

枇杷品种香甜和解放钟及两者杂交 子代优系果实香气成分分析

蒋际谋, 胡文舜, 许奇志, 陈秀萍, 邓朝军, 姜帆, 郑少泉

(福建省农业科学院果树研究所/福建省龙眼枇杷育种工程技术研究中心, 福州 350013)

摘要: 采用顶空固相微萃取和气质联用技术, 分析测定了果实无明显香味的枇杷品种解放钟和香味明显的品种香甜及其正反交子代中香味明显的优系香钟 11 号和钟香 25 号的果肉香气成分。结果表明, 4 个枇杷品种(系)共检测出 11 类 91 种香气成分, 其中萜类物质 D-柠檬烯相对含量最高(62.59% ~ 68.32%), 其次是醛类物质(12.53% ~ 18.15%); 亲本香甜香气成分种类最多(62 种)、解放钟最少(44 种), 子代香钟 11 号、钟香 25 号介于双亲之间, 香甜与 2 个子代共有成分为 38 种和 36 种, 解放钟与 2 个子代共有成分为 27 种和 26 种, 子代香气成分更多遗传自香甜; 主要特征香气成分有 D-柠檬烯、(E)-2-己烯醛、正辛醛、正己醛、乙酸苏合香酯、2-甲基丁酸甲酯、庚酸烯丙酯、2-甲基丁酸乙酯等; 并讨论了解放钟果肉香味不明显可能的原因。

关键词: 枇杷; 遗传; 香气; 气质联用

Volatiles in Fruits of Two Loquat Cultivars Xiangtian, Jiefangzhong and Their Two Offspring Selections

JIANG Ji-mou, HU Wen-shun, XU Qi-zhi, CHEN Xiu-ping, DENG Chao-jun, JIANG Fan, ZHENG Shao-quan

(Fruit Research Institute of Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Breeding Engineering Technology Research Center for Lonyan and Loquat, Fuzhou 350013)

Abstract: Volatiles of four loquat cultivars, Xiangtian, Jiefangzhong, Xiangzhong No. 11 (Xiangtian ♀ × Jiefangzhong ♂) and Zhongxiang No. 25 (Jiefangzhong ♀ × Xiangtian ♂) were evaluated by HS-SPME-GC-MS. The results showed that 91 aromatic volatile compounds in 11 categories were detected, in which terpenoids D-Limonene was the highest, accounted for 62.59% - 68.32%, aldehydes were the next, accounted for 12.53% - 18.15%. Sixty two components of volatile in Xiangtian were detected, while in Jiefangzhong only 44 components. The volatile quantities in Xiangzhong No. 11 and Zhongxiang No. 25 were between in their parents. The common aromatic components present in both Xiangtian and its hybrid progeny were 38 and 36 kinds, respectively, whereas in Jiefangzhong and its hybrid progeny were 27 and 26 kinds of components, indicating that most of aroma compounds in offsprings were inherited from Xiangtian. The main aroma components were D-limonene, (E)-2-hexenal, octanal, hexanal, benzene-methanol, α-methyl-, acetate, butanoic acid, 2-methyl-, methyl ester, allyl heptanoate and butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester. And the reason of Jiefangzhong without significant aromatic volatiles were discussed.

Key words: loquat; inheritance; aromatic components; GC-MS

收稿日期: 2013-09-03 修回日期: 2013-10-22 网络出版日期: 2014-06-09

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140609.1421.014.html>

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003073); 农业部作物种质资源保护项目(NB2130135); 农业部热带作物种质资源保护项目(13RZZY-15); 农业部农业科研杰出人才及其创新团队

