

## 2 个设施油桃新品种糖酸组分及香气成分研究

朱翠英<sup>1</sup>,付喜玲<sup>1,2,3</sup>,李玲<sup>1,3</sup>,肖伟<sup>1,3</sup>,高东升<sup>1,2,3\*</sup>

1. 山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018
2. 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018
3. 国家苹果工程技术研究中心, 山东 泰安 271018

**摘要:**以‘中油4号’果实为对照,测定了新选育品种‘鲁油1号’和‘鲁油2号’的单果重、可溶性固形物含量、硬度、糖、有机酸、糖酸比及香气成分等指标。结果表明:‘鲁油1号’、‘鲁油2号’外观品质优良,单果重大于对照,硬度小于对照,差异均不显著。‘鲁油2号’可溶性固形物含量显著高于‘鲁油1号’和对照。‘鲁油1号’、‘鲁油2号’果实中蔗糖含量最高,分别占总糖含量80.20%、72.75%。葡萄糖含量较少。果实有机酸均以苹果酸为主,‘鲁油1号’、‘鲁油2号’中苹果酸、柠檬酸百分含量均低于对照。‘鲁油1号’总酸含量最低,糖酸比最高,为18.16,显著高于其它两个品种。‘鲁油1号’检测到28种化合物,‘鲁油2号’检测到25种挥发性物质,均多于对照的23种。三个品种中均未检测到称为“桃味”物质的内酯类。‘鲁油1号’、‘鲁油2号’综合品质优于‘中油4号’。

**关键词:**设施;油桃;糖;有机酸;香气

**中图分类号:**S662.1;TQ073+1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-2324(2015)05-0641-07

## Research on Sugars, Organic Acids and Aroma Compounds in Two New Nectarines Cultivars in Greenhouse

ZHU Cui-ying<sup>1</sup>, FU Xi-ling<sup>1,2,3</sup>, LI Ling<sup>1,3</sup>, XIAO Wei<sup>1,3</sup>, GAO Dong-sheng<sup>1,2,3\*</sup>

1. College of Horticulture Science and Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China
2. State Key Laboratory of Crop Biology/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China
3. National Research Center for Apple Engineering and Technology/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

**Abstract:** The components including the weight of fruit, the contents of soluble solids, firmness, sugar, organic acid, the ratio of sugar-acid and aroma in the breeding of new varieties of ‘Luyou 1’ and ‘Luyou 2’ were measured compared with the ‘Zhongyou 4’, and results demonstrated that there was no significant difference between ‘Luyou 1’ and ‘Luyou 2’, both of which had good quality and appearance, although the weight of per fruit was more than ‘Zhongyou 4’ and the firmness was less than ‘Zhongyou 4’. And the contents of soluble solids in ‘Luyou 2’ were significantly higher than both of ‘Luyou 1’ and ‘Zhongyou 4’. The higher proportions of sucrose were observed in ‘Luyou 1’ and ‘Luyou 2’, both of which accounted for 80.20%, 72.75%, respectively. Malate was the major organic acid in fruits, however, the proportions of malate and citrate in the ‘Luyou 1’ and ‘Luyou 2’ were lower than the ‘Zhongyou 4’. Although the total amount of acid in the ‘Luyou 1’ was lowest, the ratio of sugar and acid was higher to 18.16, which was significantly higher than those of other two varieties. 28 volatile compounds in the ‘Luyou 1’ and 25 different volatile substances in ‘Luyou 2’ were observed respectively, which were higher than 23 compounds in the ‘Zhongyou 4’. In addition, lactones being called “character impact” substance were not tested in three varieties. In general, ‘Luyou 1’ and ‘Luyou 2’ were superior to ‘Zhongyou 4’.

**Keywords:** Greenhouse; nectarines; sugar; organic acid; aroma

设施桃树栽培是近些年新兴的一种桃树栽培管理模式,可使桃上市时间提前50 d左右,对丰富淡季果品市场具有重要意义。纵观目前市场上设施栽培的桃,大多品质较差,如甜度低、酸度高、风味偏淡等。如何通过栽培措施、育种途径来调控、维持和改进桃果实品质,成为当前设施栽培的研究热点。

果实风味主要包括甜味、酸味和香味<sup>[1]</sup>。糖和酸决定果实品质的基本感官,香气物质赋予果实特征风味,构成每种果实特有的“香气特征谱”或“香气指纹”,在果实风味构成中具

