

梨新鲜度与其挥发性成分的关系研究

刘焕军¹, 罗安伟¹, 牛远洋¹, 姚 婕¹, 李 琛¹, 李志成^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 合肥美菱股份有限公司 博士后工作站, 安徽 合肥 230601)

摘 要:以砀山酥梨为试材, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SPME-GC-MS)技术, 分析了砀山酥梨在(4±1)℃条件下挥发性成分的变化, 检测了砀山酥梨可溶性固形物、硬度、酸度等新鲜度指标, 探讨了砀山酥梨新鲜度与其挥发性成分之间的关系。结果表明:新鲜砀山酥梨在(4±1)℃条件下的保鲜时间为42 d, 其特征性气味成分主要为正己醇、1-辛醇;不新鲜砀山酥梨的特征性气味成分为2-甲基丁基乙酸酯、硅酸四乙酯、异戊醇、正己醇、1-辛醇、香叶基丙酮, 且砀山酥梨由新鲜变为不新鲜时的阈值分别为1.57、2.74、1.39、15.15、211.13、2.36 μg/L。试验结果为通过气味判断砀山酥梨的新鲜度提供了理论参考。

关键词:砀山酥梨;挥发性成分;顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法;新鲜度

中图分类号:S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)08-0122-06

砀山酥梨原产于安徽省砀山, 是古老的地方优良品种, 年出口量均在0.2万t以上, 远销40多个国家和地

第一作者简介:刘焕军(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向为果品蔬菜贮藏与加工。E-mail:281147467@qq.com.

责任作者:罗安伟(1971-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为果品蔬菜贮藏与加工。E-mail:luoanwei@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:陕西省农业科技创新与公共资助项目(2015NY051);合肥美菱股份有限公司博士后资助项目(201207031)。

收稿日期:2015-12-23

区, 深受人们的喜爱^[1-2]。但由于成熟的酥梨含水量高、代谢旺盛、表皮较薄而易受伤害, 导致在流通、贮藏及消费过程中易受环境影响而失鲜甚至腐烂变质, 造成食品安全问题或生产、流通、贮藏、销售企业的重大损失, 因此, 酥梨新鲜度的检测显得愈发重要。果实的新鲜程度取决于其感官品质和营养价值。感官品质包括外观和风味2个方面, 其中外观品质主要指果实大小、色泽、硬度、弹性以及果面有无缺陷等^[3-4];风味是指一些受化学物质所影响的味觉, 一般取决于其可溶性固形物含量、

[7] 张桃莉, 尹俊梅, 杨光穗. 文心兰产业化栽培面临的问题及解决对策[J]. 热带农业科学, 2009, 2(29): 35-39.

[8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

Effect of Ice Bags Precooling Treatment on Vase Life and Physiological Indexes of Fresh Cut Flowers of *Oncidium*

ZHOU Hui, LIN Mingguang, PAN Yingwen, CHEN Shiming, HAN Song

(Post-entry Quarantine Station for Tropical Plant, Hainan Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Haikou, Hainan 570311)

Abstract: Taking fresh cut flowers of *Oncidium* as material, using refrigeration house and ice bags precooling treatment, the effects on vase life and physiological indexes of fresh cut flowers of *Oncidium* were studied. The results showed that after precooling treatment for 6 hours in refrigeration house and cold storage in packaging boxes treated for 48 hours using 6 ice bags, the vase life of the fresh cut flowers was the longest among all the treatments and was 14.3 days which prolonged 2.5 days compared with control. The vase life prolonging of fresh cut flowers of *Oncidium* after precooling treatment was significantly related to the water balance value, contents of MDA and total soluble sugar. It indicated that ice bags precooling treatment could effectively decrease consume of water and nutrition and delay senescence and prolong the vase life of fresh cut flowers of *Oncidium*.