第一作者主要从事枇杷龙眼种质资源、育种与配套技术研究。E-mail: jjm2516@126.com

通信作者: 郑少泉, 从事果树育种、种质资源和品质生物技术研究。E-mail: zsq333555@163.com

香味是水果品质优劣的重要指标之一。近年来,随着消费者对果实品质要求的不断提高,果实香气研究日益受到重视^[1]。枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)是原产我国南方的亚热带特色果树,其果实春末夏初水果淡季成熟,风味甜酸适口,深受消费者喜好。我国是枇杷原产国和最大生产国,拥有丰富的枇杷种质资源^[2],产量占世界枇杷总产量的70%以上,但传统的枇杷育种目标主要关注产量、果实大小、含糖量、可食率等方面,对香味的重视不足,生产上的主栽品种多无明显的香味^[3-4],影响了枇杷产业竞争力的进一步提升。本课题组在20世纪70年代,以具明显香味的优质鲜食地方品种香甜与无明显香味的大果品种解放钟为亲本,开展正反交育种研究,育成大果、优质、香气浓郁的枇杷新品种(系)香钟11号^[5]和钟香25号^[6],并开展了杂交后代果实品质性状遗传倾向研究^[7],但有关这4个品种(系)香气成分鉴定的研究未见报道。本试验拟通过分析测定果肉有明显香味和无明显香味两个品种及两个代表性正反交子代的果实香气物质组成与相对含量,了解枇杷果实的呈香特点,为枇杷种质创新杂交亲本的选配提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用果实采自福建省福州市国家果树种质福州枇杷圃,立地条件一致,果实生长发育期不疏果、不套袋,其余常规管理。试验品种为解放钟(来源地:福建莆田)、香甜(来源地:福建莆田)、钟香25号(解放钟♀×香甜♂,来源地:福建福州)、香钟11号(香甜♀×解放钟♂,来源地:福建福州)。2013年5月果实成熟期,根据经验结合品尝和可溶性固形物含量测定确定4个品种的成熟期,每个品种分别采摘树冠外围中上部南向至西向充分成熟果实10粒,立即运回实验室。为了确保样品一致性,采样均由同一人完成。用蒸馏水冲洗干净果面后,吸干水分,剥皮,在每个果实的3个不同部位纵向切取果肉,迅速投入液氮中冷冻,混合包于锡铂纸中,置于-80℃超低温冰箱保存待用。单株小区,3次重复。

1.2 GC-MS 分析

采用顶空固相微萃取(HS-SPME)结合气质联用技术(GC-MS)进行果肉香气成分测定。果肉用研钵快速研磨成浆,双层纱布过滤果汁,迅速转移20 mL混匀果汁到45 mL密封顶空瓶中,加入转子,用聚四氟乙烯隔垫密封,在恒温磁力加热搅拌器上

40℃平衡15 min。将270℃老化3 h的30 μm DVB/CAR/PDMS(二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲甲基硅氧烷)萃取头(Supelco)插入样品瓶的顶空部分,保持离样品表面2.0 cm,顶空吸附35 min后,将萃取头插入GC进样口解吸5 min。

气相色谱仪型号为Agilent 7890N。气相色谱条件:DB-WAXETR(60 m×0.320 mm×0.25 μm)石英毛细管柱;升温程序:起始温度35℃,保持5 min,以3℃/min升温至150℃,保持0 min;然后以10℃/min升温至240℃,保持2 min。进样口温度250℃,氦气流量1 mL/min。

质谱仪型号为Agilent 5975。质谱条件:电离方式EI,电子能量70 eV,光电倍增管电压350 V,离子源温度230℃,接口温度280℃,扫描质量范围40~500 amu,MS四极杆。

挥发性成分分析:将采集到的质谱图通过检索MSD化学工作站和NIST08标准谱库,确定各种挥发性的成分;再结合保留时间、质谱、实际成分和保留指数等参数对部分组分进一步确定;根据气相色谱分析结果,并用TIC峰面积归一法定量计算出各化学成分的相对含量。所测出各香气成分相对含量为其色谱峰占总峰面积的百分数。

2 结果与分析

2.1 4个枇杷品种香气成分种类

枇杷果肉挥发性成分的总离子流图见图1。经检索比对,4个品种(系)共鉴定出醛类、酯类、萜类、醇类、酮类、苯类、醚类、杂环类、酸类、萘类和其他挥发性成分11类91种(表1)。品种间的香气成分种类存在较大差异。

