

设施巨峰葡萄二次果果实品质及 芳香化合物组分分析

商佳胤¹, 田淑芬^{1*}, 集 贤², 黄建全¹, 朱志强², 张 娜¹, 王 丹¹

(1 天津市林业果树研究所, 天津 300112; 2 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

摘 要: 为了明确设施栽培下巨峰葡萄二次果果实品质及芳香化合物组分, 采用固相微萃取技术及气相-质谱联用技术测定芳香化合物含量, 研究其果实品质及芳香物质相对含量与露地巨峰葡萄的差异。结果显示: (1) 巨峰葡萄二次果较露地巨峰葡萄果实的单粒重、纵径、横径分别减少了 8.23%、11.74%、10.63%, 果实总糖含量提高了 8.59%, 可滴定酸含量有所提高但差异不显著, 果肉 Vc 含量 ($1.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 显著低于露地果实 ($2.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 果皮原花青素含量 ($24.40 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 是露地果实的 3.37 倍, 果实色泽较露地果实显著加深。(2) 巨峰二次果中醛类化合物的相对含量最高, 为 53.55%; 露地巨峰中酯类化合物的相对含量最高, 为 61.36%; 乙酸乙酯在露地巨峰 (51.00%) 和二次果 (33.65%) 中的相对含量均较高, 说明二者均具有明显的草莓香味; 但巨峰二次果中相对含量最高的芳香化合物是 2-己烯醛 (41.14%), 且显著高于露地果实中的相对含量 (16.31%)。研究表明, 巨峰二次果的总糖含量显著高于露地栽培巨峰, 但二次果的果粒小; 由于葡萄果实中的 2-己烯醛对其芳香化合物的组分构成了非常重要的影响, 改变了葡萄的果实风味, 因此设施栽培下巨峰葡萄二次果果实在风味上与露地栽培果实存在一定差异。

关键词: 葡萄; 设施; 芳香化合物; 固相微萃取

中图分类号: Q945.6⁺5 **文献标志码:** A

Analysis on Secondary Fruit Quality and Aromatic Compounds of Kyoho Grape in Facility Condition

SHANG Jiayin¹, TIAN Shufen^{1*}, JI Xian², HUANG Jianquan¹,
ZHU Zhiqiang², ZHANG Na¹, WANG Dan¹

(1 Tianjin Research Institute for Forestry and Pomology, Tianjin 300112, China; 2 National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to investigate the difference of quality and aroma composition of 'Kyoho Grape' between normal fruit under open cultivation and secondary fruit under protected cultivation, we used the solid phase micro-extraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) for determination. The result showed: (1) The single fruit weight, longitudinal diameter and transverse diameter of secondary fruits under protected cultivation were reduced by 8.23%, 11.74% and 10.63% respectively, compared with 'Kyoho Grape' normal fruit with open cultivation. The total soluble sugar content increased by 8.95%, titratable acid content increased but the difference was not significant, fruit Vc content ($1.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) was significantly lower ($2.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) than that of control. The peel proanthocyanidins content were 3.37

收稿日期: 2014-04-02; 修改稿收到日期: 2014-07-16

基金项目: 国家葡萄产业技术体系 (CARS-30); 国家级星火计划重大项目 (S2013A100018); 天津市农业技术推广项目 (201001200)

作者简介: 商佳胤 (1981—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事葡萄栽培生理研究。E-mail: shangjiayin2007@163.com

* 通信作者: 田淑芬, 研究员, 主要从事葡萄栽培及次生代谢产物研究。E-mail: tianshufen@263.net.

times more than that of control and fruit color was significantly deeper than that of control. (2) Aldehydes were the richest compounds in secondary fruits of 'Kyoho Grape' with relative content of 53.55%, while esters were the richest in normal fruits with relative content of 61.36%. The relative content of ethyl acetate under open cultivation and the secondary fruit under protected cultivation were both higher, it showed that the two had obvious strawberry flavor. But aromatic compound of the highest relative content was 2-hexenal (41.14%) in secondary fruit. It was significantly higher than that of control (16.31%). The result showed that total soluble sugar content of secondary 'Kyoho Grape' was higher than that under open cultivation, but the fruit was smaller. Because 2-hexenal of grape berries had the very important influence on the aromatic components constitutes, it could change fruit flavor. Therefore, there were certain differences on fruit flavor between protected cultivation and open field cultivation of 'Kyoho Grape'.

