

‘小香水’梨果实后熟过程中挥发性组分分析

李国鹏¹, 贾惠娟¹, 王 强², 张茂君², 滕元文^{1,*}

(¹浙江大学园艺系, 农业部园艺植物生长发育与生物技术重点开放实验室, 杭州 310058; ²吉林农业科学院果树研究所, 吉林公主岭 136100)

摘 要: 采用顶空固相微萃取结合气相色谱质谱联用技术分析了秋子梨‘小香水’(*Pyrus ussuriensis* Maxim. ‘Xiaoxiangshui’)果实后熟过程中果实挥发性组分的变化。结果表明, ‘小香水’梨果实 在 20 ℃ 后熟过程中挥发性组分的种类及含量均表现为增多的趋势。共检测到酯类、醛类、醇类、酸类及萜类 5 大类共计 38 种挥发性物质, 其中 15 种为整个后熟过程中的共有组分。5 大类挥发性组分中酯类物质的种类最多, 其含量在后熟过程中增幅最大, 后熟 9 d 时达到最高。‘小香水’梨在后熟过程中共检测出包括醛类和酯类在内的 10 种特征香气组分, 其中 2-甲基丁酸乙酯、己酸乙酯及丁酸乙酯在 9 d 时香气值分别为 668.09、279.58、190.60。20 ℃ 后熟 6~9 d 为食用最佳时期。

关键词: 秋子梨; 挥发性组分; 顶空固相微萃取

中图分类号: S 661.2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2012) 01-0151-08

Analysis of Volatile Compounds of *Pyrus ussuriensis* ‘Xiaoxiangshui’ During Ripening

LI Guo-peng¹, JIA Hui-juan¹, WANG Qiang², ZHANG Mao-jun², and TENG Yuan-wen^{1,*}

(¹Department of Horticulture, Zhejiang University, the State Agricultural Ministry Laboratory of Horticultural Plant Growth, Development & Biotechnology, Hangzhou 310058, China; ²Pomology Institute, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gongzhuling, Jilin 136100, China)

Abstract: The volatile compounds of ‘Xiaoxiangshui’ pear (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) from different ripening stages were extracted by headspace solidphase microextraction and analyzed by gas chromatography – mass spectrometer. The results showed that the volatile components increased during ripening not only in numbers but also in contents. Thirty-eight volatile compounds were detected at different ripening stages, of which 15 constituents were the common volatiles for different ripening stages. Ester was predominant among the volatile profile and increased dramatically during ripening, and reached the peak at 9 d. Ten character impact compounds including aldehydes and esters were identified. The odor values of ethyl 2-methylbutanoate, ethyl hexanoate and ethyl butanoate contributed were 668.09, 279.58 and 190.60, respectively.

Key words: *Pyrus ussuriensis*; volatile compound; HS – SPME; GC – MS

果实香气由数种挥发性化合物构成, 只有浓度大于阈值浓度的组分才能被人所感受到, 这些组

收稿日期: 2011 - 08 - 30; 修回日期: 2011 - 11 - 24

基金项目: 国家现代农业(梨)产业技术体系岗位科学家基金项目(nycyt-29)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: ywteng@zju.edu.cn; Tel: 0571-88982803)

分称为该果实的特征香气组分 (Character impact compound)。据 Rapparini 和 Predieri (2003) 报道, 梨果实挥发性物质研究最早始于 1927 年对西洋梨 ‘巴黎’ 挥发性物质的测定, 此后从多个方面对西洋梨不同品种挥发性物质进行了研究。目前西洋梨挥发性物质的代谢途径及调控方面的研究已取得了一定的进展 (Cherivin et al., 2000; Gorny et al., 2000; Argenta et al., 2003; Lara et al., 2003; Kondo et al., 2006; Moya-leon et al., 2006; Braniste & Heroiu, 2007)。

中国对梨果实挥发性物质的研究起步较晚, 最早始于比较套袋和未套袋 ‘鸭梨’ 果实挥发性组分间的差异 (徐继忠 等, 1998)。之后相关研究逐渐增多, 但多为比较不同品种和处理间挥发性物质的差异 (田长平 等, 2009; 康秀 等, 2010), 而就其代谢及调控方面的研究较少。对中国栽培梨香气的研究多只是针对果实的某一成熟度的香气进行研究, 缺乏对果实生长发育期间特别是贮藏期间香气变化过程的研究。

