氢香豆酮					
3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	C ₁₀ H ₁₆ O	—	—	94	0.44
反式-大马酮 <i>trans</i> -Damascenone	C ₁₃ H ₁₈ O	97	0.54	—	—
大马酮 Damascenone	C ₁₃ H ₁₈ O	87	0.22	—	—
香叶基丙酮 Geranylacetone	C ₁₃ H ₂₂ O	83	0.08	—	—
α -蒎品醇 α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	86	0.07	95	0.76
芳樟醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	86	0.62	86	1.22

续表

化合物	分子式	红灯		巨红	
		匹配度/%	相对百分含量/%	匹配度/%	相对百分含量/%
桉叶醇 Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	87	1.00
顺-氧化芳樟醇 <i>cis</i> -Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	—	—	90	8.46
月桂烯醇 Myrcenol	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	83	1.63
2,6-二甲基-5,7-辛二烯-2-醇 2,6-Dimethyl-5,7-octadien-2-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	91	0.73
喇叭醇 Ledol	C ₁₅ H ₂₆ O	—	—	83	0.50
β -月桂烯 β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	94	1.55
萜品油烯 Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	97	0.23
<i>D</i> -柠檬烯 <i>D</i> -Limonene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	96	1.25
反式-罗勒烯 <i>trans</i> -Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	94	1.26
顺式-罗勒烯 <i>cis</i> -Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	96	1.48
2,5,6-三甲基-1,3,6-庚三烯 2,5,6-Trimethyl-1,3,6-heptatriene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	87	0.30
甜没药烯 α -Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	91	0.70
丁香烯 Clovene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	95	0.11
香树烯 Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	86	0.59
β -石竹烯 β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	99	48.52
葎草烯 Humulen-(v1)	C ₁₅ H ₂₄	—	—	93	4.61
β -桉叶烯 β -Eudesmene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	99	0.21
α -桉叶烯 α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	96	0.37
萜澄茄烯 Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	97	0.32
α -二去氢菖蒲烯 α -Calacorene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	93	0.08
α -新丁香三环烯 Neoclovene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	89	1.71
异香橙烯 Alloaromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	85	0.17
古芸烯 Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	83	0.19
1 <i>R</i> ,3 <i>Z</i> ,9 <i>S</i> -2,6,10,10-四甲基双环[7.2.0]十一烷-2,6-二烯 1 <i>R</i> ,3 <i>Z</i> ,9 <i>S</i> -2,6,10,10-Tetramethylbicyclo[7.2.0]undeca-2,6-diene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	90	0.44
丁香酚 Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	98	0.10	—	—
杂环类 Heterocyclics					
2,2-二甲基-5-(1-甲基-1-丙烯基)四氢呋喃 2,2-Dimethyl-5-(1-methyl-1-propenyl)-tetrahydro furan	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	95	0.53
3,6-二氢-4-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯基)-2 <i>H</i> -吡喃 3,6-Dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-2 <i>H</i> -pyran	C ₁₀ H ₁₆ O	—	—	97	0.40
(<i>E</i>)-2-乙叉-1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]正庚烷 (<i>E</i>)-2-Ethylidene-1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptane	C ₁₂ H ₂₀	—	—	95	0.26
1,5-二乙烯基-2,3-二甲基环己烷 1,5-Diethenyl-2,3-dimethyl-cyclohexane	C ₁₂ H ₂₀	—	—	95	1.37
α -紫罗烯 α -Ionene	C ₁₃ H ₁₈	97	1.04	—	—

注：“—”表示没有检测到

芳香醇类和 C_5 醇类都只在“红灯”甜樱桃中出现,而在“巨红”甜樱桃中未检测到。“红灯”果实中芳香醇含量很高,主要是苯甲醇和苯乙醇,分别占总量的 21.84% 和 0.39%; C_5 醇类检测到 5 种,含量均很低。

另外,在两个甜樱桃品种中还检测到乙醇和壬醇。乙醇在“红灯”和“巨红”中分别占 2.36% 和 4.34%; C_9 醇(即壬醇)在两种果实中含量均很低。

2.2.2 醛类的差异 两个樱桃品种中检测的醛

类化合物主要包括 C_6 醛类和芳香醛类,示于图 2。 C_6 醛类化合物检测到主要为 2-己烯醛和己醛,在“红灯”和“巨红”中分别占检测总物质含量的 3.84% 和 0.58%; 芳香醛类化合物在两个品种中的含量差异较大,“红灯”甜樱桃中检测到的芳香醛为苯甲醛和苯乙醛,分别占总香气成分的 27.71% 和 0.44%,在“巨红”甜樱桃中检测到的芳香醛含量较低,仅占总含量的 0.90%。另外,两个樱桃品种中均检测到 C_9 醛,其相对百分含量较低。