**收稿日期:**2014-10-22

**修回日期:**2014-11-05

**基金项目:**山东省现代农业产业技术体系水果产业创新团队—栽培与设施装备(SDAIT-03-022-05);山东省良种工程-设施专用水果新品种选育

**作者简介:**朱翠英(1962-),女,讲师,主要从事园艺栽培与品种选育研究。E-mail:chunying196217@163.com

**\*通讯作者:**Author for correspondence. E-mail:dsgao@sdau.edu.cn

有决定性作用<sup>[2,3]</sup>。桃果实中,蔗糖是最主要的可溶性糖<sup>[4,5]</sup>,果糖和葡萄糖的含量相当<sup>[5]</sup>,仅次于蔗糖。山梨醇含量仅低于前三者<sup>[6,7]</sup>,每种糖的含量与果实的甜度和风味等密切相关。就甜度而言,蔗糖阈值小,在甜度值中的贡献率大,是决定果实甜度风味的主要因子<sup>[8,9]</sup>。果糖的甜度最高,葡萄糖口感最好<sup>[10,11]</sup>。桃果实中所含的有机酸主要是苹果酸、柠檬酸和奎尼酸<sup>[7]</sup>,有机酸的种类与含量也是影响果实风味品质的重要因素,根据果实内有机酸的组成和含量,可以将果实可分为苹果酸型、柠檬酸型、酒石酸型。桃为苹果酸型果实,苹果酸具有明显的呈味作用,酸味强,保留时间长<sup>[12]</sup>,与果实酸度具有显著相关性。由于感官互作,香气物质种类多的品种整体风味更浓<sup>[13]</sup>。桃子果实的香气源于某些挥发性的芳香物质,目前已从桃果实中鉴定出 100 多种香气物质,包括醛、醇、酯、内酯、萜和酮类等<sup>[14,15]</sup>。在这些香气物质中,只有为数不多的特征性香气物质对其香气品质具有重要作用,这些物质主要包括 C<sub>6</sub>醛、醇、酯和内酯<sup>[16]</sup>。根据香气四种类型“青香型”、“果香型”、“花香型”和“甜香型”<sup>[17]</sup>进行划分,C<sub>6</sub>醛和醇属于“青香型”香气物质,而酯和内酯属“果香型”香气物质<sup>[18]</sup>。萜类和酮类是桃果实中最主要的“花香型”香气物质,以芳樟醇为主的萜类物质在油桃中比较多,且阈值较低(1.5 μg·kg<sup>-1</sup>),对油桃香味影响较大<sup>[19]</sup>。

‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’是山东农业大学园艺科学与工程学院设施果树实验室利用有性杂交方法选育出的早熟高糖油桃新品种。‘鲁油 1 号’在山东气候条件下,花芽需冷量为 490 C.H、叶芽需冷量为 483 C.H。3 年生‘鲁油 1 号’平均单株结果 60 个,平均单果重 147.0 g,最大单果重 273.0 g,折合每亩产量为 3677.94 kg。鲁油 2 号’在山东气候条件下,花芽需冷量为 485 C.H、叶芽需冷量为 472 C.H。3 年生‘鲁油 2 号’平均单株结果 55 个,平均单果重 155.0 g,最大单果重 273.9 g,折合每亩产量为 3554.93 kg。二者树势旺,自花结实,果实发育期 73 d 左右;果实尖圆形,果形正,果面玫瑰红色,着色全面;硬溶质,半离核,硬度大,耐贮性良好;甜度高、品质上乘。

该试验以‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’为试材,以目前生产上设施栽培的主栽品种‘中油 4 号’为对照,通过研究设施栽培条件下果实可溶性固形物、糖、酸及香气成分等指标,探索设施栽培油桃的品质形成特点,以期为提高设施栽培桃树新品种选育方向提供理论依据,在达到提前上市的同时确保外观及内在品质优良。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为 3 年生油桃‘中油 4 号’、‘鲁油 1 号’和‘鲁油 2 号’,均种植于山东农业大学园艺学院实验站设施果树温室。株行距 0.8 m×2 m,采用独特“细柱式”整枝、起垄栽培、采后结果枝全部重回缩等技术措施,常规管理。于 2014 年 12 月 20 日扣棚升温,选取温室内成熟的果实。

