

1-MCP 处理对库尔勒香梨采后储存期香气成分和品质的影响

杜林笑¹, 赵晓敏¹, 杨洋¹, 李斌斌¹, 谢季云¹, 马楠¹, 白友强¹, 李丹¹, 傅达奇², 李学文¹

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

(2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要: 这项研究以库尔勒香梨为试材, 采用顶空固相微萃取(SPME)结合气相色谱-质谱联用技术(GC-MS), 研究 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理对香梨果实在低温贮藏期间(-1.5 °C~0 °C、相对湿度 90%~95%)香气成分和品质的影响。结果表明: 在低温贮藏前期、贮藏中期和贮藏末期, 香梨果实共检出 73 种香气成分, 其中醇类(14 种)、醛类(13 种)、酸类(6 种)、酯类(11 种)、酮类(10 种)、烷类(8 种)。1-MCP 处理减少贮藏前期和贮藏中期的香梨果实香气成分的种类, 抑制香梨果实酯类、酮类、烯类、烷类和芳香族化合物的形成; 促进贮藏中期和贮藏末期香梨果实醛类化合物的形成。在贮藏末期, 1-MCP 处理组比对照组香梨果实多了 8 种香气成分。1-MCP 处理可以有助于香梨果实在低温贮藏期间的香气成分保持。延缓果实色度角、硬度和维生素 C 含量的下降, 延长贮藏期间果实的品质。

关键词: 库尔勒香梨; 1-甲基环丙烯; 香气成分; GC-MS; 品质

文章编号: 1673-9078(2018)07-134-142

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.7.020

1-methylcyclopropene Treatment benefits the Retention of the Aroma Components and Quality of Korla Fragrant Pear during Postharvest Storage

DU Lin-xiao¹, ZHAO Xiao-min¹, YANG Yang¹, LI Bin-bin¹, XIE Ji-yun¹, MA Nan¹, BAI You-qiang¹, LI Dan¹, FU Da-qi², LI Xue-wen¹

(1. College of Food Science and Pharmaceutics, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The present study investigated the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on the profile of aroma components and quality of Korla fragrant pear during a cold storage (-1.5 °C~0 °C; relative humidity: 90%~95%), using headspace solid-phase microextraction (SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that a total of 73 aroma components were identified during the early stage, middle and end of the cold storage, with 14 species of alcohols, 13 species of aldehydes, 6 species of acids, 11 species of esters, 10 species of ketones, and 8 species of alkanes. 1-MCP treatment reduced the types of aroma components from the fragrant pear, and suppressed the formation of esters, ketones, alkenes, alkanes, and aromatic compounds during the early and middle stages of the storage, whilst promoted the generation of aldehydes during the middle and late stages of the storage. At the end of the storage, the fruits with 1-MCP treatment had eight aroma compounds more than those without the treatment (the control group). 1-MCP treatment facilitated the retention of aroma components of pear during cold storage, and delayed the decline of fruit Hue-angle, firmness and vitamin C content, thus prolonging the fruit quality during the cold storage.

Key words: Korla fragrant pear; 1-methylcyclopropene; aroma components; gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS); quality

收稿日期: 2018-03-22

基金项目: 新疆自然科学基金项目(2015N012); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD27B01-02); 新疆自治区研究生科研创新项目(XJGR12017071)

作者简介: 杜林笑(1991-), 女, 硕士研究生, 主要从事果蔬采后生理及贮藏保鲜技术研究

通讯作者: 李学文(1964-), 男, 博士, 教授, 主要从事果蔬采后生理及贮藏保鲜技术研究

库尔勒香梨属新疆梨种 (*Pyrus sinkiangensis* Yü) 植物, 是新疆名、优、特色果品, 品质优良, 深受国内外消费者的喜爱, 销往全国各地并出口到 20 多个国家和地区, 占新疆果品年贮藏总量的 50% 以上, 居新疆果品贮藏之首^[1]。香梨在贮藏过程中果皮由绿变黄, 果实细胞组分降解, 硬度和 Vc 含量均随着时间的延长而发生改变。香气是由多种挥发性化合物组成, 可客观反映水果的特征风味、成熟度及品质, 是对果实风味评价的重要指标, 具有成分复杂、含量低的特点^[2]。水果的香气成分包括醛类、酸类、酮类、酯类和烯类等化合物^[3]。关于水果香气的研究较多, 研究表明猕猴桃的特征香气是正己醛、(E)-2-己烯醛^[4,5]; 芒果的主要香气成分为萜类^[6,7]; Shiikuwasha 柑橘中 D-柠檬烯的含量相对其他柑橘较低, 柑橘的主要香气成分是芳樟醇、 α -蒎烯和辛醛^[8,9]; 采前钙处理可以促进南果梨香气的形成^[10], 南果梨的果皮和果肉中相对含量最高的香气成分是己酸乙酯^[11]; 巴特利特梨果实主要的香气成分是乙醛和壬醛^[12]; 乙酸己酯影响香梨汁的感官属性^[13]; 石榴汁主要香气成分为芳香醇类物质^[14]。

香梨是呼吸跃变型果实, 贮藏时普遍采用 1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 进行处理。1-MCP 作为乙烯受体抑制剂, 通过与乙烯作用受体结合来抑制乙烯的生理活动, 具有抑制植物成熟和延缓果实衰老的作用^[15]。研究表明 1-MCP 处理影响水果香气成分的种类和相对含量, 抑制南果梨果实香气物质的生成^[16]; 影响瑞安梨果实总挥发物和酯类的相对含量^[17], 降低苹果贮藏期间酯类、酮类的含量^[18]; 影响西洋梨果实酯类化合物的相对含量^[19]; 减少花牛苹果贮藏期间香气的种类, 降低各类香气的含量^[20]; 增加哈密瓜果实贮藏期间的酯类挥发性成分^[21]; 抑制桃果实醇类、内酯、萜烯化合物的产生^[22]; 降低南果梨果实冷藏期间酯类香气成分种类及总酯含量^[23]。

