

【农产品加工】

1-MCP 采后处理在果实贮藏保鲜上应用的研究进展

关夏玉, 陈清西*
(福建农林大学园艺学院, 福州 350002)

摘要: 1-MCP 是一种新型乙烯抑制剂, 能抑制乙烯释放量和呼吸强度, 调节果实成熟衰老相关基因的表达, 延缓采后果实衰老, 保持果实的贮藏品质和货架寿命, 对果实采后的营养成分、风味物质、硬度的保持和减轻采后病害也有一定的影响。概述了 1-MCP 在采后果实贮藏保鲜方面的效果和应用前景。

关键词: 1-MCP; 果实; 贮藏保鲜

中图分类号: S482.8, S609+.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2006)04-0046-04

Recent Advances in Study on Application of 1-methylcyclopropene for Storage and Preservation of Fruits

GUAN Xia-yu, CHEN Qing-xi
(College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: As a new ethylene receptor inhibitor, 1-methylcyclopropene can inhibit ethylene production and respiration rate effectively in many fruits, and regulate the related gene's expression in fruit senescence. 1-MCP also could delay the senescence, improve the storage quality, promote the shelf life and affect the nourishment composition, flavors, hardness and physiology disorders in post-harvest fruits. This paper reviewed the effect of 1-MCP in the fruit preservation. The perfect application of 1-MCP was also predicted.

Key words: 1-methylcyclopropene (1-MCP); fruit; storage and preservation

1-甲基环丙烯(1-MCP)为近年来发现的一种新型乙烯作用抑制剂, 它可与乙烯受体上的金属离子结合, 抑制乙烯-受体复合物的形成, 阻断乙烯所诱导的信号传导。因此, 在植物内源乙烯大量产生之前, 施用 1-MCP 就会抢先与乙烯受体结合, 封阻了乙烯与它们的结合和随后产生的效应, 暂时延缓了乙烯的生理反应。例如: 落花、落果、落叶、叶绿素降解和果实成熟等现象^[1]。目前, 1-MCP 在切花保鲜、延缓盆花衰老中已广泛应用, 在延缓果实采后衰老软化、提高果实贮藏品质等方面的研究报道也逐渐增加。本文综述了近年来有关 1-MCP 的作用机理、在果实贮藏保鲜方面的研究进展, 以期为深入研究 1-MCP 提供依据。

1 1-MCP 对果实贮藏保鲜效果的影响因素

1.1 果实类型

1-MCP 处理不同的果实时, 其效应不同。近年来, 人们对 1-MCP 在菠萝、苹果^[2-6]、香蕉^[7-9]、梨^[10]、西洋梨^[11]、桃^[12,13]、猕猴桃^[14]、油桃^[15]等多种果品上的作用进行研究, 发现 1-MCP 对跃变型果实有明显作用, 阻止或延缓乙烯作用的发挥, 使果品贮藏期和货架期大大延长; 而对于荔枝等非跃变型果实的采后生理生化变化及贮藏保鲜效果则无显著影响, 有时甚至会促进果实乙烯的产生和腐烂。这可能与抑制果实系统 II 的乙烯合成有关。由于非跃变型果实不存在乙烯合成系统 II, 因此,

收稿日期: 2006-05-15; 修回日期: 2006-06-27。

作者简介: 关夏玉(1984—), 女, 在读硕士研究生; 果树学专业, 主要从事果树生理研究。E-mail: gxy302@126.com

* 通讯作者: 陈清西, 教授。E-mail: cqx0246@163.com

1-MCP 对非跃变型果实的采后生理无显著影响则是显然的^[16]。

1.2 果实成熟度

1-MCP 对水果不同成熟期的作用效果不同,1-MCP 处理跃变前期的果实有效,对于进入跃变期的果实影响很小或无效^[17,18]。因此,1-MCP 有效处理时期应该是在果实发生跃变、乙烯大量发生之前。苏小军等^[7]的研究也发现,香蕉经乙烯处理后再用 1-MCP 处理,果实的后熟仅部分受抑,可能与体内某些受体已完成对乙烯的感受有关,而果实经乙烯处理后 2d 或 3d 后,用 1-MCP 处理,后熟进程不受影响,说明果实后熟已进入不可逆阶段,乙烯的自动催化合成一经启动,1-MCP 便会失去抑制效果,表明 1-MCP 的抑制效应仅与果实后熟早期有关。