Keywords: fresh cut flowers of *Oncidium*; ice bags precooling; physiological index

酸度、糖酸比以及一些挥发性芳香物质^[5-6]。目前,对梨新鲜度的检测主要是感官检测和理化检测。感官检测主观因素大,理化检测耗时且操作繁琐,不适合冰箱保存果蔬新鲜度的在线检测。因此需要建立新的准确快速的检测方法,客观的对冰箱保存果蔬的新鲜度做出评价。

随着分析仪器和样品前处理技术的发展,气质联用技术已广泛应用于复杂混合物的检测及分析。该法能够客观、准确、快捷地评价样品的挥发性成分,并且重复性好。固相微萃取是在固相萃取基础上发展起来的集采样、萃取、浓缩、进样于一体的新型萃取分离技术,它利用气相色谱、高效液相色谱等作为后续分析仪器,实现了对多种样品的快速分离与分析^[7-9]。目前对砀山酥梨的研究主要集中在栽培品种的选择、采前生理和病理、采后贮藏保鲜等方向,对于梨采后的深加工研究甚少^[10-11]。利用挥发性成分的变化判断梨新鲜度研究尚鲜见报道。国内对水果挥发性成分的研究主要集中在苹果、柑橘、葡萄、芒果、草莓等品种的香气分析上,而关于梨芳香成分的分析却很少^[12-13]。王少敏等^[14]通过对鸭梨和套袋鸭梨的挥发性成分做了初步的比较研究,确定了鸭梨的主要香气成分是乙酸己酯、己酸乙酯、丁酸乙酯。陈计峦^[15]研究了库尔勒香梨的芳香成分,得出库尔勒香梨的主要香气成分是己醛、己酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸己酯、乙醇等。现通过 HS-SPME-GC-MS 技术分析砀山酥梨在低温冰箱中挥发性气体成分和新鲜度指标(SSC、酸度、果实硬度)的变化,探讨梨的新鲜度与挥发性气味成分的关系,找到砀山酥梨失鲜时的特征性气味成分及其阈值,以期制备新鲜度气味探头,通过气味成分判断果蔬新鲜度的智能冰箱的研发提供技术参数。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料:砀山酥梨于 2012 年 11 月购于礼泉县冷库(已贮藏 1 周),分装于 0.03 mm 厚 PE 袋中,稍扎口于(4±1)℃恒温冰柜中存放备用。

供试试剂:辛醛(色谱纯)美国 Sigma 公司;蛋氨酸, NBT, EDTA-Na₂, 2-硫代巴比妥酸, 国药集团化学试剂有限公司。乙醇, 三氯乙酸, 甲硫氨酸溶液, 核黄素溶液, 磷酸二氢钠, 磷酸氢二钠, 氢氧化钠, 愈创木酚均为国产分析纯。

供试仪器:ISO 气相色谱质谱联用仪(美国 Thermo Fisher scientific 公司);色谱柱(60.0 m×0.25 mm, 0.25 μm, 美国安捷伦科技有限公司);100 μm PDMS SPME 型号纤维萃取头(上海安谱科学仪器有限公司);PK121R 冷冻离心机(意大利 ALC 公司);BCD-450ZE9H 冰箱(合肥美菱股份有限公司)。

1.2 试验方法

选择成熟度基本一致、无机械损伤的果实分装于 0.03 mm 厚 PE 袋中,稍扎口于(4±1)℃恒温冰柜中存放备用,相对湿度为冰箱自然湿度(RH 70%~85%)。每袋 10 个(重量一致,约 1.5 kg),共 60 袋。为模拟家庭冰箱贮藏果蔬实际情况,不用保鲜剂处理。每隔 7 d 测其理化指标及气味成分,分析砀山酥梨由新鲜变为不新鲜时气味成分的变化,直至砀山酥梨腐烂。每处理分别重复 3 次,结果取平均值。

试验设备的预处理:第 1 次使用之前,萃取纤维头在 300℃老化 2 h。使用时先于 300℃老化 30 min,在与测定样品相同的条件下做 2~3 次空白,直到解析空白萃取头的基线平稳后再进样。

