

1-甲基环丙烯和 CO₂ 组合处理抑制柿果实脱涩软化的效应及其细胞壁成分的变化

程青 梁平卓 李莹 李宝

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 为研究 1-MCP(1-甲基环丙烯)对 CO₂ 脱涩柿果实软化及细胞壁成分变化的影响,探讨延长柿果实采后脱涩后货架期的方法,以‘磨盘柿’(*Diospyros kaki* Thunb cv. Mopan)为材料,研究了采用 CO₂、CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理 24 h 后,在室温下贮存对采后脱涩柿果实软化和细胞壁成分的影响。结果表明:CO₂ 处理和 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理均能够有效的使涩柿脱涩,CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理相对于 CO₂ 处理来说在脱涩的同时能够有效的降低柿果实采后脱涩后柿果实贮存过程中硬度下降的速率,降低呼吸强度、乙烯释放量并且延迟呼吸高峰、乙烯高峰的出现时间,延缓柿果实水溶性果胶上升和共价性果胶下降的速率,以及半纤维素和纤维素含量下降的速率。因此,CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理可以延长柿果实采后脱涩后柿果实的货架期。

关键词 磨盘柿;1-MCP;CO₂;脱涩;软化;细胞壁成分

中图分类号 S665.2

文章编号 1007-4333(2015)04-0092-08

文献标志码 A

Effects of 1-MCP on fruit softening and cell wall component variation of persimmon variety treated with CO₂

CHENG Qing, LIANG Ping-zhuo, LI Ying, LI Bao

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract Aim of this study was to test effects of 1-MCP on fruit softening and cell wall ingredient variation of the persimmon (*Diospyros kaki* Thunb cv. Mopan) treated with CO₂. The treatments included control, CO₂ and CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP. The results indicated that both CO₂ and CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP could dramatically remove astringency of persimmon fruit. Moreover, the combination treatment of CO₂ and 0.5 μL/L 1-MCP could effectively maintain the fruits firmness, decrease respiration rate and ethylene production, delay appearing time of respiratory peak and ethylene peak, reduce soluble pectin rise rate and covalent pectin decline rate, slow down degradation rate of hemicellulose and cellulose as well. The CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP treatment could delay ripening and softening of persimmon fruits and prolong shelf life of de-astringency persimmon fruits.

Key words ‘Mopan’ persimmon; 1-MCP, CO₂; de-astringency; softening; cell wall component

通常依据柿果实能否自然脱涩,以及种子有无对脱涩的影响,将柿品种分为完全甜柿、不完全甜柿、不完全涩柿和完全涩柿 4 个类型^[1]。‘磨盘柿’历史悠久,是我国北方地区主栽优良品种,属完全涩柿品种,需要脱涩处理后才能食用。

柿果可通过多种处理方式达到脱涩目的。传统

方法,如温水、石灰水浸泡、混果、自然放置和通过冻融交替等。现代方法,如乙醇、CO₂ 或 N₂ 处理,真空包装等途径。而在众多脱涩方法中,CO₂ 脱涩法具有脱涩时间短、操作简单方便及适合于大规模应用等优点,是目前商业应用最广泛的方法,也是国外普遍使用的脱涩方法^[2-4]。但柿果实 CO₂ 脱涩后会

收稿日期:2014-11-21

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203047)

第一作者:程青,硕士研究生,Email:chengqing2013@126.com

通讯作者:李宝,副教授,主要从事柿果实采后生理研究,Email:libao@cau.edu.cn

迅速软化,降低其货架期。单独 CO₂ 处理的柿果实第 5 天内软化到无法贮存^[5];柿果实上乙烯生成和果实软化之间关系密切^[6]。柿果属于非典型呼吸跃变型果实^[7-9],成熟过程中乙烯产生量小但作用明显,且对外施乙烯敏感^[10]。所有现存的延长柿果实货架期的方法都是基于控制乙烯生成和作用。在通过采后调控乙烯的作用来延长产品采后寿命的研究中,1-MCP(1-甲基环丙烯)是一种乙烯作用抑制剂,可以不可逆地快速而紧密结合乙烯受体,从而阻止乙烯受体与乙烯的正常结合而阻断乙烯的生理作用^[11]。无论柿子是否脱涩 1-MCP 都可以延迟柿果实的软化^[5,12-15]。

