

DOI:10.11937/bfyy.201522004

# “武当1号”猕猴桃芳香物质的研究

朱先波<sup>1,2</sup>, 潘亮<sup>1</sup>, 彭家清<sup>1</sup>, 吴伟<sup>1</sup>, 肖涛<sup>1</sup>, 任小林<sup>2</sup>

(1. 十堰市经济作物研究所, 湖北 十堰 442714; 2. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**以中华猕猴桃“武当1号”和“红阳”为试材,采用静态顶空和气相色谱-质谱联用技术,对“武当1号”和“红阳”的香气组成和含量进行了测定,分析早熟中华猕猴桃“武当1号”的香气组成,旨在为早熟中华猕猴桃香味育种提供参考依据。结果表明:“武当1号”和“红阳”在3个冷藏时期共检测到119种香气成分,其中“武当1号”特异的有38种。“武当1号”的香气种类酯类含量变化不大,醛类含量升高,酮类和醇类含量降低。对“武当1号”影响最大的前4种芳香物质是(E)-2-己烯醛、己醛、(E)-2-己烯醇、壬醛,该试验可以为早熟中华猕猴桃香气育种提供依据。

**关键词:**冷藏;“武当1号”;猕猴桃;芳香物质

**中图分类号:**S 663.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)22-0016-06

猕猴桃除富含大量的维生素C之外,还含有丰富的各种营养物质,香气浓郁更易引起消费者的食欲。猕猴桃采摘后不耐贮藏,一般是冷库贮藏,尤其是中华猕猴桃。香气是猕猴桃的一个重要品质,国外学者对猕猴桃品种“海沃德”<sup>[1]</sup>和“黄金果”<sup>[2]</sup>的香气进行了研究,还对不同的基因型<sup>[3-4]</sup>和不同成熟度<sup>[5]</sup>的猕猴桃香气进行了分析,通过不同方法对猕猴桃香气进行研究<sup>[6]</sup>,国内也

有很多学者在猕猴桃香气方面做了很多工作<sup>[7-9]</sup>。“武当1号”是在武当山实生选育的一种中华猕猴桃,绿肉,表现为成熟期较早,在8月下旬成熟,富含浓郁的香气,目前尚鲜见有关该品种香气方面的研究,“红阳”在冷库中的香气变化已有学者做过相关研究<sup>[9]</sup>,该试验采用“武当1号”为试材,以“红阳”为对照,研究“武当1号”和“红阳”芳香物质的变化差异。以确定早熟中华猕猴桃“武当1号”的香气组成,旨在为早熟中华猕猴桃香味育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 以适宜采摘的中华猕猴桃“武当

**第一作者简介:**朱先波(1983-),男,湖北郧西人,博士研究生,研究方向为园艺产品采后生理与贮藏保鲜。E-mail:Xianbo0036@163.com.

**责任作者:**任小林(1964-),男,陕西永寿人,博士,教授,现主要从事园艺产品采后生理与贮藏保鲜等研究工作。E-mail:renxl@nwsuaf.edu.cn.

**收稿日期:**2015-08-19

## Correlation Between Lettuce Leaf Spectral Reflectance in Visible Light Area and Leaf Nitrogen Content and Leaf Chlorophyll Content Under Different Levels of Nitrogen

LIU Yanjie, LI Jianshe, GAO Yanming

(Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** With ‘American high speed’ lettuce as test material, the correlation between leaf chlorophyll and leaf spectral reflectance were studied under different treatments of nitrogen analysis by nourishing liquids experiment, in order to study whether high-spectral technique could be applied nutrition surveillance in leafy vegetables. The results showed that spectral reflectance data presented a single peak curve and increased with leaf nitrogen concentration increasing. During the lettuce growth process, leaf spectral reflectance, chlorophyll content, total nitrogen had significant linear correlation. Leaf chlorophyll content could indicate how much leaf total nitrogen content in spectral techniques, using the blade maximum spectral reflectance of visible area could be achieved a goal that the lettuce leaf total nitrogen content and chlorophyll content be inferred.