GC/MS 分析条件的确定。GC(gas chromatography, 美国 Thermo Fisher scientific 公司)工作条件:HP-INNOWAX 柱子(60 m×0.25 mm, 0.25 μm),载气(He)。程序升温过程:40℃保持 5 min,以 6℃/min 升至 150℃,保持 2 min;以 10℃/min 升温至 200℃,保持 10 min。载气(He)流速 1.0 mL/min,进样量 2 mL;不分流进样。MS(mass spectrometry, 美国 Thermo Fisher scientific 公司)工作条件:电子轰击(EI)离子源;电子能量 70 eV;传输线温度 220℃;离子源温度 230℃;质量扫描范围 m/z 35~500。

1.3 项目测定

1.3.1 砀山酥梨气味成分的测定 吸取 2 mL 的梨汁于 SPME 样品瓶中,密封好后置于磁力搅拌器上,将萃取头插入样品瓶中,推出纤维头使其与液面保持 1.5 cm,顶空于 70℃吸附 40 min,搅拌速度为 900 r/min。然后将萃取头插入气相色谱仪进样口,250℃解吸 5 min,在拔出萃取头时抽回纤维头,并启动仪器采集数据。

1.3.2 砀山酥梨新鲜度的检测 测定砀山酥梨果实在冰箱低温保鲜期间的可滴定酸度、可溶性固形物含量、果实硬度等理化指标并结合感官指标判断果实衰老状况,以此作为果实由新鲜变为不新鲜的判断标准。每次随机取 2 个梨,重复测定 3 次,取平均值。可滴定酸度采用酸碱滴定法测定;可溶性固形物含量(SSC)采用手持折光仪法测定;果实硬度采用质构仪法测定,探头直径为 0.5 cm,单位为 kg/cm²。

1.4 数据分析

挥发性气味成分:GC-MS 试验数据采用 Xcalibur 软件处理,未知化合物经计算机检索同时与 NIST 谱库和 Wiley 谱库相匹配,只有当正反匹配度均大于 800(最大值为 1 000)的鉴定结果才予以确认。按面积归一化法计算各组分相对含量,以辛醛为标样,采用内标法进行绝对含量的定量分析。各气体组分含量计算公式:

组分含量($\mu\text{g/L}$) =

$$\frac{\text{各成分峰面积} \times \text{内标浓度}(\text{mg/mL}) \times \text{内标体积}(\mu\text{L})}{\text{内标峰面积} \times \text{样品体积}(\text{mL})}$$

可溶性固形物、硬度和可滴定酸度数据采用 SPSS 17.0 和 DPS 7.55 软件进行数据处理、制作图表。

2 结果与分析

2.1 新鲜度指标分析

2.1.1 冷藏条件下砀山酥梨可滴定酸度的变化 可滴定酸度的变化是评价果实新鲜度的重要指标^[16]。由图 1 可知,在 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,酥梨果实的酸度随贮藏时间的延长呈现先下降后上升的趋势。果实在前 21 d 内,酸度的变化不明显,21 d 之后,果实的酸度随贮藏时间呈现先下降后上升的趋势,由最初的 0.4% 下降到第 42 天的 0.34%,这主要是部分有机酸转变为糖所致,42 d 以后,果实的可滴定酸度迅速上升。因此,从可滴定酸度的变化分析,砀山酥梨在贮藏 42 d 即已进入衰败期。

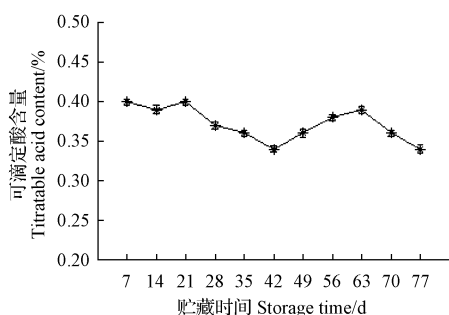


图 1 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下砀山酥梨可滴定酸与贮藏时间的关系

Fig. 1 The relationship between titratable acidity of pear and storage time at $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$