Key words: grape; facility condition; aromatic compounds; GC-MS

巨峰 (*Vitis vinifera* L. 'Kyoho') 是中国多个葡萄产区的主栽品种,栽培方式以露地为主,采收期自南向北主要集中在 8 月上旬至 10 月上旬。为了获得更好的经济效益,中国南方地区首先引进“台湾葡萄”种植模式,即一年二收或二年三收,并在广西^[1]、福建^[2]等地大面积推广。北方地区,由于受到温度的限制,一年二收栽培技术必须在设施中应用,目前,在天津^[3]、辽宁^[4]等地已有应用。北方地区利用该技术,可以使巨峰葡萄上市时间延迟到 12 月前,显著提高种植户的经济效益。

近几年,随着市场对果实品质要求的提高,果实的香气越来越受到消费者和品质育种学家的重视,因此,在果树^[5-7]、甜瓜^[8-9]等领域,香气已经成为评价品质的重要指标之一。葡萄芳香物质是由品种特性、成熟度及色泽发育决定的,并且与采收时间^[10]、生长环境^[11]、栽培技术^[12]关系密切。作为非玫瑰香型品种^[13] (Aromatic Grape Varieties no Muscat Flavor) 的典型代表,巨峰葡萄芳香化合物的研究相对较少;对于巨峰二次果的研究,目前更是仅集中在栽培生理、栽培技术等方面,对二次果果实的内在品质,特别是芳香化合物组分方面至今没有深入研究。因此,本试验以设施栽培的巨峰葡萄二次果为试材,研究了其品质及芳香化合物组分与露地巨峰葡萄的差异,以期为更好地了解巨峰二次果的品质特性提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与处理

试验于 2012 年 4 月 1 日至 11 月 1 日在天津市滨海茶淀葡萄科技园进行,供试材料为联栋塑料大棚(东西长 142 m,南北宽 36 m)种植的巨峰葡萄,采用高干水平棚架整形方式,株行距为 2.0 m×8.0 m。当年 4 月 16 日葡萄正常萌芽,一次果正常开

花、坐果,常规管理;7 月 10 日利用修剪诱发二次果,每个结果新梢保留 1 个果穗;9 月 5 日将一次果全部采收。一次果采收后,对二次果采用常规管理;全年联栋大棚不撤棚。以露地栽培、常规管理的巨峰葡萄为对照;对照采用规则扇形篱架整形方式,株行距为 1.0 m×3.0 m,要求每个结果新梢保留 1 个果穗。试验分别于 2012 年 9 月 5 日采集露地果实(对照),10 月 27 日采集设施二次果(处理),样品均为成熟度一致、无病害、无霉变、无机损伤的果穗。2 次采样重量均为 12.0 kg,每 4.0 kg 为 1 个重复,每个处理 3 次重复。样品采集后,立即放入冰盒,带入实验室进行前处理。

1.2 测定方法

1.2.1 果实品质分析 葡萄单粒重采用万分之一分析天平称重;果粒纵横径采用游标卡尺测量。将葡萄果实取 250 g 清洗,使用打汁机破碎果粒,称取 5 g 果浆作为待测样品,参照赵世杰等^[14]的试验方法测定总糖、可滴定酸、抗坏血酸(Vc)、可溶性固形物。选择着色一致的葡萄果实,人工剥离果皮,使用分光光度计^[14]测定果皮中的原花色素含量。

1.2.2 果实芳香化合物测定 (1) 仪器与试剂 Trace GC-MS 联用仪,美国 Finnigan 质谱公司制造;50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型极性萃取头和固相微萃取器手柄,美国 Supelco 公司制造;PC-420D 数字型磁力加热搅拌装置,美国 Corning 公司制造。所用化学试剂均为分析纯。

(2) 挥发性成分的测定 参照李志文等^[15]方法,略有修改。将设施二次果和露地果实葡萄果实取 250 g 清洗,使用打汁机破碎果粒,称取 5 g 果浆,使用离心机 6 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min,离心后使用 4 层纱布过滤,取上清液 8 mL 转入 15 mL 玻璃瓶中,在 60 $^{\circ}\text{C}$ 下水浴 15 min;水浴后,加入 3 g NaCl,加盖封口后将萃取头插入样品顶空瓶,于 105

