

枇杷花开放过程挥发性物质变化研究

芦艳¹, 鲁周民^{1,*}, 樊美丽¹, 白卫东²

(¹西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; ²仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广州 510025)

摘要: 采用顶空固相微萃取结合 GC-MS 分析技术, 对花蕾期、露白期、初放期和盛开期的枇杷花的挥发性物质进行富集、分离和鉴定, 分别鉴定出挥发性化合物 84、90、69 和 73 种, 各占总挥发性物质的 93.84%、97.74%、92.56% 和 92.67%, 都含有酮类、酸类、酯类、醛类、烃类、醇类和其他少量化合物。从花蕾到盛开过程中, 酯类化合物相对含量呈不断上升趋势, 而醛类和酸类物质相对含量呈快速下降趋势, 烃类和酮类先上升后下降。4-甲氧基苯甲酸甲酯、4-甲氧基苯甲酸乙酯、二-(2-苯乙基)-草酸酯、苯甲醛、甲氧基苯甲醛、反式二己烯醛、苯乙醇、十三烷、二十一烷等成分是枇杷花香的主要赋香物质, 它们在枇杷花开放不同阶段的相对含量之和分别占总挥发性物质的 55.03%、59%、72.68% 和 70.71%。枇杷花从露白期到初放期具有较丰富的香气组成, 应以此时为较佳的利用时期。

关键词: 枇杷; 花; 花期; 香气物质; 固相微萃取; 气相色谱质谱联用

中图分类号: S 667.3

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 11-2245-10

Changes of Volatile Components During Different Stages of Loquat Flowers

LU Yan¹, LU Zhou-min^{1,*}, FAN Mei-li¹, and BAI Wei-dong²

(¹College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ²College of Light Industry and Food, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: Volatile compounds in four different stages of loquat flowers (the bud stage, the bud swelling and come out white petals, the petals beginning spread and the petals opened) were extracted by Headspace Solid Phase Microextraction (SPME), separated and analysed by GC-MS. As a result, 84, 90, 69 and 73 kinds of volatile compounds were identified from the four different stages of loquat flowers, respectively, and accounted for 93.84%, 97.74%, 92.56% and 92.67% of the total volatile compounds. Ketones, acids, esters, aldehydes, alkanes, alcohols and a few other compounds existed in the volatile compounds. From the bud stages to the petals opened of loquat flowers, the content of the esters and acids showed gradually increase, the content of aldehydes revealed a rapid decrease, and the content of alkanes and ketones exhibited an initial increase and a final decrease. In all volatile compounds of loquat flowers, the main aromatic components were 4-methoxy-benzoic acid methyl ester, 4-methoxy-benzoic acid ethyl ester, oxalic acid di (2-phenylethyl) ester, benzaldehyde, 4-methoxy-benzaldehyde, (E)-2-hexenal, phenylethyl alcohol, tridecane, heneicosane, etc. These aromatic components accounted for 55.03%, 59%, 72.68% and 70.71% of four different stages of loquat flowers, respectively. In conclusion, there were good

收稿日期: 2013-05-02; 修回日期: 2013-09-25

基金项目: 国家林业局重点科技成果推广项目 (2012-68); 财政部以大学为依托的农业科技推广模式建设项目 (XTG2013-17)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: lzm@nwsuaf.edu.cn)

aromatic components in loquat flowers from the bud swelling and come out white petals to the petals beginning spread.

Key words: loquat; flowers; flower stages; aromatic components; solid phase microextraction (SPME); gas chromatography-mass spectroscopy (GC - MS)

枇杷 (*Eriobotrya japonica* L.) 为蔷薇科枇杷属植物, 原产于中国亚热带地区, 在中国、西班牙、印度、日本、意大利、巴西等地有广泛栽培 (Hasegawa et al., 2010; Xu & Chen, 2011), 是一种秋冬季节开花、果实成熟于初夏的亚热带常绿果树 (Pinillos et al., 2011)。在中国, 枇杷已有 2 200 年的栽培历史, 主要分布于秦岭以南的陕南、四川、浙江、江苏、广东、福建等 19 个省区 (邱武陵和章恢志, 1996)。地处汉江流域的陕南安康等地, 是中国枇杷自然生长的北缘地区, 特殊的气候条件赋予了枇杷果实浓郁的风味和独特的口感。枇杷 (*Eriobotrya japonica* L.) 的花期较长, 一般从 9 月中旬到次年 1 月都有枇杷花, 每个花序上有花 60~150 朵, 多的可超过 200 朵 (吴万兴 等, 2004)。研究表明枇杷花含有人体所需的 18 种氨基酸以及维生素 C、抗衰老素等营养物质和黄酮类、酚类物质、三萜类等多种药用成分, 具有提神养气、清肺润喉、化痰止咳等功效 (何莲 等, 2007)。

近年来, 国内对枇杷花的研究逐渐增多, 包括花化学成分 (成丽 等, 1999; 陆修闽 等, 2000; 张泽煌 等, 2011; Zhou et al., 2011)、有效成分提取 (李琪, 2004; 胡娟 等, 2008, 2009; 黄春萍 等, 2009; 郑美瑜 等, 2009) 和挥发性物质 (张丽华 等, 2008; 吴彩霞 等, 2009; Hong et al., 2010; 李绍佳和陈发兴, 2011) 等。研究枇杷花开放不同阶段的挥发性物质变化, 对枇杷花的进一步有效利用具有一定的理论指导作用。

以往的研究多以生长于南方的某一个花期的枇杷花为试验材料。本研究中以生长在陕南安康的枇杷花为研究对象, 分为花蕾期、露白期、初放期和盛开期 4 个阶段, 采用 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 固相微萃取头结合 GC-MS 法对不同花期枇杷花香气物质进行富集、分析和鉴定, 从而研究枇杷花开放过程挥发性物质种类和含量的变化规律, 旨在为枇杷花的开发利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

枇杷花采自西北农林科技大学安康试验站 (安康市汉滨区关庙镇), 品种为 ‘长崎早生’, 于 2012 年 10 月 16 日上午 9:00—11:00 采摘。根据图 1 所示的花蕾期 (苞片完全包裹)、露白期 (苞片微张、有白色花瓣裸露)、初放期 (白色花瓣微张)、盛开期 (花瓣基本张开) 分为 4 个花期, 每个花期采样 2 kg, 装如保鲜袋运回实验室, 摊晾于筛子上, 于室内荫凉处阴干备用。