以罗自生^[16-17]‘扁花柿’、Luo^[12]以‘千岛无核’为材料,研究了柿果实自然软化时有关细胞壁成分的变化,张寅等^[18]以‘磨盘柿’为材料,研究了 1-MCP 的处理和 CO₂ + 1-MCP 组合处理。结果表明,1-MCP + CO₂ 脱涩组合处理是‘磨盘柿’脱涩保鲜的最优方案。但上述张寅试验中没有测定 CO₂ 与 1-MCP 组合处理之后柿果实呼吸强度、乙烯释放率及细胞壁组分的变化,罗自生^[16-17]试验中只是涉及到涩柿自然软化过程中有关细胞壁成分的变化。因此,本研究针对‘磨盘柿’经高浓度 CO₂ 脱涩处理后极易软化的问题,采用 CO₂ + 1-MCP 组合处理,以期能够在柿果实脱涩的同时,保持适宜的硬度,对‘磨盘柿’果实的果实硬度、呼吸强度、乙烯释放速率、可溶性单宁含量、细胞壁成分的指标进行了测定,研究了柿果实细胞壁成分的变化规律,以期形成一个比较有效的 CO₂ 脱涩方法,即在脱涩的同时能够延长柿果实的货架期,旨在为常温下保持脱涩处理果实的货架期提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验所需‘磨盘柿’果实采收于房山区张坊镇大峪沟村,常规管理。于 2013 年 10 月 4 号柿果实成熟期,挑选成熟度一致、大小均匀和无病虫害机械创伤的果实,采收后迅速运回实验室进行处理。供试 0.14% 1-甲基环丙烯粉剂由美国罗门哈斯公司(Rohm and HAAS Company, AgroFresh™ Technology)提供。

试验设有 3 个处理:1)对照;直接将果实放入保鲜箱中(不盖箱盖),置于室温(20℃)下贮存,2)将果实在充有体积分数为 98% CO₂ 密封保鲜箱内处

理 24 h 后开箱,于室温下贮存观察,3)将果实在体积分数为 98% CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 的密封保鲜箱中处理 24 h 后开箱,于室温下贮存观察。各组果实处理完毕后,对照组当天测定留样后,每 3 d 进行留样、指标测定,到第 22 天;CO₂ 组于室温贮存后每天留样、进行指标测定,到第 4 天果实软化;CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组在室温贮存期前 4 d 每天留样、测定后,每 3 d 进行留样、指标测定,到第 13 天果实软化。留样、测定时每个处理做 3 个重复,每个重复 5 个果实。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 可溶性单宁含量

参照 Taira 等^[19]的方法提取可溶性单宁,参照 Thaipong 等^[20]测定可溶性单宁含量,(GAE)mg/g。

1.2.2 硬度

在柿果实缢痕上部削掉 4 个部位果皮,用探头直径为 8 mm 的 FT327 型硬度计分别测定硬度值,取均值,kg/cm²。

1.2.3 呼吸速率

用 JFQ-3150H 型果蔬呼吸测定仪测定,(CO₂) mg/(kg·h)。

1.2.4 乙烯释放量

取 5 个果实置于真空干燥器中 1.5 h 后,用取样针吸取 2 mL 顶空气体注入岛津 GC-17A 型气相色谱仪中进行乙烯释放量的测定。测定条件为:氮气流量 50 mL/min,氢气流量 70 mL/min,空气流量 500 mL/min,进样口温度 120℃,柱温 55℃,检测器温度 160℃,μL/(kg·h)。

1.2.5 细胞壁物质

参照 Brummell 等^[21]的方法,提取乙醇不溶物(Alcohol insoluble substance, AIS)。细胞壁各成分的抽提参照 Rose 等^[22]的方法。分别用去离子水、50 mmol/L CDTA-乙酸钠(pH 6.5)、50 mmol/L 的碳酸钠(0.1% NaBH₄)分别提取水溶性果胶(Water soluble pectin, WSP)、离子型果胶(Chelator-soluble pectin, CSP)和共价性果胶(Sodium carbonate soluble pectin, SSP)。取碳酸钠溶液不溶沉淀,分别用质量分数为 4% KOH(0.1% NaBH₄)和质量分数为 24% KOH(0.1% NaBH₄)提取 4% KOH 可溶组分和 24% KOH 可溶组分,24% KOH(0.1% NaBH₄)不溶沉淀用去离子水洗 2 遍烘干得到 24% KOH 不溶组分。果胶测定参照 Blumenkrantz 等^[23]的方法,结果用 mg/g(AIS)表

示。用蒽酮硫酸法测定纤维素含量, (AIS)mg/g。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 软件进行统计,并用 DPS 软件分析显著性差异,用 Excel 软件进行作图分析。

2 结果与分析

2.1 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 对柿果实可溶性单宁的影响

如图 1 所示,对照组柿果实可溶性单宁含量在贮存过程中只有缓慢的下降,在第 13 天还有 6.87 mg/g。98%的 CO_2 处理的柿果实可溶性单宁含量在第 1 天就降到 0.97 mg/g,即达到可食用水平 ($<1 \text{ mg/g}$), $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 在第 2 天降到 0.95 mg/g,在可食用范围内,说明 CO_2 处理和 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 组合处理均能够有效的使柿果实脱涩。