中国主栽的梨有白梨系统 *Pyrus pyrifolia* Nakai Chinese white pear group, 秋子梨系统 *P. ussuriensis* Maxim., 新疆梨系统 *P. sinkangensis* Yu 及砂梨系统 *P. pyrifolia* (滕元文 等, 2004)。其中秋子梨系统是梨属中抗寒性最强的种, 而且其果实成熟特性亦有别于其他栽培系统。秋子梨果实达到生理成熟时果肉很硬, 不适宜鲜食, 需要经过后熟变软过程才可食用, 而且在后熟过程中会产生浓郁的香气, 果实品质得到进一步提升, 但其果实后熟过程中香气组分的变化还未见报道。

本研究中以东北地区主栽的秋子梨品种 ‘小香水’ 为试验材料, 研究其在后熟过程中果实部分品质性状的变化, 确定其特征香气组分, 以期 ‘小香水’ 梨果实最佳食用品质评价及进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

‘小香水’ 梨 (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ‘Xiaoxiangshui’) 果实采自吉林省农业科学院果树研究所梨育种园的 20 年生成年树。该园土壤为沙壤土。砧木为野生秋子梨 (*P. ussuriensis*), 田间管理良好。果实于 2010 年 9 月 17 日达到生理成熟时进行采收, 采收后第 2 天空运至浙江大学农业部园艺植物生长发育与品质调控重点开放实验室。

取成熟度一致, 无机械损伤和病虫害的果实作为试验材料。将果实置于温度 20 °C, 相对湿度 80% 的室内后熟。每隔 3 d 取样 1 次测定果实硬度及乙烯释放速率, 3 次重复, 每重复取 5 个果实。之后, 将每个果实分别用去皮器去除 1 mm 左右的果皮后取果肉至果心处, 液氮冷冻, 置于 -80 °C 冰箱保存, 用于挥发性物质测定。

1.2 方法

1.2.1 果实硬度测定

对果实赤道部相对称两部位削除 1 cm² 果皮后, 使用 FT-327 果实硬度计 (Effegi, 意大利) 测定果实硬度。

1.2.2 果实乙烯释放速率测定

取 5 个梨果实 (约 500 g), 置于 1.0 L 密闭容器 1 h, 抽取 1.0 mL 顶空气体注入配备有 FID 检测器和 F1 填充柱的 HP5890 气相色谱仪 (Hewlett-Packard, 美国) 测定乙烯释放速率。进样口、检测器及炉温温度分别为 160、200 和 130 °C。

1.2.3 果肉挥发性物质的测定

果肉挥发性物质测定采用顶空固相微萃取 (Headspace solid phase microextraction, HS - SPME) 结合气质联用仪 (GC - MS)。

准确称取 10 g 果肉在液氮中研磨后置 20 mL 萃取瓶中, 加入 4 mL 饱和 NaCl (目的为使挥发性物质充分释放出), 加入转子后加盖封口。

采用 Supelco 公司 (美国) 的手动固相微萃取进样器及 65 μm 聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯 (PDMS/DVB) 萃取头进行吸附。萃取头在使用前于气相色谱进样口进行老化, 老化温度为 250 $^{\circ}\text{C}$, 老化时间为 2 h。将老化好的萃取头插入样品瓶的顶空部分, 50 $^{\circ}\text{C}$ 磁力搅拌器上吸附 45 min。

气相色谱分析条件为: 采用 HP6890/9370/GC/MS 气质联用仪, 色谱柱为安捷伦 INNOWAX 毛细管柱 (30 m \times 0.5 μm \times 0.32 mm), 升温程序如下: 起始温度 40 $^{\circ}\text{C}$, 保留 2 min, 以 4 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升温到 220 $^{\circ}\text{C}$, 再以 15 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升到 250 $^{\circ}\text{C}$, 保留 2 min。进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 连接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$, 解吸附 5 min。载气为高浓度 He (99.99%), 不分流进样, 流速为 1 mL $\cdot \text{min}^{-1}$ 。

质谱条件: 连接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$, 电离方式 EI, 离子源温度为 230 $^{\circ}\text{C}$, 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$; 电子能量 70 eV, Scan 模式全程扫描。

1.2.4 挥发性组分的定性与定量分析

挥发性组分的定性分析: 样品经过气相色谱进行分离后, 形成不同的色谱峰。各组分质谱经 NIST/WILEY 检索及资料分析, 再结合有关文献进行人工图谱分析以确定各化学成分。定量分析: 以 2 - 辛醇作为内标进行浓度计算 (陈美霞 等, 2005)。计算方法为: 组分含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) = 各分组的峰面积/内标的峰面积 \times 内标浓度 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) \times 1 000/样品量 (g)。