2.1.2 冷藏条件下砀山酥梨可溶性固形物含量的变化

可溶性固形物含量的变化是评价果实新鲜度的重要指标^[17]。由图 2 可知,在整个贮藏过程中,果实的可溶性固形物含量随贮藏时间的延长呈先上升后下降的变化趋势。在贮藏的第 42 天,果实的可溶性固形物含量达到最大值 13.5%,这是因为在贮藏过程中,果实中的淀粉逐渐转化为糖,同时,部分有机酸也转化为糖,从而使贮藏前期的可溶性固形物含量升高。贮藏 42 d 之后,果实的可溶性固形物含量逐渐下降,这主要是因为呼吸活动等消耗掉部分糖类物质,为生命活动提供能量。因此,从可溶性固形物含量变化可知,砀山酥梨贮藏至第 42 天时,可溶性固形物含量最高,甜度最大,风味最好;42 d 后,可溶性固形物含量逐渐下降,甜度随之降低,风味变差,新鲜度降低。

2.1.3 冷藏条件下果实硬度的变化 果实硬度是衡量果实新鲜度的重要指标^[17],也是重要的感官品质之一,果实越新鲜,硬度越大,新鲜度越低,硬度越小。由图 3 可知,在 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的贮藏条件下,果实的硬度随贮藏时间

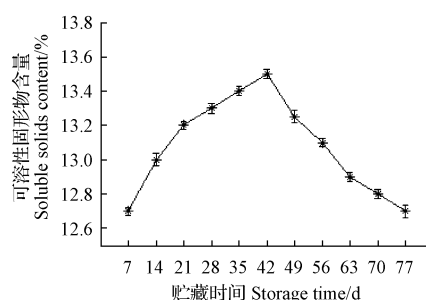


图 2 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下砀山酥梨可溶性固形物与贮藏时间的关系

Fig. 2 The relationship between SSC of pear and storage time at $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$

逐渐减小,这是因为在贮藏过程中,随着各类生理代谢的进行,构成果肉组织骨架的果胶、纤维素等会逐渐分解,同时,果实的水分蒸发会使细胞膨压降低,这些变化均会导致果实硬度下降。在贮藏的前 42 d,果肉硬度下降幅度平缓,由最初的 8.9 kg/cm^2 降到第 42 天的 8.4 kg/cm^2 ,仅下降了 5.62%。此后果实硬度迅速下降,且从第 42 天开始,42 d 以后果实硬度迅速下降,至第 77 天时仅为 7.167 kg/cm^2 ,42~77 d 之间下降幅度达到 14.68%。因此,从果肉硬度分析, $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 冰箱内砀山酥梨贮藏 42 d 后,果肉显著变软,质地变差,新鲜度显著降低。

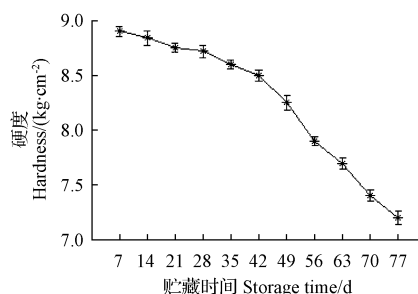


图 3 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下砀山酥梨硬度与贮藏时间的关系

Fig. 3 The relationship between hardness of pear and storage time at $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$

2.1.4 冷藏条件下果实感官品质的变化 由图 4 可以看出,砀山酥梨在 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 冰箱内贮藏 42 d,开始变软,出现轻度腐烂现象,贮藏至第 49 天,砀山酥梨已失去其食用价值。

2.2 挥发性成分结果分析

结合砀山酥梨在贮藏期间可滴定酸度、SSC、硬度指标与新鲜度的关系,并结合相应的理化指标可以看出,砀山酥梨在 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下冷藏时,前 42 d 都属于新鲜果实,尤其前 28 d 的 GC-MS 图谱除样标外出峰较少,峰形相似,以第 14 天的图谱为代表(图 5);42 d 以后即属于不新鲜到初始腐烂果实,不新鲜果实的 GC-MS 图谱