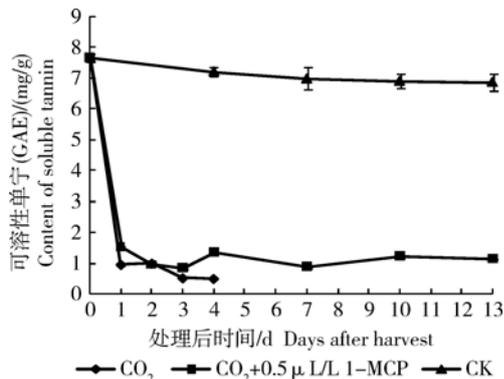


图 1 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对柿果实可溶性单宁含量的影响

Fig. 1 Change of soluble tannin content in the persimmon fruit treated with CO_2 and $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP

2.2 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对柿果实硬度的影响

不同处理的柿果实在室温贮存过程中,随着时间的延长,硬度都有所下降,下降趋势和程度有所不同(图 2)。对照组的果实硬度变化比较缓慢,在第 16~22 天才显著地下降,第 22 天仍有 5.33 kg/cm^2 ; CO_2 处理 24 h 后第 2 天硬度急剧下降,第 3 天只有 2.74 kg/cm^2 ,4 d 后已完全软化,硬度下降到 1.11 kg/cm^2 ; $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理柿果实硬度在第 4~7 天显著下降,第 4 天硬度为 12.87 kg/cm^2 ,到 13 d 后仍保持有一定的硬度为 3.61 kg/cm^2 。说明柿果实经 CO_2 处理后硬度急剧下降,

可以保存 4 d。但是,加入 1-MCP 后硬度可以保持到第 13 天。因此,在硬度保持方面, $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 组合处理有更好的硬度保持效果。

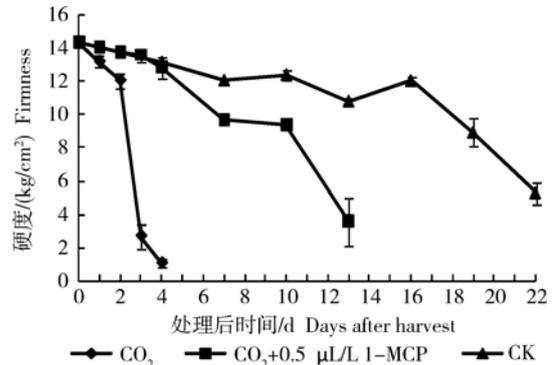


图 2 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对柿果实硬度的影响

Fig. 2 Change of firmness in the persimmon fruit treated with CO_2 and $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP

2.3 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 对柿果实呼吸速率的影响

试验期间各组处理柿果实呼吸速率的变化不同(图 3)。从图中可以看出,对照组柿果实在试验期间呼吸速率值在小范围内缓慢波动下降,无明显呼吸峰的出现;经 CO_2 处理后柿果实在处理后第 1 天就出现呼吸高峰,峰值为(CO_2) $20.95 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,约为对照组平均值的 4.6 倍,为 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 组合处理峰值(CO_2) $11.15 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 的 2 倍,并且 CO_2 处理的柿果实在试验期间的呼吸速率均高于 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 组合处理,说明 1-MCP 使得组合处理与 CO_2 单独处理相比,明显降低了呼吸峰值,对柿果实的呼吸起到抑制作用。

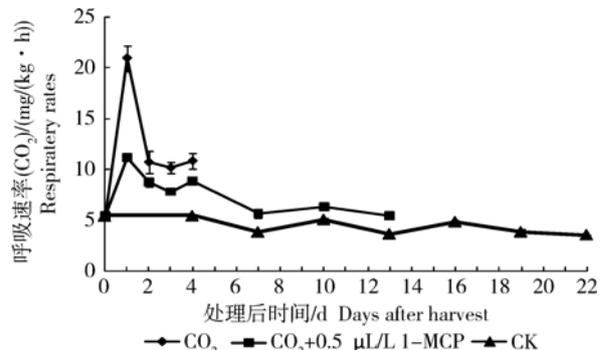


图 3 CO_2 及 $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对柿果实呼吸速率的影响

Fig. 3 Respiratory rates of the persimmon fruit treated with CO_2 and $\text{CO}_2 + 0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP

2.4 CO₂ 及 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 对柿果实乙烯释放量的影响

如图4所示, 试验期间各处理组均有不同程度乙烯峰值出现。对照组柿果实在第13天出现乙烯高峰, 峰值为 0.39 μL/(kg·h), CO₂ 单独处理后在试验第3天出现乙烯高峰, 而 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理在第4天出现乙烯高峰, 峰值分别为 0.625 μL/(kg·h), 0.474 μL/(kg·h)。CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理在柿果实软化后期又出现一个峰值 0.313 μL/(kg·h), 说明这2组处理均