目前, 国内外未见 1-MCP 处理对库尔勒香梨采后香气成分的相关研究报道, 本研究以库尔勒香梨为研究试材, 探讨在低温贮藏期间, 1.0 和 5.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对香梨果实香气成分和品质的影响, 以此丰富库尔勒香梨的贮藏保鲜技术理论。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

库尔勒香梨采于 2016 年 9 月 10 日采自铁门关市 26 团的成龄商品果园。采收带果柄, 挑选果皮色泽基本一致、果形整齐、无机械损伤、无病虫害的果实 (可

溶性固形物含量 $12.5\% \pm 0.5\%$), 拷白纸 (24 cm \times 16 cm) 包果, 外套网袋后装入 45 cm \times 27 cm \times 21 cm 的瓦楞纸箱 (平均单果重为 120 g), 次日运至新疆农业大学食品科学与药学学院果蔬贮藏运输保鲜技术实验室。

1-MCP, 美国罗门哈斯中国公司; NaCl (分析纯), 天津市奥淇洛谱有限公司; 7890A-5975C 气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS) 联用仪, 美国安捷伦公司; 75 μm 碳分子筛/聚二甲基硅氧烷 (carboxen/polydimethylsiloxane, CAR/PDMS) 萃取头, 萃取手柄, 上海安谱科学仪器有限公司; 2-10 ml TopPette 手动单道可调式移液器, 上海垒固仪器有限公司; B10 digital IKA 水浴锅, 武汉集思仪器设备有限公司; FA2004 分析天平, 上海天平仪器厂; JYL-C16T 九阳料理机, 山东九阳股份有限公司。

1.2 方法

1.2.1 样品处理

参考李学文等^[15]的方法, 将香梨果实放入塑料周转箱 (每箱 80 个) 中, 放置在由 PE 膜 (0.1 mm 厚) 制成的密封的 1 m³ 帐中, 将精确称量的 1.0 g 1-MCP 粉剂 (0.14%, 聪明鲜粉剂) 放入 50 mL 烧杯中, 放入 PE 帐内, 按 1:5 (m/V) 加入去离子水, 轻摇, 迅速密封 PE 帐, 其产生的 1-MCP 量为 1.0 $\mu\text{L/L}$, 在 25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 熏蒸 24 h 后, 揭开 PE 帐, 通风 30 min。将两个处理组的香梨和对照组香梨贮藏于 -1.5 $^{\circ}\text{C}$ ~0 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90%~95% 的冷库中贮藏, 于贮藏前期 (贮藏 30 d)、贮藏中期 (贮藏 120 d)、贮藏末期 (贮藏 210 d) 分别取样测定。每个处理 360 个果实。试验重复 3 次, 取平均值。1-MCP 处理浓度为 1.0 $\mu\text{L/L}$ (总离子图谱命名为 1 PPM)、5.0 $\mu\text{L/L}$ (总离子图谱命名为 5 PPM) 2 种浓度, 以未处理的作为对照组 (总离子图谱命名为 CK)。

1.2.2 香气萃取

参照魏玉梅^[24]方法略作修改。将 CAR/PDMS (75 μm) 萃取纤维头在气相色谱的进样口老化 2 h, 老化温度为 250 $^{\circ}\text{C}$, 载气体积流量为 4 mL/min。此后使用 75 μm 萃取头前均老化 30 min。

将库尔勒香梨去核后, 称取 1.0 kg 的果实, 打浆, 移取果浆 12 mL 于 15 mL 的顶空样品瓶内, 加入 3.5 g NaCl 后加盖封口, 放置于恒温水浴锅 50 $^{\circ}\text{C}$ 平衡 10 min。将固相微萃取器萃取头通过瓶盖的橡皮垫插入样品瓶的顶空部分, 推出纤维头 (纤维头离果浆面 2~3 cm), 于 50 $^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴锅中吸附 50 min, 抽回纤维头, 从样品瓶上拔出萃取头。迅速将萃取头插入气相色谱仪, 安全快速地推出纤维头, 同时启动仪器采集数据, 于 260 $^{\circ}\text{C}$ 解析 10 min, 抽回纤维头后拔出萃取

头。

1.2.3 GC-MS 条件

参考张博^[11]方法略作修改。

1.2.3.1 GC 条件

色谱柱: Agilent HP-5MS 5% Phenyl Methyl Silox (30 m×250 μm×0.25 μm); 载气为氦气 (99.999%)。升温程序: 初始温度 50 °C 保持 3 min, 以 2 °C/min 的速率升到 200 °C, 再以 6 °C/min 的速率升到 230 °C, 最后以 10 °C/min 升至 250 °C 并保持 10 min。检测器 FID 温度为 260 °C, 进样口温度为 260 °C。

1.2.3.2 MS 条件

溶剂延迟 3 min, 不分流进样。质量扫描范围 29~600 u, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 230 °C, 电离能量 70 eV。

1.2.4 色度角的测定

参照齐会楠^[25]方法, 用色差仪测定香梨果皮的色泽, 每处理每次均取 30 个果实, 沿果实赤道 4 等分点测定 a*、b* 的值, 取平均值, 单位为°。

1.2.5 硬度的测定

参考李学文^[26]方法, 每处理每次均取 30 个果实, 沿果实赤道线, 均匀取 4 个点, 削去果皮后, 测定果实硬度, 取平均值, 单位为 kg/cm²。

1.2.6 Vc 含量的测定

采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[27]测定果实 Vc 含量, 每处理每次均取 30 个果实, 研磨, 滴定, 取平行值, 单位为 mg/100 g。