香甜的香气成分最为丰富,共检测出11类62种,占总含量的96.22%;解放钟的香气成分种类最少,仅检测出8类44种,占总含量的91.54%;杂交子代钟香25号、香钟11号各检测出11类52种、9类47种成分,分别占总含量的94.21%、94.10%,种类数介于亲本香甜和解放钟之间。

香甜与解放钟共有香气成分27种,其中18种在香钟11号和钟香25号中均有存在。香甜与子代香钟11号和钟香25号的共有成分分别为38种和36种,解放钟与香钟11号和钟香25号的共有成分分别为29种和26种。香甜特有成分14种,解放钟特有成分8种,子代钟香25号和香钟11号特有成分10种、2种,少于2个亲本。说明了亲本共有的香气成分部分得到遗传,2个子代中的香气成分更

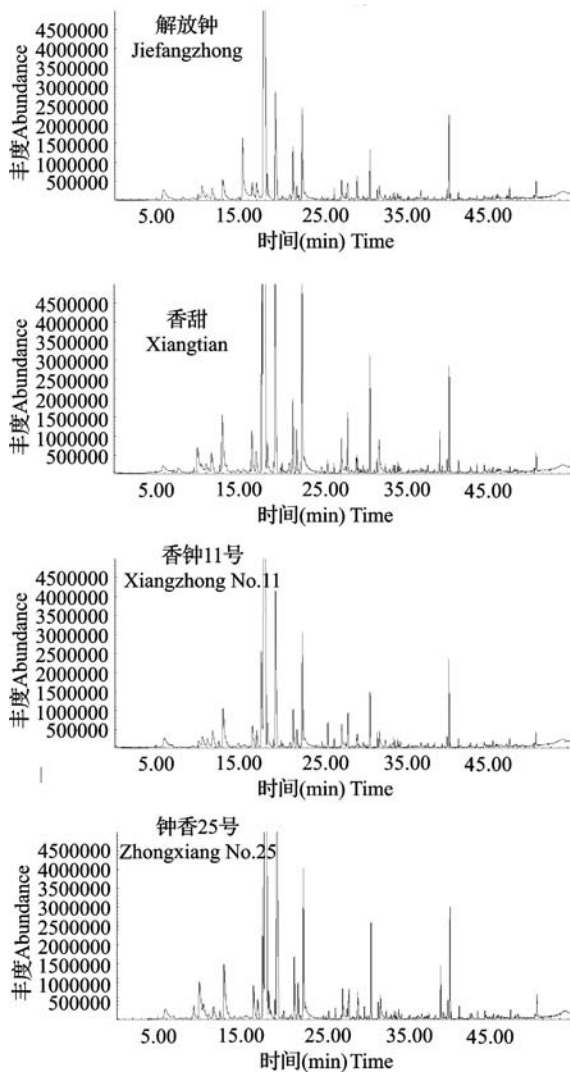


图1 4个枇杷品种果实香气成分的总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatiles constituents in fruit of four loquat cultivars

表1 4个枇杷品种果肉香气成分与相对含量

Table 1 Volatile compounds and relative contents in fruit of four loquat cultivars

序号 No.	化合物 Compounds	相对含量(%) Relative content			
		解放钟 Jiefangzhong	香甜 Xiangtian	香钟11号 Xiangzhong No. 11	钟香25号 Zhongxiang No. 25
1	醛类 Aldehydes 正己醛 Hexanal	1.83	2.38	3.04	2.84
2	(E)-2-己烯醛(E)-2-Hexenal	5.22	4.98	6.21	9.64
3	(E,E)-2,4-己二烯醛(E,E)-2,4-Hexadienal	0.21	-	-	0.19
4	壬醛 Nonanal	0.83	0.77	0.85	0.73
5	正辛醛 Octanal	3.14	4.40	4.30	3.65
6	β -环柠檬醛 1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde,2,6,6-trimethyl-	0.28	0.10	0.15	0.10
7	癸醛 Decanal	0.76	0.89	0.73	0.72
8	苯甲醛 Benzaldehyde	0.12	0.07	0.09	0.10
9	柠檬醛 2,6-Octadienal,3,7-dimethyl-	0.15	0.13	-	0.18