℃吸附 40 min,磁力搅拌子转速为 $950 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。吸附后将萃取头取出插入气相色谱进样口,于 250°C 解吸 10 min,同时启动仪器采集数据。

色谱柱:HP-INNO-Wax 毛细管柱(长 30 m,内径 0.25 mm,液膜厚度 $0.25 \mu\text{m}$),载气 He (99.99%),流速 $1.10 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$;进样口温度: 250°C ,解析 5 min;升温程序: 70°C 保持 5 min,以每分钟 1°C 的升温速度升至 120°C ,保持 2 min,以每分钟 2°C 的升温速度升至 210°C ,保持 5 min。

GC-MS 传输线温度 250°C ,EI 离子源温度为 170°C ,电子能量为 70 eV,光电倍增管电压为 350 V,质量扫描范围为 m/z 30~350 amu。

(3)谱图检索及成分鉴定 对采集到的质谱图用标准谱库 NIST/WILEY 搜索,与文献进行核对,确定其香气成分的化学组成,同时用峰面积归一化法定量,得到各组分的相对含量。

1.3 数据处理

应用 SPSS 12.00 和 Excel 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 巨峰葡萄果实品质分析

由表 1 可知,设施二次果单粒重、纵径、横径为 7.24 g、2.03 cm、2.27 cm,较露地果实分别减少了 8.23%、11.74%、10.63%;设施二次果果肉的总糖、可溶性固形物含量分别为 17.20%、17.98%,均显著高于露地果实的 15.84%、16.88%;设施二次果果肉 Vc 含量为 $1.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,显著低于露地果实的 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。设施二次果果皮中原花色素含量为 $24.40 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,是露地果实的 3.37 倍。

表 1 巨峰葡萄果实品质分析

Table 1 Analysis on fruit quality of Kyoho grape

品质性状指标 Characteristics of quantity index	设施二次果 Secondary fruit	露地栽培 Open cultivation
采样日期 Sampling date	10月27日 Oct. 27	9月2日 Sep. 2
单粒重 Single fruit weight/g	$7.24 \pm 0.09\text{b}$	$7.89 \pm 0.12\text{a}$
纵径 Vertical diameter/cm	$2.03 \pm 0.10\text{b}$	$2.30 \pm 0.07\text{a}$
横径 Horizontal diameter/cm	$2.27 \pm 0.02\text{b}$	$2.54 \pm 0.03\text{a}$
总糖 Total sugar/%	$17.20 \pm 1.45\text{a}$	$15.84 \pm 2.01\text{b}$
可滴定酸 TA/%	$0.56 \pm 0.03\text{a}$	$0.51 \pm 0.07\text{a}$
抗坏血酸 Vc/(mg/kg)	$1.47 \pm 0.19\text{b}$	$2.00 \pm 0.15\text{a}$
可溶性固形物 SSC/%	$17.98 \pm 1.22\text{a}$	$16.88 \pm 1.06\text{b}$
原花色素 Procyanidins/(mg/g)	$24.40 \pm 0.95\text{a}$	$7.25 \pm 0.63\text{b}$

注:同行数据后不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

Note: Different normal letter after the same row data mean significant difference at 0.05 level.

2.2 巨峰葡萄果实中芳香化合物成分的分类分析

利用 NIST/WILEY 谱库检索,对露地果实和设施二次果中芳香化合物的相对含量(图 1)和种类(图 2)进行分析。露地果实中检测到芳香化合物 39 种;设施二次果中检测到芳香化合物 32 种。露地果实中酯类化合物的相对含量最高,为 61.36%;设施二次果中醛类化合物的相对含量最高,为 53.55%;露地果实和设施二次果中的酯类化合物数均为最多,分别为 15 种和 9 种。设施二次果中的醇类化合物相对含量显著高于露地果实,而影响果实风味的萜醇类化合物则低于露地果实。露地果中的酮类和酚类化合物相对含量均显著高于设施二次果,分别是后者的 6.76 倍和 4.11 倍。

