

# 草莓 5 个品种的果实香味成分分析

张运涛<sup>1,2</sup>, 王桂霞<sup>2</sup>, 董 静<sup>2</sup>, 崔凤芝<sup>3</sup>, 许雪峰<sup>1</sup>, 韩振海<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业大学园艺植物研究所, 北京 100094; <sup>2</sup> 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093; <sup>3</sup> 北京农业职业学院, 北京 102442)

**摘 要:** 以草莓品种红颜、章姬、枌乙女、甜查理和卡姆罗莎等 5 个品种为试材, 采用顶空固相微萃取和气相色谱—质谱联用技术, 分析不同草莓品种挥发物种类中特征香味成分的异同, 为草莓香味育种提供依据。结果表明, 5 个品种中酯类均占了约一半的比例 (40% ~ 62.5%), 酯类在草莓香味中起重要作用。红颜的香味主要由香味醇 (沉香醇、橙花叔醇和 1-辛醇)、香味酯 (丁酸甲酯和丁酸乙酯、己酸甲酯和己酸乙酯) 构成; 枌乙女主要由香味醇 (沉香醇和橙花叔醇) 和 5-辛基-2-二氢-2(3H)-呋喃酮构成; 章姬主要由香味醇 (沉香醇和 1-辛醇)、香味酯 (丁酸甲酯和异戊酸己酯、己酸甲酯和己酸乙酯、辛酸甲酯和辛酸乙酯)、4-甲氧基-2, 5-二甲基-3(2H)-呋喃酮及青叶醛构成。甜查理和卡姆罗莎的酯类类似, 主要有丁酸辛酯、乙酸辛酯和己酸辛酯, 辛基酯类含量非常多, 前者达到 15.26%, 后者高达 22.49%, 而辛基酯类在 3 个日本品种中没有发现。甜查理含有橙花叔醇、1-辛醇和 5-己基-2-二氢-2(3H)-呋喃酮, 而卡姆罗莎这 3 种香味物质含量少, 这可能是卡姆罗莎香味淡的主要原因。

**关键词:** 草莓; 品种; 香气成分

中图分类号: S 668.4 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2008) 03-0433-05

## Analysis of Aroma Components in Five Strawberry Cultivars

ZHANG Yun-tao<sup>1,2</sup>, WANG Gui-xia<sup>2</sup>, DONG Jing<sup>2</sup>, CUI Feng-zhi<sup>3</sup>, XU Xue-feng<sup>1</sup>, and HAN Zhen-hai<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Horticultural Plants, China Agricultural University, Beijing 100094, China; <sup>2</sup> Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100093, China; <sup>3</sup> Beijing Agriculture and Profession College, Beijing 102442, China)

**Abstract:** The head space-solid phase microextraction and gas chromatography - mass spectrometry was applied to analyse aroma composition of five strawberry cultivars (Benihoppe, Tochiotome, Akihime, Sweet Charlie and Camarosa). The results indicated 40.0% - 62.5% esters components existed in volatile components in these five cultivars. The aroma properties in Benihoppe depend on linalool, nerolidol, 1-octanol, butanoic acid methyl ester, ethyl ester, hexanoic acid methyl ester and ethyl ester; The aroma properties in Tochiotome depend on linalool, nerolidol, 2(3H)-furanone and dihydro-5-octyl; The aroma properties in Akihime depend on linalool, 1-octanol, butanoic acid methyl ester, ethyl ester, hexanoic acid methyl ester, ethyl ester, octanoic acid methyl ester, ethyl ester, 3(2H)-furanone, 4-methoxy-2, 5-dimethyl and 2-Hexenal. High concentration of similar octyl esters components including butanoic acid octyl ester, acetic acid octyl ester and hexanoic acid octyl ester were found in both Sweet Charlie (15.26%) and Camarosa (22.49%), which were not detected in three Japanese cultivars. Compared with Sweet Charlie, the concentration of nerolidol, 1-octanol and furanone is very low in Camarosa, which probably leads to weak flavor in Camarosa.