多遗传自香甜。

2.2 4个枇杷品种香气成分相对含量

从表1可知,4个品种(系)香气成分相对含量 $\geq 1.00\%$ 的成分共有13种,均为醛类、酯类、萜类和苯类物质。其中:解放钟有8种香气成分,占总含量的81.88%,从高到低依次是D-柠檬烯(相对含量65.78%), (E)-2-己烯醛、正辛醛、邻-异丙基苯、正己醛、乙酸苏合香酯、4-萜烯醇、月桂烯;香甜有9种,占总含量的86.04%, D-柠檬烯的相对含量最高,达68.32%,其次是(E)-2-己烯醛、正辛醛、正己醛、邻-异丙基苯、月桂烯、2-甲基丁酸甲酯、庚酸烯丙酯、乙酸苏合香酯;香钟11号有8种,占总含量的83.70%,从高到低依次是D-柠檬烯(相对含量65.08%)、(E)-2-己烯醛、正辛醛、正己醛、乙酸苏合香酯、桉叶油醇、2-甲基丁酸乙酯、邻-异丙基苯;钟香25号有9种,占总含量的85.75%,从高到低依次是D-柠檬烯(相对含量62.59%)、(E)-2-己烯醛、正辛醛、正己醛、2-甲基丁酸甲酯、乙酸苏合香酯、4-异丙基甲苯、月桂烯、庚酸烯丙酯。

由此可知,4个品种香气成分均以D-柠檬烯相对含量最高,达62.59%~68.32%,其次是(E)-2-己烯醛,相对含量4.98%~9.64%,第三为正辛醛,相对含量3.14%~4.40%,可见这3种香气成分可作为4个枇杷品种的重要特征。特有香气成分中,仅钟香25号所含的4-异丙基甲苯相对含量较高(1.27%),其余的相对含量均不足1.00%。

表 1(续)

序号 No.	化合物 Compounds	相对含量(%) Relative content			
		解放钟 Jiefangzhong	香甜 Xiangtian	香钟 11 号 Xiangzhong No. 11	钟香 25 号 Zhongxiang No. 25
酯类 Esters					
10	2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid,2-methyl-,ethyl ester	0.92	0.94	1.24	0.59
11	乙酸苏合香酯 Benzenemethanol,. alpha.-methyl-,acetate	1.52	1.03	1.40	1.30
12	菠萝酯 Cyclohexanepropanoic acid,2-propenyl ester	0.08	0.10	0.07	-
13	2-甲基丁酸甲酯 Butanoic acid,2-methyl-,methyl ester	-	1.23	-	2.37
14	正己酸乙酯 Hexanoic acid,ethyl ester	-	0.10	0.19	0.09
15	庚酸烯丙酯 Allyl heptanoate	-	1.14	0.88	1.02
16	苯甲酸甲酯 Benzoic acid,methyl ester	-	0.04	-	-
17	癸酸乙酯 Decanoic acid,ethyl ester	-	0.03	-	0.04
18	乙酸异戊酯 1-Butanol,3-methyl-,acetate	-	-	0.24	-
19	甲酸辛酯 Formic acid,octyl ester	-	-	-	0.07
20	己酸甲酯 Hexanoic acid,methyl ester	-	-	-	0.09
21	辛酸乙酯 Octanoic acid,ethyl ester	-	-	-	0.58
萜类 Terpenes					
22	4-甲基-3-(1-甲基乙炔基)-环己烯 Cyclohexene,4-methyl-3-(1-methylethylidene)-	0.17	-	-	0.08
23	(+)-4-萜烯(+)-4-Carene	0.49	-	-	-
24	苯并环丁烯 Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	0.35	-	-	-
25	GAMMA-萜品烯,松油烯 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	0.13	0.19	0.15	0.17
26	4-萜烯醇 3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-	1.26	0.07	0.08	0.04
27	月桂烯. beta.-Myrcene	1.18	1.23	-	1.08
28	1-甲基-5-(1-甲基乙炔基)环己烯 (R)-Cyclohexene,1-methyl-5-(1-methylethenyl)-	0.22	-	-	-
29	D-柠檬烯 D-Limonene	65.78	68.32	65.08	62.59
30	α-蒎烯. alpha.-Pinene	0.38	-	0.46	-
31	(E)-5-十四碳烯(E)-5-Tetradecene	0.15	0.09	0.15	-
32	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol,3,7-dimethyl-	0.12	0.12	0.15	0.12
33	L-薄荷醇 Cyclohexanol,5-methyl-2-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]-	0.09	-	0.08	-
34	松油醇 3-Cyclohexene-1-methanol,. alpha.,. alpha.4-trimethyl-	0.21	-	0.22	0.25
35	柏木脑(雪松醇) Cedrol	0.51	0.26	0.34	0.38
36	DL-薄荷醇 Menthol	-	0.10	-	-
37	1-壬醇 1-Nonanol	-	0.06	0.09	0.06
38	α-松油醇 (S)-3-Cyclohexene-1-methanol,. alpha.,. alpha.4-trimethyl-	-	0.17	-	-
39	(E)-4-十四碳烯(E)-4-Tetradecene	-	-	0.08	0.06
40	(1S,2R,5S)-2,6,6,8-四甲基三环[5.3.1.0 ^{1,5}]十一碳-8-烯 1H-3a,7-Methanoazulene,2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tet- ramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	-	-	-	0.07