2.3 巨峰果实中芳香化合物的组分分析

由表 2 可以看出,露地果实中相对含量 $\geq 1.00\%$ 的化合物有乙酸乙酯(51.00%)、2-己烯醛

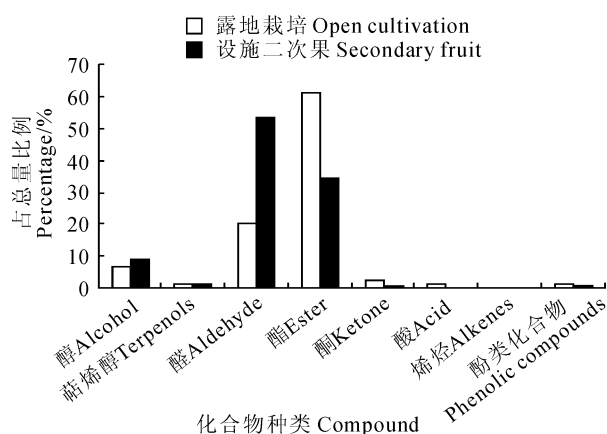


图 1 巨峰果实中芳香化合物相对含量比较

Fig. 1 Relative content of aromatic compositions detected from Kyoho grapes

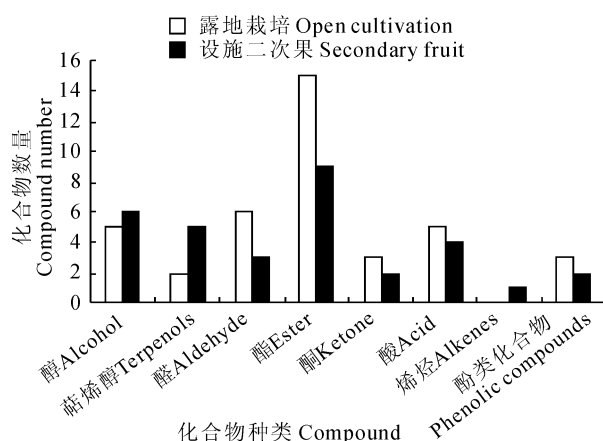


图 2 巨峰果实中芳香化合物种类比较

Fig. 2 Species of aromatic compositions detected from Kyoho grapes

表 2 巨峰葡萄果实芳香化合物的 GC-MS 分析

Table 2 GC-MS analysis of aromatic compositions in Kyoho grape

化合物种类 Compound	化合物名称 Compound name	露地栽培 Open cultivation		设施二次果 Secondary fruit		气味 Smell
		分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content/%	符合度 Probability /%	相对含量 Relative content/%	符合度 Probability /%
醇 Alcohol	正己醇 1-hexanol	C ₆ H ₁₄ O	0.16±0.02	71.81	1.77±0.11	56.12 芳香味 Aroma
	2-己烯醇 2-hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	—	—	1.12±0.13	34.07 绿叶清香和果香 Faint and fruity seen
	苯甲醇 Benzenemethanol	C ₇ H ₈ O	—	—	0.03±0.01	29.16 芳香味 Aroma
	2-甲基环己醇	C ₇ H ₁₄ O	0.23±0.03	37.55	—	— 芳香味 Aroma
	苯乙醇 Phenylethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	2.19±0.12	78.85	5.92±0.39	56.66 玫瑰芳香 Rose aroma
	2-乙基己醇 1-hexanol,2-ethyl-	C ₈ H ₁₈ O	0.28±0.04	62.16	0.08±0.01	47.88 芳香味 Aroma
萜烯醇 Terpenols	月桂醇 1-dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	3.35±0.33	52.45	0.06±0.01	37.04 花香 Potpourri
	香芹醇 Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	0.12±0.02	38.04 留兰香气 Mentha spicata aroma
	香叶醇 Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	0.20±0.03	55.22 绿叶清香和果香 Faint and fruity seen
	松油醇 Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	1.01±0.19	50.66	0.25±0.02	17.08 花香 Potpourri
	里那醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	0.10±0.02	56.47	0.32±0.01	48.56 玫瑰芳香 Rose aroma
	香茅醇 Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₂₀ O	—	—	0.06±0.01	55.43 甜玫瑰香 Rose aroma