**Keywords:** lettuce; leaf total nitrogen; chlorophyll; spectral reflectance

1号”和“红阳”为试材,“武当1号”采自湖北省十堰市经济作物研究所(北纬32°65′、东经110°79′),“红阳”采自陕西省眉县—管理良好的果园(北纬34°29′、东经107°76′)。

1.1.2 仪器与设备 水果质地分析仪 GS-15 型,数显糖度计 PAL-1(Atago,日本),自动电位滴定仪(ZD-2,浙江金坛电子仪器厂),ThermoFisherISQ 气相色谱-质谱联用仪(美国 ThermoFisher 公司),手动固相微萃取(SPME)进样器和 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS 萃取头(美国 Supelco 公司)。

## 1.2 试验方法

成熟果实采后当天运抵实验室,选择大小均一、无病虫害和机械伤的果实,在 1℃冷库进行冷藏,分别在冷藏 1 个月和可食用时期取样分析。

## 1.3 项目测定

1.3.1 果实品质分析 在冷藏前 1 d,冷藏 30 d,可食用时期分别取 5 个猕猴桃进行硬度、可溶性固形物含量的测定。

1.3.2 特征香气成分分析 香气采集参照 QIAN 等<sup>[10]</sup>的方法,取磨碎的果肉 10 g,加入到 40 mL 的样品瓶中,样品瓶中含 1 g 氯化钠和 10  $\mu\text{L}$  3-壬酮(0.04 mg/mL),迅速封口,在 50℃恒温条件下平衡 10 min 后,将老化好的萃取头(250℃老化 1 h)插入样品瓶顶空,在 50℃下吸附 30 min,拔出萃取头,插入气象色谱进样口高温解吸 3.5 min。GC/MS 条件为:程序升温 40℃,保持 2.5 min,以 5℃/min 升至 150℃,以 10℃/min 升至 230℃保持 5 min;进样口温度 250℃;传输线温度 230℃;载气(He)流速 1 mL/min,不分流进样,电子轰击离子源;电子能量 70 eV;离子源温度 230℃;质量扫描范围为  $m/z$  35~

500 amu。采用峰面积归一化法求得各化合物相对质量百分含量,并以 3-壬酮为内标进行精确定量。通过计算 1 g(香气值)确定特征香气成分,香气值=某种化合物含量/该化合物香气阈值。1 g(香气值)>0 的成分为特征香气成分<sup>[11]</sup>。

## 1.4 数据分析

数据处理运用计算机检索并与图谱库(NIST 05)的标准质谱图对照,并结合相关文献[1-5],确认香气物质的各化学成分,按峰面积归一化法算出样品中各个组分的相对含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 硬度、可溶性固形物含量变化

猕猴桃的采摘成熟度是以可溶性固形物(TSS)为标准的,在  $6.5 \leq \text{TSS} \leq 7.5$  时为最适宜采摘期。由表 1 可以看出,“武当1号”和“红阳”都是在最适宜采摘期采收。在冷藏过程中,“武当1号”和“红阳”的硬度下降,可溶性固形物含量升高,可食期的“武当1号”可溶性固形物含量比“红阳”(17.22%)低一些。

### 2.2 “武当1号”和“红阳”猕猴桃香气成分的比较

由表 2 可以看出,“武当1号”和“红阳”猕猴桃在不同时期含有的香气成分差别很大。贮藏过程中“武当1号”和“红阳”共检测到 119 种香气成分,它们在贮藏期间都共有的香气成分是己酸乙酯、(Z)-2-庚烯醛、壬醛、癸醛、(E,Z)-2,6-壬二烯醛、己醛、(E)-2-己烯醛、甲基庚烯酮,在不同的时间 2 个品种间香气含量和成分差异很大。

表 1 “武当1号”和“红阳”猕猴桃硬度和可溶性固形物含量的比较

Table 1 Firmness and total soluble solids comparing between ‘Wudang-1’ and ‘Hongyang’ kiwifruits

项目 Item	“武当1号”‘Wudang-1’			“红阳”‘Hongyang’		
	采摘期 Picking period		可食期 Edible period	采摘期 Picking period		可食期 Edible period
	1 d	30 d		1 d	30 d	
硬度 Firmness/(N·mm <sup>-1</sup> )	6.293±0.060	3.96±0.051	0.89±0.017	5.33±0.062	5.28±0.07	0.75±0.024
可溶性固形物 Total soluble solids/%	6.520±0.057	11.20±0.081	15.64±0.015	6.86±0.160	10.96±0.10	17.22±0.100

表 2 “武当1号”和“红阳”猕猴桃不同时期的芳香物质比较

Table 2 Aroma components between ‘Wudang-1’ and ‘Hongyang’ kiwifruit during different periods