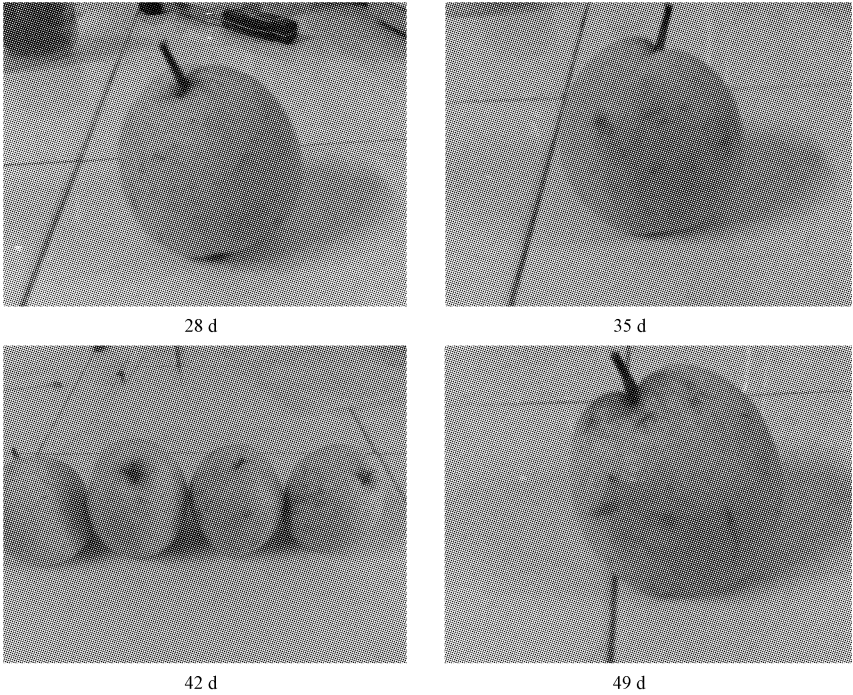


图 4 砀山酥梨在(4±1)℃条件下的感官变化

Fig. 4 The sensory change of pears at (4±1)℃

表 1 砀山酥梨在 (4±1)℃ 下贮藏时挥发性成分和新鲜度的变化

Table 1		Change in volatile component and freshness of pear during storage at (4±1)℃								μg/L
保留时间	挥发性成分	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d		
Retention time/min	Volatile component	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	不新鲜 Freshness	Freshness
3.99	L-丙氨酰甘氨酸 Ala-Gly	5.85	40.01	0.25	0.94	0.47	0.51	1.06		
4.64	丙醯胺酸 Malonamic acid	0.38					0.19	0.69		
5.11	乙醇胺 Ethanol amine					0.04				
6.94	乙酸乙酯 Ethyl acetate	1.81					0.211	1.95		
8.57	乙醇 Ethanol	29.34	2.36	6.33	7.26	2.84	11.78	93.77		
9.20	2,2,4,6,6-五甲基庚烷 2,2,4,6,6-methyl heptane			0.15	0.17	0.04				
10.07	丁酸甲酯 Methyl butyrate				0.33	0.08				
11.65	丁酸乙酯 Ethyl butyrate	1.23			0.19	0.07				
12.8	乙酸丁酯 Butyl acetate				0.24	0.43				
13.12	己醛 Hexaldehyde	4.72	3.17	8.74	2.99	0.73	0.48	1.08		
14.30	2-甲基丁基乙酸酯 2-methyl butyl acetate			0.22	0.17	0.34	0.33	1.57		
15.05	硅酸四乙酯 Tetraethyl silicate	1.08		0.20	0.31	0.26	0.39	2.74		
16.45	己酸甲酯 Methyl hexanoate			0.13	0.45	0.18				
16.61	十二烷 Dodecane	1.94		0.14	0.14		0.11			
17.21	异戊醇 Isopentanol			0.13	0.12	0.05	0.12	1.39		
17.61	反式-2-己烯醛 Trans-2-hexenal	2.92	1.55	2.68	0.91	0.14	0.10	1.77		
18.80	环辛四烯 Cyclooctatetraene					0.04				
17.89	正己酸乙酯 Ethyl caproate	19.64		0.15	0.94	0.21	3.12	5.58		
19.10	乙酸己酯 Hexyl acetate	48.10		1.20	0.76	1.01	0.09			
19.29	2-甲基丁酸 2-甲基丁酯 2-Methylbutyl 2-methylbutyrate					0.02				
19.70	正辛醛 N-capryl(al)dehyde	16.01		16.61	16.67	16.67	16.66	16.67		
20.88	庚酸乙酯 Ethyl oenanthate				0.63	0.07	0.11	0.40		
21.12	甲基庚烯酮 Methyl heptenone					0.11				
21.43	正己醇 N-hexyl alcohol	11.59	1.75	5.61	1.21	0.12	0.32	15.15		
22.67	壬醛 N-nonyl aldehyde			0.49	0.64	1.38	0.21			
23.48	异戊酸己酯 Hexyl 2-methylbutyrate			0.81	0.42	0.43				

