

1-甲基环丙烯在柿果实贮藏保鲜中的应用进展

辛甜甜¹, 辛力², 张雪丹², 李文波¹, 李富军¹

(1. 山东理工大学 农业工程与食品科学学院, 山东 淄博 255049; 2. 山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

摘要:从乙烯、呼吸、软化、抗氧化性、脱涩、病害、细胞超微结构等几方面综述了 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)处理对柿果实采后生理生化变化的影响,同时介绍了 1-MCP 结合其它处理对柿果实贮藏的作用效果,以期对 1-MCP 在柿果实贮藏保鲜中的应用和研究提供参考。

关键词:柿;1-甲基环丙烯;贮藏

中图分类号:TS 255.3;S 665.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)03-0178-03

柿果风味独特、营养丰富,具有极高的食用和药用价值。根据其在成熟时的自然脱涩程度及种子对脱涩和果肉颜色的影响,通常被分为完全甜柿、不完全甜柿、完全涩柿和不完全涩柿 4 种^[1-2],其中后 3 个品种属涩柿类,采后需人工脱涩方可食用,我国品种多为完全涩柿^[3]。柿果实采后很难鲜贮,尤其是涩柿脱涩后,果实极易软化衰老,货架期短,不耐贮运,严重影响了柿子的运销和商品价值。我国虽有丰富的柿资源,但柿果实供应期短,价格低,严重阻碍了柿产业的发展。

1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)是一种有效的乙烯作用抑制剂,能竞争结合乙烯受体,从而阻断乙烯诱导的果实成熟和衰老^[4]。在苹果、梨、香蕉、桃、李、杏、猕猴桃、芒果、番木瓜、番茄、青菜花等多种果蔬中的大量研究中已经表明,1-MCP 可以有效地保持果蔬品质,延长贮藏期和货架期^[5-6]。近几年,1-MCP 应用于柿果实取得了显著成效,如抑制柿果实的衰老软化,保持果肉硬度,延长贮藏期等。现就近年来 1-MCP 在柿果实采后贮藏保鲜中的应用及研究进展进行综述,以期对 1-MCP 在柿果实采后贮藏保鲜中的应用和研究提供参考。

1 1-MCP 对柿果实采后生理特性的影响

1.1 对乙烯释放和呼吸速率的影响

1-MCP 在柿果实贮藏过程中不仅能显著降低乙烯

释放速率和呼吸强度,还能延迟乙烯释放高峰和呼吸高峰的出现时间。如室温下用 3 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理“千岛无核”柿果实 6 h,贮藏过程中乙烯高峰及呼吸高峰与对照果相比迟后 12 d 出现^[7];朱东兴等在室温下用 1-MCP 处理火柿,乙烯释放量和呼吸速率较对照果均显著降低且 2 个高峰各自推迟 5 d 出现^[8];1-MCP 处理还可有效降低磨盘柿的乙烯合成速率和呼吸速率,并且使柿果实推迟 7 d 出现呼吸和乙烯高峰^[9];田长河等在富平“尖柿”上也发现 1-MCP 明显延缓了乙烯和呼吸高峰出现的时间,并降低了峰值^[10]。

1-MCP 对柿果实乙烯释放的抑制可能与对 ACC 合成酶(ACS)和 ACC 氧化酶(ACO)活性和基因表达的抑制有关。有研究发现,1-MCP 处理能通过抑制火柿果实采后初期 ACO 活性的上升,推迟其活性峰出现^[8],显著抑制其乙烯释放。刘乐等^[11]发现,1-MCP 处理可抑制柿果实中 ACS、ACO 基因的表达,从而抑制内源乙烯合成。