挥发性成分 Volatile compounds	“红阳”‘Hongyang’			“武当1号”‘Wudang-1’		
	1 d	30 d	可食期 Edible period	1 d	2 d	可食期 Edible period
2-甲基丁基乙酸酯 1-Butanol,2-methyl-,acetate	—	—	—	0.531	—	—
2-甲基丁酸乙酯 Butanoic acid,2-methyl-,ethyl ester	—	—	—	0.363	0.349	0.280
乙酸丁酯 Acetic acid,butyl ester	0.203	0.917	—	0.294	0.300	0.241
2-甲基乙酸正丁酯 Acetic acid,2-methyl-,butyl ester	—	—	—	—	0.530	0.354
丁酸,戊基酯 Butanoic acid,pentyl ester	—	—	0.386	—	—	—
丁酸乙酯 Butanoic acid,ethyl ester	—	0.335	—	0.261	0.414	0.519
丁酸丁酯 Butanoic acid,butyl ester	—	0.392	—	—	0.326	—
2-甲基丙酸丁酯 Propanoic acid,2-methyl-,butyl ester	—	—	—	0.409	—	—
香茅醇甲酸酯 2,6-Octadien-1-ol,3,7-dimethyl-,formate,(E)-	0.413	—	—	—	—	—
己酸乙酯 Hexanoic acid,ethyl ester	0.340	0.389	0.771	0.344	0.253	0.440

表 2(续)

Table 2(continued)

挥发性成分 Volatile compounds	“红阳”“Hongyang”			“武当1号”“Wudang-1”		
	1 d	30 d	可食期 Edible period	1 d	2 d	可食期 Edible period
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	—	—	—	2.293	1.949	1.408
1-甲基己酸乙酯 Hexanoic acid, 1-methylethyl ester	—	—	—	—	0.405	—
己酸丙酯 Hexanoic acid, propyl ester	0.367	0.388	0.339	0.392	—	—
己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	—	—	—	—	—	0.319
己酸乙酯 n-Caproic acid vinyl ester	—	0.665	—	—	—	—
丙酸己酯 Propanoic acid, hexyl ester	—	0.255	—	—	0.277	—
2-乙基乙酸己酯 Acetic acid, 2-ethylhexyl ester	0.313	—	—	—	0.249	0.447
11-十三碳烯丙酸酯 11-Tridecenyl propionate	—	—	—	0.184	—	—
戊酸, 9-癸烯基酯 Pentanoic acid, 9-decenyl ester	—	—	—	0.428	—	—
反丁烯二酸, 环己-3-烯基甲基癸基酯 Fumaric acid, cyclohex-3-enylmethyl decyl ester	—	—	—	—	1.042	—
己酸丁酯 Hexanoic acid, butyl ester	4.797	—	4.478	0.151	—	—
丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	0.480	0.429	—	—	—	0.143
3-羟基-十一烷酸甲基酯 Undecanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	—	—	0.651	—	—	—
2-甲基丁酸己酯 Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	1.812	1.808	—	3.058	1.729	1.486
辛酸乙酯 Octanoic acid, ethyl ester	1.703	1.043	—	—	—	—
$\alpha, \alpha$ -二甲基-苯乙酸乙酯 Benzeneethanol, $\alpha, \alpha$ -dimethyl-,	—	2.673	—	—	—	—
2-戊烯酸, 2-甲氧基-4-甲基-吡啶羧酸甲酯 2-Pentenoic acid, 2-methoxy-4-methyl-, methyl ester	—	—	—	1.138	—	—
E-11-甲基-12-十四碳烯-1-羟基乙酸酯 E-11-Methyl-12-tetradecen-1-ol acetate	—	—	—	—	—	0.885
己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	—	—	—	1.446	—	1.388
辛酸丁酯 Butyl caprylate	1.046	0.652	0.315	—	0.328	1.220
辛酸, 己酯 Octanoic acid, hexyl ester	—	—	—	0.174	—	—
苯甲酸甲酯 Benzoic acid, methyl ester	0.883	—	—	—	0.402	2.448
9-氧代壬酸乙酯 Nonanoic acid, 9-oxo-, ethyl ester	—	—	0.821	—	—	—
2-甲基-2-丙烯戊酸酯 Pentanoic acid, 2-methyl-, methyl ester	—	—	—	1.837	—	—
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	3.514	1.987	4.083	0.643	0.903	—
棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid, methyl ester	0.250	—	1.773	0.308	0.198	—
辛酸丙酯 Propyl octanoate	—	0.643	—	—	—	0.457
2-(2-丁氧基乙氧基)苯甲酸乙酯 2-(2-Butoxyethoxy)ethyl benzoate	—	—	—	—	—	0.514
邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	—	—	—	—	0.361	—
4-癸烯酸乙酯 4-Decenoic acid, ethyl ester	—	0.489	—	—	—	—
反式-4-癸烯酸乙酯 Ethyl trans-4-decenoate	0.630	—	0.897	—	—	0.762
2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-甲醛 1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl-	—	—	—	0.781	0.547	—
4-十八烯醛 4-Octadecenal	—	—	0.613	—	—	—
(Z)-2-庚烯醛 (Z)-2-Heptenal, (Z)-	0.497	0.623	1.143	0.909	0.871	0.950
辛醛 Octanal	1.094	0.743	1.254	2.966	—	1.114
(E)-2-辛烯醛 2-Octenal, (E)-	—	—	0.333	—	—	—
壬醛 Nonanal	4.427	3.359	4.118	13.6	5.822	5.748
E-2-辛烯醛 2-Octenal, (E)-	—	0.488	2.966	—	2.108	2.372
$\beta$ -柠檬醛 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0.826	—	—	—	—	—
(R)-2,2-二甲基-1,3-二氧戊环-4-甲醛 1,3-Dioxolane-4-carboxaldehyde, 2,2-dimethyl-, (R)-	—	—	—	—	—	2.177
(E,E)-2,4-庚二烯醛 2,4-Heptadienal, (E,E)-	—	—	—	—	0.592	—
癸醛 Decanal	1.561	1.428	2.058	3.419	2.483	2.102
苯甲醛 Benzaldehyde	0.267	0.283	—	0.660	0.481	0.460
(E)-2-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-	—	—	4.948	—	2.294	2.252
顺式-4-癸烯醛 cis-4-Decenal	—	1.122	—	—	—	—
2-十一烯醛 2-Undecenal	—	—	—	—	0.661	—
(E,Z)-2,6-壬二烯醛 2,6-Nonadienal, (E,Z)-	0.697	0.292	1.955	1.143	1.005	0.985
E-2-癸烯醛 2-Decenal, (E)-	1.146	0.406	—	1.784	1.185	1.373
$\beta$ -柠檬醛 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-	—	0.373	—	—	—	—
己醛 Hexanal	14.420	10.810	22.520	12.090	18.010	37.800
戊醛 Pentanal	0.385	0.426	0.452	1.562	0.504	—
3-己烯醛 3-Hexenal	—	—	—	—	—	0.391
(E)-2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-	62.860	0.356	60.180	68.930	72.310	98.580
2-亚乙基-6-甲基-3,5-庚二烯醛 3,5-Heptadienal, 2-ethylidene-6-methyl-	—	—	0.794	—	—	—
柠檬醛 Citral	—	—	—	0.674	0.215	0.310
2-十一烯醛 2-Undecenal	0.461	—	—	0.649	—	0.541
4-(1-甲基乙基)-苯甲醛 Benzaldehyde, 4-(1-methylethyl)-	—	—	—	—	—	0.504