1.3 数据处理

未知化合物质谱图经计算机检索同时与 NIST2014 质谱图相匹配, 根据各个物质的分子式、CAS 号以及分子结构确定每个化学成分, 运用面积归一法求得各组分相对百分含量。通过 SPSS 19.0 和 Excel 2003 对数据进行处理汇总。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间香梨香气成分分析

由图 1、图 2、图 3 和表 1 可知, 香梨果实中香气成分的含量和种类随贮藏时间的延长而改变。在贮藏前期、贮藏中期和贮藏末期, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实共检测出 73 种香气成分。

在不同贮藏期间, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实随贮藏时间的延长, 形成独特的香气成分。在贮藏前期, 糠醇是 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实特有的香气成分; 双环[3.1.0]己-2-酮是 5.0 μL/L 1-MCP 处理组果

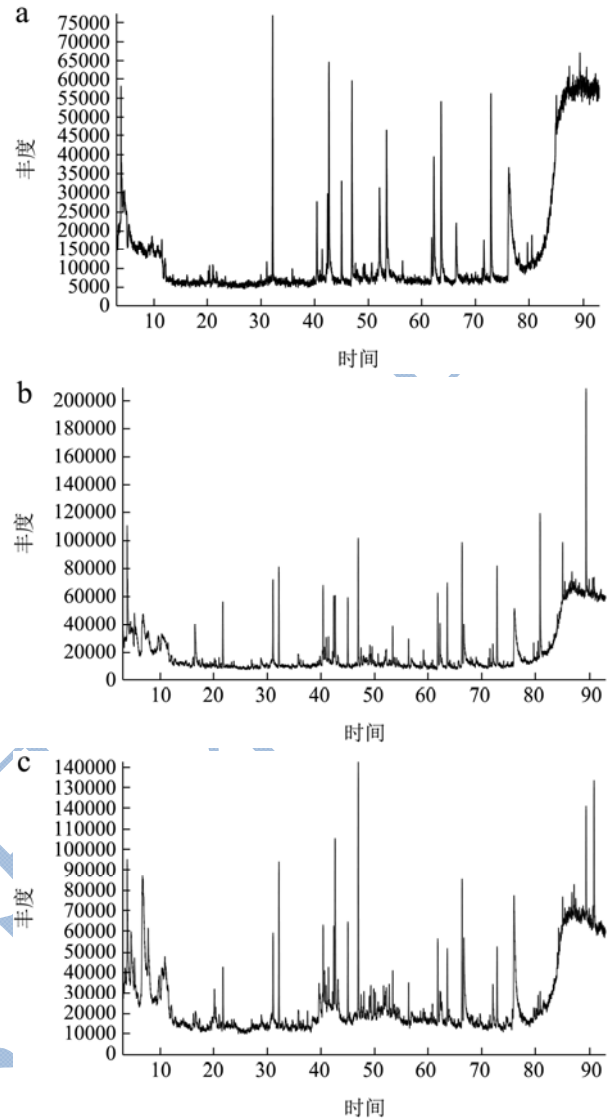


图 1 贮藏前期香梨香气成分的 GC-MS 总离子图谱

Fig.1 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in Fragrant Pear fruits during the early storage

实特有的香气成分; 甘油醛、2-羟基-2-环戊烯-1-酮、戊二醛、(1-亚甲基丁-2-烯基)-苯、5,6-环氧基-6-甲基-2-庚酮、1-(1-甲基乙基)-4-(1-丁烯-3-基)-苯、十四烷基-2-庚烯酸酯、正十五烷、1-苯基-1-戊烯-5-醇、正十六烷、癸酸辛酯、2,2,7-三甲基-5,6-二烯-3-辛酮、 α -戊基-肉桂醛、邻苯二甲酸二丁酯、正十六烷酸、3,6,7,8-四氢化-3,3,6,6-四甲基-环戊二烯并[E]茚-1(2H)-酮、(E)-对甲氧基-肉桂酸是对照组果实特有的香气成分。在贮藏中期, 邻苯二甲酸二戊酯是 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实特有的香气成分, (E,E)-2,4-己二烯醛是 5.0 μL/L 1-MCP 处理组香梨果实特有的香气成分, 邻苯二甲酸二丁酯是对照组果实特有的香气成分。在贮藏末期, (E)-2-己烯-1-醇、2-氧代-丙酸、4,6-二羟基-2,3-二甲基乙酰苯、(1 α ,2 β ,4 α)-1,4-二甲基-2-(2-甲基丙基)-环己烷、1-(3-甲基丁基)-2,3,4,5-四甲基苯是 1.0

$\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组果实特有的香气成分, 3-己烯醛、乙酸丁酯是 $5.0 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组香梨果实特有的香气成分, 对-甲基异丙基苯-7-醇是对照组果实特有的香气成分。

2-己烯醛的相对含量由 21.21% 下降至 12.3%, $5.0 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实中 2-己烯醛的相对含量由 21.97% 下降至 17.04%, 对照组果实中 2-己烯醛的相对含量由 17.70% 下降至 16.96%。