表 1(续)

Table 1(Continued)

保留时间 Retention time/min	挥发性成分 Volatile component	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d
		新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	新鲜 Fresh	不新鲜 Freshness
23.69	辛酸乙酯 Ethyl ester	28.92		0.35	1.57	0.44	1.67	3.09
24.24	肉豆蔻醛 Myristic aldehyde					0.13		
24.47	乙酸 Acetic acid		1.66	5.98	0.15	0.16	0.08	0.41
24.84	3-糠醛 Furan-3-carboxaldehyde			0.49		0.06		
25.48	癸醛 Capraldehyde			0.64	0.51	0.82	0.12	
26.51	(E)-壬烯醛 2-Nonenal				0.14	0.11		
26.85	1-辛醇 1-octanol	72.48		27.08	34.57	8.83	21.13	211.13
27.79	十六烷 Hexadecane	2.74		0.19	0.13	0.06	0.16	0.75
27.96	甲基壬基甲酮 Methyl nonyl ketone					0.05		
28.16	己酸己酯 Hexyl hexanoate			0.62	0.43	0.14		
28.84	癸酸乙酯 Ethyl decanoate					0.31	0.12	
29.31	1-壬醇 1-Nonanol	2.85			0.34	0.17	0.14	1.29
30.62	环十二醇 Cyclo dodecanol						0.09	
31.49	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯 3,7,11-trimethyl-1,3,6,10-dodecatetraene	485.79	17.21	32.71	53.52	35.49	0.11	6.11
31.66	1-十一醇 1-undecanol						0.08	
33.86	香叶基丙酮 Geranyl acetone			0.41	0.36	0.38		2.36
34.87	丁二酸二异丁酯 Diisobutyl succinate					0.37		
36.02	环十二烷 Cyclo dodecane					0.46		
36.57	十六烷基二甲基叔胺 N,N-dimethylhexadecylamine							
38.03	辛酸 Octoic acid			2.24	1.66	0.51		
42.79	酞酸二甲酯 Dimethyl phthalate	2.35		0.78	1.64	0.46	0.82	2.01
44.07	N-叔丁氧羰基-甘氨酸 N-(tert-Butoxycarbonyl)glycine					0.11		

注:因设备精度影响,同一物质出峰时间略有差异。
Note:The peak time of the same material is slightly different because of the precision of the equipment.

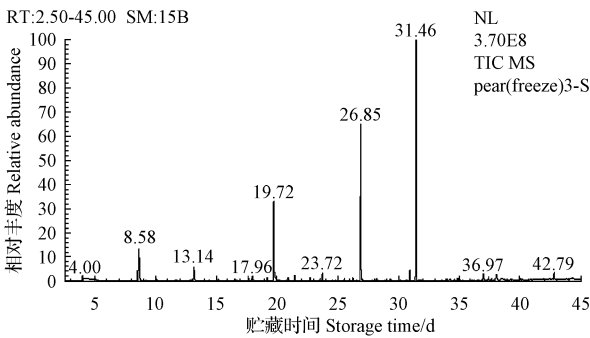


图 5 砀山酥梨在(4±1)℃条件下冷藏 14 d 的 GC-MS 图谱
Fig. 5 The GC-MS profile of pear at (4±1)℃ for 14 days
出峰明显增多,相对含量也明显增大。以冷藏 42 d 的图谱为代表(图 6)。砀山酥梨冷藏 42 d 共检测出 48 种挥发性化合物,见表 1。