在每株树冠外围不同方向随机选取 10 个大小一致无病害的果实,三次重复。将部分果实清洗去皮、去核,可食用部分破碎混匀,采用四分法取样,再打成匀浆。液氮速冻后于-80℃超低温冰箱保存用于糖酸组分测定。

### 1.2 单果重、可溶性固形物含量及硬度测定

使用电子天平称取单果重,手持折光仪测定缝合线背部的可溶性固形物含量,英国产 TA.XT.pius 硬度计围绕每个果实分四次测量果实硬度。

### 1.3 糖酸测定

糖酸测定参照李芳芳等<sup>[20]</sup>的方法,称取冷冻保存的样品 2 g 放入研钵中,分 3 次加入 8 mL 80% 的乙醇研磨,于 37℃下水浴加热 30 min,超声波提取 20 min,12 000 g 离心 15 min,把上清液转到 25 mL 的容量瓶中,重复提取 3 次,定容,然后取 2 mL 提取液在 45℃,80~90 r/min 下旋转浓缩蒸干,再用超纯水定容至 1 mL,经过 0.45 μm Sep-Pak 微孔滤膜过滤后进行高效液相色谱(HPLC)分析。

采用高效液相色谱法测定糖酸组分,分析仪器为美国 515 型 Waters 高效液相色谱仪。所有标样均购自 Sigma 公司,为色谱纯级。

用于糖组分分析的色谱柱为 YMC Polyamine II 250 mm×4.6 mm 5 μm, 流动相为乙腈:水=75:25 (V:V); 流速: 0.8 mL/min; 进样量: 10 μL; 柱温: 30 °C; 使用岛津 RID 10A 示差遮光检测器。

用于有机酸分析的色谱柱为美国 Thermo Hypersil GOLD aQ 250 mm×4.6 mm, 5 μm, 流动相为 10 mL NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (磷酸调 pH=2.3): 甲醇=98:2 (V:V); 流速: 0.8 mL/min; 进样量: 10 μL; 柱温: 28 °C; 使用 Waters 2487 双波长紫外检测器, 检测波长为 210 nm。利用 N2000 色谱工作站 (Ver.3.30) 计算糖酸组分含量: 糖酸组分的含量(mg/g)=各组分的质量浓度×25×A/(m×1 000)

其中 A—稀释倍数; 1 000—由 mL 换算为 L; 25—定容体积(mL); m—样品质量/g。

总糖为各可溶性糖含量的总和, 总酸为各有机酸含量的总和。

## 1.4 香气成分测定

香气成分在山东农业大学园艺科学与工程学院中心实验室测定, 采用的仪器为日本岛津公司生产的 GC-MS QP2010Plus 气相色谱-质谱联用仪; 磁力搅拌加热板、固相微萃取器手柄及 SPME 纤维萃取头 50/30 μm DVB/CAR/PDMS (双极性涂层) 为美国 Supelco 公司制造。香气萃取采取顶空固相微萃取 (HS-SPME) 法。

SPME 取样: 每实验样品取新鲜果实 3 个洗净去皮, 果肉切碎混匀后准确称取 40 g 加入 100 mL 锥形瓶中, 加盖封口后放在磁力搅拌加热板上平衡 10 min。将老化后的 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头插入样品瓶顶空部分, 于 45 °C 吸附 40 min, 吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口, 于 250 °C 解吸 3 min, 同时启动仪器采集数据。

GC-MS 分析条件: 采用 Shimadzu GC/MS-QP2010 气相色谱-质谱联用仪进行测定分析。色谱条件: 色谱柱 Rtx-5MS 型弹性石英毛细管柱 30 m×0.32 mm×0.25 μm, 程序性升温, 进样口温度 250 °C, 起始温度 40 °C, 保留 2 min, 以 6 °C/min 升至 120 °C, 以 10 °C/min 升至 180 °C, 保留 5 min。载气为高纯氮气, 不分流, 恒流 2.71 mL/min, 检测器温度 230 °C。

质谱条件: GC-MS 接口温度 230 °C, 电离方式 EI+, 电子能量 70 eV, 电流 200 μA, 检测电压 350 V, 离子源温度 200 °C, 质量范围 45~400 amu。

定性方法: 得到 GC/MS 分析总离子流图(TIC)后, 经计算机检索同时与 NIST05 质谱库相匹配, 并结合人工图谱解及资料分析, 确认香味物质的各种化学成分。