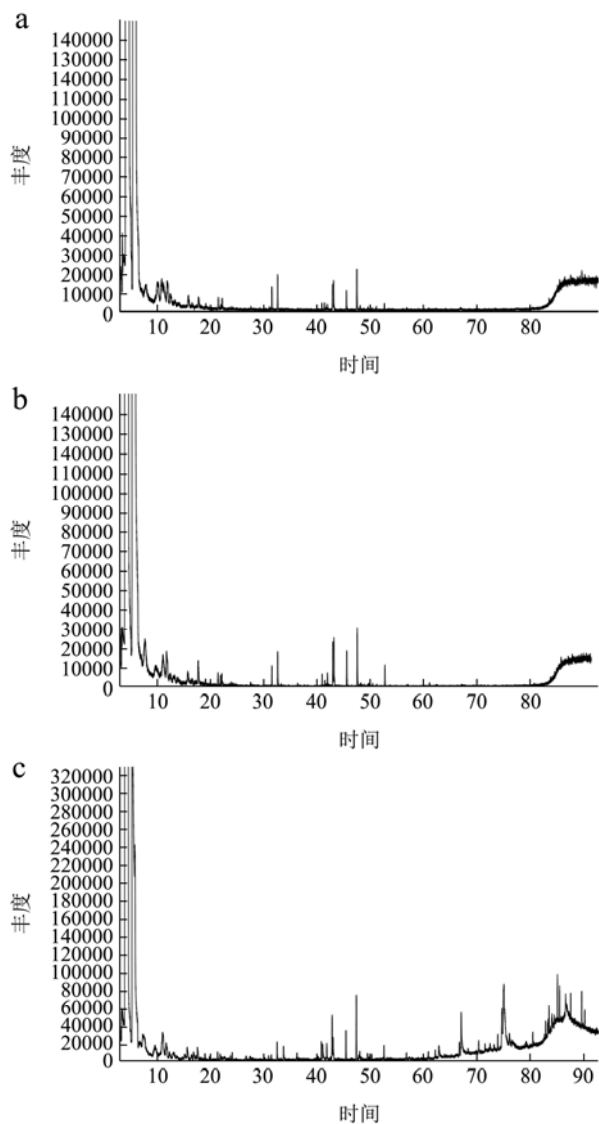


图 2 贮藏中期香梨香气成分的 GC-MS 总离子图谱

Fig.2 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in Fragrant Pear fruits during the middle of storage

在贮藏前期, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实中相对含量较高的香气成分是(Z)-9-二十碳烯酸-3,6,7,8-四氢化-3,3,6,6-四甲基-环戊二烯并[E]茛-1(2H)-酮。在贮藏中期和贮藏末期, 1-MCP 处理和对照组果实相对含量较高的香气成分是己醛和 2-己烯醛, 且随着贮藏时间的延长其相对含量均下降。1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实中己醛的相对含量由 64.91% 下降至 53.64%, 5.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组果实中己醛的相对含量由 60.92% 下降至 45.96%, 对照组果实中己醛的相对含量由 62.25% 下降至 57.36%。1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实中

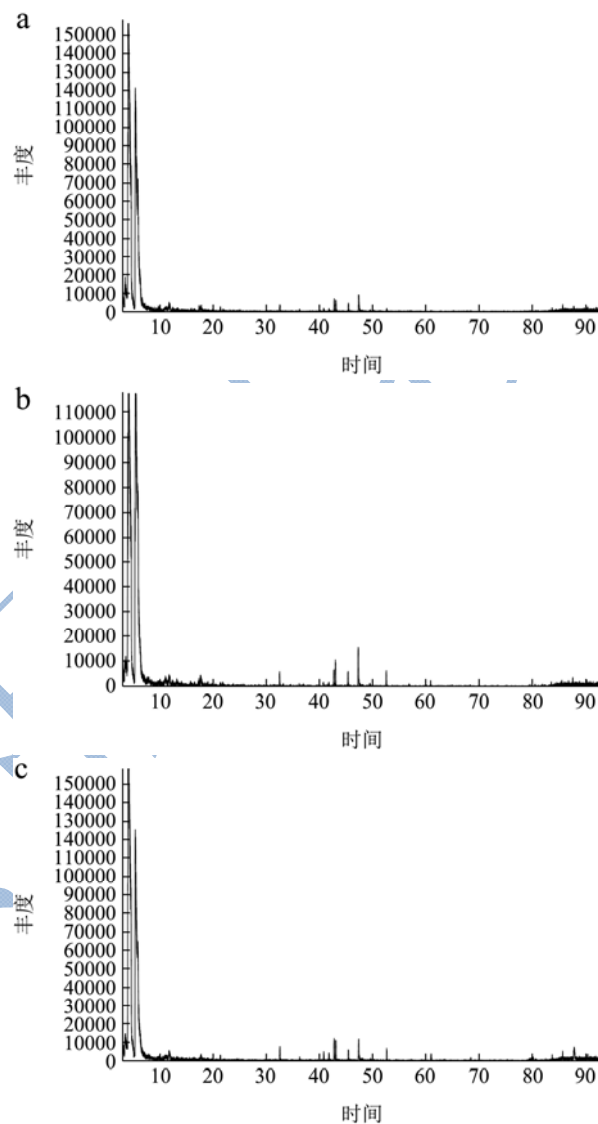


图 3 贮藏末期香梨香气成分的 GC-MS 总离子图谱

Fig.3 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in Fragrant Pear fruits during the end of storage

2.2 贮藏期间香梨香气成分相对含量的变化

低温贮藏期间香梨果实各种香气成分的相对含量如表 2 所示, 香梨果实的香气成分的种类分为醇类、醛类、酸类、酯类和酮类等。

在贮藏前期, 1-MCP 处理组果实未含有烯类化合物; 1.0 和 5.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理的果实香气成分相对含量最高的均为醇类化合物, 相对含量分别为 25.35%、17.62%; 对照组果实相对含量最高的为酮类化合物, 相对含量为 24.39%。

表1 贮藏期间香梨果实香气成分的相对含量

Table 1 Relative content of aroma compounds in Fragrant Pear fruits during cold storage