从表 1 可知,砀山酥梨挥发性成分中含醇类 8 种、酮类 3 种、醛类 7 种、酯类 17 种、烷烃类 4 种、烯烃类 2 种、杂环类和其它物质共 7 种。L-丙氨酰甘氨酸、乙醇、己醛、2-甲基丁基乙酸酯、硅酸四乙酯、反式-2-己烯醛、正己酸乙酯、正己醇、1-辛醇、3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯、酞酸二甲酯在砀山酥梨冷藏过程中都能检出,部分挥发性物质含量变化规律性不明显,但砀山酥梨不新鲜时部分成分含量明显增加,如丙氨酸、乙醇、2-甲

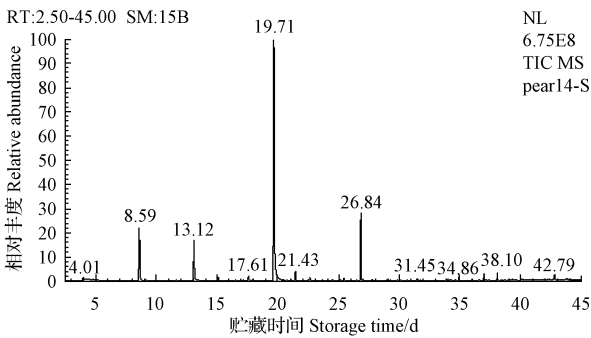


图 6 砀山酥梨在 4℃±1℃条件下冷藏 42 d 的 GC-MS 图谱
Fig. 6 The GC-MS profile of pear at (4±1)℃ for 42 days
基丁基乙酸酯、硅酸四乙酯、异戊醇、正己醇、1-辛醇、香叶基丙酮,含量随冷藏时间的延长不断增加,变化规律性强。且砀山酥梨由新鲜变为不新鲜时,2-甲基丁基乙酸酯、硅酸四乙酯、异戊醇、正己醇、1-辛醇、香叶基丙酮气味成分变化明显,可以作为判断砀山酥梨不新鲜时的特征性气味成分,其阈值分别为 1.57、2.74、1.39、15.15、211.13、2.36 μg/L,其中正己醇、1-辛醇对不新鲜砀山酥梨的气味构成贡献最大。

由表 1 可知,新鲜砀山酥梨的乙醇含量虽然较高,但主要是来自溶解标样的溶剂,所以,不新鲜砀山酥梨的特征气味成分主要是 1-辛醇。针对不新鲜砀山酥梨

保藏过程中特征气体成分的报道很少,因此,根据该研究得到的砀山酥梨由新鲜变为不新鲜时气味成分及其阈值制备新鲜度探头,研发根据气味判断砀山酥梨新鲜度的智能冰箱。但砀山酥梨新鲜度探头具体阈值的设定还需要进一步的实践探索。

3 结论

采用 HS-SPME-GC-MS 测定砀山酥梨的挥发性成分,结合新鲜度指标,表明砀山酥梨在新鲜状态的特征性气味主要是 1-辛醇。冷藏砀山酥梨不新鲜状态的特征性气味成分为 2-甲基丁基乙酸酯、硅酸四乙酯、异戊醇、正己醇、1-辛醇、香叶基丙酮,由新鲜变为不新鲜的阈值分别为 1.57、2.74、1.39、15.15、211.13、2.36 $\mu\text{g/L}$ 。该结果为智能冰箱的研发提供了理论依据。