图 1 不同花期的枇杷花

Fig. 1 Loquat flowers in different stage

1.2 设备及检测条件

中兴 FW-200 高速万能粉碎机。手动固相微萃取 (SPME) 进样器 (美国 Supelco 公司), 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头 (美国 Supelco 公司)。使用前先将固相微萃取的萃取头在气相色谱仪的进样口 250 $^{\circ}\text{C}$ 老化 1 h。TRACE ISQ GC-MS 联用仪 (美国 Thermo 公司), DB-WAX (60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm) 弹性石英毛细管柱, 程序升温 40 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2.5 min, 以 5 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至 230 $^{\circ}\text{C}$, 保持 10 min; 进样口 250 $^{\circ}\text{C}$; 传输线 230 $^{\circ}\text{C}$; 载气 He 气, 流速 1.0 mL $\cdot \text{min}^{-1}$; 不分流进样。电离方式 EI, 70 eV; 离子源温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 质量扫描范围 35 ~ 400 amu; 发射电流 100 μA , 检测电压 1.4 kV。

1.3 样品处理与定性定量测定

把不同花期的花分别放入粉碎机中粉碎 15 s 后停 15 s 后再次开启循环两次, 粉碎成 40 ~ 200 目的粉末。称取 4.5 g 样品置于样品瓶中, 垫入锡箔纸加盖密封, 于 90 $^{\circ}\text{C}$ 加热平衡 10 min; 将老化好的固相微萃取头插在样品瓶上, 吸附 30 min 后拔出, 插入气相色谱仪进样口, 于 240 $^{\circ}\text{C}$ 解析 3 min。

随机 Xcalibur 工作站 NIST2002 标准谱库自动检索各组分质谱数据, 按照标准谱图并参考相关文献对机检结果进行核对, 按面积归一化法计算各组分含量 (施钧慧和汪聪慧, 1992)。

对同一样品在相同条件下萃取挥发性组分, 然后在相同质谱条件下分析, 试验重复 3 次, 比较所得香气的总量和种类, 总面积相差小于 5%, 种类重复率超过 95%, 并测定每次各物质的峰面积, 计算相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD) 均小于 5%。

2 结果与分析

4 个花期的枇杷花挥发性成分 GC-MS 总离子流谱图见图 2。经过对各个组分图谱分析及资料核实, 分别从花蕾期、露白期、初放期和盛开期的样品中鉴定出挥发性化合物 84、90、69 和 73 种 (表 1、表 2), 分别占各自总挥发性成分的 93.84%、97.74%、92.56% 和 92.67%, 都含有醛类、酮类、酯类、酸类、醇类、烃类和少量酚类与其他化合物。

花蕾期枇杷花的挥发性成分中, 以醛酮类化合物为主, 共 22 种, 相对峰面积占 53.19%, 其主要成分为苯甲醛 (41.9%), 壬醛 (3.5%), 反式二己烯醛 (2.39%); 有烃类化合物 22 种, 相对峰面积占 13.72%, 主要有十三烷 (6.81%)、二十一烷 (1.17%) 和十二烷 (1.04%); 酯类化合物 21 种, 相对峰面积占 12%, 主要有苯甲酸乙酯 (2%)、苯乙酸乙酯 (1.98%)、乙酸苯甲酯 (1.53%) 和 4-甲氧基苯甲酸甲酯 (1.17%)。醇酚类化合物 10 种, 相对峰面积占 10.51%, 主要有苯甲醇 (7.79%); 羧酸类化合物 7 种, 相对峰面积占 2.16%, 以及其他化合物 (联苯甲酰) 1 种 (2.26%)。

露白期枇杷花的挥发性成分中, 有酯类化合物 17 种, 相对峰面积占 30.47%, 主要为 4-甲氧基苯甲酸甲酯 (16.02%)、甲酸苯 (2-甲基) 甲酯 (7.6%) 和 4-甲氧基苯甲酸乙酯 (3.24%); 醛酮类化合物 21 种, 相对峰面积占 35.48%, 主要为苯甲醛 (15.69%)、4-甲氧基苯甲醛 (5.24%)、壬醛 (5.08%)、反式二己烯醛 (2.69%)、己醛 (1.49%) 和癸醛 (1.39%); 烃类化合物 22 种, 相对峰面积占 18.85%, 主要为十三烷 (11.1%)、二十一烷 (2.19%) 和十二烷 (1.20%); 醇酚类化合物 22 种, 相对峰面积占 10.21%, 主要为苯乙醇 (2.83%)、苯甲醇 (1.41%) 和乙醇 (1.01%); 羧酸类化合物 6 种, 相对峰面积占 1.24%。

初放期枇杷花的挥发性成分中, 有酯类化合物 15 种, 相对峰面积占 45.77%, 主要为 4-甲氧基苯甲酸甲酯 (24.89%)、二-(2-苯乙基)-草酸酯 (11.99%)、4-甲氧基苯甲酸乙酯 (5.26%) 和 3-吡啶甲酸甲酯 (1.11%); 醛酮类化合物 18 种, 相对峰面积占 25.34%, 主要为 4-甲氧基苯甲醛 (9.75%)、苯甲醛 (7.36%)、壬醛 (2.74%) 和反式二己烯醛 (1.71%); 醇类化合物 15 种, 相对

峰面积占 11.22%，主要为苯乙醇（6.37%）和对甲氧基苯甲醇（1.78%）；烃类化合物 17 种，相对峰面积占 9.00%，主要为十三烷（3.37%）和二十一烷（1.98%）；羧酸类化合物 1 种（0.2%）以及其他化合物 2 种（1.03%）。

盛花期枇杷花的挥发性成分中，有酯类化合物 11 种，相对峰面积占 45.93%，主要为 4 - 甲氧基苯甲酸甲酯（23.16%）、二 - （2 - 苯乙基） - 草酸酯（10.92%）、4 - 甲氧基苯甲酸乙酯（8.9%）和反式肉桂酸甲酯（1.23%）；醛酮类化合物 21 种，相对峰面积占 25.4%，主要为 4 - 甲氧基苯甲醛（12.77%）、苯甲醛（4.24%）、壬醛（2.61%）和反式二己烯醛（1.37%）；烃类化合物 22 种，相对峰面积占 10.06%，主要为二十一烷（2.58%）和十三烷（2.1%）；醇酚类化合物 14 种，相对峰面积占 9.97%，主要为苯乙醇（4.67%）和 4 - 甲氧基苯甲醇（2.41%）；羧酸类化合物 3 种（0.59%）和其他化合物 2 种（0.72%）。