1.3 处理浓度与处理时间

1-MCP 抑制乙烯效应所需浓度与其处理时间有关,一般情况下,1-MCP 处理时间愈长,所需浓度愈低;反之亦然^[19]。且在一定浓度范围内,1-MCP 处理的效果随其浓度的增加而加强,如分别用 30 和 90 nL/L 1-MCP 处理的 Prata-Ana 香蕉,温度在 24℃、相对湿度 78.5% 条件下贮藏,其成熟比对照分别延迟 4d 和 8d^[20]。但是浓度过高的 1-MCP 处理反而导致腐烂的增加。高浓度 1-MCP 促进衰老作用可能是通过抑制某些有利的或者是激发某些不利的代谢系统,从而干预植物组织本身的自然防御系统。另外,不同浓度的 1-MCP 处理桃^[12]、苹果^[3,4]、南果梨^[21]其效果也不一样。

1.4 处理温度

1-MCP 处理效果与温度有关。Sisler 等认为:在低温条件下,1-MCP 与受体结合减少^[22],这可能与低温下膜上受体蛋白构象的改变有关^[23]。Ku 等^[24]则认为高温条件下 1-MCP 可能会更好地接近乙烯结合位点并与其结合。此外,赵迎丽^[25]等报道:1-MCP 处理对猕猴桃果实在 0℃ 下的保鲜效果没有 20℃ 下的效果好,可能是低温导致 1-MCP 气体渗入植物组织的能力下降或与受体结合能力降低有关^[9]。

1.5 1-MCP 施用次数

果实经 1-MCP 处理后,外源乙烯处理对软化进程不起作用,可能是果实体内缺乏足够数量的乙烯受体,然而,给予足够的时间,保证足够数量新的乙烯受体的合成,外源乙烯处理便能诱导果实后熟

发生。苏小军等^[7]研究也认为:1-MCP 并没有破坏这些受体,因而只要少量新的乙烯受体的合成便能启动果实后熟。Mattheis 等在苹果、梨贮藏期间,当果实的乙烯释放量低于 0.1 μL/L 时,再次施用 1-MCP 可更有效地延迟后熟^[19]。因此,1-MCP 重复施用可增强延缓果实成熟衰老的效果。

1.6 与其他采后处理结合使用的效果

胡美娇等^[26]研究了常温下热处理、1-MCP 处理及热处理结合 1-MCP 处理对芒果果实贮藏效果的影响,结果表明:热处理结合 1-MCP 处理在一定程度上结合了二者的优点,对芒果的贮藏效果最佳。此外,1-MCP 处理及 MA 包装可以显著抑制晴朗油桃果实的呼吸强度,延缓果实的衰老^[27]。可见,根据不同果实特性,结合其他保鲜方式可提高 1-MCP 的应用效果。

2 1-MCP 对果实采后生理和品质的影响

2.1 对乙烯释放量及呼吸强度的影响

1-MCP 抑制乙烯与其受体的正常结合,阻断乙烯反馈调节的生物合成,可能是 1-MCP 处理导致 1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 向丙二酰 ACC (MACC) 的转化过程不能恢复。另外,乙烯的产生可通过从 ACC 合成酶 (ACS)、ACC 氧化酶 (ACO) 进行调节,而 1-MCP 处理能阻断这种调节作用^[28]。1-MCP 不仅能阻断体内乙烯生物合成的反馈调节,而且还能抑制外源乙烯对内源乙烯产生的诱导作用^[28,29]。据报道,1-MCP 处理不仅可以显著抑制果实的呼吸强度,而且能降低果实的呼吸峰值^[28]。大多数跃变型水果如苹果、梨、柿等果实后熟过程中的呼吸强度也受 1-MCP 不同程度的抑制。