醛 Aldehyde	2,4-己二烯醛 Hexa-2,4-dienal	C ₆ H ₈ O	0.17±0.01	56.15	—	— 青香、果香 Faint and fruity scent
	2-己烯醛 2-hexenal	C ₈ H ₁₀ O	16.31±0.78	87.42	41.14±1.09	56.03 绿叶清香和果香 Faint and fruity seen
	2-甲基-4-戊烯醛 2-methyl-4-pentenal	C ₈ H ₁₀ O	0.10±0.02	31.22	—	— 青香、果香 Faint and fruity scent
	己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	1.08±0.21	70.01	11.99±0.73	56.45 绿叶清香和果香 Faint and fruity seen
	苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	0.14±0.03	67.88	0.42±0.02	32.85 花香 Potpourri
	3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde	C ₁₅ H ₂₂ O ₂	2.45±0.11	27.56	—	— 未知 Unknown
酯 Ester	乙酸乙酯 Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	51.00±1.04	95.74	33.65±0.93	74.03 草莓味 Strawberry flavor
	2-丁烯酸乙酯 Ethyl crotonate	C ₆ H ₁₀ O ₂	1.54±0.17	72.38	—	—
	丁酸乙酯 Ethyl butyrate	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.21±0.09	75.46	—	— 苹果味 Apple flavor
	3-羟基丁酸乙酯 Butanoic acid,3-hydroxy-,ethyl ester	C ₆ H ₁₂ O ₃	0.18±0.01	31.25	0.31±0.04	47.42 辛辣味 Pungent odor
	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	C ₈ H ₈ O ₃	0.12±0.01	64.28	0.04±0.01	51.21 冬青叶香 Folia ilicis aroma
	2-己烯酸乙酯 Ethyl-2-hexenoate	C ₈ H ₁₄ O ₂	0.39±0.04	51.02	—	— 未知 Unknown
	3-羟基己酸乙酯 Hexanoic acid,3-hydroxy-,ethyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₃	0.19±0.01	28.53	0.21±0.02	17.58 青香、果香 Faint and fruity scent
	水杨酸乙酯 Ethyl salicylate	C ₉ H ₁₀ O ₃	0.10±0.02	29.16	—	— 冬青叶香 Folia ilicis aroma
	苯乙酸乙酯 Benzeneacetic acid,ethyl ester	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.57±0.03	77.88	0.44±0.05	53.78 蜂蜜味 honey flavor
	香草酸乙酯 Vanillicacidethylester	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	2.09±0.10	64.28	—	— 青香、果香 Faint and fruity scent