序号	出峰时间/min	挥发成分	相对含量/%								
			贮藏前期			贮藏中期			贮藏末期		
			1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK	1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK	1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK
1	3.63	1,3,5-环庚三烯	-	-	-	-	-	-	1.53	1.35	1.47
2	3.90	己醛	-	9.19	5.17	64.91	60.92	62.25	53.64	45.96	57.36
3	4.07	反-2-甲基环戊醇	-	-	-	-	4.82	6.50	-	-	-
4	4.10	(E)-2-己烯-1-醇	-	-	-	-	-	-	3.78	-	-
5	4.62	甘油醛	-	-	2.53	-	-	-	-	-	-
6	5.28	糠醇	3.83	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5.41	3-己烯醛	-	-	-	6.32	6.54	4.50	-	3.52	-
8	5.42	(E)-2-己烯醛	-	-	-	-	2.53	2.56	25.26	25.97	-
9	5.51	2-己烯醛	-	-	-	21.21	21.97	17.70	12.30	17.04	16.96
10	7.81	2-羟基-3-甲基-2-环戊烯-1 酮	-	-	2.29	-	-	-	-	-	-
11	7.83	(E,E)-2,4-己二烯醛	-	-	-	-	0.46	-	-	-	-
12	11.17	己酸	-	-	-	0.38	0.53	0.58	-	-	-
13	11.24	2-氧代-丙酸	-	-	-	-	-	-	0.53	-	-
14	11.84	3,3-二甲基-双环[2.2.1]庚-2-醇	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.65
15	11.85	辛醛	-	-	-	0.39	0.29	0.43	-	-	-
16	15.81	1-辛醇	-	-	-	0.18	0.16	0.20	-	-	-
17	16.60	戊二醛	-	-	1.14	-	-	-	-	-	-
18	16.65	(2α,4αα,8αβ)-十氢-2-萘酚	-	-	-	-	0.08	0.11	-	-	-
19	17.72	壬醛	-	-	-	0.15	0.18	0.18	-	-	-
20	17.45	乙酸丁酯	-	-	-	-	-	-	-	0.21	-
21	17.76	1-己烯	-	-	-	-	-	-	0.23	0.32	0.34
22	20.14	(1-亚甲基-2-烯基)-苯	-	-	1.11	-	-	-	-	-	-
23	21.98	左薄荷脑	-	-	-	0.05	0.07	0.08	-	-	-
24	23.90	2,5,9-三甲基癸烷	-	-	-	0.02	0.02	0.04	-	-	-
25	24.25	癸醛	-	-	-	-	0.02	0.06	-	-	-
26	27.62	丁二酸二丙酯	-	-	-	0.02	0.03	0.05	-	-	-
27	35.77	5,6-环氧基-6-甲基-2-庚酮	-	-	1.58	-	-	-	-	-	-
28	36.32	对-甲基异丙基苯-7-醇	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12
29	36.40	γ-广藜香烯	-	-	-	0.02	0.02	0.06	-	-	-
30	39.65	1-(1-甲基乙基)-4-(1-丁烯-3-基)-苯	-	-	2.50	-	-	-	-	-	-
31	40.40	2,6-双(1,1-二甲基乙基)-4-羟基-4-甲基-2,5-环己二烯-1-酮	2.64	4.46	2.43	-	-	-	-	-	-
32	40.67	十四烷基-2-庚烯酸酯	-	-	1.44	-	-	-	-	-	-
33	40.83	4,6-二羟基-2,3-二甲基乙酰苯	-	-	-	-	-	-	0.09	-	-
34	40.94	双环[3.1.0]己-2-酮	-	1.53	-	-	-	-	-	-	-
35	40.97	2,6-二叔丁基-4-羟基-4-甲基环己烷-2,5-二烯-1-酮	-	-	-	0.06	0.07	0.13	-	-	-
36	41.38	二氢-3-氧代-β紫罗兰醇	2.19	1.61	1.10	0.05	0.06	0.12	-	-	-