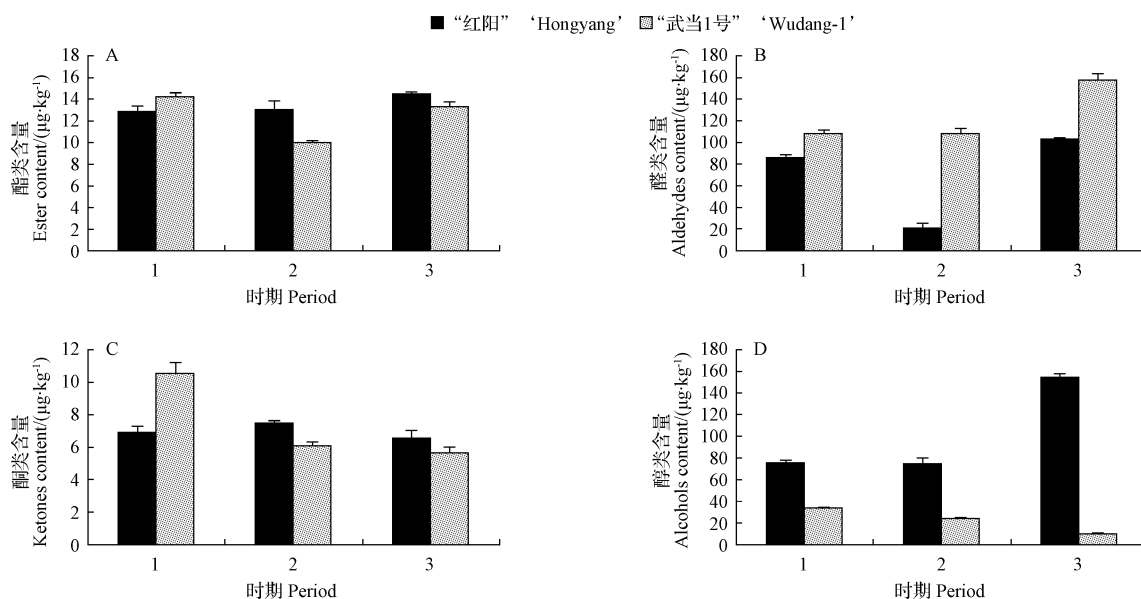
表 2(续)  
Table 2(continued)