2 结果与分析

2.1 果实后熟过程中硬度及乙烯释放速率的变化

由图 1 可以看出, ‘小香水’梨属于呼吸跃变型果实, 其在后熟过程中有明显的乙烯释放高峰。果实后熟 3 d 时乙烯释放速率达到最高 (5.33 $\text{nL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 随后降低, 后熟 12 d 时仅为 2.23 $\text{nL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

‘小香水’梨在后熟过程中果实软化进程明显, 后熟前 6 d 果实迅速变软, 6 d 内降低了 83.7%。之后, 硬度变化趋于平缓。以上结果表明 ‘小香水’ 在后熟 6 d 时即能完成生理后熟。

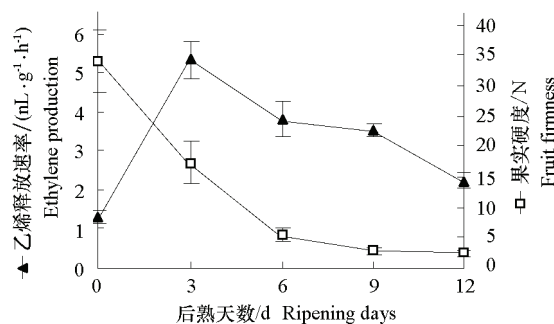


图 1 ‘小香水’梨后熟过程中果实硬度及乙烯释放速率的变化
Fig. 1 Changes of fruit firmness and ethylene production in ‘Xiaoxiangshui’ pear during ripening

2.2 果实挥发性组分的变化

‘小香水’梨果实后熟过程中共检测出 38 种挥发性物质, 其中包括 4 种醇类、3 种醛类、28 种酯类、2 种萜类及 1 种酸类物质 (表 1)。

在整个后熟过程中共有 15 种挥发性物质在不同后熟阶段均被检测到, 为乙酸、己醛、E - 2 - 己烯醛、丁酸乙酯、2 - 甲基丁酸乙酯、乙酸丁酯、己酸甲酯、己酸乙酯、惕各酸乙酯、乙酸己酯、庚酸乙酯、乙酸 - 2 - 己烯酯、2 - 己烯酸乙酯、乙酸庚酯及甲酸辛酯。在后熟前期, 不同类型挥发

性物质浓度较低,但随着后熟时间的推移,各种化合物的含量有所增加,大多在 9 d 时达到最高,之后略有下降。

表 1 ‘小香水’梨果实后熟过程中挥发性组分及含量

Table 1 Volatile compounds and concentrations of ‘Xiaoxiangshui’ pear during ripening