转下页

接上页

37	41.83	(1 α ,2 β ,4 α)-1,4-二甲基-2-(2-甲基丙基)-环己烷	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-
38	42.16	正十五烷	-	-	0.85	-	-	-	-	-	-
39	42.38	2,2-二甲基-5,6-双(2-氧代丙基)-5-羟基环己酮	2.65	4.43	2.32	-	-	-	-	-	-
40	42.79	α ,2,6,6-四甲基-1-环己烯-1-甲醇	-	-	-	-	-	-	0.50	0.25	0.53
41	42.98	(1,5,5,8-四甲基-二环[4.2.1]壬-9-基)-乙酸	-	-	-	0.23	-	0.42	-	-	-
42	43.10	丁基-2-乙基苯间苯二甲酸酯	-	-	-	-	-	-	0.49	0.40	-
43	43.18	1-苯基-1-戊烯-5-醇	-	-	1.52	-	-	-	-	-	-
44	45.00	2,5-双(2-甲基丙基)噻吩	6.33	4.68	2.74	-	-	-	-	-	-
45	45.45	7-乙酰基-2-羟基-2-甲基-5-3-异丙基[4.3.0]壬烷	-	-	-	-	-	-	0.38	0.24	0.27
46	45.58	对羟基苯甲酮	-	-	-	0.16	0.18	0.25	-	-	-
47	46.93	3-甲基-2-羟基-5-(甲硫基)苄醇	7.50	8.97	6.22	-	-	-	-	-	-
48	47.37	4,4-二羟基-3-甲氧基-苯乙酸甲酯	-	-	-	-	-	-	0.75	0.68	0.64
49	47.53	2-(1-羟基丁-2-烯亚基)-环己酮	-	-	-	0.36	0.39	0.60	-	-	-
50	48.01	正十六烷	-	-	1.26	-	-	-	-	-	-
51	48.17	2,2,4-三甲基-3-羧基异丙基-异丁基戊酸酯	-	-	-	0.03	0.02	0.07	-	-	-
52	49.29	癸酸辛酯	-	-	0.86	-	-	-	-	-	-
53	49.60	2,2,7-三甲基-5,6-二烯-3-辛酮	-	-	0.84	0.03	0.02	0.06	-	-	-
54	50.40	2,6-二(1,1-二甲基乙基)-4-(1-氧代丙基)苯酚	-	-	-	0.01	-	0.03	-	-	-
55	52.73	α -戊基-肉桂醛	-	-	1.01	-	-	-	-	-	-
56	53.35	正十七烷	3.52	-	3.08	-	-	-	-	-	-
57	56.31	3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛	3.57	1.62	1.22	0.02	-	0.04	-	-	-
58	61.75	3-己基邻苯二甲酸异丁酯	2.65	4.38	2.96	-	-	-	-	-	-
59	62.16	α -紫罗兰醇	4.18	2.79	3.74	-	-	-	-	-	-
60	62.33	邻苯二甲酸二丁酯	-	-	4.89	-	-	0.06	-	-	-
61	63.53	1-十六醇	5.25	3.55	4.14	-	-	-	-	-	-
62	66.60	正十六烷酸	-	-	5.83	-	-	-	-	-	-
63	67.02	邻苯二甲酸二戊酯	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-
64	71.49	E-11-十六碳烯醛	1.81	0.80	-	-	-	-	-	-	-
65	72.01	n-1-十七醇	-	-	1.41	-	-	-	-	-	-
66	72.79	正十九烷	3.85	6.01	4.81	-	-	-	-	-	-
67	75.94	3,6,7,8-四氢化-3,3,6,6-四甲基-环戊二烯并[E]茚-1(2H)-酮	-	-	14.93	-	-	-	-	-	-
68	76.03	(Z)-9-二十碳烯酸	15.51	16.75	-	-	-	-	-	-	-
69	79.61	二十四醇	2.40	0.70	-	-	-	-	-	-	-
70	80.44	2,6,10,14-四甲基-十七烷	0.99	0.77	0.62	-	-	-	-	-	-
71	80.82	(E)-对甲氧基-肉桂酸	-	-	0.52	-	-	-	-	-	-
72	85.25	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	-	-	-	-	-	0.12	-	-	-
73	87.69	1-(3-甲基丁基)-2,3,4,5-四甲基苯	-	-	-	-	-	-	0.21	-	-

在贮藏中期, 1-MCP 处理组和对照组果实香气成分含量最高的均为醛类化合物, 相对含量分别为 93%、92.91%、87.72%。在贮藏末期, 1-MCP 处理组和对照组果实均未含酮类化合物; 仅 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实含有 0.30% 芳香族化合物。在贮藏末期 1.0、5.0 μL/L 1-MCP 处理组和对照组香梨果实醛类的相对含量分别上升了 94.10%、87.44%、85.10%; 1.0、5.0 μL/L 1-MCP 处理组和对照组香梨果实醇类的相对含量有所下降, 分别下降了 83.11%、95.62%、92.22%。

表 2 贮藏期间香梨香气成分类别及相对含量

Table 2 The aroma composition types and relative content of Fragrant Pear fruits aroma during cold storage

香气种类	相对含量/%								
	贮藏前期			贮藏中期			贮藏末期		
	1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK	1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK	1.0 μL/L	5.0 μL/L	CK
醇类	25.35	17.62	16.61	0.28	5.11	6.90	4.28	0.77	1.30
醛类	5.38	11.61	11.07	93.00	92.91	87.72	91.20	92.49	74.32
酸类	15.51	16.75	6.35	0.61	0.53	1.00	1.28	0.68	0.64
酯类	2.65	4.38	10.15	0.10	0.05	0.30	0.49	0.60	0.36
酮类	5.29	10.42	24.39	0.61	0.66	1.04	0.00	0.00	0.00
烯类	0.00	0.00	1.80	0.02	0.02	0.18	1.76	1.67	1.81
烷类	8.36	6.78	10.62	0.02	0.02	0.04	0.48	0.24	0.27
芳香族化合物	6.33	4.68	6.35	0.01	0.08	0.14	0.30	0.00	0.00

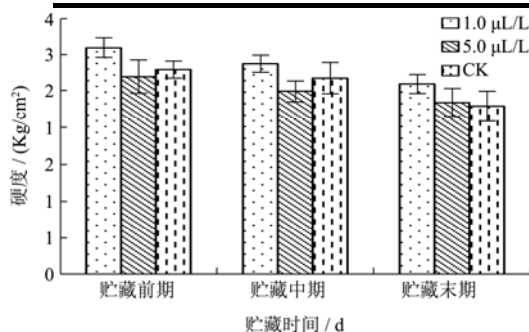


图 5 1-MCP 处理对香梨货架期果实硬度的影响

Fig.5 Effect of 1-MCP treatment on the firmness of Fragrant Pear fruits during cold storage

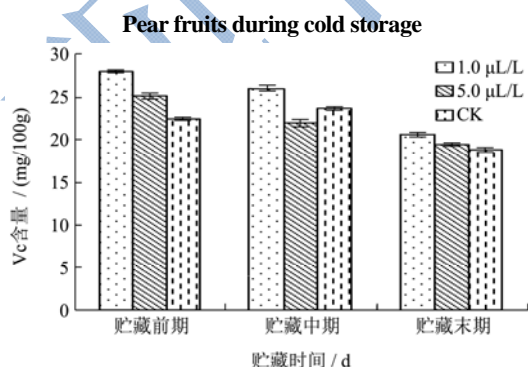


图 6 1-MCP 处理对香梨货架期果实 Vc 含量的影响

Fig.6 Effect of 1-MCP treatment on the Vc content of Fragrant Pear fruits during cold storage