表 1(续)

序号 No.	化合物 Compounds	相对含量(%) Relative content			
		解放钟 Jiefangzhong	香甜 Xiangtian	香钟 11 号 Xiangzhong No. 11	钟香 25 号 Zhongxiang No. 25
41	(+)-氧化柠檬烯 7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane,1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	-	-	-	0.06
42	7-十四碳烯 7-Tetradecene	-	-	-	0.04
43	DL-薄荷醇 Cyclohexanol,5-methyl-2-(1-methylethyl)-,(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./+/-.)-	-	-	-	0.08
44	(+)-长叶环烯 1,2,4-Methanoazulene, decahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-[1S-(1.alpha.,2.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.,9R*)]-	-	0.07	-	-
45	长叶烯 1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8,8-trimethyl-9-methylene-[1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]-	-	0.12	0.09	-
46	桉烯 Bicyclo[3.1.0]hexane,4-methylene-1-(1-methylethyl)-	-	0.06	-	-
47	(Z)-2-十二烯 2-Dodecene,(Z)-	-	0.06	-	0.06
48	苯乙烯 Styrene	-	0.24	0.28	0.13
49	对-薄荷-1,3,8-三烯 1,3,8-p-Menthatriene	-	0.08	-	-
50	桉叶油醇 Eucalyptol	-	0.84	1.24	-
51	1-十四烯 1-Tetradecene	-	0.07	-	-
52	(Z)-7-十四碳烯(Z)-7-Tetradecene	-	0.06	-	-
53	(E,E)-2,4-庚二烯醛(E,E)-2,4-Heptadiene	-	0.12	0.17	-
54	1-十六烯 Hexadecane	-	0.04	-	-
55	双(1-甲基乙基)环丁烯 Cyclobutene,bis(1-methylethylidene)-	-	-	-	0.10
56	顺式-葛缕醇 2-Cyclohexen-1-ol,2-methyl-5-(1-methylethenyl)-,cis-	0.06	0.04	-	-
57	(Z)-柠檬醛(Z)-2,6-Octadienal,3,7-dimethyl- 醇类 Alcohols	-	-	0.13	-
58	1-甲基-4-(1-甲基乙基)环己醇 Cyclohexanol,1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	0.07	0.03	0.08	0.04
59	正辛醇 1-Octanol	0.11	-	-	-
60	外-葑醇 Fenchol,exo-	0.09	-	-	-
61	(E)-2-己烯醇(E)-2-Hexen-1-ol	0.71	-	-	-
62	2-乙基己醇 1-Hexanol,2-ethyl-	0.24	0.18	0.27	0.20
63	正己醇 1-Hexanol	-	0.18	0.54	0.14
64	十二醇 1-Dodecanol	-	-	-	0.05
65	1,3,3-三甲基双环[2.2.1]-庚-2-醇 Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol,1,3,3-trimethyl-	-	0.06	0.08	0.06
66	(Z)-2-己烯-1-醇(Z)-2-Hexen-1-ol 酮类 Ketones	-	0.82	0.86	0.66
67	甲基庚烯酮 5-Hepten-2-one,6-methyl-	0.09	0.09	0.13	0.06
68	β -紫罗酮 3-Buten-2-one,4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	0.20	-	0.13	0.10
69	二氢香芹酮 Cyclohexanone,2-methyl-5-(1-methylethenyl)-,trans-	0.21	0.05	-	-
70	大马酮 2-Buten-1-one,1-(2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadien-1-yl)-	0.12	0.18	0.18	-