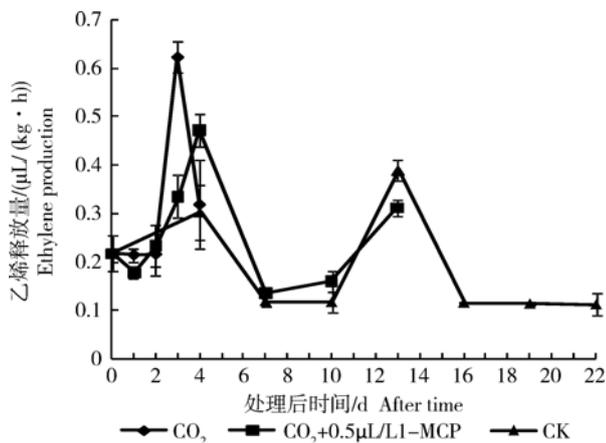


图4 CO₂ 及 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 处理对柿果实乙烯释放量的影响

Fig. 4 Ethylene production of the persimmon fruit treated with CO₂ and CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP

会使柿果实的乙烯峰值提前, 而 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理相对于 CO₂ 单独处理会延迟乙烯峰值的出现时间。

2.5 CO₂ 及 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 对柿果实果胶含量的影响

不同组处理的柿果实的水溶性果胶含量在试验期间逐渐上升, CO₂ 处理的柿果实上升最为明显, 在第4天其果实完全软化时达到 71.83 mg/g (AIS), 同样 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理和对照组在第13天和在第22天水溶性果胶的含量分别为 46.66 和 62.25 mg/g AIS(图5(a))。图5(b)中 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理和对照组柿果实离子型果胶在整个贮存期间变化缓慢, CO₂ 处理组柿果实离子型果胶呈下降趋势。图5(c)中3组处理组柿果实共价性果胶含量在试验期间逐渐下降, CO₂ 处理和 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理分别第4天和13天分别为 25.10 和 35.91 mg/g(AIS)。表明, 在柿果实采后脱涩软化过程中, 共价性果胶逐渐转化为水溶性果胶。

2.6 CO₂ 及 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 对柿果实半纤维素和纤维素含量的影响

如图6所示, 各组处理柿果实, 质量分数4%和24%KOH可溶组分在试验期间都随着时间的推移而缓慢下降。CO₂ 处理的柿果实4%KOH可溶组分下降之后又上升。各组处理的柿果实24%KOH

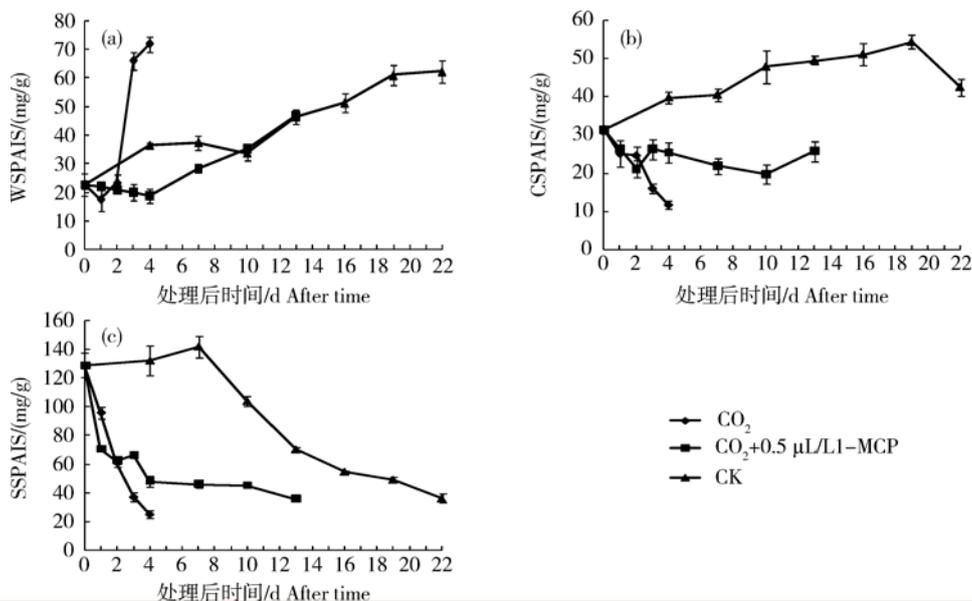


图5 CO₂ 及 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 处理对柿果实果胶含量的影响

Fig. 5 Effects on pectin content of CO₂ treatment and CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP treatment

