

# 1-MCP 在果蔬贮藏保鲜中的应用

陈志远<sup>1</sup>, 韩志平<sup>1</sup>, 张海霞<sup>2</sup>, 湛润生<sup>1</sup>, 黄蕊<sup>1</sup>, 马樱芳<sup>1</sup>, 张春业<sup>1</sup>

(1. 山西大同大学 生命科学学院, 山西 大同 037009; 2. 山西大同大学 后勤管理处, 山西 大同 037009)

**摘要:** 1-甲基环丙烯(1-MCP)是一种新型的化学保鲜剂,通过抑制乙烯的产生、阻止乙烯作用的生理过程延缓果蔬的腐败和衰老,从而达到延长果蔬贮藏保鲜期的目的。通过对 1-MCP 的性质、果蔬贮藏保鲜的作用机理及影响 1-MCP 保鲜效果的因素进行综述,分析了 1-MCP 对果蔬采后生理和品质的影响,以及 1-MCP 在果蔬贮藏保鲜中的应用前景。

**关键词:** 1-MCP; 果蔬; 贮藏保鲜; 采后生理

**中图分类号:** TS255.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2767(2013)10-0104-03

乙烯作为一种重要的植物生长调节物质,能够诱导植物组织的衰老,并参与果实后熟的一系列生理生化进程。果蔬在贮藏过程中释放乙烯,当乙烯浓度达到一定水平时会启动果蔬的后熟过程,加速其衰老与腐烂。20 世纪 90 年代, Serek 和 Sisler 在研究通过抑制乙烯的作用来延缓果实衰老时发现, 1-甲基环丙烯(1-Methyleylepropene, 1-MCP)、2,5-降冰片二烯(2,5-NBD)、3,3-二甲基环丙烯(3,3-DMCP)以及环丙烯(CP)等烯烃类物质在果蔬保鲜上有良好的效果<sup>[1]</sup>。其中, 1-MCP 被认为是最好的保鲜剂,其最为稳定,具有使用剂量小、效果显著和安全无毒等特点。目前, 1-MCP 已被广泛应用于苹果<sup>[2]</sup>、香蕉、草莓<sup>[3]</sup>和辣椒等果蔬的贮藏保鲜中,并取得了很大进展,在其它果蔬保鲜上的应用也有着广阔的发展前景。

## 1 1-MCP 的性质及其作用机理

### 1.1 1-MCP 的性质

1-MCP 是一种小型环丙烯类化合物,常温下为气体,沸点约 10℃,空间构象为平面结构,性质十分活跃。最早用于切花和盆花等花卉的保鲜<sup>[4]</sup>,由于气体以及液体状的 1-MCP 在使用时很不方便,因此在果蔬保鲜中,人们常使用的是已经被载体固定下来的 1-MCP 粉剂或片剂,接触水后

即可释放出 1-MCP 气体。

### 1.2 1-MCP 保鲜的作用机理

乙烯在生物体内合成以后,与金属蛋白质结合,通过代谢起到促进果蔬成熟和衰老的生理作用<sup>[5]</sup>。Sisler 研究认为<sup>[1]</sup>, 1-MCP 可以竞争性地与受体蛋白质的金属离子结合,进而阻止内源和外源乙烯与受体结合,使乙烯作用信号的传导和表达过程受阻,阻断乙烯的正常代谢过程,并抑制其诱导的与果实后熟相关的一系列生理生化反应。一些研究表明, 1-MCP 通过调节乙烯生物合成途径中的 ACC 合成酶(ASC)和 ACC 氧化酶(ACO),阻断乙烯调控的生理生化过程<sup>[6]</sup>。Lelievre 等<sup>[7]</sup>发现, 1-MCP 可以抑制梨冷处理和先冷处理再升温两种条件下诱导的 ASC、ACO 基因的表达,减少其转录产物的积累。Nakatsuka 等<sup>[8]</sup>研究表明, 1-MCP 处理使番茄果实中乙烯合成和传导的 LE-ACS2、LE-ACS4、LE-ACO1、LE-ACO4 及 NR 基因的表达受到抑制, ASC、ACO、mRNA 及 NRmRNA 的含量增加。因此, 1-MCP 至少可通过这两种机制来延缓果蔬的衰老过程,延长果蔬贮藏期和货架期。