1.2 对软化的影响

软化是柿果实贮藏中最严重的问题之一,果实软化与果胶、纤维素、半纤维素等的含量及其降解酶—果胶甲酯酶、多聚半乳糖醛酸酶(PG)、纤维素酶等的活性有关^[12]。1-MCP 可抑制这些酶活性的增加,减缓其对果胶物质、纤维素、半纤维素等细胞壁物质的分解,保持果实硬度,延缓柿果实的软化进程。这在“千岛无核”^[7]、“火晶柿”^[13]、富平“尖柿”^[10]、“扁花柿”^[14]等许多柿品种上得到证实。姜妮娜等进一步研究发现,1-MCP 处理明显抑制了柿果实 PG 基因 *DkPG1* 表达量的上升,推迟了 PG 酶活性峰,从而降低了原果胶的降解速度,延缓了柿果实的软化^[15]。因此,1-MCP 可以从转录和翻译水平上影响果实软化进程代谢。

第一作者简介:辛甜甜(1988-),女,硕士,研究方向为果蔬贮藏加工。

责任作者:李富军(1977-),男,博士,副教授,研究方向为果蔬采后生理与贮藏保鲜技术。

基金项目:山东省现代农业产业技术体系资助项目(2060302)。

收稿日期:2011-11-24

1.3 对 SOD、POD 和膜脂过氧化的影响

孙令强等发现 1-MCP 处理磨盘柿可降低果实过氧化物酶(POD)的活性,维持较高的超氧化物歧化酶(SOD)活性^[16]。1-MCP 处理还可抑制“富有”甜柿脂氧合酶(LOX)活性的上升,抑制果实 MDA 含量^[17]。刘成红等也发现 1-MCP 可明显降低磨盘柿果实贮藏期间丙二醛(MDA)含量^[18]。上述结果表明,1-MCP 可通过减少膜脂过氧化而延缓果实衰老。

1.4 对脱涩的影响

引起涩柿强烈涩味的原因因为果实中含有大量可溶性单宁,当可溶性单宁转化为不溶性单宁时,果实脱涩。其脱涩机理目前可归纳为 3 种:柿果实无氧呼吸产生的乙醛与可溶性单宁缩合为不溶性单宁,可溶性单宁与可溶性果胶结合转化为不溶性单宁,果肉细胞的细胞壁和细胞膜碎片与可溶性单宁结合生成不溶性物质^[19]。多数研究表明 1-MCP 处理可抑制柿果实可溶性单宁向不溶性单宁的转化^[16-17,20]等研究。由此推测 1-MCP 对柿果实可溶性单宁含量的保持作用与后 2 种脱涩机理有关,即通过抑制果实衰老减少可溶性果胶或者细胞壁和细胞膜碎片的产生,来抑制可溶性单宁转化为不溶性物质,从而延缓柿果实脱涩进程。

1.5 对病害的影响

冷害是果蔬低温贮藏中常见的病症,已证实 1-MCP 能减轻苹果^[21]、桃^[22]、油梨^[23]等多种果蔬冷害的发生,其对柿果实贮藏中的冷害发生同样有抑制作用: Alejandra 等^[24]发现 1-MCP 可明显减轻 1℃ 贮藏下“红光辉”柿果实的冷害症状;张宇^[25]研究发现 1-MCP 可有效控制“阳丰”、“富有”2 个甜柿品种的冷害发生。

柿果实褐变也是贮藏后期易发生的生理病害,刘成红等发现 0.50 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理可较好地抑制果实多酚氧化酶(PPO)活性,抑制柿果实褐变,而 1.0 $\mu\text{L/L}$ 处理则作用不明显,在其它衰老性指标的测定中也发现低浓度 1-MCP 效果较好^[17]。这可能与 1-MCP 作用效果取决于多方面的因素有关。

1.6 对细胞超微结构的影响

果实成熟衰老过程中细胞结构会发生明显变化,如细胞壁分解、细胞间隙增大、亚细胞结构崩解等,在对富平“尖柿”的研究中发现,1-MCP 处理有利于维持细胞超微结构的完整性,从而保持了果实的硬度、色泽等品质,延缓果实成熟衰老进程^[26]。胡芳等^[18]对“富有”甜柿的研究中也发现 1-MCP 较好地保持了果肉细胞超微结构和膜系统的完整性,延缓了甜柿果实的软化衰老,延长了贮藏期。