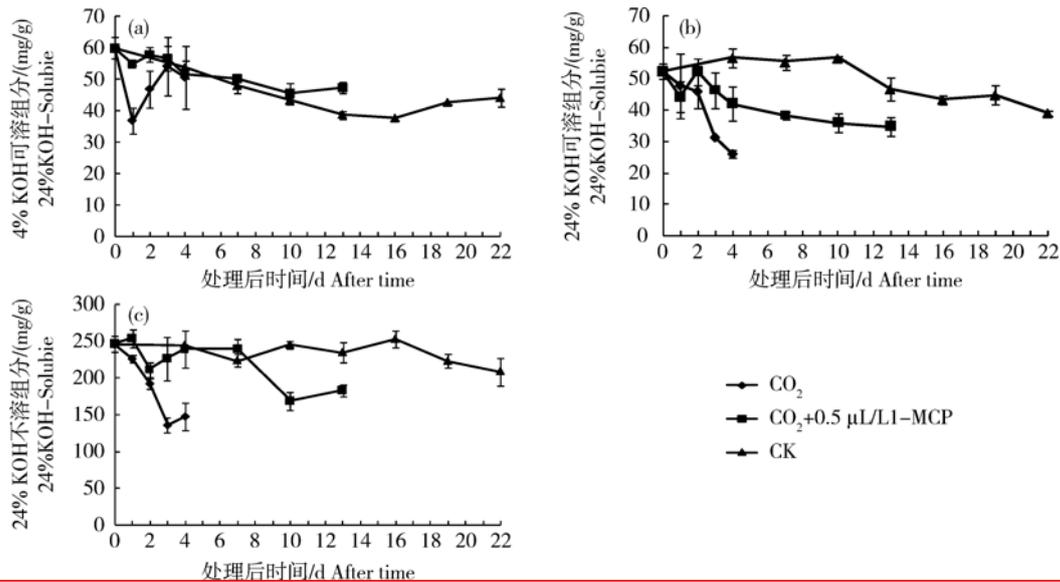


图6 CO₂及CO₂+0.5 μL/L 1-MCP处理对柿果实纤维素含量的影响

Fig. 6 Pectin content of the persimmon fruit treated with CO₂ and CO₂+0.5 μL/L 1-MCP

不溶组分含量在试验期间均随着时间的推移而下降。表明在柿果实采后脱涩软化过程中,半纤维素和纤维素含量在降低。

3 讨论

1)CO₂与1-MCP组合处理对柿果实进行采后处理,可以在脱涩同时减缓硬度减小及推迟柿果实采后呼吸高峰和乙烯高峰的到来。

果实的硬度是反应果实品质的重要指标。本试验结果中显示,柿果实采收时硬度很高,CO₂单独处理4 d后完全软化,CO₂+0.5 μL/L 1-MCP组合处理一直到13 d后仍保持有一定的硬度为3.61 kg/cm²,而对照组柿果实硬度直到第22天仍有5.33 kg/cm²(图2)。

Tsviling等^[24]对用1-MCP处理的涩柿品种‘胜利’的果实做80% CO₂脱涩和未脱涩处理,对比发现增加80% CO₂脱涩处理后1-MCP的硬度保持效果更突出;张寅等^[18]以‘磨盘柿’为材料,研究了1-MCP处理和CO₂与1-MCP组合处理,表明1-MCP和CO₂同时处理硬度保持效果最好;Harima等^[5]用1-MCP结合CO₂的方法对‘刀根早生’和‘西条’做采后处理,结果显示2个品种后熟软化时间分别延长了12和16 d,相比之下,单独CO₂处理的柿果实5 d内软化到无法贮存;李江阔等^[25]以‘恭城月柿’为试验材料,研究表明1-MCP和CO₂处理与各自单独处理有综合优势,可同时达到较好

的脱涩效果,且对果实硬度的下降有一定的抑制作用,可以达到短期可食用的目的,又可达到较好贮存效果,延长柿果实货架期。本试验中不同处理的柿果实室温贮存过程中,CO₂处理在第4天已完全软化,CO₂+0.5 μL/L 1-MCP处理在第13天后仍保持有一定的硬度,相对于CO₂处理来说延长了大约10 d的货架期。

乙醇和CO₂脱涩处理均会使呼吸和乙烯生成暂时升高^[26];本试验中经CO₂处理后柿果实处理第1天就出现呼吸高峰,CO₂+0.5 μL/L 1-MCP组合处理在第2天出现峰值,对照组柿果实没有明显的呼吸峰值出现(图3);图4中对照组在第13天出现乙烯高峰,CO₂单独处理后柿果实试验第3天出现乙烯高峰,而CO₂+0.5 μL/L 1-MCP组合处理在第4天出现乙烯高峰之后在柿果实软化后期又出现了乙烯峰值。朱东兴等^[27]将采收的‘火柿’果实立即用0.5 μL/L的1-MCP处理12 h,与未处理组对比发现,1-MCP的使用显著抑制了柿果实乙烯释放并推迟了乙烯峰和呼吸峰的出现,同时还延缓了ACO(ACC氧化酶)活性峰,并有效阻止了硬度的下降,显著延迟了火柿果实的成熟软化,延长了贮存期;祝庆刚等^[28]、刘乐等^[29]以‘富平尖柿’为材料,采收回来后1-MCP处理,结果表明1-MCP能明显抑制乙烯的释放,延缓果实软化。本试验中CO₂+0.5 μL/L 1-MCP组合处理能够降低呼吸和乙烯的生成量及延迟呼吸高峰和乙烯高峰的出现,

