

# 外源乙烯和 1-甲基环丙烯处理对采后胡萝卜品质的影响

吕佳煜<sup>1</sup>, 王倩<sup>1,2</sup>, 左进华<sup>1</sup>, 高丽朴<sup>1</sup>, 王清<sup>1</sup>, 梁毅<sup>1</sup>

(1. 北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097; 2. 天津市农业生物技术研究中心, 天津 300384)

**摘要:**以胡萝卜为试材, 采用乙烯及乙烯受体抑制剂(1-甲基环丙烯)处理, 通过对贮藏 60 d 后胡萝卜的品质劣变率(长须根率、腐烂指数、出薹率)、外观指数、可溶性糖含量及多酚氧化酶活性进行测定, 研究了 1-MCP 对胡萝卜采后贮藏品质的影响。结果表明: 1-MCP 结合手洗贮藏可抑制胡萝卜贮藏期间的品质劣变率、抑制可溶性糖含量的损失、保持较高的外观指数及抑制多酚氧化酶(PPO)活性。手洗后贮藏则可有效改善胡萝卜贮藏期间的表皮褐变问题。

**关键词:**1-甲基环丙烯; 乙烯; 采后; 贮藏方式

**中图分类号:**S 631.209<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)20-0127-04

胡萝卜(*Daucus carota* L.)属伞形花科萝卜属一二年生草本植物, 又名黄萝卜、丁香萝卜, 原产亚洲西南部, 主要作为鲜食或冷冻蔬菜产品, 中国是世界第一生产国以及主要出口国<sup>[1]</sup>。胡萝卜含有较高的营养物质及丰富的矿物质, 尤其受到了我国北方地区人民的喜爱。目前, 胡萝卜贮藏方式以沟藏、窖藏、塑料薄膜密闭储藏、浸蘸泥浆储藏为主<sup>[2]</sup>, 在适当的条件下可保存 6 个月左右, 但该课题组在预试验中发现, 胡萝卜采收后带土直接贮藏与手动清洗表面泥土后贮藏对后期胡萝卜外观有很大影响。在适当贮藏条件下, 手动清洗表面泥土后贮藏, 在其贮藏后期胡萝卜表面褐变程度较小; 而带土直接贮藏, 贮藏后期胡萝卜表面出现较严重的褐变现象。这一现象在很大程度上影响了胡萝卜的商品价值。

1-甲基环丙烯(1-MCP)为乙烯受体抑制剂, 可以阻断乙烯与受体结合, 抑制乙烯诱导果实成熟和衰老<sup>[3]</sup>。1-MCP 在梨<sup>[3]</sup>、苹果<sup>[4]</sup>、苦瓜<sup>[5]</sup>、马铃薯<sup>[6]</sup>等果蔬采后保鲜中均表现出较好的作用, 但其在胡萝卜保鲜方面的研究较少, 并且尚缺乏深入探讨。现有研究表明, 1-MCP 可以有效抑制胡萝卜在贮藏期间的品质劣变并较好地保持

营养物质的含量<sup>[7-8]</sup>。

该试验采用乙烯及 1-甲基环丙烯处理胡萝卜, 通过记录贮藏后胡萝卜的品质劣变率(长须根率、腐烂指数、出薹率)、外观指数, 测定可溶性糖含量及多酚氧化酶活性, 明确 1-MCP 处理对胡萝卜抗褐变能力的作用, 并初步筛选合适的 1-MCP 处理浓度, 以期为今后胡萝卜采后保鲜的实际应用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试胡萝卜品种“黑田五寸”, 采购于北京天安农业发展有限公司, 选择根形整齐、大小一致、没有分叉裂口、无病虫害、无机械损伤的胡萝卜备用。

UV-1800 紫外分光光度计(上海精密科学仪器有限公司); TGL-16G-A 高速冷冻离心机(广州晟龙实验仪器有限公司)。

### 1.2 试验方法

将手动清洗、带土的 2 类胡萝卜分别随机分为 3 组, 每组约 40 根, 放入密闭熏蒸室内分别用乙烯、1-MCP、流动空气(CK)处理 24 h。将处理后的胡萝卜放在通风处通风 0.5 h 后, 用聚乙烯食品包装袋(220 mm×320 mm×1.2 mm)包装, 置于 0℃条件下贮藏, 贮藏 60 d 后, 测定相关指标。