/($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

香气组分 Volatile compound	0 d	3 d	6 d	9 d	12 d
醇类 Alcohols					
乙醇 Ethanol	—	—	—	24.31	—
己醇 1-Hexanol	1.27	1.86	—	—	—
2-呋喃甲醇 2-Furanmethanol	0.38	—	1.70	4.55	—
Z-4-癸烯-1-醇 (Z)-4-Decen-1-ol	—	6.06	4.44	3.91	0.62
共计 Sum	1.65	7.92	6.14	32.77	0.62
醛类 Aldehydes					
己醛 Hexanal	78.45	108.60	108.30	223.13	161.15
E-2-己烯醛 E-2-hexenal	27.24	28.60	18.23	29.91	24.13
E-2-庚烯醛 E-2-heptenal	0.96	2.32	0.74	—	—
共计 Sum	106.64	139.52	127.27	253.04	185.28
酯类 Esters					
丁酸甲酯 Methyl butanoate	—	—	7.17	15.66	7.94
2-甲基丁酸甲酯 methyl 2-methylbutanoate	—	—	1.94	6.25	4.34
丁酸乙酯 Ethyl butanoate	5.21	13.36	85.07	190.60	71.75
2-甲基丁酸乙酯 Ethyl 2-methylbutanoate	1.11	2.95	16.25	66.81	47.97
乙酸丁酯 Butyl acetate	0.76	4.13	4.37	6.15	2.13
乙酸-3-甲基丁酯 3-methylbutyl acetate	—	—	1.34	3.67	4.03
戊酸乙酯 Ethyl pentanoate	—	—	1.86	2.94	1.44
2-丁烯酸乙酯 Ethyl 2-butenate	—	—	1.52	7.91	3.56
己酸甲酯 Methyl hexanoate	1.28	2.69	21.03	41.04	18.37
己酸乙酯 Ethyl hexanoate	14.80	15.68	173.52	279.58	167.52
惕各酸乙酯 Ethyl tiglate	0.57	0.82	2.97	10.23	10.77
乙酸己酯 Hexyl acetate	9.24	20.68	36.21	55.56	36.60
2-己烯酸甲酯 Methyl 2-hexenoate	—	—	0.82	2.55	1.80
3-己烯酸甲酯 Methyl 3-hexenoate	—	—	4.33	3.87	4.63
庚酸乙酯 Ethyl heptanoate	0.22	0.81	4.08	5.19	4.12
乙酸-2-己烯酯 2-Hexenyl acetate	0.37	0.68	0.70	1.77	2.44
2-己烯酸乙酯 Ethyl 2-hexenoate	0.21	0.42	6.12	15.59	13.03
乙酸庚酯 Heptyl acetate	1.70	2.40	4.97	5.25	4.48
辛酸甲酯 Methyl octanoate	—	—	2.55	3.09	2.82
辛酸乙酯 Ethyl octanoate	—	1.82	20.35	20.58	17.09
乙酸辛酯 Octyl acetate	—	7.00	18.35	12.97	11.18
2-辛烯酸甲酯 Methyl 2-octenoate	—	—	0.73	1.50	2.49
2-辛烯酸乙酯 Ethyl 2-octenoate	0.20	—	3.41	6.57	10.66
甲酸辛酯 Octyl formate	1.99	6.67	5.80	5.00	3.81
3-羟基己酸乙酯 Ethyl 3-hydroxy-hexanoate	—	—	1.15	6.01	5.76
(Z,E)-2,4-癸二烯酸甲酯 Methyl (Z,E)-2,4-decadienoate	—	0.65	0.81	2.28	14.54
苯乙酸-2-苯乙酯 2-Phenylethyl benzenacetate	—	2.51	0.75	1.77	—
2,4-癸二烯酸乙酯 Ethyl 2,4-decadienoate	—	15.03	2.90	6.29	21.67
共计 Sum	37.66	98.30	431.04	786.66	496.94
酸类 Acids					
乙酸 Acetic acid	2.90	17.28	6.20	11.61	9.33
萜类 Terpenes					
D-柠檬烯 D-Limonene	—	—	—	1.65	0.55
α -法尼烯 α -Farnesene	—	—	—	1.72	1.43
共计 Sum	—	—	—	3.37	1.98

注: —: 未被检测到。

Note: —: Not detected.

在 5 类化合物中, 酯类物质在果实后熟过程中增幅最大, 从起初的 $37.66 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加至 9 d 的 $786.66 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 其次为醛类, 由 $106.64 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 升高至 $253.04 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。相对醛类和酯类物质而言, 醇类物质和乙酸的含量较低。在后熟第 9 天时检测到两种萜类物质, 为 α -法尼烯和 D-柠檬烯。

总挥发性组分的含量表现为随着果实后熟进程而升高。后熟 9 d 时, 总挥发性物质含量最高, 总浓度为 $1\,087.45 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (36 种化合物); 其次为 12 d 时, 总浓度为 $694.15 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (33 种化合物); 后熟第 6 天时虽检测到 34 种化合物, 但浓度较低, 为 $570.65 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 后熟 3 d 时, 检测到的化合物种类和浓度分别为 23 种和 $263.02 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 0 d 时化合物种类和含量均最低, 分别为 19 种和 $148.85 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.3 ‘小香水’梨后熟过程中特征香气组分的变化

果实的风味特征并不仅仅取决于香气组分的相对浓度或绝对浓度, 还与该组分的香气值有关(表 2)。香气值是所检测果实香气组分浓度与该物质阈值浓度的比值, 当其比值 > 1 时, 则该香气组分是构成果实特征香气组分之一。某种化合物的香气值越大, 其对香气的贡献值也越大。

‘小香水’梨在后熟过程中共检测出包括醛类和酯类 10 种特征香气组分, 其中醛类包括己醛和 E-2-己烯醛, 酯类物质包括丁酸乙酯、2-甲基丁酸乙酯、乙酸-3-甲基丁酯、己酸乙酯、乙酸己酯、庚酸乙酯、辛酸乙酯和乙酸辛酯(表 2)。