低温贮藏期间, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实

2.3 贮藏期间香梨果实品质的变化

由图 4 可知, 低温贮藏过程中, 随着贮藏时间的延长, 1-MCP 处理组和对照组香梨果皮色度角呈逐渐下降的趋势, 1-MCP 处理组色度角均高于对照组香梨果皮色度角。在贮藏末期, 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果皮色度角为 93.69°; 5.0 μL/L 1-MCP 处理组果皮色度角为 89.57°; 对照组果皮色度角为 89.28°。说明 1-MCP 处理可以抑制低温贮藏期间香梨果皮色度角的下降。

的硬度随着时间的延长逐渐下降(图 5)。在贮藏末期, 1.0 μL/L 1-MCP 处理组果实硬度为 2.60 kg/cm², 比对照组果实硬度高 11.54%; 5.0 μL/L 1-MCP 处理组果实硬度为 2.35 kg/cm², 比对照组果实硬度高 2.13%, 说明 1-MCP 处理可以延缓果实硬度的下降。

香梨果实 Vc 含量随着贮藏时间的延长而减少(图 6), 1.0 μL/L 1-MCP 处理组香梨果实在贮藏末期时 Vc 含量为 20.65 mg/100 g, 5.0 μL/L 1-MCP 处理组香梨果实在贮藏末期时 Vc 含量为 19.50 mg/100 g, 对照组香梨果实在贮藏末期时 Vc 含量为 18.85 mg/100 g, 说明 1-MCP 处理可以减缓香梨果实 Vc 含量的下降。

3 结论

3.1 通过 GC-MS 对低温贮藏期间香梨果实香气成分的检测分析, 其结果表明, 在贮藏前期, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实的主要香气成分的种类和相对含量有很大差异。在贮藏前期、贮藏中期和贮藏末期, 1.0 μL/L 1-MCP 处理香梨果实分别检测出 16、21 和 14 种香气成分, 5.0 μL/L 1-MCP 处理香梨果实检测出 16、22 和 12 种香气成分, 对照组香梨果实检测出 31、26 和 9 种香气成分。

3.2 在贮藏前期, 1-MCP 处理组香梨果实的香气成分含量最高为醇类, 对照组香梨果实则为酮类, 在贮藏

中期和贮藏末期, 1-MCP 处理组和对照组香梨果实香气成分含量最高均为醛类, 与陈计峦^[28]研究结果一致。1-MCP 处理可以使香梨果实积累大量的己醛和 2-己烯醛, 降低香梨果实酸类、酯类、酮类、烷类相对含量, 1-MCP 处理抑制了贮藏期间香梨果实醇类香气成分的形成, 促进了醛类香气成分的形成。果实在贮藏过程中, 因叶绿素的逐渐分解, 果皮色度角逐渐下降, 1-MCP 处理可以减缓香梨果皮色度角的下降, 可以有效延缓果实硬度和 Vc 含量下降, 与杨玉荣^[29]研究结果一致。

3.3 综上所述, 1-MCP 处理可以保持香梨果实在低温贮藏期间良好的挥发性物质, 有效保持果实贮藏期间的品质, 其中 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理最优、5.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理次之。

参考文献

- [1] 高启明,李疆,李阳.库尔勒香梨研究进展[J].经济林研究,2005,23(1):79-82
GAO Qi-ming, LI Jiang, LI Yang. Literature review of researches on "Kuerle Sweet Pear" [J]. Nonwood Forest Research, 2005, 23(1): 79-82
- [2] 程焕,陈健乐,周晓舟,等.水果香气物质分析及合成途径研究进展[J].中国食品学报,2016,16(1):211-218
CHENG Huan, CHEN Jian-le, ZHOU Xiao-zhou, et al. Advances in Identification and Biosynthetic Pathway of Key Aroma in Fruits [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(1): 211-218
- [3] Giuliana S Nardini, JO Merib, AN Dias, et al. Determination of volatile profile of citrus fruit by HS-SPME/GC-MS with oxidized NiTi fibers using two temperatures in the same extraction procedure [J]. Microchemical Journal, 2013, 109(7): 128-133
- [4] 马婷,任亚梅,张艳宜,等.1-MCP 处理对‘亚特’猕猴桃果实香气的影响[J].食品科学,2016,37(2):276-281
MA Ting, REN Ya-mei, ZHANG Yan-yi, et al. Effect of 1-MCP treatment on the aroma of 'Yate' kiwifruit [J]. Food Science, 2016, 37(2): 276-281
- [5] TAN Hao, LIAO Kang, TU Zheng-shun. Dynamic changes of aroma components of Jinkui kiwifruit during fruit development [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(2): 205-208
- [6] San A T, Joyce D C, Hofman P J, et al. Stable isotope dilution assay (SIDA) and HS-SPME-GCMS quantification of key aroma volatiles for fruit and sap of Australian mango cultivars [J]. Food Chemistry, 2016, 221: 613
- [7] K Saby John, LJM Rao, SG Bhat, et al. Characterization of aroma components of sap from different Indian mango varieties [J]. Phytochemistry, 1999, 52(5): 891-894
- [8] Asikin Y, Taira I, Inafuku S, et al. Volatile aroma components and antioxidant activities of the flavedo peel extract of unripe Shiikuwasha (*Citrus depressa Hayata*)[J]. Journal of Food Science, 2012, 77(4): C469-C475
- [9] QIAO Yu, XIE Bi-jun, ZHANG Yan, et al. Study on aroma components in fruit from three different satsuma mandarin varieties [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2007, 6(12): 1487-1493
- [10] WEI Shu-wei, TAO Shu-tian, QIN Gai-hua, et al. Transcriptome profiling reveals the candidate genes associated with aroma metabolites and emission of pear (*Pyrus ussuriensis*, cv.) [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 206: 33-42
- [11] 张博,辛广,董萍,等.SPME-GC 法分析南果梨不同部位及状态香气成分[J].食品科学,2011,32(24):277-280
ZHANG Bo, XIN Guang, DONG Ping, et al. SPME-GC-MS analysis of aroma constituents of nanguo pear peel, pulp, intact fruit and cracked fruit [J]. Food Science, 2011, 32(24): 277-280
- [12] Zlati E, V Zadnik, J Fellman, et al. Comparative analysis of aroma compounds in Bartlett pear in relation to harvest date, storage conditions, and shelf-life [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 117: 71-80
- [13] 张芳,詹萍,周文杰,等.GC-MS 结合 PCA 探究不同加工方式对香梨汁风味品质影响[J].现代食品科技,2017, 33(12): 255-261
ZHANG Fang, ZHAN Ping, ZHOU Wen-jie, et al. Effects of different processing methods on the flavor and quality of korla pear juice evaluated by GC-MS combined With PCA [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(12): 255-261
- [14] 奕志英,冯涛,李晓贝,等.石榴汁糖苷键合态香气前体物质的初步研究[J].现代食品科技,2017,33(1):221-227
YI Zhi-ying, FENG Tao, LI Xiao-bei, et al. Preliminary study on the glycosidically bound aroma compounds from pomegranate juice [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(1): 221-227
- [15] 李学文,韩江.1-MCP 处理对香梨采后生理效应的影响[J].新疆农业大学学报,2006,29(2):30-32
LI Xue-wen, HAN Jiang. Effects of 1-MCP postharvest treatment on physiological function of fragrant pear [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2006, 29(2):