## 1.5 数据处理

采用 DPS v7.05 统计软件对样本数据进行统计分析, 经 Duncan's 新复极差法进行数据多重比较,  $P<0.05$  差异有统计学差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同设施桃品种果实的经济性状



图1 ‘鲁油1号’ (A)、‘鲁油2号’ (B)、‘中油4号’的成熟果实

Fig.1 Mature fruit of ‘Luyou 1’ ‘Luyou 2’ and ‘Zhongyou 4’

图1为山东农业大学园艺科学与工程学院设施果树实验室新选育设施栽培新品种‘鲁油1号’(A) (油桃, 黄肉, 风味偏甜)、‘鲁油2号’(B) (油桃, 黄肉, 风味偏甜)的成熟果实, ‘中油4号’(C) (油桃, 黄肉, 风味甜酸)为对照。从图中可以看出, 新品种外观质量优良。

从表1可以看出, ‘鲁油2号’单果重和可溶性固形物含量显著高于‘鲁油1号’和‘中油4号’, 分别

高达 159.60 g 和 12.27%。‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’果实硬度均显著低于对照‘中油 4 号’。

表 1 不同设施桃品种成熟果实的经济性状

Table 1 Fruit economic characters in peach mature fruits in greenhouse

品种 Variety	单果重 (g) Weight	可溶性固形物含量 (%) Soluble solid	硬度 (g/Kg) Firmness
鲁油 1 号	147.26±9.47 b	11.00±0.80 b	0.21±0.08865 b
鲁油 2 号	159.60±17.09 a	12.27±0.47 a	0.22±0.06681 b
中油 4 号	132.73±6.94 b	10.93±0.44 b	0.32±0.06728 a

注:表中同一列数据中不同字母表示差异达 5%显著水平。

Note: Different letters within the same column indicate significant difference at 5% level.

## 2.2 糖酸组分

由表 2 可以看出,在三个设施栽培桃品种中,蔗糖含量均最多,分别占总糖含量 80.20%、72.75% 和 71.57%,葡萄糖含量最少,仅占总糖含量的 0.98%、0.82%、5.30%。‘鲁油 1 号’蔗糖百分含量最高,‘中油 4 号’中葡萄糖百分含量最高。三个品种的总糖含量差异不显著。

表 2 不同设施栽培桃品种成熟果实的可溶性糖及总糖含量 mg·g<sup>-1</sup>FW

Table 2 Contents of soluble sugars and total sugars in peach mature fruits in greenhouse mg·g<sup>-1</sup>FW

品种 Variety	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose	山梨醇 Sorbitol	蔗糖 Sucrose	总糖 Total sugars
‘鲁油 1 号’	6.05±0.38 b	0.60±0.09 b	5.50±0.47 b	49.22±3.84 a	61.37±4.58 a
‘鲁油 2 号’	11.48±0.71 a	0.52±0.07 b	5.13±0.44 b	45.77±3.56 ab	62.91±4.6 a
‘中油 4 号’	6.50±0.4 b	3.03±0.44 a	6.73±0.57 a	40.95±3.19 b	57.22±4.36 a

注:表中同一列数据中不同字母表示差异达 5%显著水平。

Note: Different letters within the same column indicate significant difference at 5% level.

果实有机酸均以苹果酸为主,分别占总酸含量的 47.93%、39.47%、53.30%。柠檬酸含量最少,占总酸含量的 7.99%、8.68%、17.85%。可见,‘中油 4 号’中苹果酸、柠檬酸百分含量均高于‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’。‘鲁油 1 号’总酸含量最低,糖酸比最高,为 18.16,‘鲁油 2 号’为 16.59,均显著高于‘中油 4 号’。

表 3 不同设施栽培桃品种成熟果实的有机酸及总酸含量 mg·g<sup>-1</sup>FW

Table 3 Contents of organic acids and total acids in different peach mature fruits in greenhouse mg·g<sup>-1</sup>FW

品种 Variety	草酸 Oxalate	酒石酸 Tartarate	苹果酸 Malate	柠檬酸 Citrate	琥珀酸 Succin	总酸 Total acids	糖酸比 Sugar/acid
‘鲁油 1 号’	0.47±0.016 ab	0.37±0.11 b	1.62±0.05 b	0.27±0.02 b	0.65±0.07 b	3.38±0.16 a	18.16±0.90 a
‘鲁油 2 号’	0.52±0.019 a	0.33±0.02 b	1.50±0.044 c	0.33±0.03 b	1.12±0.12 a	3.80±0.15 c	16.56±1.45 b
‘中油 4 号’	0.40±0.014 b	0.41±0.02 a	2.18±0.06 a	0.73±0.06 a	0.38±0.04 c	4.09±0.11 b	13.99±1.27c

注:表中同一列数据中不同字母表示差异达 5%显著水平。

Note: Different letters within the same column indicate significant difference at 5% level.