**Key words:** strawberry; cultivars; aroma components

收稿日期: 2007 - 08 - 13; 修回日期: 2008 - 01 - 31

基金项目: 北京市政府定向购买科技服务项目 (20060303)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: rschan@cau.edu.cn)

目前我国主栽的草莓品种主要是日本品种和欧美品种。日本品种甜度高,香气浓,但不耐贮运,抗病性差。欧美品种的主要优点是果个大,产量高,硬度大,耐贮运,抗病性强,但酸度较高,香味淡。红颜、章姬、枊乙女、卡姆罗莎和甜查理是我国草莓生产上正在推广或将要推广的新品种。红颜、章姬和枊乙女均为日本品种,香味浓郁,红颜有茉莉和玫瑰香味,品质极优;章姬口感细软,香甜可口,有清香味,品质极好;枊乙女风味浓郁,有浓浓的香橙和玫瑰香味。卡姆罗莎和甜查理为美国品种,卡姆罗莎酸度高,香味淡。甜查理肉质细,味甜,清香味较浓。本试验中分析这5个草莓品种的特征香气成分差异,旨在为草莓生产和香味育种提供一定理论依据。

## 1 材料与方法

试验于2007年3—5月在北京市农林科学院林业果树研究所草莓温室大棚和农业部蔬菜种子质量监督检验测试中心(北京)进行。

供试草莓品种为红颜、章姬、枊乙女、甜查理和卡姆罗莎。3月26日—4月10日从草莓温室大棚里随机选取具有该品种特征成熟度一致的果实400~500 g作为试材,立即放入-40℃冰箱中速冻待测。

取样前先将固相微萃取头在气相色谱进样口老化2 h,老化温度250℃。用打浆机把速冻的草莓果实匀浆,从中取8 g左右样品迅速将其装入样品瓶中,上部留有约2 cm左右的空间,加盖封口。将老化好的萃取头插入样品瓶顶空部分,室温下萃取40 min,然后将萃取头抽出插入气质联用仪,于250℃解吸1 min,进行GC-MS检测分析。

采用岛津GCMS-GC2010气质联用仪。毛细管柱(DB-5MS):30 m×0.25 mm;膜厚度0.25 μm;载气为氦气;流速为1 mL·min<sup>-1</sup>;进样量0.5 μL;程序升温:60℃保持2 min,以每分钟8℃升温到220℃,保持20 min。进样口温度250℃,EI离子源电子能量70 eV,质量范围30~550 aum。

未知化合物质谱图经计算机检索同时与NIST library和Wiley library两个质谱库相匹配,并结合人工图谱解析及资料分析对红颜、章姬、枊乙女、甜查理和卡姆罗莎5个品种的总离子流图进行处理,按峰面积归一化法测定各组分的百分含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 5个草莓品种果实挥发性成分分析

试验结果表明,5个草莓品种样品共检测到126种化合物。品种红颜有55种挥发物,其中酯类化合物(22种)占40%,醛类(10种)占18.18%,醇类(7种)占12.73%,烃类(7种)占12.73%,胺和酸类(7种)占12.73%,酮类(2种)占3.64%。品种甜查理有50种挥发物,其中酯类(29种)占58%,醇类(6种)占12%,酮类(6种)占12%,烃类(4种)占8%,胺和酸类(4种)占8%,醛类(1种)占2%。品种枊乙女有22种挥发物,其中酯类(12种)占54.55%,烃类(4种)占18.18%,醇类(3种)占13.64%,酮类(2种)占9.09%,酸酐类(1种)占4.55%。品种章姬有34种挥发物,其中酯类(19种)占55.88%,醛类(6种)占17.65%,酮类(3种)占8.82%,醇类(2种)占5.88%,烃类(2种)占5.88%,胺和酸类(2种)占5.88%。品种卡姆罗莎有40种挥发物,其中酯类(25种)占62.5%,醇类(6种)占15%,烃类(3种)占7.5%,酮类(3种)占7.5%,胺和酸类(2种)占5%,醛类(1种)占2.5%。

综上所述,这5个草莓品种的共同特点是,在挥发物中酯类几乎占了一半的比例,这说明了酯类在草莓香味中起重要作用。

### 2.2 5个草莓品种果实香味成分的比较

表1仅列出了相对含量大于1%的挥发物,从表1可以看出,品种红颜挥发物含量大于1%的成

分共有 12 种，其中酯类 5 种、醇类 3 种、酰胺类 3 种、烯 1 种。同前人在其它草莓品种上的研究结果 (Pérez et al, 1992, 1997) 类似，本试验中己酸乙酯和己酸甲酯，丁酸乙酯和丁酸甲酯在红颜品种的香味中同样起重要作用。由于沉香醇有百合花香气，橙花叔醇有苹果和玫瑰香气，1-辛醇有蔷薇香气 (阚建全, 2002)，所以这 3 种物质也是构成红颜品种特征香味的重要成分。一般认为乙酸乙酯具有较高的味阈值，它对草莓香味没有重要影响 (张运涛和鲁韧强, 2002)，但在红颜品种的挥发物中，乙酸乙酯的含量最高，对红颜草莓的香味可能也起一定作用。乙酰肼、肼和氨基脲等物质的含量也较高，对草莓果实香味的贡献有待进一步研究。