与前人研究结果基本上保持一致(图3和图4),并且 CO₂+0.5 μL/L 1-MCP 组合处理的柿果实可溶性单宁含量在处理第2天降到 0.95 mg/g(图1) 低于涩味阈值 1.0 mg/g^[3],说明 CO₂+0.5 μL/L 1-MCP 组合处理在脱涩的同时能够有效的降低柿果实采后贮藏过程中硬度下降的速率,并且降低呼吸和乙烯的生成量及延迟呼吸高峰和乙烯高峰的出现(图3和图4)。

2)CO₂ 与 1-MCP 组合处理对柿果实进行采后处理,可以延缓柿果实水溶性果胶上升和共价性果胶下降的速率,以及半纤维素和纤维素含量下降的速率

果实硬度与水溶性果胶、半纤维素中阿拉伯糖和半乳糖含量以及纤维素含量显著相关,这些成分影响柿果实果肉细胞的完整性。失水及诱发的乙烯参与果胶中阿拉伯糖和半乳糖以及纤维素含量的下降,导致果实软化^[30]。柿果实的硬度不是受单个细胞壁组分影响而是受细胞壁整体组分影响,如细胞壁多糖含量在保持硬度方面的作用大于其分子量^[31]。

本试验中不同组处理的柿果实的水溶性果胶含量在采后随着果实的软化逐渐上升,都在处理之后果实软化时达到最大值(图5(a))。图5(b)中 CO₂+0.5 μL/L 1-MCP 组合处理和对照的柿果实离子型果胶在整个贮藏期间变化缓慢,CO₂ 处理的柿果实离子型果胶呈下降趋势。图5(c)中3组处理的柿果实共价性果胶含量都随着果实的软化而逐渐下降,说明在柿果实采后脱涩软化过程中,共价性果胶逐渐转化为水溶性果胶。细胞壁的结构变化与中层解离和初生壁的破坏有关,在成熟果实硬度降低过程中,果胶、半纤维素和纤维素的变化是细胞壁结构改变的原因^[32]。果实成熟软化过程中时常伴随着不溶于水的原果胶被降解和可溶性果胶含量的上升,使细胞壁中胶层和初生壁分解,导致细胞间黏合力下降和细胞结构受损,从而引起果实软化^[33]。

柿果采收时硬度最大,在成熟过程中硬度下降,纤维素、原果胶的含量下降,可溶性果胶含量上升。柿果成熟过程中,果实软化,硬度变小,其主要原因是细胞壁中不溶性果胶分解为可溶性果胶或果胶酸,果胶酸甲基化程度的降低、果胶酸钙的分解、纤维素长链的变短都有助于果实的软化。所有这些变化,都是由于果实成熟时各种细胞壁水解酶的大量增加所引起的^[34]

罗自生^[16-17]以‘扁花柿’为材料,结果表明柿果实原果胶和纤维素含量迅速下降,而水溶性果胶含量则迅速上升;在 20 °C 条件下,‘千岛无核’柿果实软化过程中水溶性果胶增加,而整合态果胶和碱溶性果胶则降低^[12];孙令强等^[35]研究 1-MCP 对‘磨盘柿’的保鲜作用,结果表明‘磨盘柿’原果胶含量在室温贮存过程中呈逐渐下降趋势,可溶性果胶的含量则呈上升的趋势,Ishimaru 等^[26,36]认为‘平核无’和‘富有’果实软化归因于水溶性糖醛酸含量增加、水不溶性糖醛酸量降低。本试验中随着时间的推移三组处理柿果实水溶性果胶显著上升而共价性果胶显著下降(图5),且 CO₂+0.5 μL/L 1-MCP 组合处理相对于 CO₂ 处理而言,能够延缓柿果实水溶性果胶上升和共价性果胶下降的速率。

柿果实细胞壁含有高比例的木葡聚糖,其侧链寡聚物的聚合度很低,这与其他品种的木葡聚糖的结构一致,在果实成熟软化过程中具有关键作用^[37];图6中,各组处理柿果实 4% KOH 可溶组分、24% KOH 可溶组分在试验期间都随着时间的推移而缓慢下降。各组处理的柿果实 24% KOH 不溶组分含量在试验期间均随着时间的推移而下降。说明在柿果实采后脱涩软化过程中,半纤维素和纤维素的含量在降低。单糖组分能具体的说明半纤维素和纤维素侧链降解过程^[38],但是 4%和 24% KOH 可溶组分及 24% KOH 不溶组分中性糖总量的测定也能一定程度上说明半纤维素和纤维素可能发生了变化,导致细胞壁结构发生了变化,从而导致柿果实硬度的下降。