### 1.3 项目测定

各指标样品重复 3 次, 取样后迅速用液氮冷冻, 并置于一 80℃低温冰箱中保存。

1.3.1 品质劣变率 长须根率(%)=长须根根数/总根

**第一作者简介:**吕佳煜(1990-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为农产品贮藏加工与食品资源开发。E-mail:lvjiayu222@sina.com.

**责任作者:**梁毅(1969-), 男, 博士, 副研究员, 现主要从事蔬菜遗传育种等研究工作。E-mail:liangyi@nrcv.org.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25-E-01); 西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095); 北京市农林科学院青年基金资助项目(201404)。

**收稿日期:**2016-05-05

数 $\times 100$ ;腐烂指数(%)=腐烂根数/总根数 $\times 100$ ;出薹率(%)=出薹根数/总根数 $\times 100$ 。

1.3.2 外观指数 由6人组成品评组,评判各处理的保鲜效果,每个样品按颜色、黑斑、黄化及外观进行整体分级、打分;共9分,分成3等,得分1~3表示不可接受;4~6表示一般;7~9分表示乐意接受商品价值<sup>[9]</sup>。外观评价标准如表1所示。

表1 外观评价标准

Table 1 Appearance evaluation criteria								
9分	8分	7分	6分	5分	4分	3分	2分	1分
没有变化	稍有变化	变化明显	商品性下降	商品性最低限	失去商品性	食用价值最低限	失去食用价值	腐烂变质

1.3.3 可溶性糖含量 采用蒽酮比色法测定<sup>[10]</sup>。

1.3.4 多酚氧化酶(PPO)活性 参照曹健康等<sup>[10]</sup>的方法测定,分别称取2.0 g组织样品置于研钵中加入10 mL磷酸缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆后,4℃ 12 000 r $\cdot$ min<sup>-1</sup>离心20 min,收集上清液为酶提取液。

#### 1.4 数据分析

差异显著性分析采用SPSS 19.0软件进行分析,用Origin 7软件进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对胡萝卜品质劣变率的影响

胡萝卜的须根,主要是从须根数量及须根长度2方面影响其耐藏性<sup>[11]</sup>,如图1所示,与对照组相比,1-MCP处理组手洗及带土贮藏均可极显著抑制胡萝卜贮藏期间须根的生长( $P<0.01$ ),乙烯处理组手洗处理略高于对照各处理组。在对照及乙烯处理组中,手洗贮藏的长须根率均高于带土贮藏,且在乙烯处理组中2种贮藏方式存在显著差异( $P<0.05$ )。在1-MCP处理组中,手洗贮藏的长须根率极显著低于带土贮藏( $P<0.05$ )。以上结果表明,1-MCP处理可以抑制胡萝卜贮藏期间的须根生长,从而可提高其耐贮藏性并较好地保持贮藏期间商品品质。此外,适当的手洗贮藏可增强1-MCP的保鲜作用。

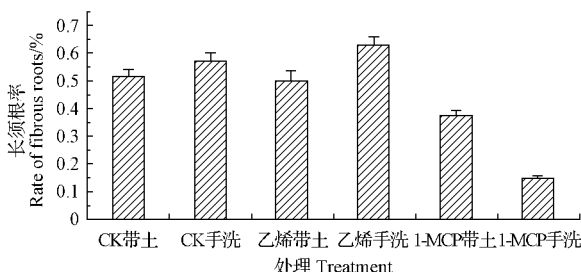


图1 不同处理对胡萝卜长须根率的影响

Fig.1 Effect of different treatments on rate of carrot fibrous roots

由图2可知,腐烂指数由高至低分别为对照组、乙烯处理组、1-MCP处理组。与对照组相比,乙烯处理组能够显著抑制腐烂的发生( $P<0.05$ ),而1-MCP处理组

则表现为极显著抑制( $P<0.01$ )。与带土贮藏相比较,3种处理方式下手洗贮藏的腐烂指数均极显著下降( $P<0.01$ )。结果表明,1-MCP及乙烯处理可以在贮藏期间抑制胡萝卜腐烂劣变的发生;手洗贮藏可显著提高胡萝卜耐贮藏性,保持较好的贮藏品质。