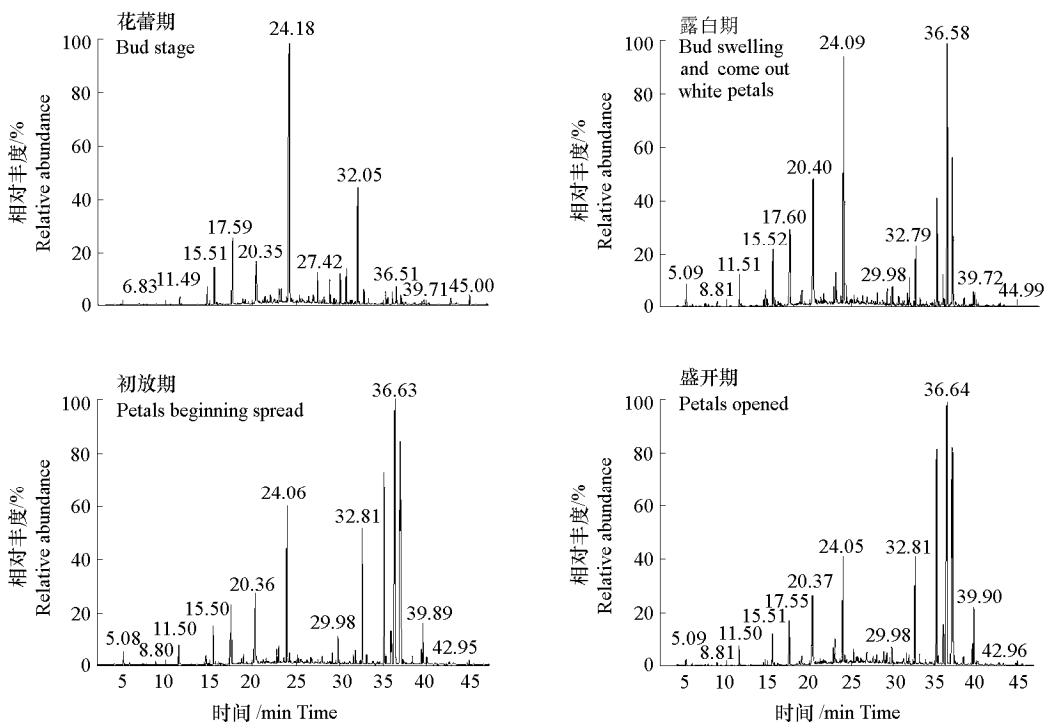


图 2 不同花期枇杷花香气成分的总离子图谱

Fig. 2 Total ion chromatogram of GC-MS for volatile components of loquat flowers in different stages

表 1 枇杷不同花期的香气成分种类及其含量

Table 1 Kinds and relative quantity of aroma component in different stages of loquat flower

种类 Kinds	花蕾期 Bud stage		露白期 Bud swelling and come out white petals		初放期 Petals beginning spread		盛放期 Petals opened	
	相对含量/% Relative content	种类 Kind	相对含量/% Relative content	种类 Kind	相对含量/% Relative content	种类 Kind	相对含量/% Relative content	种类 Kind
烃类 Alkanes	13.72	22	18.85	22	9.00	18	10.06	22
羧酸类 Acids	2.16	7	1.24	6	0.20	1	0.59	3
酯类 Esters	12.00	21	30.47	17	45.77	15	45.93	11
醇类 Alcohols	10.41	10	9.81	19	11.22	15	9.82	13
酮类 Ketones	1.28	6	2.56	8	1.13	6	1.13	7
醛类 Aldehydes	51.91	16	32.92	13	24.21	12	24.27	14
酚类 Phenols	0.10	1	0.40	3	0	0	0.15	1
其他 Others	2.26	1	1.49	2	1.03	2	0.72	2
总共 Total	93.84	84	97.74	90	92.56	69	92.67	73

表 2 枇杷花不同花期的挥发性成分的 GC-MS 分析结果

Table 2 Analytical results of GC-MS for volatile components of loquat flowers in 4 different stages