表 2 不同后熟阶段特征香气组分的香气值
Table 2 Odor values of different characteristic impact compounds during ripening

香气组分 Aromatic compounds	阈值浓度/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Odor threshold	感官描述 Sensory description	不同后熟阶段特征香气组分的香气值 Odor values of different characteristic impact compounds				
			0 d	3 d	6 d	9 d	12 d
己醛 Hexanal	5 ^[a,b]	青草香 Green ^[c]	15.69	21.72	21.66	44.63	32.23
E-2-己烯醛 E-2-hexenal	17 ^[a,d]	青草香 Green ^[c]	1.60	1.68	1.07	1.76	1.42
丁酸乙酯 Ethyl butanoate	1 ^[a,b,d]	苹果香 Apple ^[c]	5.21	13.36	85.07	190.60	71.75
2-甲基丁酸乙酯 Ethyl-methylbutanoate	0.1 ^[b,d]	甜香, 果香 Sweet, fruity ^[c]	11.06	29.50	162.52	668.09	479.70
乙酸-3-甲基丁酯 3-Methylbutyl acetate	2 ^[a]	香蕉味 Banana ^[c]	-	-	0.67	1.83	2.01
己酸乙酯 Ethyl hexanoate	1 ^[a,b,d,f]	苹果皮香, 果香 Apple peel, fruit ^[c]	14.80	15.68	173.52	279.58	167.52
乙酸己酯 Hexyl acetate	2 ^[a,b,e]	果香, 草香 Fruity, herbaceous ^[c]	4.62	10.34	18.10	27.78	18.30
庚酸乙酯 Ethyl heptanoate	2.2 ^[a,g]		0.10	0.37	1.86	2.36	1.87
辛酸乙酯 Ethyl octanoate	15 ^[e]	白兰地 Brandy ^[h]	-	0.12	1.36	1.37	1.14
乙酸辛酯 Octyl acetate	12 ^[a,e]	橘子味, 桃香 Orange, peach ^[h]	-	0.58	1.53	1.08	0.93

注: 香气阈值及感官描述参考: [a]Takeoka 等, 1992; [b]Bianco 等, 2008; [c]Acree & Arn, 1992; [d]王海波 等, 2008; [e]Moya-leon 等, 2006; [f]Lopez 等, 2007; [g]Yang 等, 2009; [h]张运涛 等, 2008。

Note: Odor threshold value and odor description referred to: [a]Takeoka et al., 1992; [b]Bianco et al., 2008; [c]Acree & Arn, 1992; [d]Wang Hai-bo et al., 2008; [e]Moya-leon et al., 2006; [f]Lopez et al., 2007; [g]Yang et al., 2009; [h]Zhang Yun-tao et al., 2008.

在酯类物质中, 2-甲基丁酸乙酯的香气值在果实后熟过程中增加最大, 由后熟 0 d 时的 11.06 升高至 9 d 时 668.09, 其次己酸乙酯, 由 14.80 升至 279.58 (表 2)。辛酸乙酯和乙酸辛酯在果实后熟 3 d 时被检测到, 但此时其香气值小于 1 (分别为 0.12 和 0.58), 因此不能称为果实的特征香气组分, 在果实后熟 9 d 时其浓度达到最高值, 辛酸乙酯和乙酸辛酯的香气值分别为 1.37 和 1.08。乙

酸-3-甲基丁酯出现在果实后熟 6 d 时, 在 9 d 时香气值 > 1, 但其浓度变化与其他特征香气组分不同, 在 12 d 时, 其香气值达到最高 (2.01)。