2.2 对果实营养成分的影响

1-MCP 对果实营养成分的影响主要包括对果实可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖、Vc 及蛋白质含量变化的影响。在苹果^[3]、梨^[21]上的研究表明,1-MCP 能够延缓可溶性固形物和可滴定酸含量的降低,抑制淀粉的转化和分解,显著提高果实贮藏质量。MacLean 等发现 1-MCP 处理能保持“Delicious”苹果的种类黄铜含量^[30]。此外,1-MCP 对杏^[31]果实中的 Vc、可滴定酸和可溶性固形物的保持也有较好的效果;显著延缓中国樱桃果实可滴定酸、糖、Vc 和可溶性蛋白质含量的下降速度^[32]。

2.3 对果实风味物质形成的影响

1-MCP 处理能够影响果实贮藏期间某些主要风味物质的转化和含量。Mattheis 指出:1-MCP 可降低呼吸跃变型果实中酯类化合物的产量,而对醛的产量影响不大^[33]。Golding 等在香蕉中发现,1-MCP 处理能极大地改变挥发性香味的成分,导致醇含量上升和相关酯含量下降^[34]。但是,50 nL/L 1-MCP 处理能增加采后梨果的挥发性物质异丁酸乙酯和丁醇的积累,维持果实的香气^[35]。由此可见,1-MCP 对不同类型果实的特征性风味物质影响有异,这可能与其受乙烯影响的程度不同有关。

2.4 对果实后熟与软化的影响

研究表明:1-MCP 可显著抑制香蕉、油梨和苹果的后熟与软化,延缓猕猴桃、杏、桃贮藏期间的硬度下降。据报道,1-MCP 可延缓油桃果实硬度的下降,阻止引起果实软化的细胞物质(淀粉、纤维素、果胶)的降解,抑制与果实软化相关的酶(淀粉酶、纤维素酶、多聚半乳糖酸酶)活性^[36]。

2.5 对果实色泽的影响

组织或器官色泽转变是采后园艺作物成熟、衰老的一个标志,主要表现为叶绿素的降解及其他色素的合成或显现。乙烯参与叶绿素的降解作用,色素的合成可分为乙烯依赖型和非乙烯依赖型两类。1-MCP 阻断乙烯受体,从而抑制乙烯效应。如先以 1-MCP 处理再用丙烯处理后的香蕉,第 26 d 开始转黄,单独以 1-MCP 处理后的第 34 d 果实颜色才发生变化;经丙烯处理后第 3d 果皮颜色即发生变化;未经任何处理的则到第 21 d 开始转黄^[28]。在 20℃ 下,1-MCP 处理能显著延缓李果色泽的转变^[37]。1-MCP 处理能暂缓“桂味”荔枝果皮花色素苷酶活性的上升^[38],但对荔枝果实的呼吸、乙烯、PPO、POD 及营养成分无显著影响,也不能延缓果皮褐变,表明荔枝果皮褐变是一个对乙烯不敏感的生理过程^[16]。

2.6 对果实贮藏期间生理病害的影响

已经证实:1-MCP 对防止苹果、梨果皮病变等效果十分明显。500 nL/L 浓度的 1-MCP 处理能有效地抑制“秦王”桃^[12]和水蜜桃“24 号”^[13]的果肉褐变。1-MCP 可使芒果、番木瓜、番荔枝果实后熟分别延迟 5.1、15.6、3.4 d,但芒果果实蒂腐病增加了 1 倍,番木瓜和番荔枝果实表面的污斑和腐烂程度增大^[39]。此外,1-MCP 处理阻碍了胡萝卜抗真菌素 6-methoxymellin 的积累^[40]。