表 1 (续)

序号 No.	化合物 Compounds	相对含量(%) Relative content			
		解放钟 Jiefangzhong	香甜 Xiangtian	香钟 11 号 Xiangzhong No. 11	钟香 25 号 Zhongxiang No. 25
71	香叶基丙酮(E)-5,9-Undecadien-2-one,6,10-dimethyl-	-	0.09	0.14	0.09
72	β -紫罗兰酮(E)-3-Buten-2-one,4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)- 苯类 Benzene	-	0.06	-	-
73	邻-异丙基苯 Benzene,1-methyl-2-(1-methylethyl)-	2.00	1.33	1.20	-
74	甲苯 Toluene	0.48	0.40	0.65	0.28
75	1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)苯 Benzene,1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	0.74	0.39	0.44	-
76	4-异丙基甲苯 Benzene,1-methyl-4-(1-methylethyl)-	-	-	-	1.27
77	1,2-二甲基-4-乙基苯 Benzene,4-ethyl-1,2-dimethyl-	-	0.11	-	-
78	1,2,4,5-四甲苯 Benzene,1,2,4,5-tetramethyl-	-	0.04	-	-
79	1-烷基庚基苯 Benzene,(1-pentylheptyl)-	0.06	-	0.07	-
80	1-丁基辛基苯 Benzene,(1-butyloctyl)- 醚类 Aethers	0.04	-	-	-
81	二乙二醇乙醚 Ethanol,2-(2-ethoxyethoxy)- 杂环类 Heterocycles	0.11	0.05	-	0.08
82	柠檬烯环氧化物 Limonene oxide,trans-	-	0.08	-	0.05
83	柠檬烯-1,2-环氧化物 Limonene oxide,cis-	-	0.07	-	-
84	1,4-桉叶素 7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane,1-methyl-4-(1-methylethyl)- 酸类 Acids	-	0.68	0.77	0.67
85	2-甲基丁酸 Butanoic acid,2-methyl- 萘类 Chennai	-	0.42	-	0.64
86	萘 Naphthalene 其他 Others	-	0.04	0.05	0.03
87	甲氧基-苯基肟 Oxime-,methoxy-phenyl-	0.06	-	0.13	0.13
88	环癸烷 Cyclodecane	0.09	-	-	-
89	环十二烷 Cyclododecane	-	0.04	0.08	-
90	戊基环丙烷 Cyclopropane,pentyl-	-	0.09	0.14	-
91	二十八烷 Octacosane	-	0.04	-	-

- 表示未检测到。下同 - Means not detectable. The same as below

2.3 4 个枇杷品种果肉不同类别香气物质的相对含量

从表 2 可知, 杂交亲本香甜共检测出 11 类香气物质, 解放钟共检测出 8 类香气物质, 无杂环类、酸类和萘类物质。子代中, 香钟 11 号共检测出 9 类香气物质, 无醚类和酸类物质, 钟香 25 号共检测出 11 类香气物质。4 个品种(系)均以萜类物质含量最高, 相对含量 65.36% (钟香 25 号) ~ 72.41% (香甜); 其次是醛类物质, 为 12.53% (解放钟) ~ 18.15% (钟香 25 号); 而后品种间表现差异, 如解放钟果肉中相对含量第 3、第 4、第 5 位的依次是苯类、酯类和醇类物质, 相对含量 1.21% 以上, 酮类、醚类、其他含量不足 1.00%, 香甜、香钟 11 号和钟香 25 号相对含量第 3 位的成分是酯类物质, 在检测到的成分中相对含量最低的均是萘类物质。