赵博等^[39]以‘富平尖柿’为材料,研究柿果实采后软化过程中细胞壁组分代谢的变化,表明 24% KOH 可溶组分含量持续下降,24% KOH 不溶组分含量变化缓慢。本试验中,CO₂+0.5 μL/L 1-MCP 组合处理和对照组的柿果实易溶性和难溶性半纤维素含量随着时间的推移变化缓慢下降,而 CO₂ 处理柿果实半纤维素含量显著下降(图6(a)和(b))。在‘平核无’果实上,对照果实中 KOH-溶解的半纤维素组分糖在采后存放期间没有改变,而脱涩处理果实在处理后 3 d 时下降 50%^[26]。

Tsuchida 等^[40]在研究 2 种不同品种日本杏成熟软化过程中细胞壁多糖降解的过程中表明在‘Nanko’品种中,纤维素随着果实的软化而下降。本试验中三组处理的柿果实 24% KOH 不溶组分含量均随着时间的推移而下降(图6(c))。因此柿

果实经高浓度的 CO₂ 处理影响了柿果实的呼吸和乙烯生成量,促进细胞壁成分发生降解、细胞壁结构解体,从而导致了柿果实硬度的下降。

本试验结果对‘磨盘柿’采后脱涩延长货架期生产上具有一定的参考价值,但因为不同品种或成熟度对同一处理如脱涩处理的反应具有特殊性^[3],所以,应该通过具体试验确定特定品种的反应后方能逐步在实际中加以应用。

4. 结 论

CO₂ 处理和 CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理均能够有效的使涩柿脱涩,CO₂ + 0.5 μL/L 1-MCP 组合处理相对于 CO₂ 处理来说在脱涩的同时能够有效的降低柿果实采后贮存过程中硬度下降的速率,降低呼吸强度、乙烯释放量并且延迟呼吸高峰、乙烯高峰的出现时间,延缓柿果实水溶性果胶上升和共价性果胶下降的速率,以及半纤维素和纤维素含量下降的速率,因此可以延长柿果实采后脱涩后柿果实的货架期。

参 考 文 献

- [1] Sugiura A. Retrospects and prospects on persimmon research [J]. *Acta Hort*, 2005, 685: 177-186
- [2] Taira S, Kubo Y, Sugiura A, et al. Comparative studies of postharvest fruit quality and storage quality in Japanese persimmon (*Diospyros kaki* L cv ‘Hiratanenasli’) in relation to different methods for removal of astringency [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 1987, 56(2): 215-221
- [3] Yamada M, Taira S, Ohtsuki M, et al. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin [J]. *Sci Hort*, 2002, 94(1): 63-72
- [4] 李宝, 尚丽, 薛晓莉, 等. 柿果实脱涩机理及脱涩技术研究进展 [J]. *中国农业科学*, 2010, 43(14): 2973-2981
- [5] Harima S, Nakano R, Yamauchi S, et al. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) fruit by 1-MCP [J]. *Postharvest Biol Tech*, 2003, 29(3): 319-324
- [6] Itamura H, Nakatsuka A, Adachi T, et al. Relationships among ethylene, cell wall degrading enzyme activities and on-tree softening in persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) fruit [J]. *Acta Hort*, 2013, 996: 379-384
- [7] Nakano R, Ogura E, Kubo Y, et al. Ethylene biosynthesis in detached young persimmon fruit is initiated in calyx and modulated by water loss from the fruit [J]. *Plant Physiol*, 2003, 131: 276-286
- [8] Pang J H, Ma B, Sun H J, et al. Identification and characterization of ethylene receptor homologs expressed during fruit development and ripening in persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) [J]. *Postharvest Biol Tec*, 2007, 44(3): 195-203
- [9] Ortiz G I, Sugaya S, Sekozawa Y, et al. Expression of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase genes during ripening in ‘Rendaiji’ persimmon fruit [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 2006, 75: 178-184
- [10] Abeles F B, Morgan P M, Saltveit M E. Ethylene in plant biology [M]. 2nd ed. New York, Academic Press; 1992
- [11] Watkins C B. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops [J]. *Hortscience*, 2008, 43(1): 86-94
- [12] Luo Z. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L) fruit [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2007, 40(2): 285-291
- [13] Nakano R, Inoue S, Kubo Y, et al. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grown in a heated plastic-house [J]. *Postharvest Biol Tec*, 2002, 25(3): 293-300
- [14] Ortiz G I, Sugaya S, Sekozawa Y, et al. Efficacy of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in prolonging the shelf-life of ‘Rendaiji’ persimmon fruits previously subjected to astringency removal treatment [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 2005, 74(3): 248-254
- [15] Salvador A, Cuquerella J M, Martinez-Javega A, et al. 1-MCP preserves the firmness of stored persimmon ‘Rojo Brillante’ [J]. *J Jpn Soc Food Sci*, 2004, 69(2): 69-73
- [16] 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
- [17] 罗自生. 柿果实采后软化过程中细胞壁组分代谢和超微结构的变化 [J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2005, 31(6): 651-656
- [18] 张寅, 薛晓莉, 尚丽, 等. CO₂ 和 1-MCP 组合处理对磨盘柿贮藏效果的影响 [J]. *西北植物学报*, 2011, 31(8): 1628-1636
- [19] Taira S. Astringency in Persimmon [C]//Linskens H F, Jackson J F. *Modern Methods of Plant Analysis Fruit Analysis*, Berlin: Harborne J B, 1996: 97-110
- [20] Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts [J]. *J Food Compos Anal* 2006, 19(6): 669-675
- [21] Brummell D A, Cin V D, Crisosto C H, et al. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit [J]. *J Exp Bot*, 2004, 55(405): 2029-2039
- [22] Rose J K, Hadfield K A, Labavit J M, et al. Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit [J]. *Plant Physiol*, 1998, 117: 345-361
- [23] Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. New method for quantitative determination of uronic acids [J]. *Anal Biochem*,