## 2 影响 1-MCP 对果蔬贮藏保鲜效果的因素

### 2.1 果蔬类型

果蔬有呼吸跃变和非呼吸跃变两种类型。1-MCP 能有效的抑制苹果<sup>[2]</sup>、梨<sup>[9]</sup>和香蕉等呼吸跃变型果实中乙烯的大量释放,推迟呼吸高峰的出现,延缓其成熟和衰老过程,从而延长果蔬的贮藏保鲜期。1-MCP 在非跃变型果蔬保鲜上应用较

收稿日期: 2013-05-02

基金项目: 山西省高等学校创新创业训练资助项目[2012-259]; 山西省高校科技开发资助项目[20121107]

第一作者简介: 陈志远(1990-), 男, 山西省泽州县人, 在读学士, 从事植物生理生态研究。E-mail: zhiyuan6009@126.com。

通讯作者: 韩志平(1976-), 男, 山西省孟县人, 博士, 副教授, 从事植物逆境生理与分子生物学研究。E-mail: hanzhiping0215@163.com。

少,但适宜浓度的 1-MCP 也可以有效地抑制草莓<sup>[3]</sup>、荔枝<sup>[10]</sup>、番荔枝<sup>[11]</sup>和菠萝<sup>[12]</sup>等非呼吸跃变型果实的乙烯生成和呼吸作用,提高其抗氧化能力,保持果实品质。陈丹生等<sup>[13]</sup>用 1-MCP 处理红富士苹果后,苹果的贮藏保鲜期明显延长。郭彩琴等<sup>[14]</sup>用 1-MCP 对净皮甜石榴进行处理,发现果实的腐烂率降低,货架期大大延长。

## 2.2 果蔬成熟度

用 1-MCP 处理同一品种不同成熟度的果蔬,产生的效果也不一致。对于呼吸跃变型果实,1-MCP 处理应该在果实跃变前,此时处理效果最好;成熟度过高的果实,1-MCP 对其保鲜效果并不显著。辛付存等<sup>[15]</sup>用  $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 对 4 个采收期的猕猴桃处理 24 h 后在  $2^{\circ}\text{C}$  下进行贮藏,不同采收期的果实均能正常后熟,但品质和保鲜效果略有差异,盛花期后 138~146 d 采收的果实保鲜效果最佳。田改妮等<sup>[9]</sup>对砀山酥梨以及李江阔等<sup>[16]</sup>对南果梨的研究均表明,成熟度是影响 1-MCP 对梨采后贮藏保鲜效果的重要因素,适时采收的梨用 1-MCP 处理能显著延缓果实硬度下降,明显延长梨的保鲜期。

## 2.3 1-MCP 浓度

1-MCP 使用浓度的不同,会直接影响采后果蔬的保鲜效果。不同种类的果蔬,甚至同种果蔬的不同品种,1-MCP 保鲜的最佳处理浓度不同。对某些果蔬来说,1-MCP 浓度越高,效果越明显;但高浓度的 1-MCP 有时会加速一些非呼吸跃变型果蔬的衰老和腐烂。郭彩琴<sup>[14]</sup>在冷藏条件下分别用  $0.25$ 、 $0.50$ 、 $1.00$  和  $1.50 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  的 1-MCP 处理净皮甜石榴,发现  $0.25 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  处理的保鲜效果最佳,腐烂率最低。居益民等用  $250$ 、 $500$ 、 $750$  和  $1\ 000 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  的 1-MCP 处理采后猕猴桃,30 d 时各处理的好果率均高于对照,随着时间的延长,各处理的差异变大,其中  $750 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 处理的效果最好<sup>[17]</sup>。

## 2.4 贮藏温度

采后果蔬对贮藏温度的要求较严格,温度升高会加速果蔬的成熟和腐烂,因此常在低温条件下贮藏新鲜果蔬。但是 1-MCP 对果蔬的处理通常在室温下进行,Macnish 等<sup>[18]</sup>认为低温下 1-MCP 不能完全与受体结合。赵迎丽等<sup>[19]</sup>分别在  $0^{\circ}\text{C}$  和  $20^{\circ}\text{C}$  下用 1-MCP 处理猕猴桃秦美,结果表明  $20^{\circ}\text{C}$  下处理的保鲜效果优于  $0^{\circ}\text{C}$  下的保鲜