表 1 5 个草莓品种果实中挥发物质部分鉴定结果

Table 1 A part of analysis results of the volatile compounds in the five strawberry cultivar fruits

化合物类别 Categorie	化合物名称 Compound	相对含量 / % Relative content				
		红颜 Benihoppe	章姬 Akihime	栃乙女 Tochiotome	甜查理 Sweet Charlie	卡姆罗莎 Camarosa
醇类 Alcohol	1-辛醇 1-octanol	3.19	1.21	-	4.03	-
	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇 (沉香醇)	2.08	1.72	1.06	-	-
	1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimethyl					
	3,7,11-三甲基-1,6,10-十二烷三烯-3-醇 (橙花叔醇)	2.07		83.86	16.56	-
	1,6,10-dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-					
	乙醇 Ethanol	-	-	-	2.77	-
醛类 Aldehyde	(R) 3,7-二甲基-6-辛烯-1-醇	-	-	-	-	2.86
	6-octen-1-ol, 3,7-dimethyl, (R)					
	(E)-2-己烯醛 (青叶醛) 2-hexenal, (E)	-	1.32	-	-	-
	戊醛 Pentanal	-	1.63	-	-	-
	正己醛 Hexanal	-	1.48	-	-	-
酯类 Ester	乙酸乙酯 Aceticacid, ethylester	21.00	-	-	2.78	-
	丁酸甲酯 Butanoicacid, methylester	2.92	1.29	-	-	8.25
	丁酸异丙酯 Butanoicacid, isopropylester	-	-	-	-	1.03
	丁酸乙酯 Butanoicacid, ethylester	2.97	-	-	-	6.79
	丁酸-2-甲基乙酯 Butanoicacid, 2-methyl, ethylester	-	-	-	-	1.59
	己酸甲酯 Hexanoicacid, methylester	1.22	1.99	-	1.26	2.81
	己酸乙酯 Hexanoicacid, ethylester	6.58	7.65	-	2.62	6.21
	乙酸己酯 Aceticacid, hexylester	-	-	-	-	2.49
	乙酸丁酯 Aceticacid, butylester	-	-	-	-	1.47
	辛酸甲酯 Octanoicacid, methylester	-	1.46	-	1.28	-
	辛酸乙酯 Octanoicacid, ethylester	-	1.30	-	1.30	-
	丁酸-2-甲基丙酯 Butanoicacid, 2-methyl, propylester	-	-	-	-	-
	异戊酸己酯 Isopentylhexanoate	-	1.06	-	-	-
	乙酸辛酯 Aceticacid, octylester	-	-	-	2.27	5.48
	乙酸-2-甲基丁酯 Aceticacid, 2-methyl, butylester	-	-	-	-	1.40
	己酸己酯 Hexanoicacid, hexylester	-	-	-	-	2.82
	丁酸辛酯 Butanoicacid, octylester	-	-	-	4.54	9.29
	丁酸-2-甲基辛酯 Butanoicacid, 2-methyl-, octylester	-	-	-	-	5.25
	丁酸-3-甲基辛酯 Butanoicacid, 3-methyl-, octylester	-	-	-	3.26	2.47
	己酸辛酯 Hexanoicacid, octylester	-	-	-	5.19	-
	乙酸-1-甲基乙酯 Aceticacid, 1-methyl, ethylester	-	4.39	-	-	-
	丙烯酸丙酯 Propionicacid, allylester	-	1.80	-	-	-
酮类 Ketone	丙酮 Acetone	-	-	-	10.06	-
	1,4-二氧杂环己烷-2,6-二酮 1,4-dioxane-2,6-dione	-	1.44	-	-	-
	5-己基-二氢-2(3H)-呋喃酮	-	-	-	7.68	-