种类 Kinds	化合物 Components	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量/% Relative content			
				花蕾期 Bud stage	露白期 Bud swelling and come out white petals	初放期 Petals beginning spread	盛花期 Petals opened
醇类 Alcohols	乙醇 Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	0.12	0.12	-	-
	戊醇 1-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	88	-	0.19	0.13	0.10
	己醇 1-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0.27	1.01	0.52	0.42
	苯甲醇 Benzyl alcohol	C ₇ H ₈ O	108	7.79	1.41	0.55	0.36
	庚醇 1-Heptanol	C ₇ H ₁₆ O	116	-	0.20	-	-
	苯乙醇 Phenylethyl Alcohol	C ₈ H ₁₀ O	122	0.97	2.83	6.37	4.67
	顺式-2-辛烯-1-醇 2-Octen-1-ol, (Z)-	C ₈ H ₁₆ O	128	-	0.13	-	-
	辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	128	-	0.44	0.20	0.19
	辛醇 1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	130	0.21	0.85	0.44	0.32
	3-甲基庚醇 1-Heptanol, 3-methyl-	C ₈ H ₁₈ O	130	-	-	0.10	-
	1-(3-氨基)乙醇	C ₈ H ₁₁ NO	137	-	0.42	-	-
	3-(3-氨基乙基)苯胺	C ₈ H ₁₁ NO	137	-	-	0.16	-
	8-甲基-8-氮杂双环[3.2.1]辛-6-烯-3-醇 8-Azabicyclo[3.2.1]oct-6-en-3-one, 8-methyl-	C ₈ H ₁₀ O ₂	138	-	0.60	1.78	2.41
	4-甲氧基苯甲醇	C ₉ H ₁₀ O ₂	144	-	0.31	0.25	0.36
	Benzenemethanol, 4-methoxy-	C ₉ H ₁₈ O	142	-	0.14	-	-
	4-(1-甲基乙基)基环己醇	C ₉ H ₂₀ O	144	-	0.14	-	-
	Cyclohexanol, 4-(1-methylethyl)-	C ₉ H ₂₀ O	144	-	0.14	-	-
	壬醇 1-Nonanol	C ₉ H ₂₀ O	144	-	0.14	-	-
	1,8-辛二醇 1,8-Octanediol	C ₁₀ H ₂₀ O	156	-	0.15	-	-
	反式-2-癸烯-1-醇 2-Decen-1-ol, (E)-	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166	-	-	-	0.10
	4-甲氧基苯丙醇 Benzenepropanol, 4-methoxy-	C ₉ H ₁₁ ClO	170	-	0.15	-	-
	右旋-3-氯苯丙醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	-	-	0.10	0.10
	(S)-(+)-3-Chloro-1-phenyl-1-propanol	C ₁₅ H ₃₂ O	228	-	-	0.12	-
	5,6,6-三甲基-3-庚炔-2,5-二醇	C ₁₆ H ₃₄ O	242	0.11	-	-	-
	5,6,6-Trimethyl-hept-3-yne-2,5-diol	C ₁₆ H ₃₄ O	242	0.51	0.28	0.26	0.38
	3,7,11-三甲基十二醇 1-Dodecanol,3,7,11-trimethyl-	C ₁₇ H ₃₆ O	256	0.11	-	-	-
	十六醇 1-Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ S	258	0.17	-	-	0.20
	叔十六硫醇 tert-Hexadecanethiol	C ₁₈ H ₃₈ O	270	0.15	0.25	0.10	0.21
	2-己基十二醇 1-Dodecanol,2-hexyl-	C ₂₀ H ₄₀ O	296	-	0.19	0.14	-
	植物醇 Phytol	C ₄ H ₆ O	70	0.14	-	-	-
醛类 Aldehydes	巴豆醛 2-Butenal,(E)-	C ₅ H ₁₀ O	86	-	0.28	-	-
	3-甲基丁醛 Butanal,3-methyl-	C ₅ H ₄ O ₂	96	0.18	-	-	-
	糠醛 Furfural	C ₆ H ₁₀ O	98	2.39	2.69	1.71	1.37
	反式-2-己烯醛 2-Hexenal,(E)-	C ₆ H ₁₂ O	100	0.55	1.49	0.87	0.83
	己醛 Hexanal	C ₇ H ₆ O	106	41.90	15.69	7.36	4.24
	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₁₂ O	112	-	0.11	-	-
	反式-2-庚烯-1-醛 2-Heptenal,(E)-	C ₇ H ₁₄ O	114	-	0.31	0.15	0.15
	庚醛 Heptanal	C ₈ H ₁₄ O	126	0.18	-	-	-
	2-乙基己烯醛 2-Hexenal, 2-ethyl-	C ₈ H ₁₆ O	128	-	-	0.19	0.21
	辛醛 Octanal	C ₉ H ₈ O	132	-	-	0.36	0.35
	苯丙烯醛 2-Propenal, 3-phenyl-	C ₉ H ₁₀ O	134	0.13	-	-	0.10
	4-乙基苯甲醛 Benzaldehyde, 4-ethyl-	C ₈ H ₈ O ₂	136	-	5.24	9.75	12.77
	4-甲氧基苯甲醛 Benzaldehyde, 4-methoxy-	C ₉ H ₁₄ O	138	0.24	0.17	-	-
	反-2-顺-6-壬二烯醛 2,6-Nonadienal,(E,Z)-	C ₉ H ₁₆ O	140	-	-	-	0.19
	顺式-6-壬烯醛 6-Nonenal, (Z)-	C ₉ H ₁₈ O	142	3.50	5.08	2.74	2.61
	壬醛 Nonanal	C ₁₀ H ₁₀ O	146	0.40	-	-	-
	2-苯基巴豆醛 Benzeneacetaldehyde, 2-ethylidene-	C ₉ H ₁₆ O ₂	156	0.83	-	-	-
	椰子醛 2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl-	C ₁₀ H ₂₀ O	156	0.85	1.39	0.71	0.96
	癸醛 Decanal	C ₉ H ₁₀ O ₃	166	-	-	-	0.10
	3,4-二甲氧基苯甲醛 Benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-	C ₁₁ H ₂₀ O	168	-	0.12	-	0.16
	2-十一烯醛 2-Undecenal	C ₁₁ H ₂₀ O	168	-	-	0.13	-
	10-十一烯醛 10-Undecenal	C ₁₁ H ₂₂ O	170	0.19	0.20	0.13	-
	十一醛 Undecanal	C ₁₃ H ₂₆ O	198	0.18	0.15	0.11	0.23
	十三碳醛 Tridecanal	C ₁₆ H ₃₀ O	238	0.12	-	-	-
	顺式-7-十六碳烯醛 7-Hexadecenal, (Z)-	C ₁₆ H ₃₂ O	240	0.13	-	-	-
	十六醛 Hexadecanal						