续表 2 Continued Table 2

酯 Ester	4-氧基丁酸乙酯 Butanoic acid,4-phenoxy-,ethyl ester	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	—	—	0.03±0.01	47.25	未知 Unknown
	2,4-癸二烯酸乙酯 Ethyl 2,4-decadienoate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0.11±0.00	44.88	—	—	苹果味 Apple flavor
	琥珀酸二异丁酯 Diisobutyl succinate	C ₁₃ H ₂₄ O ₄	0.19±0.02	38.06	—	—	未知 Unknown
	己二酸二异丁酯 Diisobutyl adipate	C ₁₄ H ₂₆ O ₄	0.17±0.02	42.16	—	—	未知 Unknown
	3-羟基十二酸乙酯 Dodecanoic acid,3-hydroxy-,ethyl ester	C ₁₄ H ₂₈ O ₃	—	—	0.03±0.01	68.85	未知 Unknown
	3-羟基十三酸乙酯 Tridecanoic acid,3-hydroxy-,ethyl ester	C ₁₅ H ₃₀ O ₃	0.62±0.07	21.45	—	—	未知 Unknown
	对苯二甲酸二丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid,bis(2-methylpropyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	2.88±0.16	35.43	0.04±0.01	37.06	青香、果香 Faint and fruity scent
	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	—	—	0.05±0.01	41.16	未知 Unknown
	大马士酮 Damascenone	C ₁₃ H ₁₈ O	1.05±0.12	68.90	0.22±0.07	42.55	玫瑰芳香 Rose aroma
	2,4,4-三甲基-3-(3-甲基丁基)环己-2-烯酮 2,4,4-Trimethyl-3-(3-methylbutyl) cyclohex-2-enone	C ₁₄ H ₂₄ O	0.95±0.09	52.67	0.22±0.03	58.16	未知 Unknown
酮 Ketone	3,5-二叔丁基-4-羟基苯乙酮 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy-	C ₁₆ H ₂₄ O ₂	0.15±0.02	77.84	—	—	未知 Unknown
	乙酸 Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	0.19±0.04	30.53	0.09±0.02	27.08	刺激难闻气味 Unpleasant odour
	2-己烯酸 2-hexenoic acid	C ₆ H ₁₀ O ₂	—	—	0.02±0.01	37.05	菠萝味 Pineapple flavor
	己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.25±0.02	58.85	—	—	羊油味 Mutton fat flavour
	辛酸 Caprylic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.17±0.02	57.65	—	—	刺激难闻气味 Unpleasant odour
	壬酸 Nonanoic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.41±0.03	70.12	0.03±0.01	56.14	刺激难闻气味 Unpleasant odour
	香叶酸 Geranic acid	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	—	74.06	0.03±0.00	22.25	绿叶清香和果香 Faint scen
	癸酸 Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.13±0.01	68.28	—	—	刺激难闻气味 Unpleasant odour
	2,4-二叔丁基苯酚 Phenol,2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₄ H ₂₂ O	0.39±0.06	17.15	0.08±0.01	19.03	未知 Unknown
	2,5-二叔丁基对苯二酚 2,5-di-tert-butylhydroquinone	C ₁₄ H ₂₂ O ₂	0.11±0.02	19.04	—	—	未知 Unknown
酚类化合物 Phenolic compounds	2,6-二叔丁基对甲酚 2,6-di-tert-Butyl-m-cresol	C ₁₅ H ₂₄ O	0.65±0.02	23.18	0.20±0.02	57.55	未知 Unknown

注：—表示未检测到。
Note: — was not detected.

(16.31%)、月桂醇(3.35%)、对苯二甲酸二丁酯(2.88%)、3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛(2.45%)、苯乙醇(2.19%)、香草酸乙酯(2.09%)、2-丁烯酸乙酯(1.54%)、丁酸乙酯(1.21%)、己醛(1.08%)、大马士酮(1.05%)、松油醇(1.01%)。设施二次果果实中相对含量 $\geq 1.00\%$ 的化合物有2-己烯醛(41.14%)、乙酸乙酯(33.65%)、己醛(11.99%)、苯乙醇(5.92%)、正己醇(1.77%)、2-己烯醇(1.12%)。

醇类化合物:设施二次果和露地果实中相对含量最高的醇类化合物均为具有玫瑰芳香的苯乙醇^[16-17],分别为5.92%和2.19%;设施二次果中具有绿叶香味和果香味的2-己烯醇^[16-18]含量也较高,该物质在露地果实中未检测到。萜醇类物质是葡萄果实中重要的芳香化合物,设施二次果中检测到的香芹醇、香叶醇、香茅醇的相对含量均不高,但是这3种物质在露地果实中均未检测到;露地果实中萜类物质含量最高的是具有浓郁玫瑰香香味的里那醇^[16-17,19],其相对含量是露地果实的3.2倍;露地果实中相对含量最高的萜类物质是具有花香味的松油醇^[18-19],其相对含量是设施二次果的4.4倍。

醛类化合物:2-己烯醛是设施二次果和露地果实中相对含量最高的醛类化合物,但是设施二次果中的含量是露地果实的2.52倍,并且该物质是设施二次果中相对含量最高的芳香化合物。具有绿叶清香和果香^[16,20]的己醛在设施二次果中的相对含量也很高,其相对含量是露地果实的11.10倍。露地果实中检测到的相对含量较高的3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛,在设施二次果中未检测到。

酯类化合物:具有草莓香味的乙酸乙酯^[18-20]是露地果实中相对含量最高的芳香化合物;在设施二次果中的相对含量也仅次于2-己烯醛。2-丁烯酸乙酯、丁酸乙酯、香草酸乙酯、2-己烯酸乙酯、3-羟基十三酸乙酯都是露地果实中检测到的相对含量较高的物质,这些物质在设施二次果中均未检测到。露地果实中相对含量较高的对苯二甲酸二丁酯,其相对含量是设施二次果的72.00倍。