3 展望

1-MCP 与其他一些有机化学物质,如 DACP (重氮环戊二烯)、5-norbornadiene (降冰片二烯) 相比,具有无毒、低量、高效等优点,它不仅强烈地抑制内源乙烯的生理效应,而且还能抑制外源乙烯产生的诱导作用,并且作用效果持久,从而延长果蔬贮藏期或货架寿命,因而在采后果蔬中有极大的应用前景。但还应该看到成熟度、处理浓度、处理时间及处理温度等均对保鲜效果产生重要的影响,且这些因素之间的相互关系仍需更深入的探讨。另外,大部分的研究是针对当地单个或有限的少数品种进行的,品种之间的差异对 1-MCP 处理的影响程度还没有进行过系统的研究,有些作用机制等尚待进一步研究。以下几方面的工作在今后的研究中应受到重视:①进一步从生理生化和分子水平上研究其作用机制,尤其是从乙烯合成和乙烯信号传导途径等方面以及与之相对应的基因水平方向去考虑;②系统和全面地研究其使用浓度、处理时间、处理材料的差异性,建立各种果品 1-MCP 应用模式;③开展 1-MCP 对果品贮藏期间抗病和感病的机理研究;④研究 1-MCP 与其他保鲜手段连用,利用复合效应更好地开展保鲜工作。

参 考 文 献

- [1] Sisler E C. The discovery and development of compounds counteracting ethylene at the receptor level [M]. *Biotechnol Adv.* 2006: [Epub ahead of print]
- [2] Rupasinghe H P V, Murr D P, Patliyath G, et al. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in "McIntosh" and "Delicious" apples [J]. *J of Horti Sci and Biotech.* 2000, 75(3): 271 ~ 276
- [3] 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. "乔纳金" 苹果采后 1-MCP 处理对常温贮藏效果的影响 [J]. *园艺学报*, 2003, 30(1): 90 ~ 92
- [4] 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. 1-MCP 对苹果采后生理的影响 [J]. *果树学报*, 2003, 20(1): 12 ~ 17
- [5] 高敏, 张继澍. 1-甲基环丙烯对红富士苹果酶促褐变的影响 [J]. *植物生理学通讯*, 2001, 37(6): 522 ~ 524
- [6] 韩冬芳, 马书尚, 王鹰, 等. 1-MCP 对新红星苹果乙烯代谢和贮藏品质的影响 [J]. *园艺学报*, 2003, 30(1): 11 ~ 14
- [7] 苏小军, 蒋跃明, 李月标. 1-MCP 对香蕉果实货架期的影响 [J]. *亚热带植物科学*, 2003, 32(1): 1 ~ 3
- [8] 张明晶, 姜微波, 徐杏连, 等. 1-甲基环丙烯对香蕉食用品质变化的影响 [J]. *食品科学*, 2002, 23(2): 126 ~ 128
- [9] 吴振先, 张延亮, 陈永明, 等. 1-甲基环丙烯处理对不同成熟阶段香蕉果实后熟的影响 [J]. *华南农业大学学报*, 2001, 22(4): 15 ~ 18