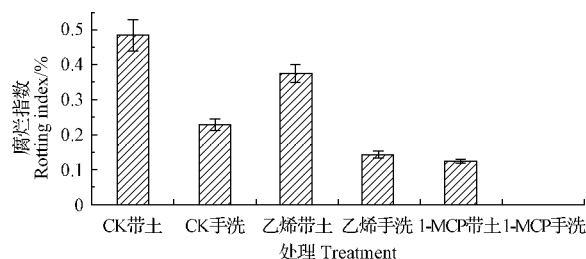


图2 不同处理对胡萝卜腐烂指数的影响

Fig.2 Effect of different treatments on rotting index of carrot

由图3可知,胡萝卜抽薹率由大到小为乙烯处理组 $>$ CK $>$ 1-MCP处理组。在对照组与乙烯处理组中,带土贮藏与手洗贮藏差异不显著;而1-MCP处理组中,手洗贮藏下的抽薹率显著低于带土贮藏( $P<0.01$ )。结果表明,1-MCP结合手洗贮藏可显著抑制胡萝卜贮藏期间的抽薹率。综上所述,1-MCP结合手洗贮藏可降低胡萝卜贮藏期间的品质劣变率。

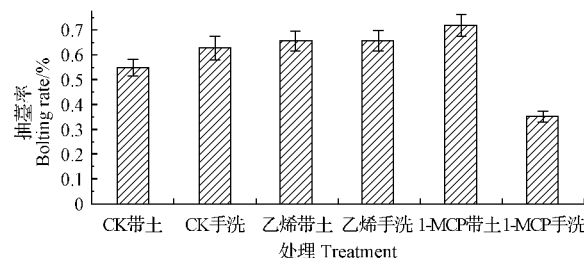


图3 不同处理对胡萝卜抽薹率的影响

Fig.3 Effect of different treatments on bolting rate of carrot

### 2.2 不同处理对胡萝卜外观指数的影响

外观品质为消费者购买商品时最易判断的商品指标,如图4所示,外观指数结果为1-MCP处理组 $>$ 对照组 $>$ 乙烯处理组。1-MCP处理组中,带土贮藏与手洗贮藏条件下其外观指数均高于7,表明胡萝卜贮藏期间外观品质变化不明显,保鲜效果较好,且1-MCP手洗处理外观指数略高于带土贮藏。乙烯处理组中2种贮藏方式的外观均低于6,商品性下降。对照组中2种贮藏方式的外观指数为6~7,表明胡萝卜贮藏期间外观变化明显但商品性并未下降。综上所述,1-MCP处理可以较好地抑制胡萝卜外观商品品质的下降。

### 2.3 不同处理对胡萝卜可溶性糖含量的影响

可溶性糖含量是决定胡萝卜甜度、口感及风味品质的关键因素,也是类胡萝卜素、色素、维生素及芳香物质等合成过程的基础物质,同时也是呼吸作用的消耗物

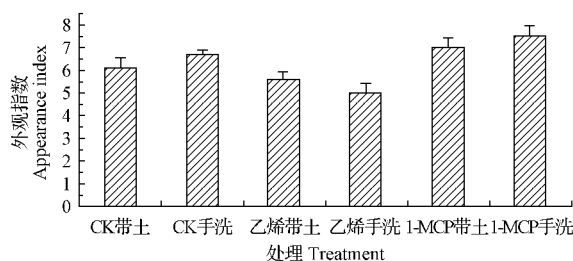


图4 不同处理对胡萝卜外观指数的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on appearance index of carrot 质,因此其是评价胡萝卜贮藏期间品质的重要指标<sup>[12]</sup>。如图5所示,1-MCP处理组中的可溶性含糖量较高,这可能与1-MCP抑制了胡萝卜的呼吸作用有关<sup>[13]</sup>。1-MCP结合手洗贮藏胡萝卜相较于带土贮藏可较好地保持胡萝卜可溶性糖含量。乙烯处理与对照处理组中可溶性糖含量相近,这可能是由于胡萝卜为非呼吸跃变型果蔬,乙烯对其作用不明显<sup>[14]</sup>。因此,1-MCP处理能够有效抑制胡萝卜可溶性糖含量的损失。