挥发性成分 Volatile compounds	“红阳”“Hongyang”				“武当 1 号”“Wudang-1”			
	1 d	30 d	可食期	Edible period	1 d	2 d	可食期	Edible period
7-亚甲基-6,6-二甲基-3-氧杂二环[3.3.0]辛烷-2-酮 3-Oxabicyclo[3.3.0]octan-2-one,7-methylene-6,6-dimethyl-	0.188	—	—	—	—	—	—	—
顺式 9-亚甲基-3-氧杂二环[5.3.0]癸-2-酮 3-Oxabicyclo[5.3.0]decan-2-one,9-methylene-,cis-	—	—	—	—	0.222	—	—	—
1-辛烯-3-酮 1-Octen-3-one	—	0.389	—	—	—	0.799	0.772	—
1-癸烯-3-酮 1-Decen-3-one	—	—	—	—	0.908	—	—	—
2-甲基-3-辛酮 3-Octanone,2-methyl-	—	—	—	—	1.268	—	—	—
5-(乙酰氧基)二氢-5-甲基-2(3H)-呋喃酮 2(3H)-Furanone,5-(acetyloxy)dihydro-5-methyl-	0.382	—	—	—	—	—	—	—
甲基庚烯酮 5-Hepten-2-one,6-methyl	0.376	0.516	0.708	—	2.701	0.930	1.054	—
5,5-二甲基-1,3-二恶烷-2-酮 5,5-Dimethyl-1,3-dioxan-2-one	—	—	—	—	0.509	—	—	—
丙酮 Acetone	0.301	1.072	—	—	—	—	—	—
1-戊烯-3-酮 1-Penten-3-one	0.656	—	0.810	—	0.681	0.760	0.830	—
3-己烯-2-酮 3-Hexen-2-one	—	—	0.734	—	—	—	—	—
L-薄荷酮 1-Menthone	—	—	1.320	—	—	—	—	—
异丁基-2-庚烯酮 Isobutyl-2-heptenone	0.261	—	—	—	—	—	—	—
3-十一酮 3-Undecanone	0.253	—	—	—	—	—	0.340	—
2-十一(烷)酮 2-Undecanone	0.300	—	—	—	—	0.434	0.522	—
双环(3.3.1)壬烷-2,6-二酮 Bicyclo(3.3.1)nonane-2,6-dione	—	—	0.350	—	—	—	—	—
4,6,6-三甲基-双环[3.1.1]庚-3-烯-2-酮 Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one,4,6,6-trimethyl-	—	0.442	—	—	—	—	—	—
香芹烯酮 Carvenone	0.752	0.521	—	—	—	—	—	—
2-异丙基-5-甲基-3-环己烯-1-酮 2-isopropyl-5-methyl-3-cyclohexen-1-one	4.890	2.915	—	—	—	—	—	—
3-甲基-6-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮 2-Cyclohexen-1-one,3-methyl-6-(1-methylethyl)-	—	—	2.648	—	—	—	—	—
β-大马酮 2-Buten-1-one,1-(2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadien-1-yl)-,(E)-	0.492	1.640	—	—	1.520	1.863	—	—
香叶基丙酮 5,9-Undecadien-2-one,6,10-dimethyl-	—	—	—	—	2.165	—	1.460	—
反式香叶基丙酮 5,9-Undecadien-2-one,6,10-dimethyl-,(E)-	0.700	—	—	—	—	1.276	—	—
反式-A 紫罗兰酮 trans-α-Ionone	—	—	—	—	0.580	—	0.684	—
2-苯氧基-1-环氧乙烷-2-基-乙醇 2-Benzyloxy-1-oxiran-2-yl-ethanol	—	—	—	—	—	0.656	—	—
乙醇 Ethanol	—	4.907	12.430	—	—	—	—	—
2,3-二甲基-2,3-丁二醇 2,3-Butanediol,2,3-dimethyl-	—	—	—	—	—	1.580	—	—
β-芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol,3,7-dimethyl-	4.357	2.467	—	—	4.529	—	—	—
松油烯-4-醇 Terpinen-4-ol	—	—	—	—	—	1.180	—	—
松油醇 α-Terpineol	0.376	0.358	0.609	—	0.648	0.270	—	—
1-戊醇 1-Pentanol	—	0.332	—	—	—	—	—	—
反式-2-甲基-环戊醇 Cyclopentanol,2-methyl-,trans-	—	5.878	—	—	—	—	—	—
(E)-2-己烯-1-醇 2-Hexen-1-ol,(E)-	—	—	—	—	20.180	20.590	10.230	—
3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol,(Z)-	1.706	1.000	—	—	8.457	—	—	—
[3,3-二甲基-2-(3-甲基丁-1,3-二烯基)环己-1-烯基]甲醇	—	—	—	—	0.606	—	—	—
[3,3-Dimethyl-2-(3-methylbuta-1,3-dienyl)cyclohex-1-enyl]methanol	—	—	—	—	—	—	—	—
C&T-2-乙基环己醇 2-Ethylcyclohexanol,c&t	—	—	—	—	0.323	—	—	—
(R)-4-甲基-1-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇 3-Cyclohexen-1-ol,4-methyl-1-(1-methylethyl)-,(R)-	2.972	—	71.819	—	—	—	—	—
反式 3-甲基-6-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-醇 2-Cyclohexen-1-ol,3-methyl-6-(1-methylethyl)-,trans-	—	—	—	—	0.251	—	—	—
α,α,4-三甲基-苯甲醇 Benzenemethanol,α,α,4-trimethyl-	0.940	1.180	1.152	—	—	—	—	—
4-(1,1-二甲基乙基)-环己醇 Cyclohexanol,4-(1,1-dimethylethyl)-	—	—	—	—	—	0.478	—	—
桉叶素 Eucalyptol	66.840	58.930	68.510	—	—	—	—	—
异丙烯基甲酸 1-Propen-2-ol,formate	—	—	0.240	—	0.692	—	—	—
10-羟基癸酸 10-Hydroxydecanoic acid	0.355	—	—	—	—	—	—	—
乙酰丙酸 Levulinic acid	—	—	0.695	—	—	—	—	—
3-羟基-3-甲基戊二酸 3-Hydroxy-3-methylglutaric acid	—	—	—	—	—	0.589	—	—