表 2 4 个枇杷品种果肉香气成分类别及相对含量

Table 2 Aromatic categories and relative content in fruit of four loquat cultivars

类别 Categories	相对含量(%) Relative content			
	解放钟 Jiefangzhong	香甜 Xiangtian	香钟 11 号 Xiangzhong No. 11	钟香 25 号 Zhongxiang No. 25
萜类 Terpenes	71.12	72.41	68.78	65.36
醛类 Aldehydes	12.53	13.72	15.36	18.15
酯类 Esters	2.52	4.60	4.02	6.15
苯类 Benzene	3.18	2.11	2.29	0.28
醇类 Alcohols	1.21	1.27	1.82	1.14
酮类 Ketones	0.64	0.46	0.58	0.25
醚类 Aethers	0.11	0.05	-	0.08
杂环类 Heterocycles	-	0.82	0.77	0.72
酸类 Acids	-	0.42	-	0.64
萘类 Chennai	-	0.04	0.05	0.03
其他 Others	0.25	0.33	0.42	1.39

3 讨论

3.1 枇杷果肉香气成分种类与相对含量

相对于桃、葡萄、苹果等树种^[8],枇杷果实香气的研究较少。已有的研究报道中,P. E. Shaw 等^[9]从枇杷果肉中鉴定出 18 种挥发性成分,认为主要成分苯乙醇、3-羟基-2-丁酮、苯乙醛,次要成分乙酸乙酯、肉桂酸甲酯、 β -紫罗兰酮等可能有助于枇杷果实花果香风味的形成;O. Fröhlich 等^[10]从枇杷果肉中鉴定出 80 种挥发性成分,主要是醇类和醛酮类物质,主要呈香成分是正己醛、2-己烯醛和苯甲醛;H. Nakamoto^[11]从枇杷果皮和果肉中鉴定出 91 种挥发性成分,且果皮中的含量是果肉中的 2 倍以上,主要呈香成分有反式-2-乙烯醇、顺式-3-乙烯醇、乙醇、苯乙醛、香草醛、 β -紫罗兰酮等。本研究中 4 个亲缘关系较近的枇杷品种的果肉中共鉴定出 11 类 91 种挥发性成分,相对含量最高的均是萜类物质,其中有柠檬香味的 D-柠檬烯的相对含量均最多,占 60.00% 以上,此外具果香味的 2-己烯醛、正辛醛、正己醛等醛类物质,以及乙酸苏合香酯、2-甲基丁酸甲酯、庚酸烯丙酯、2-甲基丁酸乙酯等酯类物质,共同形成了果实的怡人香味,是果实的特征香气成分。本研究与其他研究结果^[1,12-14]间的差异可能与选用的品种、果实成熟度、栽培条件等不同有关,但也表明了枇杷果实香气成分具有丰富的多样性。

3.2 枇杷果肉香气成分的遗传

杏^[15]和葡萄^[16-17]果实香气成分的遗传分析表明,双亲共有的香气成分中,部分在杂交后代中未出现分离,有数量性状遗传特征;部分成分出现分离,可能是受 1 对或几对基因控制的质量性状。本研究首次报道了枇杷杂交亲本与 2 个子代优系中果实香气成分的遗传关系,其中香甜的香气成分种类最多,解放钟最少,2 个杂交子代介于两亲本间;双亲共有的 27 种香气成分中,18 种在正反交子代中均得到遗传;亲本香甜独有的香气成分中有 20 种在子代中得到遗传,解放钟独有的香气成分中有 8 种在子代中得到遗传,说明了枇杷果肉香气成分具有较高的遗传率,正交或反交对香味性状的传递力相近^[7],分析结果在一定程度上能反映出该杂交组合的香气物质遗传特征。