## 2.3 香气成分

根据不同处理果实的总离子流色谱图(略),经计算机谱库检索及资料分析,检出的香气成分及其含量见表 4。

由表 4 可以看出,三个品种的桃果实中共检测到 7 类 43 种芳香化合物。‘鲁油 1 号’检测到 28 种化合物,‘鲁油 2 号’检测到 25 种化合物,均多于‘中油 4 号’的 22 种。

据统计,‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’、‘中油 4 号’果实挥发性香气总含量分别为 99.07%、99.51%、95.22%。其中,酯类化合物香气的主要成分,分别占挥发性香气含量的 71.68% (71.01%/99.07%), 73.99% (73.63%/99.51%)、61.03% (58.11%/95.22%)。‘鲁油 1 号’和‘鲁油 2 号’均含 11 种酯类化合物,‘中油 4 号’仅含 7 种酯类,其中,乙酸乙酯、乙酸异戊酯、反-2-己烯-1-丙酸甲酯、反-2-丁酸己酯、辛酸乙酯为‘鲁油 1 号’和‘鲁油 2 号’共同特有,癸二酸二丙酯、酞酸二丁酯‘鲁油 1 号’和‘中油 4 号’共同特有,乙酸戊酯、正戊酸叶醇酯‘鲁油 2 号’特有,亚硫酸己基辛基酯为‘中油 4 号’特有。乙酸己酯为三者共有且含量最高,分别占总香气的 67.77%(67.14%/99.07%)、69.33%(68.99%/99.51%)、51.59% (49.12%/95.22%)。

‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’、‘中油 4 号’分别检测到 3 种、4 种、4 种醇类,乙醇为‘鲁油 2 号’特有,3,7,11-三甲基-3-十二醇为‘中油 4 号’特有。

在醛类化合物中,仅有己醛为三个品种共有,十二醛是‘鲁油2号’特有,反式-2-己烯醛、壬醛、正癸醛为‘中油4号’特有。萜烯类中芳樟醇为‘鲁油1号’和‘鲁油2号’共同特有,(Z)-3-十七碳烯为‘中油4号’特有。其它,2,6,10,14-四甲基十五烷、十六烷为‘鲁油1号’和‘鲁油2号’共同特有,环十二烷为‘中油4号’特有。

表4 不同设施栽培桃品种果实挥发性物质成分的GC-MS分析结果

Table 4 GC-MS analysis results of volatile compounds of different peach fruits in greenhouse