- [16] 周鑫. 冷藏及 1-MCP 处理对南果梨酯类香气影响的分子机制及香气“唤醒”研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2015
ZHOU Xin. Research on the effects and molecular mechanism of refrigeration and 1-MCP treatment on aroma-related esters of Nanguo pears and regulation measures [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2015
- [17] LI Guo-peng, JIA Hui-jian, LI Ji-hua, et al. Effects of 1-MCP on volatile production and transcription of ester biosynthesis related genes under cold storage in ‘Ruanerli’ pear fruit (*Pyrus ussuriensis*, Maxim.) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 168-174
- [18] 樊丽. 苹果果实贮藏期间香气特性的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014
FAN Li. Study on aroma characteristic of Apple fruits during storage [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2014
- [19] 王传增, 董飞, 孙家正, 等. 1-MCP 处理对“早红考密斯”贮藏后货架期品质及香气组分的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 296-300
WANG Chuan-zeng, DONG Fei, SUN Jia-zheng, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on main fruit quality traits and aroma components of "early red cornice" at shelf life after storage [J]. Food Science, 2014, 35(20): 296-300
- [20] 王宝春, 颜敏华, 王学喜, 等. 1-MCP 处理对冷藏期间花牛苹果香气成分和果实品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 331-339
WANG Bao-chun, XIE Min-hua, WANG Xue-xi, et al. Effects of 1-MCP treatment on fruit quality and aroma components of Huanium apples during cold storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(7): 331-339
- [21] BAI Xiao-hang, TENG Lu-hua, Lü De-qing, et al. Co-treatment of EFF and 1-MCP for enhancing the shelf-life and aroma volatile compounds of oriental wweet melons (*Cucumis melo* var. *makuwa makino*) [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(1): 217-227
- [22] 王友升, 王胜杰, 陈小燕, 等. 1-MCP 和水杨酸对大久保桃果实衰老中挥发性物质的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(10): 214-221
WANG You-sheng, WANG Sheng-jie, CHEN Xiao-yan, et al. Effect of 1-MCP and SA on volatile compounds of ‘Okubao’ peach during senescence [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(10): 214-221
- [23] 张丽萍. 冷藏及 1-MCP 处理对南果梨挥发性香气物质代谢的影响及其调控[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013
ZHANG Li-ping. Effects of refrigeration and 1-methylcyclopropene on the metabolic of volatile aroma in Nanguo pear and control [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013
- [24] 魏玉梅. 固相微萃取方法在苹果、杏和桃香气成分分析中的应用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007
WEI Yu-mei. Study on the application of solid phase microextraction in aroma components analysis of apple, apricot and peach [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2007
- [25] 齐会楠. CO₂ 诱导库尔勒香梨果心褐变发生机理的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014
QI Hui-nan. Mechanism study on high carbon dioxide induced core browning of postharvest fruit korla fragrant pear [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014
- [26] 李学文, 廖亮, 叶强, 等. UV-C 结合 1-MCP 处理对香梨采后果实品质及生理活性的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(22): 191-196
LI Xue-wen, LIAO Liang, YE Qiang, et al. Effect of UV-C Combined with 1-MCP treatment on postharvest qualities and physiologies of fragrant pear fruit [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(22): 191-196
- [27] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [28] 陈计峦, 周珊, 王强, 等. 新疆库尔勒香梨的香气成分分析[J]. 食品科技, 2007, 2007(6): 95-98
CHEN Ji-luan, ZHOU Shan, WANG Qiang, et al. Analysis of aroma components of Xinjiang kuerle fragrant pear [J]. Food Science and Technology, 2007, 2007(6): 95-98
- [29] 杨玉荣, 赵晓敏, 李芸, 等. 1-MCP 处理对采后库尔勒香梨货架期品质及生理的影响[J]. 食品科技, 2015, 5: 37-41
YANG Yu-rong, ZHAO Xiao-min, LI Yun, et al. Effect of 1-MCP treatment on qualities of Korla fragrant pear fruit during shelf-life [J]. Food Science and Technology, 2015, 5: 37-41