- [10] Argenta LC, Fan X, Mattheis. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit[J]. *J Agric Food Chem.* 2003, 51(13):3858~3864
- [11] 李正国, El-Sharkawy I, Lelieve J M. 温度、丙烯和 1-MCP 对西洋梨果实乙烯合成和乙烯受体 ETR1 同源基因表达的影响[J]. *园艺学报*, 2000, 27(5):313~316
- [12] 于建娜, 任小林, 张少颖. 1-MCP 处理对桃冷藏期间品质和生理特性的影响[J]. *保鲜与加工*, 2003, 3(2):16~18
- [13] 段玉权, 冯双庆, 赵玉梅. 1-甲基环丙烯(1-MCP)对桃果实贮藏效果的影响[J]. *食品科学*, 2003, 23(9):105~108
- [14] 樊秀彩, 张继澍. 1-甲基环丙烯对采后猕猴桃果实生理效应的影响[J]. *园艺学报*, 2001, 28(5):399~402
- [15] 王俊宁, 饶景萍, 李落叶, 等. 1-MCP 对油桃果实硬度、呼吸及乙烯合成的影响[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(5):1171~1175
- [16] 庞学群, 张昭其, 段学武, 等. 乙烯与 1-甲基环丙烯对荔枝采后果皮褐变的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2001, 22(4):11~14
- [17] 王文辉, 孙希生, 李志强, 等. 1-MCP 对软肉梨采后生理的影响[A]. *园艺学进展(第 5 辑)*[C], 广州: 广州出版社, 2002, 783~790
- [18] 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. 1-MCP 对苹果采后生理的影响[J]. *保鲜与加工*, 2002, 2(4):3~7
- [19] 苏小军, 蒋跃明. 新型乙烯受体抑制剂——1-甲基环丙烯在采后园艺作物中的应用[J]. *植物生理学通讯*, 2001, 37(4):361~364
- [20] Botrel N. Inhibitor of ripening of Prata-Ana banana by 1-methylcyclopropene[J]. *Revista Brasileira de Fruiticultura*, 2002, 24(1):53~56
- [21] 李江阔, 纪淑娟, 魏宝东, 等. 1-MCP 对南果梨室温保鲜效果的影响[J]. *中国果树*, 2004, (6):10~13
- [22] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene response in plants and the receptor level: Recent developments [J]. *Physiol. Plant*, 1997, 100:577~582
- [23] Macnish A J, Simons D H, Joyce D C. 1-methylcyclopropene treatment efficacy in preventing ethylene perception in banana fruit and grevillea and waxflower flowers[J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2000, 40(3):471~481
- [24] Ku V V V, Wills R B H. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, 17:127~132
- [25] 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效果的影响[J]. *山西农业大学学报(自然拉学版)*, 2005, 25(2):153~156
- [26] 胡美娇, 高兆银, 李敏, 等. 热水和 1-MCP 处理对芒果贮藏效果的影响[J]. *果树学报*, 2005, 22(3):243~246
- [27] 王志华, 孙希生, 张志云, 等. 1-MCP 处理及 MA 包装对晴朗油桃采后生理品质的影响[J]. *落叶果树*, 2004, 36(4):4~8
- [28] Golding J B, Shearer D, McGlasson W B, et al. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1998, 14(1):87~98
- [29] 王俊宁, 弓德强, 饶景萍, 等. 1-MCP 处理对外源乙烯诱导的油桃果实呼吸及乙烯代谢的影响[J]. *贵州农业科学*, 2005, 33(2):11~12
- [30] MacLean D D, Murr D P, Deell J R, et al. Postharvest variation in apple (*Malus x domestica* Borkh.) Flavonoids following harvest, storage, and 1-MCP treatment[J]. *J Agric Food Chem.* 2006, 54(3):870~878
- [31] 王国庆, 邓正焱, 谷林. 1-甲基环丙烯对采后保鲜效果的影响[J]. *山东农业科学*, 2005, (1):59~61
- [32] 刘尊英, 曾名勇, 董士远. 1-MCP 对中国樱桃贮藏效应的初步研究[J]. *落叶果树*, 2005, 37(1):4~6
- [33] Mattheis J P, Fan X, Arenta L C. Interactive responses of gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action[J]. *J Agric Food Chem.* 2005, 53(11):4510~4516
- [34] Golding J B, Shearer D, McGlasson W B, et al. Relationships between respiration, ethylene, and aroma production in ripening banana[J]. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, 47:1646~1651
- [35] Rizzolo A, Cambiaghi P, Grassi M, et al. Influence of 1-methylcyclopropene and storage atmosphere on changes in volatile compounds and fruit quality of conference pears[J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(25):9781~9789
- [36] 王俊宁, 饶景萍, 任小林, 等. 1-MCP 对油桃果实软化的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2005, 41(2):153~156
- [37] Martinez-Romero D, Dupille E, Guillen F, et al. 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and non-climacteric plums[J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(16):4680~4686
- [38] 胡位荣, 庞学群. 采后处理对荔枝果皮花色苷含量和花色苷酶活性的影响[J]. *果树学报*, 2005, 22(3):224~228
- [39] Hofman P J, Jobin-Décor M, Meiburg G F, et al. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene[J]. *Australian J of Experimental Agriculture*, 2001, 41:567~572
- [40] Fan X, Mattheis J P, Roberts G R. Biosynthesis of phytoalexin in carrot root requires ethylene action [J]. *Physiol. Plant*, 2000, 110:450~454