续表 1

化合物类别 Categories	化合物名称 Compounds	相对含量 / % Relative content				
		红颜 Benihoppe	章姬 Akihime	栃乙女 Tochiotome	甜查理 Sweet Charlie	卡姆罗莎 Camrosa
	2 (3H) -furanone, 5-hexyldihydro-					
	5 - 辛基 - 二氢 - 2 (3H) - 呋喃酮	-	-	2.07	-	-
	2 (3H) -furanone, dihydro-5-octyl-					
	4 - 甲氧基 - 2, 5 - 二甲基 - 3 (2H) - 呋喃酮	-	1.63	-		-
	3 (2H) -furanone, 4-methoxy-2, 5-dimethyl-					
烃类 Hydrocarbons	3 - 溴 - 3, 3 - 二氟 - 1 - 丙烯 1-propene, 3-bromo-3, 3-difluoro-	2.90	-	-	-	-
	3 - 亚甲基 - 7, 11 - 二甲基 - 1, 6, 10 - 十二碳三烯	-	6.23	-	-	-
	1, 6, 10-dodecatriene, 7, 11-dimethyl-3-methylene					
	1, 1 - 二氟乙烯 Ethene, 1, 1-difluoro-	-		-	2.65	-
胺和酸 Amine and Acid	氨基脒 Hydrazinecarboxamide	4.45		-	2.30	-
	胼 Hydrazine	5.23	-	-	-	-
	乙酰胼 Acetic acid, hydrazide	19.67	-	-	-	-
	1 - 亚硝基 - 2, 5 - 二羟基 - 1H - 吡咯	-	-	6.63		-
	1H-pyrrole, 2, 5-dihydro-1-nitroso					
	乙酸 Acetic acid	-	1.44	-		-

注：仅列出相对含量大于 1% 的挥发物。

Note: volatiles only listed relative content more than 1%.

栃乙女挥发物含量大于 1% 的成分有橙花叔醇 (83.86%)、5 - 辛基 - 二氢 - 2 - (3H) - 呋喃酮 (2.07%) 和沉香醇 (1.06%) (表 1)。虽然栃乙女草莓品种挥发物中酯类有 12 种，但相对含量均低于 1%，橙花叔醇、呋喃类和沉香醇可能是栃乙女草莓品种特征香味的重要成分。

章姬中挥发物含量大于 1% 的成分共有 18 种，其中酯类 8 种，醛类 3 种，醇类 2 种，酮类 2 种，其它 3 种 (表 1)。从中可以看出，己酸乙酯和己酸甲酯、沉香醇、呋喃类、辛酸甲酯和辛酸乙酯、丁酸甲酯和 4 - 甲氧基 - 2, 5 - 二甲基 - 3 (2H) - 呋喃酮是构成章姬草莓特征香味的重要成分。此外，(E) - 2 - 己烯醛俗称青叶醛，具有新鲜的绿叶味；异戊酸己酯具有很浓的苹果、香蕉和菠萝香味，1 - 辛醇有蔷薇香气 (阚建全, 2002)。因此，这 3 种物质在章姬草莓品种的香型中也起很重要的作用。其他物质与章姬香味之间的关系尚待进一步研究。

甜查理中挥发物含量大于 1% 的成分共有 16 种，其中酯类 9 种，醇类 3 种，酮类 2 种，其它 2 种 (表 1)。由于呋喃类是构成草莓甜香味的重要物质 (Fomey & Jordan, 1995)，5 - 己基 - 二氢 - 2 (3H) - 呋喃酮俗称 - 癸内酯，是桃香气的主成分 (丁耐克, 1996)，丁酸辛酯有清香味，乙酸辛酯有橘子、茉莉和桃子的香气，辛酸乙酯具有类似白兰地的甜香味，辛酸甲酯具有酒香和柑橘的香气，1 - 辛醇有蔷薇香气 (阚建全, 2002)，因此，橙花叔醇、1 - 辛醇、- 癸内酯、己酸乙酯和己酸甲酯、辛酸乙酯和辛酸甲酯、辛基酯类 (丁酸辛酯和乙酸辛酯) 是构成甜查理草莓特征香味的重要成分。其他物质与甜查理香味之间的关系尚待进一步研究。

卡姆罗莎中挥发物含量大于 1% 的成分共有 15 种，其中酯类 14 种、醇类 1 种 (表 1)。同前人在其它草莓品种上的研究结果 (Pérez et al, 1992, 1997) 类似，丁酸甲酯和丁酸乙酯、己酸乙酯和己酸甲酯也是构成卡姆罗莎草莓香味的重要成分，由于丁酸辛酯有清香味，乙酸辛酯有橘子、茉莉和桃子的香气，(阚建全, 2002)，所以，这两种物质也是构成卡姆罗莎草莓香味的主要成分。其它酯类可能也有一定的作用。(R) 3, 7 - 二甲基 - 6 - 辛烯 - 1 - 醇与橙花醇 [(Z) 3, 7 - 二甲基 - 2, 6 - 辛烯 - 1 - 醇] 结构类似，它在香味中起什么作用还不清楚。