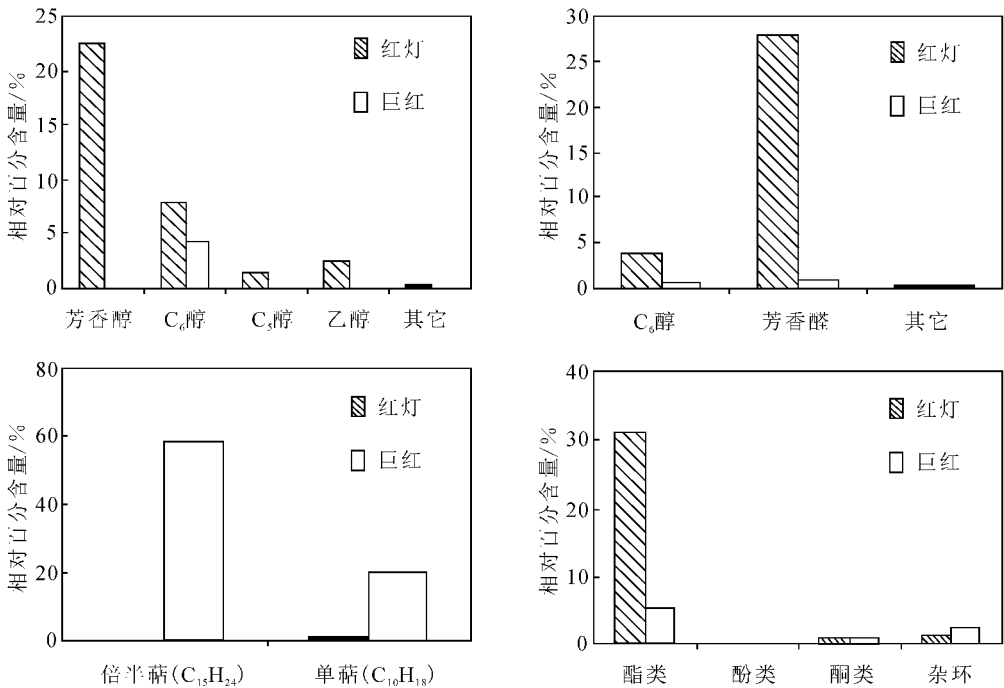


图 2 “红灯”和“巨红”樱桃果实中各类化合物相对百分含量变化

Fig. 2 Relative contents changes of every aroma components in ‘Hongdeng’ and ‘Juhong’ sweet cherry fruits

2.2.3 萜类化合物的差异 两种樱桃果实中萜类化合物含量差异很大。在“巨红”甜樱桃中检测到大量的萜类物质,种类达 27 种,其中单萜 13 种,倍半萜 14 种,分别占 19.87% 和 58.54%。单萜中萜醇类 6 种,萜烯类 8 种;倍半萜中醇类 1 种,萜烯类 13 种。大量的萜烯类化合物中, β -石竹烯含量最高,占总芳香物质的 48.52%。而在“红灯”甜樱桃中只检测到 2 种单萜类化合物,即 α -萜品醇和芳樟醇,含量较低,占检测芳香物质含量的 0.69%。

可见,萜烯类化合物对“巨红”甜樱桃果实风味的影响很大,是造成两个甜樱桃品种果实风味差异的主要因素之一。

2.2.4 其他主要物质含量的差异 两个品种的甜樱桃果实中,主要芳香物质脂类、酮类、酚类和杂环烷烃类物质含量也有很大差异。两个樱桃品种共检测到 11 种脂类物质。“红灯”甜樱桃中有乙酸乙酯、乙酸己酯、乙酸苜酯;而在“巨红”甜樱桃中,检测到乙酸乙酯、戊酸乙酯、乙酸叶醇酯和水杨酸甲酯。其中乙酸乙酯是二者共有香气物质,但含量差异较大,在“红灯”甜樱桃果实中占 20.83%,而在“巨红”占 2.78%。