效果。

## 2.5 贮藏方式

冰温贮藏、冷藏保存和气调贮藏是目前最常用的 3 种果蔬贮藏保鲜方式,1-MCP 保鲜结合其它的保鲜技术,是延长果蔬保鲜期的新方法。1-MCP 结合冰温对磨盘柿进行贮藏保鲜,有效地延缓了果实硬度的下降,维持了较高的 VC、可溶性固形物以及可滴定酸等物质的含量,延缓了果实的衰老过程和褐变的发生,贮藏期可延长到 60 d<sup>[20]</sup>。

## 3 1-MCP 处理对果蔬采后生理及品质的影响

### 3.1 对乙烯释放和呼吸速率的影响

1-MCP 竞争性地与乙烯受体结合,抑制了果蔬体内乙烯的释放,显著降低了呼吸速率,推迟了呼吸高峰的到来。呼吸速率的降低减缓了采后果蔬的成熟与衰老,有效地延长了果蔬的贮藏保鲜期。刘美艳等<sup>[21]</sup>研究表明,1-MCP 处理的苹果泰山早霞乙烯释放速率受到抑制,释放量明显降低,处理后 1 d 比对照降低了 72%,2 d 下降 75%。一般情况下,苹果梨呼吸速率先下降,达到一定成熟度后再上升,最后下降直到衰老腐烂。用 1-MCP 处理后,苹果梨呼吸强度逐渐下降,28 d 达到最低后上升,62 d 达到最大值,有效地延长了苹果梨的贮藏期和货架期<sup>[22]</sup>。

### 3.2 对贮藏中果实酶活性的影响

过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)是植物体内重要的抗氧化酶类,三者协同作用可以有效清除果蔬采后成熟过程中产生的  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\cdot\text{OH}$  和超氧阴离子等活性氧自由基保护细胞膜结构,延缓果蔬组织的衰老,在果蔬产品的保鲜中发挥重要作用。李梅等研究表明<sup>[23]</sup>,用 1-MCP 处理采后西洋梨,果实的 POD 活性比对照组下降缓慢,SOD 活性和 CAT 活性显著高于对照,有效地延缓了果实的衰老。

### 3.3 对果蔬营养品质的影响

在果蔬的贮藏保鲜期间,VC、可溶性糖和可滴定酸含量通常会不断下降,这是果蔬进行生理代谢活动的结果,也是果蔬不断成熟和衰老的表现。这些营养指标含量的变化,反映了果蔬贮藏期间的品质变化。李志文等用  $1.0 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 处理常温贮藏的葡萄乍娜后,发现 1-MCP 明显延缓了可溶性固形物和 VC 含量的下降,抑制了后期可滴定酸的增加,改善了葡萄的货架期品质<sup>[24]</sup>。李莉用 1-

MCP 处理苹果梨后,明显推迟了果实硬度的下降,减缓了可溶性固形物含量的降低,维持了较高的可滴定酸含量,具有明显的保鲜效果<sup>[22]</sup>。

### 3.4 对果蔬外观品质的影响

果蔬成熟与衰老的过程中伴随着产品器官硬度下降、细胞壁分解、风味物质挥发等一系列代谢变化,这些变化会影响果蔬的口感和风味<sup>[25]</sup>。通过 1-MCP 处理可减缓采后果蔬淀粉转化速率和细胞壁物质的降解速率,有利于保持果蔬的硬度及风味<sup>[26]</sup>;同时通过减缓色素的分解,保持产品器官的新鲜色泽<sup>[27]</sup>,保证果蔬良好的外观品质。例如,苹果嘎拉采收后贮于常温下,果实硬度迅速下降,经 1-MCP 处理后,20 d 时硬度几乎不变<sup>[28]</sup>;1-MCP 也可延缓绿芦笋的成熟和衰老,较好地保持了绿芦笋的品质和风味<sup>[29]</sup>;李梅等同样用 1-MCP 处理 20℃ 下贮藏的西洋梨,延缓了果实色泽的变化和硬度的下降,保持了贮藏品质<sup>[30]</sup>。

## 4 1-MCP 应用展望

1-MCP 作为一种高效的果蔬保鲜剂,受到国内外诸多研究者的关注。2002 年 7 月,美国环保署批准 1-MCP 可在苹果采收期使用。2003 年 8 月,美国 50 个州均已获得批准,可将 1-MCP 应用于苹果的处理和贮藏<sup>[31]</sup>。由此,1-MCP 在果蔬的贮藏保鲜中得到了广泛应用。