### 3 讨论

本试验结果表明, 丁酸甲酯和丁酸乙酯、己酸甲酯和己酸乙酯、沉香醇、橙花叔醇和 1-辛醇能对红颜品种的香味起的作用最大, 虽然 (E)-2-己烯醛 (青叶醛) 在红颜品种中含量仅有 0.99%, 但它的青绿叶味对红颜品种形成特有的茉莉和玫瑰清爽香味也有作用。青叶醛只在红颜和章姬两个品种上检测到。红颜和章姬具有类似的玫瑰清香味, 可能与它们有类似的香味物质 (己酸甲酯和己酸乙酯、丁酸甲酯、青叶醛、沉香醇和 1-辛醇) 有关。而红颜品种含有橙花叔醇, 章姬含有辛酸甲酯和辛酸乙酯、异戊酸己酯, 这些特征物质可能是导致两品种香味不同的主要原因。栃乙女草莓品种香味的主成分是橙花叔醇 (83.86%), 它对栃乙女草莓品种香味的贡献率最大, 与有特殊甜味的 5-辛基-2-氢-2-(3H)-呋喃酮和具有百合花香的沉香醇构成了这个品种的独特香味。红颜、栃乙女和章姬均是日本品种, 香味浓郁, 从测定结果可以看出, 红颜品种的香味主要由香味醇 (沉香醇、橙花叔醇和 1-辛醇)、香味酯 (丁酸甲酯和丁酸乙酯; 己酸甲酯和己酸乙酯) 构成; 栃乙女主要由香味醇 (沉香醇和橙花叔醇) 和甜味的呋喃类构成; 章姬主要由香味醇 (沉香醇和 1-辛醇)、香味酯 (丁酸甲酯和异戊酸己酯、己酸甲酯和己酸乙酯、辛酸甲酯和辛酸乙酯)、呋喃类及香味醛 (青叶醛) 构成。甜查理和卡姆罗莎均为美国品种, 前者香味浓, 后者香味淡, 二者的酯类类似, 主要有丁酸辛酯、乙酸辛酯和己酸辛酯。甜查理和卡姆罗莎的辛基酯类含量非常多, 前者达到 15.26%, 后者高达 22.49%, 而辛基酯类在 3 个日本品种中没有发现。甜查理含有橙花叔醇、1-辛醇和-癸内酯, 而卡姆罗莎相对含量超过 1% 的醇类仅有 (R)-3,7-二甲基-6-辛烯-1-醇 (2.86%), 橙花叔醇、1-辛醇和沉香醇含量少, 呋喃类含量也少, 这可能是卡姆罗莎香味淡的主要原因。

综上所述, 草莓香味浓淡不但取决于酯的种类和含量, 而且与香味醇 (特别是沉香醇、1-辛醇和橙花叔醇) 和呋喃类有关, 这与张运涛和雷家军 (2006) 报道在日本品种丰香和美国品种全明星上所测结果 (丰香橙花叔醇、沉香醇和 1-辛醇的相对含量分别是 14.28%、3.68% 和 11.45%, 全明星只有 0.14%、0.40% 和 3.43%) 一致。

### References

- Ding Nai-ke. 1996. Food flavor chemistry. Beijing: China Light Industry Press: 199. (in Chinese)
- 丁耐克. 1996. 食品风味化学. 北京: 中国轻工业出版社: 199.
- Fomey C F, Jordan M A. 1995. Effect of harvest maturity, storage, and cultivar on strawberry fruit aroma volatiles. HortScience, 30: 818.
- Fomey C F, Kalt W, Jordan M A. 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage. HortScience, 35 (6): 1022 - 1026.
- Kan Jian-quan. 2002. Food chemistry. Beijing: China Agricultural University Press: 330 - 344. (in Chinese)
- 阚建全. 2002. 食品化学. 北京: 中国农业大学出版社: 330 - 344.
- Pérez A G, Ríos J J, Sanz C, Olás JM. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40 (11): 2232 - 2235.
- Pérez A G, Sanz C, Olás R, Ríos J J, Olás JM. 1997. Aroma quality evaluation of strawberry cultivars in southern Spain. Acta Horticulturae, 439 (1): 337 - 340.
- Sanz C, Richardson D G, Pérez A G. 1995. 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3-(2H)-furanone and derivatives in strawberries during ripening. American Chemistry Society Symposium Service, 59: 268 - 275.
- Zhang Yun-tao, Lu Ren-qiang. 2002. Advance of strawberry research ( ). Beijing: China Agricultural Press: 305 - 306. (in Chinese)
- 张运涛, 鲁韧强. 2002. 草莓研究进展 (一). 北京: 中国农业出版社: 305 - 306.
- Zhang Yun-tao, Lei Jia-jun. 2006. Advances in strawberry research ( ). Beijing: China Forestry Publishing House: 28 - 33. (in Chinese)
- 张运涛, 雷家军. 2006. 草莓研究进展 (二). 北京: 中国林业出版社: 28 - 33.