- 1973, 54: 484-489
- [24] Tsviling A, Nerya O, Gizis A, et al. Extending the shelf-life of 'Triumph' persimmons after storage with 1-MCP [J]. *Acta Hort.*, 2003, 599: 53-58
- [25] 李江阔, 张鹏, 李焯, 等. 1-MCP 结合高浓度 CO₂ 处理对恭城月柿货架品质的影响[J]. *食品科技*, 2012, 37(7): 36-39
- [26] Ishimaru M, Chachin K, Wada Y, et al. Relationship between fruit softening and the change of pectic or hemicellulosic compounds in cell wall of Japanese persimmon [*Diospyros kaki*] 'Hiratanenashi' treated with different methods for removing astringency [J]. *Food Preservation Science*, 2001, 27(4): 197-204
- [27] 朱东兴, 饶景萍, 周存田, 等. 1-MCP 对柿贮藏期间几种生理变化的影响[J]. *西北植物学报*, 2004, 24(6): 1061-1065
- [28] 祝庆刚, 饶景萍, 田红炎, 等. 丙烯和 1-甲基环丙烯处理对采后柿果实 XTH 基因表达的影响[J]. *园艺学报*, 2012, 39(7): 1278-1284
- [29] 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
- [30] Tsuchida Y, Sakurai N, Morinaga K, et al. Effects of water loss of 'Fuyu' persimmon fruit on mesocarp cell wall composition and fruit softening [J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 2003, 72: 517-524
- [31] Tsuchida Y, Sakurai N, Morinaga K, et al. Effects of water loss of 'Fuyu' persimmon fruit on molecular weights of mesocarp cell wall polysaccharides and fruit softening [J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 2004, 73: 460-468
- [32] Bennett A B, Labavitch J M. Ethylene and ripening-regulated expression and function of fruit cell wall modifying proteins [J]. *Plant Sci*, 2008, 175: 130-136
- [33] 赵云峰, 林瑜, 林河通. 细胞壁组分变化与果实成熟软化的关系研究进展[J]. *食品科技*, 2012, 37(12): 29-33
- [34] 费学谦, 周立红, 龚榜初. 不同甘、涩类型柿果单宁组成的差异及罗田甜柿单宁的特性[J]. *林业科学研究*, 1999, 12(4): 369-373
- [35] 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
- [36] Ishimaru M, Chachin K, Wada Y, et al. Relationship between fruit softening and the change of pectic or hemicellulosic compounds in cell wall of Japanese persimmon 'Hiratanenashi' and 'Fuyu' [J]. *Food Preservation Science*, 2002, 28: 119-125
- [37] Cutillas-Iturralde A, Pena M J, Zarra I, et al. Axyloglucan from persimmon fruit cell walls [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48: 607-610
- [38] 阚娟, 刘涛, 金昌海, 等. 硬溶质型桃果实成熟过程中细胞壁多糖降解特性及其相关酶研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(4): 268-274
- [39] 赵博, 饶景萍. 柿果实采后胞壁多糖代谢及其降解酶活性的变化[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(6): 1199-1202
- [40] Tsuchida Y, Yakushiji H, Oe T, et al. Differences in cell-wall polysaccharide degradation during softening process in two cultivars of Japanese apricot fruits [J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 2014, 83(1): 81-89

责任编辑: 王燕华