3 讨论

果实香气浓郁与否最能引导人们的消费趋向。果实的香气不仅仅取决于香气组分的多少及其浓度, 更多的取决于各特征香气组分对香气贡献值的大小 (张春雨 等, 2009)。迄今为止, 已在梨果实中检测到包括醛类、醇类、酯类、萜类、烃类及含硫化合物等 300 余种挥发性物质 (Rapparini & Predieri, 2003)。田长平等 (2009) 比较了 3 个白梨品种和 3 个砂梨品种的香气组分, 其研究发现白梨品种中香气总量、醛类物质显著高于砂梨品种, 己醛和乙酸己酯是 6 个供试品种共有的香气成分, 这两种化合物在本试验中均被检测到, 并且香气值大于 1, 是‘小香水’梨果实后熟过程中重要的香气组分。辛广等 (2004) 采用同时蒸馏萃取法对秋子梨系统的‘南果梨’果肉进行检测, 共获得 26 种化学组分, 含量较多的组分多为一些高分子化合物, 如邻苯二甲酸双 (2-乙基己基) 酯, 而本研究中未检测到这些化合物。对不同化合物吸附能力不同的萃取头的使用及品种本身的遗传背景的不同可能是导致两个研究差异的原因 (IOFI Working Group on Methods of Analysis, 2010)。己酸乙酯、乙酸己酯、己醛是‘小香水’梨果实后熟过程中重要的特征香气组分。这些物质在同为秋子梨的‘南果梨’中相对含量也较高 (陈计峦 等, 2005)。Shiota (1990) 采用同时蒸馏萃取法对完熟的‘La France’西洋梨果实挥发性物质进行分析发现, 乙酸酯类物质是主要的挥发性组分。癸酸酯类具有类似于巴黎的风味, 2,4-癸二烯酸乙酯是西洋梨, 尤其是巴黎的特征香气组分。本研究在‘小香水’梨不同后熟阶段都检测到该物质, 但浓度较低, 香气值低于 1, 因此不是特征香气组分。因此除了共同的一些香气物质外, 梨品种的特征香气类型因梨的种类不同差异较大。

本研究中依据香气值共检测出 10 种化合物是构成‘小香水’梨果实的特征香气组分, 其中 2-甲基丁酸乙酯和己酸乙酯对‘小香水’梨的贡献值最大, 其次为丁酸乙酯、乙酸己酯和己醛。后熟过程中, 由己醛和 E-2-己烯醛组成的醛类物质在特征香气组分中的百分比呈现出下降趋势, 而酯类物质的百分比则逐步增加, 在第 9 天时达到最高。梨果实后熟或贮藏期青草型醛类物质相对含量的降低及酯香型组分相对百分比的增高趋势与前人在猕猴桃 (涂正顺 等, 2001) 及‘大久保’桃 (李杨昕 等, 2011) 及‘La France’和‘Bartlett’等西洋梨 (Moya-leon et al., 2006) 上的研究相同。

4 结论

‘小香水’梨果实在采后于 20 °C 后熟过程中, 乙烯释放量在 3 d 时达到高峰, 硬度值在前 6 d 迅速降低, 果实变软。挥发性物质种类/浓度随着果实变软而增多/升高, 在 9 d 时种类和浓度分别达到最多和最高。整个后熟过程中共检测出 10 种特征香气组分, 其中包括 2 种醛类物质和 8 种酯类物质。后熟前 3 d 醛类物质相对含量较高, 但在后期则是酯香型组分具有较高的相对含量。因此, 在 20 °C 后熟 6~9 d 时‘小香水’梨表现出果实变软, 香气最为浓郁, 是食用的最佳时期。

References

- Acree T, Arn H. 2004. Flavour and human odor space. <http://www.flavornet.org>.
- Argenta L C, Fan X, Mattheis J P. 2003. Influence of 1-methylcyclopropane on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3858-3864.