续表 2

种类 Kinds	化合物 Components	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量/% Relative content			
				花蕾期 Bud stage	露白期 Bud swelling and come out white petals	初放期 Petals beginning spread	盛花期 Petals opened
羧酸类 Acids	乙酸 Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	60	0.52	-	-	-
	2-甲基丁酸 Butanoic acid, 2-methyl-	C ₅ H ₁₀ O ₂	102	-	-	-	0.10
	己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	0.23	0.21	-	0.12
	苯甲酸 Benzoic acid	C ₇ H ₆ O ₂	122	0.48	0.12	-	-
	辛酸 Octanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	0.43	0.25	-	-
	乙烯基苯甲酸 Vinyl benzoate	C ₉ H ₈ O ₂	148	-	0.38	-	-
	壬酸 Nonanoic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	158	0.16	0.17	0.20	0.37
	癸酸 n-Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	0.23	-	-	-
	月桂酸 Dodecanoic acid	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	0.11	-	-	-
	十六酸 n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	-	0.11	-	-
酯类 Esters	2-甲基戊酸甲酯 Pentanoic acid, 2-methyl-,methyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	0.43	0.54	0.33	-
	苯甲酸甲酯 Benzoic acid, methyl ester	C ₈ H ₈ O ₂	136	0.42	0.38	0.14	-
	烟酸甲酯 Methyl nicotinate	C ₇ H ₇ NO ₂	137	-	0.72	1.11	0.70
	乙酸苯甲酯 Acetic acid,phenylmethyl ester	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	1.53	0.21	0.13	-
	苯甲酸乙酯 Benzoic acid,ethyl ester	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	2.00	0.22	-	-
	甲酸苯(2-甲基)甲酯	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	-	7.60	-	-
	Formic acid,(2-methylphenyl)methyl ester						
	反式肉桂酸甲酯	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	162	-	0.32	0.72	1.23
	2-Propenoic acid,3-phenyl-,methyl ester, (E)-						
	苯乙酸乙酯 Benzeneacetic acid,ethyl ester	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	1.98	0.16	-	-
	4-甲氧基苯甲酸甲酯	C ₉ H ₁₀ O ₃	166	1.17	16.02	24.89	23.16
	Benzoic acid,4-methoxy-,methyl ester						
	辛酸乙酯 Octanoic acid,ethyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	0.55	-	-	-
	苯丙酸乙酯 Benzenepropanoic acid,ethyl ester	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178	0.19	-	-	-
	4-甲氧基苯甲酸乙酯	C ₁₀ H ₁₂ O ₃	180	0.19	3.24	5.26	8.90
	Benzoic acid,4-methoxy-,ethyl ester						
	左旋苯乙醇酸乙酯	C ₁₀ H ₁₂ O ₃	180	0.64	-	-	-
	Benzeneacetic acid,â-hydroxy-,ethyl ester, (R)-						
	邻苯二甲酸二甲酯 Dimethyl phthalate	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194	0.14	0.12	0.31	0.11
	3,4-二甲氧基苯甲酸甲酯	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	196	-	0.13	0.12	0.12
	Benzoic acid,3,4-dimethoxy-,methyl ester						
	2,4,4-三甲基-3-羟基戊烷醇-2-甲基丙酸酯	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	216	0.12	-	-	-
	Propanoic acid,2-methyl-,3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester						
	2-苯乙基苯甲酸酯 Benzoic acid,2-phenylethyl ester	C ₁₅ H ₁₄ O ₂	226	-	-	0.19	-
	2-氯丙酸十五酯 9-Nonadecene	C ₁₉ H ₃₈	266	-	-	-	0.11
	7-甲基-Z-十四烯醇乙酸酯	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	268	0.11	-	-	-
	7-Methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate						
	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	0.10	0.13	-	0.11
	1,2-Benzenedicarboxylic acid,bis(2-methylpropyl) ester						
	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	0.37	0.12	0.11	-
	二-(2-苯乙基)-草酸酯	C ₁₈ H ₁₈ O ₄	298	0.43	-	11.99	10.92
	Oxalic acid,di(2-phenylethyl) ester						
	己酸-6-十三烷基酯 Hexanoic acid, 6-tridecyl ester	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	298	-	0.10	-	-
	碳酸丁基烷基酯 Carbonic acid, butyl tridecyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₃	300	-	-	0.12	-
	苯乙酸-4-十三烷基酯	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	318	0.53	0.31	0.23	0.46
	Benzeneacetic acid,4-tridecyl ester						
	邻苯二甲酸异二丁酯 Phthalic acid,hept-4-ylisobutyl ester	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320	0.70	-	0.12	-
	二氯乙酸-4-十四酯 Dichloroacetic acid,4-tetradecyl ester	C ₁₆ H ₃₀ C ₁₂ O ₂	324	0.11	-	-	-
	丁氧基甲酸十六酯 Carbonic acid,butylhexadecyl ester	C ₂₁ H ₄₂ O ₃	342	-	0.15	-	-
	丁基膦酸-二(2-苯基乙基)酯	C ₂₀ H ₂₇ O ₃ P	346	-	-	-	0.11
	Butyl phosphonic acid,di(2-phenylethyl) ester						
	碳酸-丁十七烷基酯	C ₂₂ H ₄₄ O ₃	356	0.16	-	-	-
	Carbonic acid, butyheptadecyl ester						
	十六烷基-三氯乙烷碳酸酯	C ₁₉ H ₃₅ C ₁₃ O ₃	416	0.13	-	-	-
	Carbonic acid, hexadecyl 2,2,2-trichloroethyl ester						
烃类 Alkens	1-甲基环癸烷 Cyclopentane,butyl-	C ₉ H ₁₈	126	0.15	-	-	-
	2-乙基-4,5-二甲基-1,2-氧环戊硼烷	C ₇ H ₁₅ BO	126	-	0.17	-	-
	1,2-Oxaborolane,2-ethyl-4,5-dimethyl-						
	1-硝基己烷 Hexane,1-nitro-	C ₆ H ₁₃ NO ₂	131	-	0.15	-	-
	十一烷 Undecane	C ₁₁ H ₂₄	156	0.10	0.11	-	-
	十二烷 Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	170	1.04	1.20	0.51	0.28