“武当 1 号”猕猴桃特异香气成分有 39 种,橄榄醇、香叶基丙酮、2-甲基-3-辛酮、3-己烯醛、2-十一烯醛、柠檬醛、异丁酸丁酯,其中对“红阳”香气影响最大的前 4 种是桉叶素、(E)-2-己烯醛、己醛、壬醛,对“武当 1 号”香气影响最大的是(E)-2-己烯醛、己醛、(E)-2-己烯醇、壬醛。“武当 1 号”的香气数量在 1 d 时为 48 种,比“红阳”多 3 种,30 d 后减少为 45 种,比“红阳”多 3 种,在可食用时期降低到 41 种,比“红阳”多 4 种。

2.3 不同贮藏时期“武当 1 号”和“红阳”猕猴桃芳香物质类型的比较

由图 1 可以看出,贮藏的过程中“红阳”的酯类含量略有升高,“武当 1 号”先降低再升高,“红阳”的醛类含量先降低再升高,“武当 1 号”醛类含量升高,“红阳”的酮类含量变化不大,“武当 1 号”的酮类含量降低,有趣的是醇类含量二者呈现相反的趋势,“红阳”的醇类含量升高,而“武当 1 号”的醇类含量降低。



注:1,采摘期,1 d;2,贮藏 30 d;3,可食期。

Note:1,picking period,1 days;2,stored 30 days;3,edible period.

图1 “武当1号”和“红阳”猕猴桃3个时期芳香物质含量的比较

Fig. 1 Ester, aldehydes, ketones and alcohols contents during three periods between ‘Wudang-1’ and ‘Hongyang’ kiwifruit

### 3 讨论

#### 3.1 硬度和可溶性固形物含量对猕猴桃香气的影响

猕猴桃果实有后熟软化过程,经过后熟软化后,其本身的风味才能充分显现,随着硬度的降低,可溶性固形物的增加,猕猴桃将会达到可食用时期,此时的芳香物质才是最佳风味,硬度进一步降低后,可溶性固形物不会再增加,逐渐失去商品价值,芳香物质的含量和种类也会发生变化,但此时已不是最佳风味。