- Bianco P L, Farina V, Avellone G, Filizzola F, Agozzino P. 2008. Fruit quality and volatile fraction of ‘Pink Lady’ apple trees in response to rootstock vigor and partial rootzone drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1325 – 1334.
- Braniste N, Heroiu E. 2007. Pears contents in aromatic compounds. *Acta Horticulture*, 825: 571 – 573.
- Chen Ji-luan, Zhou Shan, Yan Shi-jie, Ma Yong-kun, Hu Xiao-song. 2005. Analysis of aroma components of Fengshui, Dangshan and Nanguo pear by SPME/GC/MS. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (2): 301 – 303. (in Chinese)
- 陈计峦, 周珊, 闫师杰, 马永昆, 胡小松. 2005. 丰水梨、砀山梨、南果梨的香气成分分析. *园艺学报*, 32 (2): 301 – 303.
- Chen Mei-xia, Chen Xue-sen, Zhou Jie, Liu Yang-min, Ci Zhi-juan, Wu Yan. 2005. Changes of aroma constituents in apricot during fruit development. *Scientia Agricultura Sinica*, 28 (6): 1244 – 1249. (in Chinese)
- 陈美霞, 陈学森, 周杰, 刘扬岷, 慈志娟, 吴燕. 2005. 杏果实不同发育阶段的香味组分及其变化. *中国农业科学*, 28 (6): 1244 – 1249.
- Cherivin C, Speirs J, Loveys B, Patterson B D. 2000. Influence of low oxygen storage on aroma compounds of whole pears and crushed pear flesh. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 279 – 285.
- Gorny J R, Cifuentes R A, Hess-pierce B, Kader A A. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *Journal of Food Science*, 65: 541 – 544.
- IOFI Working Group on Methods of Analysis. 2010. Guidelines for solid-phase micro-extraction (SPME) of volatile flavour compounds for gas-chromatographic analysis, from the working group on methods of analysis of the international organization of the flavor industry (IOFI). *Flavour and Fragrance Journal*, 25: 404 – 406.
- Kang Xiu, Wuyun Ta-na, Cao Yu-fen, Tian Lu-ming. 2010. Analysis of aroma components in ripe fruits of *Pyrus ussuriensis*. *Hunan Forestry Science and Technology*, 37 (2): 1 – 4. (in Chinese)
- 康秀, 乌云塔娜, 曹玉芬, 田路明. 2010. 秋子梨品种完熟果实的香气成分分析. *湖南林业科技*, 37 (2): 1 – 4.
- Kondo S, Isuzugawa K, Kobayashi S, Mattheis J. 2006. Aroma volatile emission and expression of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase genes in pears treated with 2,4-DP. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 22 – 31.
- Lara I, Miró R M, Fuentes T, Sayez G, Graell J, López M L. 2003. Biosynthesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 29: 29 – 39.
- Li Yang-xin, Wang Gui-xi, Liang Li-song. 2011. The changes of volatile compositions of ‘Okubo’ peach and its relationship with ethylene and relevant enzymes stored at ambient temperature. *Acta Horticulturae Sinica*, 38 (1): 35 – 43. (in Chinese)
- 李杨昕, 王贵禧, 梁丽松. 2011. ‘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. *园艺学报*, 38 (1): 35 – 42.
- Lopez M L, Villatoro C, Fuent T, Graell J, Lara I, Echeverria G. 2007. Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of ‘Pink Lady’ apples stored in different conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 55 – 66.
- Moya-leon M A, Vergara M, Bravo C, Montes M E, Moggia C. 2006. 1-MCP treatment preserves aroma quality of ‘Packham’s Triumph’ pears during long-term storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 185 – 197.
- Rapparini F, Predieri S. 2003. Pear fruit volatiles. *Horticultural Reviews*, 28: 237 – 324.
- Shiota H. 1990. Changes in the volatile composition of La France pear during maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 52 (3): 421 – 429.
- Takeoka G R, Buttery R G, Flath R A. 1992. Volatile constituents of Asian pear (*Pyrus serotina*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40: 1925 – 1929.
- Teng Yuan-wen, Chai Ming-liang, Li Xiu-gen. 2004. A historic retrospect and the progress in the taxonomy of the genus *Pyrus*. *Journal of Fruit Science*, 21 (3): 252 – 257. (in Chinese)
- 滕元文, 柴明良, 李秀根. 2004. 梨属植物分类的历史回顾及新进展. *果树学报*, 21 (3): 252 – 257.
- Tian Chang-ping, Wei Jing-li, Liu Xiao-jing, Wang Na, Wang Hai-bo, Sun Jia-zheng, Li Deng-tao, Chen Xue-sen. 2009. GC – MS analysis of fruit aromatic components of pear cultivars originated from different species of *Pyrus*. *Journal of Fruit Science*, 26 (3): 294 – 299. (in Chinese)
- 田长平, 魏景利, 刘晓静, 王娜, 王海波, 孙家正, 李登涛, 陈学森. 2009. 梨不同品种果实香气成分的 GC – MS 分析. *果树学报*, 26 (3): 294 – 299.
- Tu Zheng-shun, Li Hua, Wang Hua, Li Ke-chang, Lu Jia-lan. 2001. The changes of aroma components in kiwifruit after harvest. *Acta Horticulturae Sinica*, 28 (6): 512 – 516. (in Chinese)