续表 2

种类 Kinds	化合物 Components	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量/% Relative content			
				花蕾期 Bud stage	露白期 Bud swelling and come out white petals	初放期 Petals beginning spread	盛花期 Petals opened
酮类 Ketones	顺式-二环[4,4,0]癸烷 1,8(2H,5H)-Naphthalenedione,hexahydro-8a-methyl-,cis-	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180	-	-	0.10	-
	环十三烷 Cyclotridecane	C ₁₃ H ₂₆	182	0.30	-	-	-
	5-甲基-5-乙基-癸烷 Decane,5-ethyl-5-methyl-	C ₁₃ H ₂₈	184	0.13	-	-	-
	3-甲基-3-乙基癸烷 Decane,3-ethyl-3-methyl-	C ₁₃ H ₂₈	184	-	0.13	-	-
	十三烷 Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	184	6.81	11.10	3.37	2.10
	3-甲基十三烷 Tridecane,3-methyl-	C ₁₄ H ₃₀	198	0.22	0.17	-	-
	十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	198	-	0.19	0.36	0.38
	壬基环己烷 n-Nonylcyclohexane	C ₁₅ H ₃₀	210	0.30	0.13	0.13	0.20
	2,3,10-三甲基十二烷 Dodecane,2,6,10-trimethyl-	C ₁₅ H ₃₂	212	0.36	-	-	-
	4-甲基十四烷 Tetradecane,4-methyl-	C ₁₅ H ₃₂	212	-	-	0.16	-
	十五烷 Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	212	-	-	0.61	-
	十一烷基环戊烷 Cyclopentane,undecyl-	C ₁₆ H ₃₂	224	0.22	0.17	0.13	0.17
	3-甲基十五烷 Pentadecane, 3-methyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	0.15	-	0.10	0.14
	5,8-二乙基十二烷 Dodecane,5,8-diethyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	0.15	-	-	-
	5,8-二甲基十四烷 Tetradecane,6,9-dimethyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	0.18	-	-	-
	十六烷 Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	226	0.56	0.46	0.52	0.71
	4,11-二甲基十四烷 Tetradecane,4,11-dimethyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	-	-	0.15	-
	4-乙基十四烷 Tetradecane,4-ethyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	-	-	-	0.10
	4-甲基十五烷 Pentadecane,4-methyl-	C ₁₆ H ₃₄	226	-	-	-	0.14
	7-甲基十六烷 Hexadecane,7-methyl-	C ₁₇ H ₃₆	240	0.12	-	-	-
	十七烷 Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	240	0.14	0.16	0.17	0.28
	2-甲基十六烷 Hexadecane,2-methyl-	C ₁₇ H ₃₆	240	-	0.12	-	0.15
	2,6,10-三甲基十四烷 Tetradecane,2,6,10-trimethyl-	C ₁₇ H ₃₆	240	-	-	-	0.22
	环氧乙烷基十四烷 Oxirane,tetradecyl-	C ₁₆ H ₃₂ O	240	-	-	-	0.4
	十八烷 Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	254	-	-	-	0.25
	2-甲基十六烷 1-Hexadecanol, 2-methyl-	C ₁₇ H ₃₆ O	256	-	-	-	0.13
	十九烷 Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	268	0.91	0.83	-	0.73
	7-己基十三烷 Tridecane, 7-hexyl-	C ₁₉ H ₄₀	268	-	0.14	-	-
	2,6,10,14-四甲基十六烷 Hexadecane,2,6,10,14-tetramethyl-	C ₂₀ H ₄₂	282	-	0.62	0.21	0.23
	1,16-二氯十六烷 Hexadecane,1,16-dichloro-	C ₁₆ H ₃₂ Cl ₂	294	-	0.19	-	-
	1-十二碘烷 Dodecane,1-iodo-	C ₁₂ H ₂₅ I	296	0.13	-	-	-
	二十一烷 Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	296	1.17	2.19	1.98	2.58
	8-己基十五烷 Pentadecane,8-hexyl-	C ₂₁ H ₄₄	296	-	-	-	0.14
	二十二烷 Docosane	C ₂₂ H ₄₆	310	-	-	-	0.10
	十三烯 1-Tridecene	C ₁₃ H ₂₆	182	-	-	0.24	-
	十四烯 1-Tetradecene	C ₁₄ H ₂₈	196	-	0.23	-	-
	α-法尼烯 α-Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.11	0.10	-	0.43
	长叶烯 Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.19	0.19	0.10	-
	反式-6-十三碳烯-4-炔 6-Tridecen-4-yne,(E)-	C ₁₃ H ₂₂	178	0.28	-	0.06	-
	联苯 Biphenyl	C ₁₂ H ₁₀	154	-	0.10	0.10	0.20
	丙酮 Acetone	C ₃ H ₆ O	58	-	0.19	0.11	0.10
	2-戊酮 2-Pentanone	C ₅ H ₁₀ O	86	0.11	0.25	0.19	0.15
	5-甲基-2(1H)-吡啶酮 2(1H)-Pyridinone, 5-methyl-C ₆ H ₇ NO		109	-	0.23	-	-
	顺式-3,5-辛二烯-2-酮 3,5-Octadien-2-one,(E,E)-	C ₈ H ₁₂ O	124	0.38	0.57	0.31	0.18
	3-辛烯-2-酮 3-Octen-2-one	C ₈ H ₁₄ O	126	-	0.22	0.13	-
	6-甲基-5-庚烯-2-酮 5-Hepten-2-one,6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	126	-	0.44	-	0.17
	5-甲基-3-庚烯-2-酮 3-Hepten-2-one,5-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	126	-	-	-	0.12
	2-(甲酰氧基)-1-苯基-乙酮 Ethanone,2-(formyloxy)-1-phenyl-	C ₉ H ₈ O ₃	164	0.20	-	-	-
	香叶基丙酮 5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-	C ₁₃ H ₂₂ O	194	0.25	0.26	0.22	0.28
	2-(2-丙烯基)-呋喃 Furan,2-(2-propenyl)-	C ₇ H ₈ O	108	0.13	-	-	-
	2-正戊基呋喃 Furan,2-pentyl-	C ₉ H ₁₄ O	138	0.21	0.40	0.17	0.13
酚类 Phenol	苯酚 Phenol	C ₆ H ₆ O	94	-	0.14	-	-
	3,5-二甲基苯酚 Phenol,3,5-dimethyl-	C ₈ H ₁₀ O	122	-	0.10	-	-
	5-戊基-1,3-苯二酚 1,3-Benzenediol,5-pentyl-	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180	0.10	0.16	-	0.15
其他 Others	二甲基硫醚 Dimethyl sulfid e	C ₂ H ₆ S	62	-	1.09	0.59	0.27
	苯乙腈 Benzyl nitrile	C ₈ H ₇ N	117	-	0.40	0.44	0.45
	联苯甲酰 Ethanedione,diphenyl-	C ₁₄ H ₁₀ O ₂	210	2.26	-	-	-

3 讨论

3.1 醛酮类

将表 2 与图 1 结合比较发现,随着枇杷花的逐渐开放,各类挥发性物质的相对含量发生了明显的变化。醛酮类物质的变化最为明显,花蕾期,有苞片包被,挥发性物质以醛类物质相对含量最高,达 51.91%。随着花蕾逐渐开放,醛类物质相对含量急剧下降,在露白期、初放期、盛开期,相对含量分别为 32.92%、24.21%、24.27%;枇杷花花蕾期苯甲醛相对含量达到 41.9%,是挥发性物质的主要成分,这与宋艳丽等(2009)对枇杷花挥发性成分分析研究结果基本一致,王彩霞等(2009)认为枇杷花的主要挥发性成分除了苯甲醛还有对甲氧基苯甲醛,而张丽华等(2008)对枇杷花的研究中指出苯甲醛含量只有 7%。这些差异可能是试验中所用的萃取头、试验条件、样品处理、枇杷花花期产地等不同造成的。苯甲醛在植物中常以苷的形式存在,有苦杏仁味,是枇杷花香气的赋香物质之一。壬醛具类似于玫瑰香气气味,常用于配制玫瑰精油和玫瑰香精,本研究中检测到了壬醛,这与张丽华等(2008)和吴彩霞等(2009)的研究基本一致。