香气成分		分子式	‘鲁油1号’	‘鲁油2号’	‘中油4号’
Contents of aromatic volatiles		Molecular formula	‘Luyou 1’	‘Luyou 2’	‘Zhongyou 4’
酯类 Esters	乙酸乙酯 Ethyl acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0.41	0.59	
	乙酸异戊酯 Isoamyl acetate	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.28	0.48	
	乙酸己酯 Hexyl acetate	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	67.14	68.99	49.12
	反-2-己烯-1-丙酸甲酯(2E)-2-Hexenyl propionate	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.18	0.21	
	乙酸庚酯 1-Heptyl acetate	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.26	0.17	0.2
	反-2-丁酸己酯 (2E)-2-Hexenyl butyrate	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.46	0.28	
	辛酸乙酯 Ethyl caprylate	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.13	0.14	
	酞酸二乙酯 Diethyl phthalate	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	1.8	1.91	8.05
	癸二酸二丙酯 Dipropyl sebacate	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	0.07		0.2
	邻酞酸二异丁酯 Diisobutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	0.15	0.11	0.24
	酞酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	0.14		0.13
	乙酸戊酯 Amyl acetate	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>		0.17	
	正戊酸叶醇酯 Cis-3-hexenyl valerate	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>		0.58	
	亚硫酸己基辛基酯 Sulfurous acid, hexyl octyl ester				0.17
醇 Alcohols	顺-2-己烯-1-醇 (Z)-hex-2-en-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	2.45	1.82	2.22
	正己醇 Hexyl alcohol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	3.04	2.11	2.49
	乙酸叶脂醇 Cis-3-hexenyl acetate	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> Pb	15.87	18.91	16.99
	乙醇 Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O		0.63	
	3,7,11-三甲基-3-十二醇 3-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl				0.36
醛类 Aldehydes	己醛 Caproaldehyde	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	21.36	23.47	22.06
	十二醛 Dodecyl aldehyde	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O	2.19	0.4	4.18
	反式-2-己烯醛 Trans-2-hexenal	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O		0.13	4.71
	壬醛 1-Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O			0.26
	正癸醛 Decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O			0.55
酮类 Ketones	香叶基丙酮 Geranylacetone	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O	2.19	0.53	9.7
				0.25	
酸类 Acids	豆蔻酸 Myristic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0	0.25	0
	十五酸 isocetic acid	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.17		
	顺-10-十九碳烯酸 cis-10-Nonadecenoic acid	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0.09		
	n-十六酸 n-Hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0.14		0.29
	反-2-己烯基己酸 trans-2-Hexenyl Hexanoate	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	0.53		
萜烯 Terpenoids	菴烯 Cyclopenta[de]naphthalene	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>	0.93	0.11	0.29
	环庚三烯 Cycloheptatriene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0.62		
	(Z)-3-十七碳烯 (Z)-3-Heptadecene			0.33	0.75
	芳樟醇 Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.83	0.39	
	雪松醇 Cedarwood oil	NULL	0.14		0.54
烃类 Hydrocarbones	十六烷 N-hexadecane-D34	C <sub>16</sub> D <sub>34</sub>	1.59	0.72	1.29
	邻联苯甲烷 Diphenylenemethane		0.39	0.28	2.49
	十七烷 Normal-heptadecane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	0.96		
	2,6,10,14-四甲基十五烷 Bute hydrocarbon	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0.15	0.26	0.28
	十九烷 N-nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0.16	0.13	
	植烷 Phytane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.1		
	正十四烷 Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0.22		0.57
	环十二烷 Cyclododecan	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>		0.13	0.43
		1.98	0.8	3.77	
		99.07	99.51	95.22	

表 5 不同品种桃果实特征香气成分及其香气值

Table 5 Character impact volatile constituents and odor units in different peach fruits

香气种类 Aroma compounds	特征香气 Main characteristic aroma	风味描述 Odor description	‘鲁油1号’ ‘鲁油2号’ ‘中油4号’ ‘Luyou1’ ‘Luyou2’ ‘Zhongyou4’		
酯类 Esters	乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	甜味/果实 Sweet/fruit	67.14	68.99	49.12
	顺-3-乙酸己酯(Z)-3-Hexenyl acetate	果香/香蕉 fruity/banana			
醇类 Alcohols	反-2-乙酸己酯(E)-2-Hexenyl acetate	果香/香蕉 fruity/banana			
	顺-3-己烯醇(Z)-3-Hexenol,	青香/草 Green/grass			
醛类 Aldehydes	反-2-己烯醇(E)-2-Hexenol,	青香/草 Green/grass			
	顺-3-己烯醛(Z)-3-Hexenal	青香/叶 Green /leaf			
萜烯类 Terpenoids	反-2-己烯醛(E)-2-Hexenal	青香/叶 Green /leaf			4.71
	苯甲醛 Benzaldehyde	苦味/扁桃 Bitter/almond			
内酯类 Lactone	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	花香/柑橘 Flowery/citrus	0.83	0.39	
	$\alpha$ -萜品烯 $\alpha$ -terpinene	花香/柑橘 Flowery/citrus			
酮类 Ketones	$\gamma$ -萜品醇 $\gamma$ -terpineol	花香/紫丁香 Flowery /lila			
	柠檬烯 D-limonene	甜香/柑橘 Sweet/citrus			
总含量	$\gamma$ -己内酯 $\gamma$ -hexalactone	甜香,果香/桃 Sweet, Fruity /Peach			
	$\gamma$ -辛内酯 $\gamma$ -octalactone	甜香,果香/桃 Sweet, Fruity /Peach			
总含量	$\gamma$ -癸内酯 $\gamma$ -decalactone	甜香,果香/桃 Sweet, Fruity /Peach			
	$\delta$ -癸内酯 $\delta$ -decalactone	甜香,果香/桃 Sweet, Fruity /Peach			
总含量	$\gamma$ -十二内酯 $\gamma$ -dodecalactone	甜香,果香/桃 Sweet, Fruity /Peach			
	$\beta$ -紫罗兰酮 $\beta$ ionone	花香/紫罗兰 Flowery/violet			
总含量	反- $\beta$ -大马酮(E)- $\beta$ -damascenone	果香/蜂蜜 Fruity/honey	67.97	69.38	53.83