#### 3.2 贮藏过程中香气成分的变化

中华猕猴桃的香气成分主要以醇类、醛类、酯类、酮类及杂环类为主,绝对含量占鲜果重的比例很低,但是对果品质量影响很大。该试验发现(E)-2-己烯醛为“红阳”和“武当1号”的主要香气成分,这与前人<sup>[7]</sup>研究一致,但是在后熟过程中丁酸乙酯并未占据主要地位,可能是由于在冷藏过程中抑制了酯类的产生<sup>[12]</sup>。采用直接热脱附测量(DTD)-GC/MS测定(E)-2-己烯醛和己醛作为主要的芳香物质<sup>[13]</sup>。在“海沃德”猕猴桃中发现特征香气成分(Z)-3-己烯-1-醇,但是其同分异构体(E)-3-己烯-1-醇却不是它的特征香气<sup>[1]</sup>。

“武当1号”猕猴桃有在贮藏过程中出现了30多种特异香气成分,在“红阳”中出现 $\beta$ -柠檬醛,而在“武当1号”中出现的是柠檬醛,就是因为结构的不同,从而使得“武当1号”有了区别于“红阳”的独特香气。桉叶素、(E)-2-己烯醛、己醛、壬醛是“红阳”猕猴桃中含量最高的4种芳香物质,而在“武当1号”中含量最高的前4种是(E)-2-己烯醛、己醛、(E)-2-己烯醇、壬醛,正是因为含量

和不同芳香的差异从而使得“武当1号”和“红阳”的香气不同,而美味猕猴桃“海沃德”主要香气是苯甲醛、(E)-2-己醛、己醛、3-辛醇<sup>[14]</sup>,而主要芳香物质的不同使得中华猕猴桃和美味猕猴桃香气区别开来。贮藏过程中“武当1号”香气物质数量都比“红阳”多,“武当1号”的香气物质数量在贮藏中不断减少,这与杨丹等<sup>[9]</sup>在“红阳”上已经得到的结论相同。“武当1号”在可食用时期的香气物质数量比“红阳”多4种,含量也比“红阳”高,也许这就是“武当1号”香气比“红阳”更加浓郁的原因。

#### 3.3 贮藏过程中各种类型香气的影响

有研究发现,在贮藏过程中,随着果实的后熟,果实中的酯类含量种类都是增加的<sup>[15]</sup>。在冷藏过程中,酯类和酮类的含量变化不大,醛类和醇类的含量变化较大。在醇类中“红阳”主要受桉叶醇含量的影响,“武当1号”却是受(E)-2-己烯-1-醇含量的影响。醛类中(E)-2-己烯醛、己醛被认为是猕猴桃中2种最重要的醛类<sup>[16]</sup>,该试验中得出了类似的结论(E)-2-己烯醛、己醛、癸醛、壬醛对“武当1号”和“红阳”香气的影响最大,(E)-2-己烯醛在采后30 d的时候含量最低,从而“红阳”的香气出现了凹形变化,这与猕猴桃醛类香气总体呈上升趋势<sup>[9]</sup>不一致,可能是相对含量和绝对含量而引起的差异,“武当1号”2种含量最高的醛类含量升高从而使得其醛类香气呈现上升趋势,这与杨丹等<sup>[9]</sup>得出的结论相符。

根据已有研究<sup>[12,17]</sup>,在贮藏过程中猕猴桃香气中有酸的出现,在猕猴桃发育过程中未检测到羧酸<sup>[18]</sup>,经过超高压处理后羧酸类含量增加<sup>[19]</sup>,郭静等<sup>[20]</sup>发现,在猕猴桃果酒中羧酸的含量和种类都较大,该研究中检测到



了异丙烯基甲酸、10-羟基癸酸、乙酰丙酸和 3-羟基-3-甲基戊二酸,可能是随着猕猴桃贮藏时间的延长,果实内部转化的羧酸类含量和种类都有所增加。

#### 4 结论

通过 GC/MS 分析,“武当 1 号”猕猴桃在贮藏过程中和“红阳”的芳香物质的种类相差不大,贮藏过程中的变化趋势不尽一致,“武当 1 号”的酯类含量变化不大,醛类含量增加,酮类和醇类含量降低。对“武当 1 号”影响最大的前 4 种芳香物质是(E)-2-己烯醛、己醛、(E)-2-己烯醇、壬醛。