3.2 酯类

酯类物质具有浓郁的芳香气味(谭谊谈等,2012),是多种花香的主要香味来源。可以看出,在枇杷花从花蕾到初放期的过程中,酯类物质相对含量快速升高,由 12%上升到 45.77%,盛开期为 45.93%。这也是枇杷花在初放到盛开期才具有明显的香味的原因。主要的芳香酯物质有 4-甲氧基苯甲酸甲酯、二-(2-苯乙基)-草酸酯、4-甲氧基苯甲酸乙酯,这 3 种物质总量在枇杷花初放到盛开期分别占总挥发性物质的 42.14%和 42.98%,是枇杷花香味的最主要贡献因子。其中 4-甲氧基苯甲酸甲酯的相对含量在初放期和盛开期分别占到 24.89%和 23.16%,是枇杷花的最主要香气物质之一,这与张丽华等(2008)对枇杷花的挥发性物质的研究结果一致。Hong 等(2010)在枇杷叶中鉴定出苯甲酸甲酯为其精油物质之一,本研究在枇杷花中没有检测到这种物质。枇杷叶与枇杷花具有不同的结构和功能,因此,在挥发性物质的成分和含量上可能存在一定差异。

3.3 醇类

醇类物质在自然界中主要来源于发酵、氨基酸的转化以及亚麻酸降解物的氧化。在枇杷花开放过程中,醇类物质相对含量总体上变化不大,以芳香醇为主。在枇杷花花蕾期以苯甲醇为主,相对含量有 7.79%,是简单的芳香醇,有香味,是调制茉莉、月下香、伊兰等香精时不可缺少的香料;枇杷花挥发性物质随着花的开放,苯乙醇相对含量逐渐上升,其具有蔷薇香气,是一种重要的食用香料,大量存在于玫瑰油和丁香精油中,是调配玫瑰香精等的重要原料。宋艳丽等(2009)和张丽华等(2008)认为枇杷花挥发性物质中苯甲醇和苯乙醇是含量相对较高的物质,研究结果与之一致,而吴彩霞等(2009)的研究中没有鉴定到苯乙醇物质,但是苯甲醇含量较高(5.13%),这种在物质种类以及含量的差别可能是由于样品的地域及花期不同引起的。

3.4 烷烃类、酸类和其他

从表 1 可以看出,烷烃类物质在露白期枇杷花香气物质中达到了 18.85%,随着花的完全开放又有所下降,其中以十三烷、二十一烷为主。花蕾期中十三烷(6.81%)、二十一烷(1.17%)相对含量较低,到露白期分别上升到 11.1%和 2.19%,随后在初放期、盛花期又逐渐下降。由此认为,此类物质可能是枇杷花发育变化过程中的中间产物。在枇杷花香气成分中,酸类物质含量较少,随着花的开放逐渐减少,可能对枇杷花的香气贡献较小。李绍佳和陈发兴(2011)的研究表明枇杷花挥

发性物质中烷烃类化合物和脂类化合物含量较高,对枇杷花香气有重要的作用。这种不一致可能是枇杷的产地和品种的差异较大引起的。而在枇杷叶精油成分中,以烷烃类和酯类物质较多(Hong et al., 2010)。De la Fuente 等(2007)研究了枇杷花蜜的挥发性及碳水化合物组成,结果表明二甲基硫醚是枇杷蜜的香气物质之一,因此,二甲基硫醚也是枇杷花的一种赋香物质。

本研究中针对枇杷生产中的疏花管理,分析枇杷花开放过程挥发性成分的种类和含量。枇杷花从花蕾到盛开的过程中,醛类和酸类化合物相对含量呈快速下降趋势,酯类化合物相对含量则呈不断上升趋势,烃类和酮类物质相对含量呈先升高后降低趋势。比较 4 个花期挥发性物质分析结果结合枇杷花实际开放过程中在初放到盛开才可嗅到香味的事实,认为 4-甲氧基苯甲酸甲酯、4-甲氧基苯甲酸乙酯、二-(2-苯乙基)-草酸酯、苯甲醛、甲氧基苯甲醛、反式二己烯醛、苯乙醇、十三烷、二十一烷等成分是枇杷花香的主要赋香物质。考虑到枇杷花花蕾期和盛开期的花赋香物质比较单一,另外盛开期香气物质已完全释放,营养物质散失较大,因此枇杷花从露白到初放期具有较丰富的香气组成,此时为较佳的利用时期。枇杷花开放过程中可嗅到的花香实际上是多种挥发性香气成分共同作用的结果,至于各种不同成分对于该香气的贡献率大小,还有待于进一步深入研究。

References

- Cheng Li, Gao Zhao-xia, Chen Ling-ya, Wu Wei-bi. 1999. Extraction and identification on the triterpene glycoside Saponins from flowers of *Eriobotrya japonica*. Chinese Wild Plant Resources, 18 (2): 47 - 50. (in Chinese)
- 成 丽, 高朝霞, 陈凌亚, 吴维碧. 1999. 枇杷花三萜皂甙的分离与鉴定. 中国野生植物资源, 18 (2): 47 - 50.
- De la Fuente E Sanz M L, Martínez-Castro I, Sanz J, Ruiz-Matute A I. 2007. Volatile and carbohydrate composition of rare unifloral honeys from Spain. Food Chemistry, 105 (1): 84 - 93.
- Hasegawa P N, Faria de A F, Mercadante A Z, Chagas E A, Pio R, Lajolo F M, Cordenunsi B R, Purgatto E. 2010. Chemical composition of five loquat cultivars planted in Brazil. Cienciae Tecnologia de Alimentos, 30 (2): 552 - 559.
- He Lian, Zhang Hong, Li Qi, Yang Bi-kun, Zhang Xiao-yu, Yan Wei. 2007. Study on bacteriostasis of extracts from flowers of *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl by systematic solvents. Food Science, 28 (2): 109 - 112. (in Chinese)
- 何 莲, 张 宏, 李 琪, 杨必坤, 张晓喻, 严 伟. 2007. 枇杷花系统溶剂提取物抑菌作用研究. 食品科学, 28 (12): 109 - 112.
- Hong Yan-ping, Huang Su-hua, Wu Jin-cheng, Lin Shun-quan. 2010. Identification of essential oils from the leaves of 11 species of *Eriobotrya*. Pak J Bot, 42 (6): 4379 - 4386.
- Huang Chun-ping, Luo Quan, Liu Gang. 2009. The extraction research of water-soluble protein of loquat flowers. Food and Fermentation Technology, 45 (2): 51 - 53. (in Chinese)
- 黄春萍, 罗 群, 刘 刚. 2009. 枇杷花蛋白提取条件初步研究. 食品与发酵科技, 45 (2): 51 - 53.
- Hu Juan, Zhang Hong, Liu Gang, Zhang Xiao-yu, Tao Zong-ya. 2009. Study on extraction technology of triterpenes in loquat flowers. Food Science, 30 (2): 65 - 68. (in Chinese)
- 胡 娟, 张 宏, 刘 刚, 张晓喻, 陶宗亚. 2009. 枇杷花三萜化合物提取工艺. 食品科学, 30 (2): 65 - 68.
- Hu Juan, Zhang Hong, Liu Gang, Zhong Han. 2008. Study on extraction technology of flavonoids in loquat flowers. Journal of Chinese Medicinal Materials, 11: 1724 - 1727. (in Chinese)
- 胡 娟, 张 宏, 刘 刚, 钟 茜. 2008. 枇杷花总黄酮提取工艺的研究. 中药材, 11: 1724 - 1727.
- Li Qi. 2004. Studies on components from *Eiobotrya japonica* L. and its biological activity[M. D. Dissertation]. Chengdu: Sichuan Normal University. (in Chinese)
- 李 琪. 2004. 枇杷花化学成分及生物活性的研究[硕士论文]. 成都: 四川师范大学.
- Li Shao-jia, Chen Fa-xing. 2011. Analysis of aromatic components from flowers of *Eriobotrya japonica* at different stages by GC - MS//The Fifth National Symposium of Loquat, Beijing: 《Chinese Academic Journal (CD)》Electronic Press: 147 - 150. (in Chinese)
- 李绍佳, 陈发兴. 2011. 不同枇杷花期花香成分的 GC-MS 分析//第五届全国枇杷学术研讨会论文(摘要)集. 北京:《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社: 147 - 150.