酮类化合物在两个樱桃品种中含量也不同,在“红灯”果实中检测到的化合物主要有大马酮、反式大马酮和反-香叶基丙酮,占总量的 0.84%,

这些嗅感物质都是人们所喜爱的香味物质。在“巨红”果实中主要检测到少量的戊酮,庚酮和香叶酮。

另外,在“巨红”樱桃果实中还检测到杂环类化合物,总含量很低,只占 2.57%;在“红灯”中检测到罗勒烯,占 1.04%。

3 讨论

每种果树成熟果实中均含有多种芳香物质成分,一般果实的挥发性成分主要有 C_6 化合物、醇类、酯类、萜类、羰基化合物和含氮化合物。Gomez 等^[8]根据果实中的香气成分将欧洲葡萄品种分成 3 种类型:玫瑰香型、非玫瑰香的芳香型和非芳香型。研究苹果香味的学者^[3-5]根据特征香气成分的组成,将苹果不同品种果实香型分成 3 种:酯香型、醇香型和清香型。关于樱桃香味的相关研究目前处于起步阶段,张序等^[12]认为己醛、(E)-2-己烯醛、苯甲醛、(E)-2-己烯醇、乙酸乙酯和己酸乙酯是甜樱桃成熟果实的特征香气成分;Mattheis 等^[9-10]检测发现 2-丙醇在“Bing”甜樱桃果实中含量最高;Girard 等^[11]认为己醛、(E)-2-己烯醛、(E)-2-己烯醇和苯甲醛是甜樱桃最重要的香气成分,在果实中相对百分含量较高,占挥发性物质含量的 50%以上。本实验采用 HS-SPME-GC-MS 联用技术从“红灯”甜樱桃成熟期果实中共检测到 29 种芳香成分,其中苯甲醛、苯甲醇、乙酸乙酯、己醛和(E)-2-己烯醛含量较高,与前人^[11-13]研究结果一致。另外,还检测到少量酮类化合物(大马酮、反式大马酮和香叶基丙酮)对“红灯”甜樱桃风味品质有影响,可能是由于栽培地域、栽培条件、采集日期和砧木类型等因素影响所致。本实验在“巨红”甜樱桃果实中发现了大量的萜类化合物,在所报道的甜樱桃果实最重要的香气成分中很少见的。萜类物质在“巨红”甜樱桃果实中不仅含量高,而且种类多,其中含量最高的是 β -石竹烯,占总含量的 41.92%。

两个品种的甜樱桃果实中,香气种类及含量存在很大差异。“红灯”甜樱桃中含量最高的是苯甲醛和乙酸乙酯。苯甲醛具有类似苦杏仁的香味,乙酸乙酯具有强烈的醚似的气味,清灵、微带果味的酒香,易扩散、不持久。而“巨红”甜樱桃中含量最高的物质是石竹烯和顺-氧化芳樟

醇, β -石竹烯具有辛香、木香、柑橘香、樟脑香以及温和的丁香等多种香气,能产生较多的香味。顺-氧化芳樟醇具有强的木香、花香、萜香、青香气,还带有清凉气息,是一种多香韵的香料。可见,两个品种果实的主要香气物质存在很大的差异。

在各种水果的嗅感成分中,萜烯是生物体内通过异戊二烯途径合成的,前体认为是甲瓦龙酸和低碳数的醇、酸、酯等化合物,其合成前体很大一部分来自氨基酸^[7]。在两种樱桃果实中均发现含量较高的 C_6 化合物和微量的 C_9 化合物,这些香气物质大多是以脂肪酸为前体生物合成的^[7]。一般说来, C_6 化合物产生青草气味,其中己醛是苹果、葡萄、草莓、菠萝、香蕉、桃子、樱桃等的嗅感成分; C_9 化合物也往往呈现出甜瓜和黄瓜的香气,樱桃在成熟时产生的果香,其香气成分有很多是由长链脂肪酸经 β -氧化衍生而成的中碳链($C_6 \sim C_{12}$)化合物。可见两种樱桃果实中其相应的芳香物质的合成存在不同途径,进而导致甜樱桃果实风味各异。

参考文献:

- [1] 黄贞光,赵改荣,韩礼星,等. 入世后我国甜樱桃面临的机遇与挑战及发展对策[J]. 果树学报,2002,19(6): 411-415.
- [2] 张海英,韩涛,许丽,等. 果实的风味构成及其调控[J]. 食品科学,2008,24(4): 464-469.
- [3] WANG L P, XU Y, ZHAO G A, et al. Rapid analysis of flavor volatiles in apple wine using headspace solid-phase microextraction[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2004,110(1):57-65.
- [4] 李晓磊,沈向,王磊,等. 海棠不同品种果实香气物质分析[J]. 中国农业科学,2008,41(6): 1742-1748.
- [5] DIXO J, HEWETT E W. Factors affecting apple aroma flavor volatile concentration: review[J]. New Zealand J of Crop and Hort Sci, 2000, 28: 155-173.
- [6] 张运涛,董静,王桂霞. 草莓香味的形成和香味育种[J]. 中国农业科学,2004,37(7): 1039-1044.
- [7] CLARKE R J, BAKKER J. Wine flavour chemistry[M]. Oxford Ames: Blackwell Publishing, 2004.