酮、酸、烯烃、杂环类化合物:这4类物质的相对含量都不高。露地果实中具有玫瑰香味的大马士酮^[15]的相对含量显著高于设施二次果;具有难闻气味的乙酸和壬酸的相对含量也显著高于设施二次果;癸酸则在设施二次果中未检测到。设施二次果中检测到了具有香柠、薰衣草香的乙酸松油酯^[16,20],该物质在露地果实中未检测到。设施二次果中的2,4-二叔丁基苯酚和2,6-二叔丁基对甲酚

的相对含量均显著高于露地果实;2,5-二叔丁基对苯二酚则在设施二次果中未检测到。

综上所述,在露地果实和设施二次果中共检测到了49种化合物,其中,相对含量超过1.00%的化合物共有14种,多数芳香化合物的相对含量很低。乙酸乙酯和2-己烯醛在露地果实和设施二次果中的相对含量之和分别为77.31%和74.79%,说明这2种芳香化合物在巨峰果实的风味物质中占据绝对的主导位置。

3 讨论

通过测定巨峰葡萄果实品质指标,结果表明设施二次果果实的单粒重和大小要显著低于露地果实;但是果皮原花色素、总糖、可溶性固形物含量则显著高于露地果实。巨峰二次果生长发育时间是在8月至10月,这个季节温差大、光照好、湿度低,有利于糖分积累和果皮着色;但是,二次果发育时,葡萄树体的养分已消耗很多,因此,果粒偏小。

试验表明醛类化合物在巨峰二次果相对含量最高,2-己烯醛的相对含量最高;而酯类化合物在露地果实中的相对含量最高,乙酸乙酯的相对含量最高,这与前人在玫瑰香葡萄二次果^[3]醇类化合物均为相对含量最高的结论有所不同。说明与玫瑰香相比,巨峰二次果风味物质与露地巨峰果实差异更大。

酯类、醛类、萜烯类均属于游离态芳香化合物,在葡萄果实风味物质中占有重要的比重^[21],这些物质主要通过脂肪酸途径合成。由于果实生长发育环境的差异,会造成调控酯类化合物代谢的醇酰基转移酶(AAT)与脂氧合酶系统(LOX),调控醛类代谢的丙酮酸脱羧酶(PDC)^[21]的活性受到影响,继而改变果实中的芳香化合物代谢。试验表明,二次果中的乙酸乙酯相对含量与露地果实差异不大,但是2-己烯醛的相对含量则显著升高,这可能与这些酶的活性有一定相关性。但是,基于环境以及植株养分、生长势调节各类芳香化合物形成的酶系统差异的机制,还有待于进一步研究。

与玫瑰香型品种萜醇类芳香化合物含量较高不同^[18,22],巨峰葡萄果实中乙酸乙酯相对含量很高,说明这与常规将巨峰归为草莓香型葡萄品种的认识是一致的。前人认为C₆醛2-己烯醛是玫瑰香葡萄二次果、甜樱桃、海棠果果实最重要的香气成分^[3,7,23]。研究表明,巨峰二次果中相对含量最高的芳香物质也是2-己烯醛,为41.14%,显著高于露地果实中的16.31%,对其芳香化合物的组分构成了

非常重要的影响,改变了巨峰葡萄的果实风味。

参考文献:

- [1] BAI X J(白先进), CHEN A J(陈爱军), LIU J ZH(刘吉政), *et al.* Summary of using summer black secondary fruit technology for remedial yield[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*(中外葡萄与葡萄酒), 2011, (7): 51—53(in Chinese).
- [2] LI L ZH(李荔珍). The double-cropping technology apply in Kyoho grape in Fu'an[J]. *Agricultural Technology Service*(农技服务), 2011, **28**(10): 1 497—1 498(in Chinese).
- [3] SHANG J Y(商佳胤), LI SH H(李树海), ZHU ZH Q(朱志强), *et al.* Analysis on secondary fruit quality and aromatic compounds of Muscat Hamburg grape in facility condition[J]. *Journal of Fruit Science*(果树学报), 2013, **30**(2): 267—273(in Chinese).
- [4] ZHAO H L(赵海亮), ZHAO W D(赵文东), SUN L J(孙凌俊), *et al.* Study on delayed viticulture technology of 'Kyoho' grape secondary fruiting[J]. *Northern Horticulture*(北方园艺), 2003, (17): 30—32(in Chinese).
- [5] DEFILIPPI B G, KADER A A, DANDEKAR A M. Apple aroma; Alcohol acyltransferase, a rate limiting step for ester bio-synthesis is regulated by ethylene[J]. *Plant Science*, 2005, 168: 1 199—1 210.
- [6] WEI CH B(魏长宾), WU H X(武红霞), MA W H(马蔚红), *et al.* Studies on aroma compounds of "Jinhuang" mango at fully ripening stage of fruit[J]. *Guangxi Journal of Agricultural Sciences*(广西农业科学), 2007, **38**(4): 443—445(in Chinese).
- [7] ZHANG X(张 序), JIANG Y M(姜远茂), PENG F T(彭福田), *et al.* Changes of aroma components in 'Hongdeng' sweet cherry during fruit development[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2007, **40**(6): 1 222—1 228(in Chinese).
- [8] LIU Y(刘 圆), QI H Y(齐红岩), WANG B J(王宝驹), *et al.* Dynamic analysis of aromatic compounds in different cultivars of melon during the fruit ripeness[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*(华北农学报), 2008, **23**(2): 49—54(in Chinese).
- [9] XU X F(徐晓飞), QI H Y(齐红岩), JIANG Y Y(姜岩岩), *et al.* Comparison of flavor quality among different cultivars of melon during fruits development[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*(华北农学报), 2012, **27**(2): 127—132(in Chinese).
- [10] SHANG J Y(商佳胤), TIAN SH F(田淑芬), ZHU ZH Q(朱志强), *et al.* Effects of harvesting time on fruit quality and aromatic compounds in Muscat Hamburg grape[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*(华北农学报), 2013, **28**(1): 155—162(in Chinese).
- [11] LI H(李 华), WU Y(吴 莹). Determination of anthocyanin in bagging Kyoho grape by HPLC[J]. *Chinese Brewing*(中国酿造), 2009, **212**(11): 136—138(in Chinese).
- [12] SHANG J Y(商佳胤), TIAN SH F(田淑芬), LI SH H(李树海), *et al.* Differences of leaf canopy of Y frame and vertical trellises on light intensity and qualities of Muscat Hamburg grape[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报), 2013, **40**(7): 1 349—1 358(in Chinese).
- [13] GOMEZ E, MARTINEZ A, LAENCINA J. Localization of free and bound aromatic compounds among skin, juice and pulp fraction of some grape varieties[J]. *Vitis*, 1994, 33: 1—4.
- [14] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [15] LI ZH W(李志文), ZHANG P(张 平), HUANG Y F(黄艳凤), *et al.* Effect of sulfur dioxide injury on aroma components of Postharvest Red Globe[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2011, **31**(2): 385—392(in Chinese).
- [16] FENOLL J, MANSO A, HELLIN P, *et al.* Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat Hamburg during ripening[J]. *Food Chemistry*, 2009, **114**(2): 420—428.
- [17] FERREIR A V, LOOPEZ R, CACHO J F. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, **80**(11): 1 659—1 667.
- [18] GUTH H. Identification of character impact odorants of different white wine varieties[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45: 3 027—3 032.
- [19] LI H(李 华). Aroma compounds of grape[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*(中外葡萄与葡萄酒), 2001, (6): 43—44(in Chinese).
- [20] 李 华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 32—33.
- [21] FELLMAN J K, MILLER T W, MATTINSON D S, *et al.* Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits[J]. *Hort Science*, 2000, **35**(6): 1 026—1 033.
- [22] KORBOULEWSKY N, ROBLES C, GARDZINO S. Effects of sewage sludge compost on volatile organic compounds of wines from *Vitis vinifera* cv. red Grenache[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2004, 55: 412—415.
- [23] GIRARD B, KOPP T G. Physicochemical characteristics of selected sweet cherry cultivars[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 1998, 46: 471—476.