尽管 1-MCP 对果蔬采后贮藏保鲜效果的研究取得了很大进步,但仍有一些问题尚未解决。首先,1-MCP 对乙烯的确切作用机理有待进一步研究;其次,1-MCP 处理不当对采后果蔬的贮藏会带来一些负面效应,其保鲜效果与许多因素有关。今后的研究中,应进一步从生理生化甚至分子水平上对 1-MCP 的作用机理进行研究,探索 1-MCP 与其它贮藏保鲜技术结合的新型保鲜方式,解决 1-MCP 在贮藏保鲜应用中存在的问题,以期最大程度延长果蔬的贮藏保鲜期。

### 参考文献:

- [1] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at receptor level: recent developments[J]. *Physiologia Plantarum*, 1997, 100: 577-582.
- [2] 朱金薇,冯江涛,延卫. 1-甲基环丙烯在苹果贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. *北方园艺*, 2010(20): 195-198.
- [3] 李志强,汪良驹,巩文红,等. 1-MCP 对草莓果实采后生理及品质的影响[J]. *果树学报*, 2006, 23(1): 125-128.
- [4] Serek M, Sister E C, Reid M S. Novel gaseous inhibitor of ethylene binding prevents ethylene effects in potted flowering plant[J]. *Journal of American Society of Horticulture*

*Science*, 1994, 119: 1230-1233.

- [5] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2008: 187.
- [6] 丁丹丹,王志华,王文辉. 1-甲基环丙烯保鲜水果效果及作用机制[J]. *北方园艺*, 2009(2): 130-132.
- [7] Lelievre J M, Tichit L, Dao P, et al. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in *Passe-crassane* pear (*Pyrus communis* L.) fruits[J]. *Plant Molecular Biology*, 1997, 33: 847-855.
- [8] Nakatsuka A, Shiomi S, Kubo Y, et al. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in ripening tomato fruit[J]. *Plant and Cell Physiology*, 1997, 38: 1103-1110.
- [9] 田改妮,饶景萍,张举印,等. 1-MCP 处理对不同采收期砀山酥梨冷藏效果的影响[J]. *西北农业学报*, 2009, 18(4): 256-260.
- [10] Sivakumar D, Korsten L. Fruit quality and physiological responses of litchi and controlled atmosphere storage condition[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(6): 942-948.
- [11] Li C R, Shen W B, Lu W J, et al. 1-MCP delayed softening and affected expression of XET and EXP genes in harvested cherimoya fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(3): 254-259.
- [12] Rocculi P, Cocci E, Romani S, et al. Effect of 1-MCP treatment and N<sub>2</sub>O MAP on physiology and quality changes of fresh-cut pineapple[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 51(3): 371-377.
- [13] 陈丹生,苏新国,郑永华,等. 1-甲基环丙烯对红富士苹果贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2003, 24(9): 143-146.
- [14] 郭彩琴,惠伟,王静,等. 1-MCP 对净皮甜石榴的冷藏保鲜效果[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(3): 348-351.
- [15] 辛付存,饶景萍,赵明慧,等. 1-MCP 处理对不同采收成熟度猕猴桃徐香保鲜效果的影响[J]. *北方园艺*, 2011(7): 141-144.
- [16] 李江阔,张鹏,纪淑娟,等. 1-MCP 对不同成熟度南果梨贮藏后货架保鲜效果的研究[J]. *北方园艺*, 2009(1): 212-214.
- [17] 居益民,周慧娟,叶正文,等. 1-MCP 处理对猕猴桃贮藏保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2010, 26(6): 40-43.
- [18] Macnish A J, Hofman P J, Joyce D C, et al. 1-Methylcyclopropene treatment efficacy in preventing ethylene perception in banana fruit and grevillea and waxflower flower[J]. *Australian Journal of Experiment Agriculture*, 2000, 40(3): 471-481.
- [19] 赵迎丽,李建华,石建新,等. 不同温度下 1-MCP 处理对猕猴桃果实贮藏的影响[J]. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 2005, 25(2): 153-156.
- [20] 张鹏,李江阔,陈绍慧,等. 1-MCP 结合冰温贮藏磨盘柿的防褐保鲜效果[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(5): 108-113.
- [21] 刘美艳,魏景利,刘金,等. 苹果泰山早霞采后 1-甲基环丙烯处理对其软化及相关基因表达的影响[J]. *园艺学报*, 2012, 39(5): 845-852.

(下转第 115 页)