2 1-MCP 与其它处理结合的应用情况

2.1 与脱涩处理结合应用

前已述及 1-MCP 处理可抑制可溶性单宁的转化从而延缓脱涩,而涩柿必须先经人工脱涩后才可食用,因此旨在获得良好脱涩效果和贮藏品质的脱涩处理与 1-MCP 处理结合应用研究显得比较有价值。李爽等对磨盘柿进行 1-MCP 熏蒸和高浓度 CO_2 脱涩双重处理,发现相同浓度 CO_2 处理时,经 1-MCP 处理过的果实可溶性单宁转化速率较慢,脱涩速度小于对照果,但 1-MCP 处理有效延缓了脱涩后果实的成熟软化,保持了脱涩后柿果实的硬度,显著降低了细胞膜脂过氧化程度,保持了果实的商品质量,达到了脱涩保脆的效果^[27]。同样以磨盘柿为试材,张鹏等^[28]采用 1-MCP 结合单果真空包装脱涩处理也有效抑制了柿果实硬度的下降,降低了乙烯释放量和呼吸速率,但却发现 1-MCP 促进了果实可溶性单宁向不可溶性单宁的转化,加速了脱涩。可能是脱涩方法不同以及处理条件的差异引起了结果的不同。

2.2 与其它保鲜剂结合应用

Besada 等^[29]将采后 1-MCP 处理与采前赤霉素(GA_3)或硝酸钙处理相结合观察 1℃ 与 15℃ 下“红光辉”柿果实的贮藏效果,结果证明,1℃ 下采前 GA_3 与采后 1-MCP 结合处理柿果实贮藏效果最好,有效保持了果实质量,使贮期达 80 d;15℃ 下二者结合处理与单独 1-MCP 处理效果基本一致,未延长贮期;而 2 种温度下采前硝酸钙处理均未有附加作用。王敏等^[30]把纳米包装和 1-MCP 处理结合应用保鲜“次郎”甜柿,研究发现 1-MCP 在抑制柿果实呼吸乙烯、保持硬度方面优于纳米包装,但在抑制失重率和可滴定酸含量上升,维持维生素 C 含量方面不如纳米包装,将二者结合能起协同作用,将甜柿贮期从 10 d 左右延长到 15 d 以上。

3 总结与展望

1-MCP 处理在柿果实保鲜应用研究中取得了很好的效果,可有效保持果实贮藏品质,延长贮藏期和货架期,其应用前景广阔、潜力大,能产生较大的经济效益。为了使 1-MCP 更好的应用于柿果实的贮藏保鲜,应加强以下几方面研究:一是由于柿果实耐贮性差异比较大,研究 1-MCP 对于不同品种,乃至不同成熟度柿果实中应用的最佳条件,如处理时间、浓度、温度等,具有重要意义;二是可将 1-MCP 处理与其它处理结合应用,包括采前措施或其它采后保鲜措施,探寻最佳的保鲜方法;三是继续研究 1-MCP 对涩柿脱涩的影响,寻求同时达到涩柿脱涩、保脆、延长贮藏期等多个目标的结合处理方式;

四是考虑并研究采前 1-MCP 的应用,因为生产中果实采后搬运、装卸等工作需要时间,且 1-MCP 处理需一定的密封条件,并受处理时间或条件的影响,而采前施用可以避免这些因素。