- Lu Xiu-min, Zheng Shao-quan, Jiang Ji-mou. 2000. Seasonal changes of the major nutrient element contents in 'Zaozhong No.6' loquat. *Acta Horticulturae Sinica*, 27 (4): 240 - 244. (in Chinese)
- 陆修闽, 郑少泉, 蒋际谋. 2000. '早钟 6 号' 枇杷主要营养元素含量的年周期变化. *园艺学报*, 27 (4): 240 - 244.
- Pinillosa V, Huesob J J, Filho Marcon J L, Cuevas J. 2011. Changes in fruit maturity indices along the harvest season in 'Algerie' loquat. *Scientia Horticulturae*, 129 (4): 769 - 776.
- Qiu Wu-ling, Zhang Hui-zhi. 1996. China fruit tree record, Longan & loquat volume. Beijing: China Forestry Publishing House: 99 - 104. (in Chinese)
- 邱武陵, 章恢志. 1996. 中国果树志 · 龙眼枇杷卷. 北京: 中国林业出版社: 99 - 104.
- Shi Jun-hui, Wang Cong-hui. 1992. Flavor mass Atlas. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 施钧慧, 汪聪慧. 1992. 香料质谱图集. 北京: 科学出版社.
- Song Yan-li, Yu Hui-bin, Ji Wen-qiang, Kang Wen-yi. 2009. Analysis of volatile components from *Eriobotrya japonica*. *Journal of Henan University: Medical Science*, 28 (2): 104 - 106. (in Chinese)
- 宋艳丽, 于慧斌, 姬志强, 康文艺. 2009. 枇杷花挥发性成分分析. *河南大学学报: 医学版*, 28 (2): 104 - 106.
- Tan Yi-tan, Xue Shan, Tang Hui-zhou. 2012. Analysis of aroma constituents in gardenia jasminoides at different flowering stages. *Food Science*, 33 (12): 223 - 227. (in Chinese)
- 谭谊谈, 薛 山, 唐会周. 2012. 不同花期栀子花的香气成分分析. *食品科学*, 33 (12): 223 - 227.
- Wu Cai-xia, Wang Jin-mei, Kang Wen-yi. 2009. Analysis of volatile components of *Eriobotrya japonica* by headspace SPME-GC-MS. *China Pharmacy*, 20 (21): 1638 - 1640. (in Chinese)
- 吴彩霞, 王金梅, 康文艺. 2009. 枇杷花挥发性成分顶空固相微萃取 - GC - MS 联用法分析. *中国药房*, 20 (21): 1638 - 1640.
- Wu Wan-xing, Lu Zhou-min, Li Wen-hua, Zhang Zhong-liang, Li Man-xing, Cao Xi-yi, Cao Zhong-gen. 2004. Effect of eliminating partial flowers and young fruits and bagging on growth and quality of loquat fruit. *Journal of Northwest A & F University: Nature Science Edition*, 32 (11): 73 - 75. (in Chinese)
- 吴万兴, 鲁周民, 李文华, 张忠良, 李满兴, 曹席轶, 曹仲根. 2004. 疏花疏果与套袋对枇杷果实生长与品质的影响. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 32 (11): 73 - 75.
- Xu Hong-xia, Chen Jun-wei. 2011. Commercial quality, major bioactive compound content and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (6): 1057 - 1063.
- Zhang Li-hua, Yang Sheng-ting, Xu Huai-de, Li Shun-feng. 2008. Analysis of aromatic components from flowers of *Eriobotrya japonica* by SPME-GC-MS. *Food Science and Technology*, 3: 108 - 110. (in Chinese)
- 张丽华, 杨生婷, 徐怀德, 李顺峰. 2008. 枇杷花香气成分固相微萃取 GC-MS 分析研究. *食品科技*, (3): 108 - 110.
- Zhang Ze-huang, Deng Chao-jun, Zhou Dan-rong, Chen Xiu-ping. 2011. Free amino acids in loquat flowers. *Fujian Journal of Agriculture Science*, 26 (5): 753 - 757. (in Chinese)
- 张泽煌, 邓朝军, 周丹蓉, 陈秀萍. 2011. 枇杷花游离氨基酸含量及组分差异. *福建农业学报*, 26 (5): 753 - 757.
- Zheng Mei-yu, Lu Sheng-min, Chen Jian-bing, Xia Qi-le, Xing Jian-rong, Cheng Shao-nan. 2009. Study on extraction technology of flavonoids in loquat flowers. *Food and Fermentation Technology*, 45 (4): 52 - 54. (in Chinese)
- 郑美瑜, 陆胜民, 陈剑兵, 夏其乐, 邢建荣, 程绍南. 2009. 枇杷花总黄酮的提取工艺优化. *食品与发酵科技*, 45 (4): 52 - 54.
- Zhou Chun-hua, Li Xian, Sun Chong-de. 2011. Ultrasonic extraction of flavonoids and phenolics from loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) flowers. *Academic Journals*, 10 (25): 5020 - 5026.