在本实验中,共检测出 3 种特征香气,其中‘鲁油 1 号’2 种,总含量为 67.97%。‘鲁油 2 号’总含量最高为 69.38%。‘中油 4 号’香气含量最低为 53.83%。“青香型”香气成分含量的降低对香味的影响大于“果香型”香气成分的增加对香味的影响,当“青香型”与“果香型”香气成分的比值最低时果实香味最佳<sup>[21]</sup>。‘鲁油 1 号’和鲁油 2 号’没有“青香型”特征香气。“果香型”：“花香型”分别为为 67.14:0.83、68.99:0.39,而‘中油 4 号’没有“花香型”特征香气。“果香型”：“青香型”为 49.12:4.71。

### 3 讨论

沈志军等<sup>[22]</sup>研究发现,桃为典型的蔗糖积累型果实,成熟期以蔗糖含量为主。本研究中设施栽培的油桃蔗糖含量最高,百分含量达 71%以上,果糖次之,山梨醇第三,葡萄糖最少。结合前人认为桃果实中果糖和葡萄糖含量相当的结论可以看出,本文中三个设施栽培油桃葡萄糖含量明显减少,尤其是‘鲁油 1 号’和‘鲁油 2 号’葡萄糖含量仅为果糖含量的 9.92%和 4.53%。这可能是由于设施栽培条件下光合作用减弱,减少了葡萄糖的合成。

该研究中三个品种的主要有机酸均为苹果酸,还含有草酸、酒石酸、琥珀酸、柠檬酸。有机酸对果实风味品质的影响不仅与其组成含量有关,也取决于糖酸比。由于糖变化范围小而有有机酸变化大,果实糖酸比主要由酸的含量决定<sup>[2]</sup>。设施栽培条件下糖酸比‘鲁油 1 号’>‘鲁油 2 号’>‘中油 4 号’,而品尝试验结果为‘鲁油 2 号’最好,‘鲁油 1 号’次之,二者均优于‘中油 4 号’。这可能是口感还与香气物质组分及含量有关。

酯类被认为是“果香型”和“花香型”的香气物质,酯类含量高的桃风味更佳<sup>[23]</sup>。本实验中,总共 12 种酯类化合物被鉴定出来,其中‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’均含 11 种,‘中油 4 号’仅含 7 种。‘鲁油 1 号’和‘鲁油 2 号’酯类占总香气成分的 71.02%和 73.63%,显著高于对照的 58.11%。

桃的特征香气包括顺-3-己烯醇、反-2-己烯醇、顺-3-己烯醛、反-2-己烯醛、苯甲醛、乙酸己酯、顺-3-乙酸己酯、反-2-乙酸己酯、 $\gamma$ -己内酯、 $\gamma$ -辛内酯、 $\gamma$ -癸内酯、 $\delta$ -癸内酯、 $\gamma$ -十二内酯、芳樟醇、 $\alpha$ -萜品烯、 $\gamma$ -萜品醇、柠檬烯、 $\beta$ -紫罗兰酮、(E)- $\beta$ -大马酮<sup>[19,24]</sup>。本研究设施桃中仅鉴定出 3 种上述特征香气,包括反-2-己烯醛、乙酸己酯、芳樟醇。其中,乙酸己酯含量最多,在三个品种中含量分别高达 67.14%、68.99%、49.12%。芳樟醇为‘鲁油 1 号’、‘鲁油 2 号’特有。反-2-己烯醛为‘中油 4 号’特有。内酯类被认为是桃果实香味影响最大的特征香气物质,被称为“桃味”化合物,(具有果香和甜香味,主要以 C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 偶数碳原子的 $\gamma$ 和 $\delta$ 内酯的形式存在)。本文中三个品种的挥发性物

质均未检测到内酯类,香气成分受光照条件影响<sup>[23,25]</sup>,究其原因可能是由于设施栽培导致主要形成内酯类物质的脂肪酸途径受抑制,异戊二烯途径、氨基酸途径增强,进而影响果实风味,也就是人们感官上感知的设施栽培水果果实风味偏淡。