参考文献

- [1] Sugiura A. Retrospects and prospects on persimmon research[J]. Acta Horticulturae, 2005, 685: 177-186.
- [2] Sugiura A, Tomana T. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmon and their tannin content[J]. Hort-Science, 1983, 18: 319-321.
- [3] 杨勇,阮小凤,王仁梓,等. 柿种质资源及育种研究进展[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 133-137.
- [4] Blankenship S M, Dole J M. 1-Methylcyclopropene: a review[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28(1): 1-25.
- [5] Watkins C B. The use of 1-methylcyclopropene(1-MCP) on fruits and vegetables[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(4): 389-409.
- [6] 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]. Aust. J. Exp. Agric, 2001, 41(4): 567-572.
- [7] Luo Z S. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit[J]. Food Science and Technology, 2007, 40(2): 285-291.
- [8] 朱东兴,饶景萍,任小林,等. 柿果实 1-甲基环丙烯处理对成熟软化的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 87-89.
- [9] 王华瑞,赵迎丽,李建华,等. 1-MCP 对磨盘柿成熟软化的影响[J]. 保鲜与加工, 2007(1): 24-26.
- [10] 田长河,饶景萍,冯炜. 1-MCP 处理对柿果实采后生理效应的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 25(5): 123-126.
- [11] 刘乐,饶景萍,常晓晓,等. 丙烯和 1-MCP 处理对采后柿果实 ACS 和 ACO 基因表达的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(6): 2092-2097.
- [12] 张海新,及华. 果实成熟软化与相关的酶学研究[J]. 食品科技, 2008, 33(11): 57-60.
- [13] 庄艳,郭春会,饶景萍,等. 1-甲基环丙烯处理对火晶柿果贮藏期间生理指标变化的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(8): 91-96.
- [14] 罗自生. 1-MCP 对柿果实软化及果胶物质代谢的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(3): 229-232.
- [15] 姜妮娜,饶景萍,付润山,等. 柿果实采后软化中 PG 酶活性及其基因 *DkPG1* 的表达[J]. 园艺学报, 2010, 37(9): 1507-1512.
- [16] 孙令强,李召虎,王倩,等. 1-甲基环丙烯对室温贮存磨盘柿的保鲜作用[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(5): 52-57.
- [17] 胡芳,马书尚,张继澍,等. 1-甲基环丙烯对‘富有’甜柿采后主要生理指标及细胞超微结构的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(4): 487-492.
- [18] 刘成红,李江阔,张平,等. 1-MCP 对磨盘柿冷藏期间生理生化及贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2008, 8(2): 23-26.
- [19] 平智. 涩柿果实脱涩的机理研究[D]. 鹤冈: 山形大学, 1999.
- [20] 李爽,张平,李江阔,等. 1-MCP 对磨盘柿常温保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2006, 6(5): 13-16.
- [21] Fan X, Mattheis J P. Development of apple superficial scald, soft scald, core flesh, and greasiness is reduced by 1-MCP[J]. J. Agric Food Chem, 1999, 47: 3063-3068.
- [22] 李富军,翟衡,杨洪强,等. 1-MCP 和 AVG 对肥城桃果实采后衰老的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(3): 272-274.
- [23] Woolf A B, Requejo-Tapia C, Cox K A, et al. 1-MCP reduces physiological storage disorders of ‘Hass’ avocados[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 35: 43-60.
- [24] Salvador A, Arnal L, Monterde A, et al. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. ‘Rojo Brillante’ by 1-MCP[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 33(3): 285-291.
- [25] 张宇. 1-甲基环丙烯对甜柿贮藏中冷害的控制作用[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [26] 田长河. 1-MCP 处理对柿果实成熟衰老过程中超微结构变化的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [27] 李爽,张平,李江阔,等. 高浓度 CO₂ 和 1-MCP 处理对磨盘柿脱涩和保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 2082-2083, 2147.
- [28] 张鹏,李江阔,孟宪军,等. 1-MCP 和薄膜包装对磨盘柿采后生理及品质的影响[J]. 农业机械学报, 2011, 42(2): 130-133, 143.
- [29] Besada C, Arnal L, Salvador A. Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 50(2-3): 169-175.
- [30] 王敏,屠康,潘磊庆,等. 1-MCP、纳米包装及二者结合对“次郎”甜柿采后品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 459-463.

Research Progress of 1-Methylcyclopropene on Persimmon Storage

XIN Tian-tian¹, XIN Li², ZHANG Xue-dan², LI Wen-bo¹, LI Fu-jun¹

(1. School of Agricultural and Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049; 2. Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000)

Abstract: The influence of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on persimmon postharvest biochemical and physiological property including ethylene production, respiration rate, fruit softening, oxidation resistance, de-astringency, disease and cell ultrastructure were reviewed. In addition, the effects of the combination of 1-MCP and other treatments were also summarized.

Key words: persimmon; 1-Methylcyclopropene (1-MCP); storage