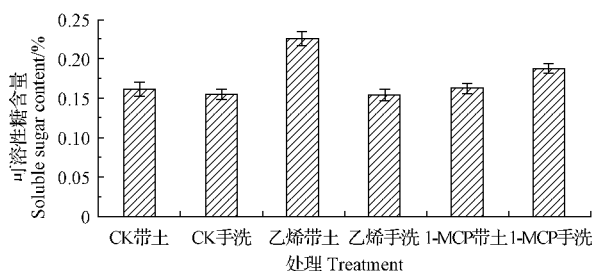


图5 不同处理对胡萝卜可溶性糖含量的影响

Fig. 5 Effect of different treatments on soluble sugar content of carrot

#### 2.4 不同处理对胡萝卜多酚氧化酶(PPO)活性的影响

PPO能够催化多种酚类物质氧化形成醌类化合物,再经过进一步聚合形成褐色或黑色的聚合物<sup>[15]</sup>。胡萝卜贮藏期间,表面会产生黑色的斑点,严重影响胡萝卜的商品性。如图6所示,与对照组相比,1-MCP处理组的PPO活性较高;乙烯处理组中,带土贮藏组PPO活性极显著高于手洗贮藏组( $P < 0.01$ ),且对照组中手洗贮藏略低于带土贮藏,说明手洗贮藏可在一定程度上抑制

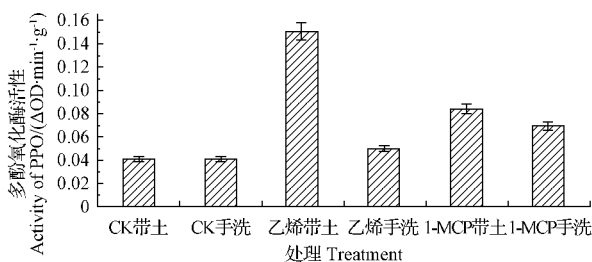


图6 不同处理对胡萝卜多酚氧化酶活性的影响

Fig. 6 Effect of different treatments on PPO activity of carrot

PPO活性。综上所述,1-MCP及手洗贮藏处理可使胡萝卜PPO活性保持在较低的范围内,从而有效减轻胡萝卜表面的褐变现象,保持较高的商品价值。

### 3 结论

该试验结果表明,1-MCP结合手洗贮藏可降低胡萝卜贮藏期间的品质劣变率、抑制可溶性糖含量的损失、保持较高的外观指数及抑制PPO活性。该试验还表明,胡萝卜带土贮藏可加重胡萝卜表面的褐变,而手洗后贮藏则可有效改善这一问题。该试验证明手洗贮藏可在一定程度上抑制PPO活性,同时也有可能与土壤中微生物作用等因素相关,这一问题还需继续探讨。

#### 参考文献

- [1] 李婕,隋伟,高锦梅,等. 采后胡萝卜腐烂病原菌鉴定[J]. 植物病理学报, 2014, 44(6): 705-708.
- [2] 何永梅,谢梦纯. 胡萝卜的几种保鲜贮藏方法[J]. 科学种养, 2014(3): 57-58.
- [3] XIE X, ZHAO J, WANG Y. Initiation of ripening capacity in 1-MCP treated green and red 'Anjou' pears and associated expression of genes related to ethylene biosynthesis and perception following cold storage and post-storage ethylene conditioning[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 140-149.
- [4] YANG X, SONG J, DU L, et al. Ethylene and 1-MCP regulate major volatile biosynthetic pathways in apple fruit[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 325-336.
- [5] HAN C, ZUO J, WANG Q, et al. Effects of 1-MCP on postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.)[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 182: 86-91.
- [6] FOUKARAKI S G, COOLS K, CHOPE G A, et al. Impact of ethylene and 1-MCP on sprouting and sugar accumulation in stored potatoes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 114: 95-103.
- [7] FORNEY C F, SONG J, HILDEBRAND P D, et al. Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(3): 341-348.
- [8] KRAMER M, BUFLER G, ULRICH D, et al. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on bitter compounds in carrots (*Daucus carota* L.)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 73: 28-36.
- [9] 曾文兵. 可食性复合涂膜保鲜剂对延长鲜切苹果货架期的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 262-265.
- [10] 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.
- [11] 胡鸿,姚蔚,吴肇志,等. 胡萝卜种质资源耐藏性鉴定试验初报[J]. 中国蔬菜, 1997(5): 16-19.
- [12] SMEEKENS S. Sugar-induced signal transduction in plants[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 2000, 51: 49-81.
- [13] 唐燕,马书尚,武春林. 1-MCP对嘎拉苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 42-45.
- [14] 王建军,周雅涵,曾凯芳. 乙烯催熟对采后果实贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 361-364.
- [15] ZHANG Y, LIU X, WANG Y, et al. Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2016, 33: 135-144.