参考文献

- [1] 王志华,姜云斌,王文辉,等.不同低温贮藏对砀山酥梨货架期组织褐变和品质的影响[J].园艺学报,2014,41(12):2393-2401.
- [2] 涂俊凡,秦仲麒,李先明,等.砂梨和库尔勒香梨果实香气物质的 GC-MS 分析[J].湖北农业科学,2011,50(15):186-191.
- [3] 冯云霄,及华,李丽梅.保护酶与果蔬成熟衰老的关系[J].保鲜与加工,2007,7(2):11-13.
- [4] 金长娟,弭道彬.我国果品蔬菜贮藏保鲜的现状与发展对策[J].中国园艺文摘,2010(1):51-52.
- [5] 周志,徐永霞,胡昊,等.顶空固相微萃取和同时蒸馏萃取应用于 GC-MS 分析野生刺梨汁挥发性成分的比较研究[J].食品科学,2011(16):279-282.
- [6] 田长平,魏景利,刘晓静,等.梨不同品种果实香气成分的 GC-MS 分析[J].果树学报,2009,26(3):294-299.
- [7] KAHLE K,PRESTON C,RICHLING E,et al. On-line gas chromatography combustion/pyrolysis isotope ratio mass spectrometry (HRGC-C/P-IRMS) of major volatiles from pear fruit (*Pyrus communis*) and pear products[J]. Food Chemical,2005,91(3):449-455.
- [8] VERZERA A,DIMA G,TRIPODI G,et al. Fast quantitative determination of aroma volatile constituents in melon fruits by headspace-solid-phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food Analytical Methods,2011,4(2):141-149.
- [9] QIN Z H,PANG X L,CHEN D,et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry:Correlation with sensory properties and classification according to grade level[J]. Food Research International,2013,53(2):864-874.
- [10] 田长平,魏景利,刘晓静,等.梨不同品种果实香气成分的 GC-MS 分析[J].果树学报,2009,26(3):294-299.
- [11] GENOVESE A,UGLIANO M,PESSINAR,et al. Comparison of the aroma compounds in apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Pellicciella) and apple (*Malus pumila* L. cv. Annurca) raw distillates[J]. Italian Journal of Food Science,2004,16(2):185-196.
- [12] 解敏,黄瑛,王馨,等.基于 GC-MS 技术测定砀山酥梨果实主要品质特征成分的代谢物谱[J].安徽农业大学学报,2012,39(5):692-696.
- [13] 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.
- [14] 王少敏,魏树伟.套袋对鸭梨果实香气及糖酸组分的影响[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2011(2):115-117.
- [15] 陈计彦.梨香气成分分析、变化及理化特征指标的研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [16] 安慧珍,马惠玲,任小林.苹果果实贮藏期间电学参数与品质指标的关系[J].食品科学,2013(2):298-302.
- [17] 魏宝东,姜炳义,冯辉.番茄果实货架期硬度变化及其影响因素的研究[J].食品科学,2005(3):249-252.

Research on the Relationship Between Freshness of the Pear and Its Volatile Components

LIU Huanjun¹, LUO Anwei¹, NIU Yuanyang¹, YAO Jie¹, LI Chen¹, LI Zhicheng^{1,2}

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. The Postdoctoral Working Station, Hefei Meiling Co. Ltd., Hefei, Anhui 230601)

Abstract: Taking the Dangshan pears as materials, using HS-SPME-GC-MS method, the volatile components of pear at the condition of $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ in different freshness was researched, simultaneously, soluble solids content, hardness and titratable acid of pear were analyzed to obtain the relationship of pear freshness and its volatile components. The results showed that the preservation time of fresh pear at the condition of $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ was 42 days, and the main characteristic odor ingredients of fresh pear were n-hexyl alcohol and 1-octyl alcohol. The main volatile of pear lost freshness were 2-methyl butyl acetate and ethyl orthosilicate, isoamyl alcohol, n-hexyl alcohol, 1-Octyl alcohol, Geranyl acetone, whose variation threshold were 1.57、2.74、1.39、15.15、211.13、2.36 $\mu\text{g/L}$, respectively. The results provided a theoretical basis for judging the freshness of pear by smell.

Keywords: Dangshan pear; volatile component; HS-SPME-GC-MS; freshness