综上所述,我们选育的设施栽培油桃新品种‘鲁油1号’、‘鲁油2号’在外观品质及内在品质两方面均高于现在生产中常用的‘中油4号’,高糖品种选育能在一定程度上缓解设施栽培品种风味偏淡的缺点,可作为设施栽培桃品种选育的一个方向。

## 参考文献

- [1] Xi WP, Zhang B, Shen JY, *et al.* Intermittent warming alleviated the loss of peach fruit aroma-related esters by regulation of AAT during cold storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012,74(1):42-48
- [2] 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
- [3] Husain Q. Handbook of fruit and vegetable flavours[M]. New Jersey:John Wiley & Sons, Inc, 2010
- [4] Yang Z, Wang T, Wang H, *et al.* Patterns of enzyme activities and gene expressions in sucrose metabolism in relation to sugar accumulation and composition in the aril of *Litchi chinensis* Sonn[J]. *J Plant Physiol*,2013,170(8):731-740
- [5] Moriguchi T, Ishizawa Y, Sanada T: Differences in sugar composition in *Prunus persica* fruit and classification by the principal component analysis[J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 1990,59(2):307-312
- [6] Quilot B, Ge´nard M, Kervella J, *et al.* Analysis of genotypic variation in fruit flesh total sugar content via an ecophysiological model applied to peach[J]. *Theor Appl Genet*, 2004,109:440-449
- [7] 牛景,赵剑波,吴本宏,等.不同来源桃种果实糖酸组分含量特点的研究[J].*园艺学报*,2006,33(1):6-11
- [8] Róth E, Berna A, Beullens K, *et al.* Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007,45(1):11-19
- [9] 姚改芳,张绍铃,曹玉芬,等.不同栽培种梨果实中可溶性糖组分及含量特征[J].*中国农业科学*,2010,43(20):4229-4237
- [10] Pangborn R. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids[J]. *Journal of Food Science*, 1963,28(6):726-733
- [11] Yamaki S. Metabolism and accumulation of sugars translocated to fruit and their regulation[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2010,79(1):1-15
- [12] 郭雪峰,李绍华,刘国杰,等.桃果实和叶片中糖分的季节变化及其与碳代谢酶活性的研究关系[J].*果树学报*,2004,21(3):196-200
- [13] Bult JH, Schifferstein HN, Roozen JP, *et al.* Sensory evaluation of character impact components in an apple model mixture[J]. *Chemical Senses*, 2002,27(6):485-494
- [14] Aubert C, Milhet C. Distribution of the volatile compounds in the different parts of a white-fleshed peach(*Prunus persica* L. Batsch)[J]. *Food Chemistry*, 2007,102:375-384
- [15] Wang Y, Yang C, Li S, *et al.* Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-SPME with GC-MS[J]. *Food Chemistry*, 2009,116(1):356-364
- [16] 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
- [17] Cristina Ubeda, Felipe San Juan, Belén Concejero, *et al.* Glycosidically Bound Aroma Compounds and Impact Odorants of Four Strawberry Varieties[J]. *J. Agric. Food Chem*, 2012,60:6095-6102
- [18] Zhang B, Shen JY, Wei WW, *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
- [19] 席万鹏,郁松林,周志钦.桃果实香气物质生物合成研究进展[J].*园艺学报*,2013,40(9):1679-1690
- [20] 李芳芳,张虎平,何子顺,等.套袋对“库尔勒香梨”果实糖酸组分与香气成分的影响[J].*园艺学报*,2014,41(7):1443-1450
- [21] 李杨听,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
- [22] 沈志军,马瑞娟,俞明亮,等.桃果实发育过程中主要糖及有机酸含量的变化分析[J].*华北农学报*,2007,22(6):130-135
- [23] Wang Yiju, Yang Chunxiang, Li Shaohua, *et al.* Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-SPME with GC-MS[J]. *Food Chemistry*, 2009,116:356-364
- [24] Engel KH, Flath RA, Buttery RG., *et al.* Investigation of volatile constituents in nectarines 1. Analytical and sensory characterization of aroma components in some nectarine cultivars[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1988,36:549-553
- [25] Génard M, Bruchou C. Multivariate analysis of within-tree factors accounting for the variation of peach fruit quality[J]. *Scientia Horticulturae*, 1992,52:37-51