挥发性成分对果实香气的贡献取决于其风味阈值^[1]。本试验中,4 个枇杷品种中相对含量 $\geq 1.00\%$ 的共有成分中 D-柠檬烯、(E)-2-己烯醛、正辛醛、正己醛、乙酸苏合香酯等均具有明显的香

味^[13,18],果肉有明显香味的香甜、香钟 11 号及钟香 25 号较香味不明显的解放钟香气成分中还多了 2-甲基丁酸甲酯、庚酸烯丙酯、桉叶油醇、4-异丙基甲苯等成分,其中 2-甲基丁酸甲酯具有果香^[18],是成熟甜瓜^[19]、菠萝^[20]等水果的主要香气成分,庚酸烯丙酯具有菠萝香气味^[21],但相对含量均不高。由此推测,解放钟果肉没有明显香味,可能与这些香气成分的绝对含量低于风味阈值有关,这有待于进一步开展香气成分绝对含量测定与呈香阈值的分析验证。

参考文献

- [1] 张上隆,陈昆松.果实品质形成与调控的分子生理[M].北京:中国农业出版社,2007:184-207
- [2] 陈秀萍,黄爱萍,蒋际谋,等.枇杷属植物 4 个种的花序性状多样性研究[J].植物遗传资源学报,2010,11(6):709-714
- [3] 蔡礼鸿.枇杷学[M].北京:中国农业出版社,2012:27-41
- [4] 刘成明,胡又厘,吴锦程,等.部分西班牙枇杷品种的引种表现[J].福建果树,2007(3):13-15
- [5] 黄金松,许秀淡,郑少泉,等.优质大果型枇杷新品种—香钟 11 号[J].中国果树,1999(1):23-24
- [6] 许家辉,黄金松,郑少泉,等.晚熟优质大果枇杷新株系选育[J].福建果树,2000(3):14-16
- [7] 郑少泉,许秀淡,黄金松,等.枇杷若干性状的遗传研究 I.果实性状的遗传倾向研究[J].福建省农科院学报,1993,8(1):19-26
- [8] 宋丽娟,李雄伟,陈琳,等.果实香气合成与遗传控制研究概述[J].果树学报,2008,25(5):708-713
- [9] Shaw P E, Wilson C W. Volatile constituents of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit [J]. J Food Sci, 1982, 47 (3): 1743-1746
- [10] Fröhlich O, Schreier P. Volatile constituents of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit [J]. J Food Sci, 1990, 55 (1): 176-180
- [11] Nakamoto H. Flavor components of Japanese loquat fruit [J]. Koryo, 1999, 203: 109-116
- [12] 温可睿,黄敬寒,潘秋红,等.葡萄香气物质及其影响因素的研究进展[J].果树学报,2012,29(3):454-460
- [13] 王海波,陈学森,辛培刚,等.几个早熟苹果品种香气成分的 GC-MS 分析[J].果树学报,2007,24(1):11-15
- [14] 李国鹏,贾惠娟,王强,等.油红梨 (*Pyrus ussuriensis*) 果实后熟过程中香气成分的变化[J].果树学报,2012,29(1):11-16
- [15] 陈美霞,陈学森,王新国,等.‘凯特’与‘新世纪’杂种后代风味物质遗传的初步研究[J].园艺学报,2006,33(5):942-946
- [16] 李坤,郭修武,谢洪刚,等.葡萄自交与杂交后代香气成分的遗传研究[J].园艺学报,2005,32(2):218-221
- [17] 李记明,贺普超.葡萄种间杂交香味成分的遗传研究[J].园艺学报,2002,29(1):9-12
- [18] ChemicalBook Inc. Chemical Book [EB/OL]. [2013-09-01]. <http://www.chemicalbook.com>
- [19] Beaulieu J C, Grimm C C. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction [J]. J Agric Food Chem, 2001, 49 (3): 1345
- [20] 刘玉革,徐金龙,赵维峰,等.菠萝果实香气成分分析及电子鼻评价[J].广东农业科学,2012(20):97-100
- [21] 孙颖,张博,李书倩,等.野生软枣猕猴桃采后 20℃ 贮藏期间外释香气成分变化[J].食品科学,2012,33(8):155-158