DOI:10.11937/bfyy.201620033

# 超高压处理对鲜切甜瓜储藏特性的影响

郭 森<sup>1</sup>, 宿 时<sup>2</sup>, 王传凯<sup>1</sup>, 陈雪洋<sup>1</sup>

(1. 南阳农业职业学院, 河南 南阳 473000; 2. 河南农业职业学院, 河南 中牟 451450)

**摘 要:**以鲜切甜瓜为试材,在 25℃ 下采用 0.1、100、200、300、400、500、600 MPa 处理 10 min 后测定甜瓜菌落数;将 500 MPa 超高压处理后的鲜切甜瓜在 4℃ 条件下贮藏 9 d,分析了储藏期间超高压处理对鲜切甜瓜多酚氧化酶(PPO)活性、过氧化物酶(POD)活性、维生素 C 含量和亮度 L\* 的影响。结果表明:500 MPaX 加压处理 10 min 可抑制鲜切甜瓜中微生物,产品在 4℃ 条件下贮藏 9 d 后,鲜切甜瓜 PPO 和 POD 活性、维生素 C 含量、亮度 L\* 与对照组相比,差异显著( $P < 0.05$ )。

**关键词:**超高压;鲜切;甜瓜;保鲜

**中图分类号:**TS 255.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)20-0130-03

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科甜瓜属草本植物。其富含维生素、矿物质等营养成分,深受消费者喜爱<sup>[1-2]</sup>。鲜切甜瓜是指新鲜甜瓜经清洗、去皮(瓢)、切分和包装后供人们立即食用的新型加工食品<sup>[3]</sup>。符合现代社会对方便、卫生食品的需求。但鲜切果蔬加工后,生理生化特性发生变化、容易受到微生物污染、营养成分易损失,因此,保鲜问题一直是鲜切果蔬加工中的研究热点。

**第一作者简介:**郭森(1968-),女,硕士,副教授,现主要从事果蔬储藏与加工等教学与科研工作。E-mail:guomiao4321@126.com.

**基金项目:**河南省食品加工过程安全控制技术创新团队资助项目(C20150024)。

**收稿日期:**2016-07-26

目前,保鲜方法主要有物理方法,如低温冷链技术、臭氧、辐射等方法<sup>[4]</sup>;化学方法,如涂膜处理、保鲜剂处理等<sup>[5]</sup>;生物保鲜技术<sup>[6]</sup>等。其中物理方法安全性高,尤其受到关注。超高压(ultra high pressure, UHP)保鲜技术作为一种物理保鲜新技术,近年来,在鲜切果蔬上得到应用,其具有杀灭微生物、抑制酶促褐变的作用。一些学者研究了其对雪莲果<sup>[7]</sup>、南瓜<sup>[8]</sup>、莲藕<sup>[9]</sup>、生菜和莴笋<sup>[10]</sup>等鲜切果蔬的影响。但目前 UHP 对鲜切甜瓜保鲜效果的研究尚鲜见报道。因此,该研究采用超高压对鲜切甜瓜进行杀菌处理,在实现杀菌效果的基础上,研究其储藏期间多酚氧化酶(PPO)活性、过氧化物酶(POD)活性、维生素 C 含量、亮度等产品质量指标的变化规律,以期开发超高压鲜切甜瓜提供理论指导。

## Effect of Exogenous Ethylene and 1-MCP on Postharvest Quality of Carrots

LYU Jiayu<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1,2</sup>, ZUO Jinhua<sup>1</sup>, GAO Lipu<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, LIANG Yi<sup>1</sup>

(1. Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097; 2. Tianjin Agricultural Biotechnology Research Center, Tianjin 300384)

**Abstract:** Carrots were used as test materials and were treated by ethylene and ethylene receptor inhibitor (1-MCP) to reveal the effect of 1-MCP on postharvest carrots by some indexes measured after 60 days, which included quality deterioration rate (rate of fibrous roots, rotting index, bolting rate), appearance index, soluble sugar content and activity of PPO in different treatments. The results showed that the quality deterioration rate and the loss of soluble sugar content were inhibited by 1-MCP combined with hand washing during the storage. And this treatment could maintain higher appearance index and lower activity of PPO. Epidermis browning of carrots could be improved effectively by hand washing prior to storage.

**Keywords:** 1-MCP; ethylene; postharvest; storage method