- 涂正顺, 李 华, 王 华, 李可昌, 卢家烂. 2001. 猕猴桃果实采后香气成分的变化. 园艺学报, 28 (6): 512 - 516.
- Wang Hai-bo, Chen Xue-sen, Zhang Chun-yu, Liu Chong-qi, Wu Chuan-jin, Tian Chang-ping, Wang Chao. 2008. Changes of aroma components during fruit maturation of two early apple cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 35 (10): 1419 - 1424. (in Chinese)
- 王海波, 陈学森, 张春雨, 刘崇琪, 吴传金, 田长平, 王 超. 2008. 两个早熟苹果品种不同成熟阶段果实香气成分的变化. 园艺学报, 35 (10): 1419 - 1424.
- Xin Guang, Liu Chang-jiang, Hou Dong-yan, Li Tie-chun. 2004. Analysis of the chemical constituents of essential oil of flesh from Nanguoli pear. *Food Science*, 25 (10): 505 - 507. (in Chinese)
- 辛 广, 刘长江, 侯冬岩, 李铁纯. 2004. 南果梨果肉挥发性成分的分析. 食品科学, 25 (10): 505 - 507.
- Xu Ji-zhong, Wang Jie, Chen Hai-jiang, Xi Rong-ting, Liu Xin-zhong. 1998. Effect of bagging on the volatile constituents and contents of Yali pear. *Acta Horticulturae Sinica*, 25 (4): 393 - 394. (in Chinese)
- 徐继忠, 王 颀, 陈海江, 郝荣庭, 刘新忠. 1998. 套袋对鸭梨果实内挥发性物质的影响. 园艺学报, 25 (4): 393 - 394.
- Yang D S, Balandran-quintana R R, Fuiz C F, Toledo R T, Kays S J. 2009. Effect of hyperbaric, controlled atmosphere, and UV treatments on peach volatiles. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 334 - 341.
- Zhang Chun-yu, Li Ya-dong, Chen Xue-sen, Zhang Zhi-dong, Liu Hai-guang, Wu Lin. 2009. GC/MS analysis of volatile components in highbush blueberry cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (2): 187 - 194. (in Chinese)
- 张春雨, 李亚东, 陈学森, 张志东, 刘海广, 吴 林. 2009. 高丛越橘果实香气成分的GC/MS分析. 园艺学报, 36 (2): 187 - 194.
- Zhang Yun-tao, Wang Gui-xia, Dong Jing, Cui Feng-zhi, Xu Xue-feng, Han Zhen-hai. 2008. Analysis of aroma components in five strawberry cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 35 (3): 433 - 437. (in Chinese)
- 张运涛, 王桂霞, 董 静, 崔凤芝, 许雪峰, 韩振海. 2008. 草莓 5 个品种的果实香味成分分析. 园艺学报, 35 (3): 433 - 437.

通 知

“2012 年现代无土栽培国际研讨会”通知

在经济全球化背景下, 人类的城市化进程已经不可逆转, 预计到 2050 年, 世界城市化率将高达 70%。在只占地球面积不到 1%的城市中要提供一定自给率的农产品, 必须要依靠现代科技, 克服城市在土地、水资源、生物及非生物污染、劳动力成本等方面的劣势, 充分利用城市有限的空间实现最大化的生产, 并在满足一定农产品需求的同时, 营造生态生活和谐的城市未来, 现代无土栽培技术将会是都市现代农业特别是设施农业的关键技术之一。

2012 年现代无土栽培国际研讨会由国际园艺学会、中国园艺学会和上海市农业科学院主办, 会议将于 2012 年 5 月 22—25 日在上海举办。本届大会围绕“现代无土栽培技术让生活更美好”, 以都市农业为主要对象, 但不局限于都市农业。大会初步设定以下专题:

议题一: 都市无土栽培技术的战略研究, 包括都市无土栽培技术的历史、现状、发展趋势等, 都市无土栽培技术的经济、生态、社会功能等。

议题二: 现代无土栽培方式研究, 包括 NFT、DFT、Aeroponic planting 等无土栽培体系以及高新技术如信息技术、LED 技术的应用等。

议题三: 鱼菜共生体系的应用。充分利用城市水产养殖的水面以及富营养化的水质开展蔬菜生产, 并将经栽培后的水循环用于水产养殖。

议题四: 植物工厂。包括使用工厂化生产的蔬菜和食用菌种类、体系以及关键技术和装备等。

议题五: 基质及营养液。包括基质和营养液的配方、监测、循环使用及其对产量、品质以及环境的影响。

议题六: 植物生理及非生物胁迫。

大会邀请国内外本领域专家担任学术委员会成员, 其中大部分专家将出席本次大会并作主题报告。热忱欢迎国内外同行专家学者参加本次会议, 会议详情请查阅: <http://www.icsc-2012.com/index.html>

联系人: 许爽; 电话: 18918162193; E-mail: wtzp05@163.com。

上海市农业科学院