#### 参考文献

- [1] FRANK D, O'RIORDAN P, VARELIS P, et al. Deconstruction and recreation of 'Hayward' volatile flavour using a trained sensory panel, olfactometry and a kiwifruit model matrix[J]. Acta Horticulturae (ISHS), 2007, 753: 107-119.
- [2] FRIEL E N, WANG M, TAYLOR A J, et al. *In vitro* and *in vivo* release of aroma compounds from yellow-fleshed kiwifruit[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55: 6664-6673.
- [3] ZHANG B, YIN X R, LI X, et al. Lipxygenase gene expression in ripening kiwifruit in relation to ethylene and aroma production[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 59: 2875-2881.
- [4] GÜNTHER C S, HEINEMANN K, LAING W A, et al. Ethylene-regulated (methylsulfonyl) alkanooate ester biosynthesis is likely to be modulated by precursor availability in *Actinidia chinensis* genotypes[J]. Journal of Plant Physiology, 2011, 168: 629-638.
- [5] YOUNG H. The effects of harvest maturity, ripeness and storage on Kiwifruit aroma[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1995, 36(5): 352-358.
- [6] ESTI M, MESSIAMC, BERTOCCHI P, et al. Chemical compounds and sensory assessment of kiwifruit *Actinidia chinensis* (Planch.) var. *chinensis*: electrochemical and multivariate analyses[J]. Food Chemistry, 1998, 61(3): 293-300.
- [7] 郑孝华, 翁雪香, 邓春晖. 中华猕猴桃果实香气成分的气相色谱/质谱分析[J]. 分析化学, 2004, 32(6): 834.
- [8] 涂正顺, 李华, 王华, 等. 猕猴桃果实采后香气成分的变化[J]. 园艺学报, 2001, 28(26): 512-516.
- [9] 杨丹, 曾凯芳. 1-MCP 处理对冷藏‘红阳’猕猴桃果实香气成分的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(8): 323-329.
- [10] QIAN Z J, WANG H, LIU T, et al. Changes in quality attributes of mandarin with and without leaf during refrigerated storage[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2014, 38(1): 11.
- [11] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2300-2306.
- [12] 郭丽芳, 王慧, 马三梅, 等. 冷藏对“金艳”猕猴桃香气成分的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 10(34): 304-308.
- [13] WANG M Y, MACRAE E, WOHLERS M, et al. Changes in volatile production and sensory quality of kiwifruit during fruit maturation in *Actinidia deliciosa* 'Hayward' and *A. chinensis* 'Hort16A' [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59: 16-24.
- [14] WAN X M, STEVENSON R J, CHEN X D, et al. Application of headspace solid-phase microextraction to volatile compound development during storage and ripening of kiwifruit[J]. Food Research International, 1999, 32: 175-183.
- [15] GARCIA G V, QUEK S Y, STEVENSON R J, et al. Characterisation of bound volatile compounds of a low flavoured kiwifruit species, *Actinidia eriantha* [J]. Food Chemistry, 2012, 134: 655-661.
- [16] YOUNG H, PATERSON V J, BURNS D J W. Volatile aroma constituents of kiwifruit[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1983, 34: 81-85.
- [17] 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.
- [18] 谭皓, 廖康, 涂正顺. 金魁猕猴桃发育过程中香气成分的动态变化[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 205-208.
- [19] 梁茂雨, 纵伟, 赵光远, 等. 超高压处理对猕猴桃香气成分的影响[J]. 食品工业科技, 2007(3): 72-75.
- [20] 郭静, 岳田利, 袁宏宏, 等. 基于 SPME2GC/MS 的猕猴桃酒香气成分研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(6): 89-93.

### Study on Aroma Components of Postharvests 'Wudang-1' Kiwifruit

ZHU Xianbo<sup>1,2</sup>, PAN Liang<sup>1</sup>, PENG Jiaqing<sup>1</sup>, WU Wei<sup>1</sup>, XIAO Tao<sup>1</sup>, REN Xiaolin<sup>2</sup>

(1. Institute of Economic Crop Research of Shiyan, Shiyan, Hubei 442714; 2. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** *Actinidia chinensis* of 'Wudang-1' and 'Hongyang' were used as test material, by using static headspace and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the aroma components of 'Wudang-1' and 'Hongyang' were measured. Aroma composition of early *actinidia chinensis* on 'Wudang-1' were analyzed to provide a theoretical basis on precocious breeding kiwi flavor of *Actinidia chinensis*. The results showed that there were 119 aroma components on 'Wudang-1' and 'Hongyang' in three periods during cold storage. During different aroma on 'Wudang-1' kiwifruit, ester content changed little, aldehydes increased, ketones and alcohols content decreased. The first four aroma components effecting 'Wudang-1' kiwifruit were (E)-2-Hexenal, Hexanal, (E)-2-Hexen-1-ol, Nonanal. This study could provide the basis for a precocious breeding *Actinidia chinensis*.

**Keywords:** cold storage; 'Wudang-1'; kiwifruit; aroma components