

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.05.019

1-MCP 结合冰温贮藏磨盘柿的防褐保鲜效果*

张鹏 李江阔 陈绍慧 张平

(国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津),天津 300384)

【摘要】 研究了 1-MCP 处理结合冰温贮藏对柿果贮藏品质和衰老褐变指标的影响。结果表明:1-MCP 结合冰温贮藏有效延缓果实硬度的下降,维持较高的维生素 C、可溶性固形物、可滴定酸和可溶性单宁含量,较好地保留果实原有的营养成分;抑制了贮藏后期丙二醛和膜相对电导率的增加、总酚含量的降低和 PPO 活性的上升,延缓了果实的衰老进程和褐变的发生,贮藏期可延长 60 d。因此,1-MCP 结合冰温贮藏是有效延长贮藏期的保鲜集成技术。

关键词: 磨盘柿 1-MCP 冰温贮藏 褐变

中图分类号: S665.2; S609+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)05-0108-06

Effect of 1-MCP Combined with Controlled Freezing Point Storage on Browning-preventing and Freshness-keeping of Mopan Persimmon

Zhang Peng Li Jiangkuo Chen Shaohui Zhang Ping

(National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract

In order to explore the effective technique of extending storage period and improving commodity value in Mopan persimmon, effects of 1-MCP treatment and freezing point storage on fruit storage quality, senescence and browning indexes were studied. Results showed that 1-MCP combined with controlled freezing point storage effectively delayed the losses of fruit firmness, vitamin C, total soluble solids, titratable acidity and soluble tannin content, better kept fruit intrinsical nutrition constituents, restrained the rise of MDA, membrane relative conductance and PPO activity during later storage period, fruit senescence process and the occurrence of fruit browning were delayed, and the storage period was extended by about 60 d compared with the control group. Therefore, 1-MCP combined with controlled freezing point storage is an effective integrated freshness-keeping technique for extending storage life.

Key words Mopan persimmon, 1-MCP, Controlled freezing point storage, Browning

引言

磨盘柿(*Diospyros kaki L. f. cv. Mopan*)成熟期集中,采收期果实大量积压,采后 7~10 d 果肉迅速软化、褐变,造成果实价格偏低,既影响了果农的种植积极性,又不利于柿果品的推广。无法及时销售

的磨盘柿多采用低温贮藏来延长贮藏期,缓解上市销售压力,但磨盘柿低温贮藏时容易产生褐心,贮藏期较短,严重影响果农的利益。寻找一种有效延长贮藏期并控制果实褐变的保鲜技术显得极为迫切。

冰温贮藏可以明显抑制果蔬的新陈代谢、延长贮藏期,还能使果蔬的色、香、味、口感和营养物质得

收稿日期:2011-07-26 修回日期:2011-09-01

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD38B01)、天津市自然科学基金资助项目(11JCYBJC08500)和天津市农业科技成果转化与推广项目(201002020)

作者简介:张鹏,博士后,主要从事果蔬采后贮藏保鲜及无损预测研究,E-mail: zhangpeng811202@163.com

通讯作者:陈绍慧,研究员,博士,主要从事农产品物流及冰温保鲜研究,E-mail: chshhui888@sohu.com

到最大程度地保存甚至提高^[1-4]。近年来,科研人员利用 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 简称 1-MCP)对呼吸跃变型果品贮藏保鲜作了大量研究,认为 1-MCP 能抑制乙烯生成量和呼吸强度,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与寿命,对果实采后的营养成分、风味物质、硬度保持和减轻病害均有一定作用^[5-10]。因此,本文通过上述处理手段及贮藏方式的应用,探讨磨盘柿果实成熟与衰老过程中贮藏品质、生理代谢的变化规律,寻找延长磨盘柿贮藏期的保鲜措施,为有效提高磨盘柿贮藏商品性、开发新型磨盘柿贮藏保鲜技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材与处理

试材磨盘柿于 2010 年 10 月 14 日采自天津市蓟县盘山。采收时挑选成熟度(约 80%)一致、无病虫害和机械损伤的果实,采收当天将果实运回国家农产品保鲜工程技术研究中心实验室。

将采收当天的部分果实置于 1-MCP 气体体积比为 1.0 $\mu\text{L/L}$ 的密闭塑料帐内,常温(18~20 $^{\circ}\text{C}$)条件下处理 20 h,1-MCP 气体的配制参照孙生等方法^[11]。将未处理和 1-MCP 处理后的果实分别装入 0.02 mm 厚度的微孔袋中放入冰温库(-0.5~-0.2 $^{\circ}\text{C}$)存放,记作 BW 和 1-MCP + BW,以未处理果实装入 0.02 mm 厚度的微孔袋中放入普通冷库((0 \pm 0.5) $^{\circ}\text{C}$)为对照,记作 CK。所有果实均在预冷 24 h 后扎口。上述每个处理设 3 次重复,每次用果 36 个。每次随机选取 20 个果实,分别于 15、30、45、60、75、90、120 d 作感官调查并抽取 9 个果实测定各项指标。

1.2 测定项目与方法

硬度利用英国产 TA. XT. plus 物性仪测定,测试深度为 10 mm, P/2 柱头(ϕ 2 mm),测试速度为 2.0 mm/s,每次取 9 个果在胴部去皮测定,单果重复 4 次取最大值,最后取其平均值。可溶性固形物含量(质量分数)利用日本产 PAL-1 型数字手持折光仪测定。可滴定酸含量(质量分数)参照 GB/T 12456—2008 测定。可溶性单宁含量(质量分数)参照 Folin-Denis 比色法测定^[12]。维生素 C 含量参照钼蓝比色法测定^[13]。丙二醛(MDA)含量参照硫代巴比妥酸比色法测定^[14]。膜相对电导率利用上海产 DDS-307A 型电导仪测定。总酚含量参照 Folin-Ciocalteu 比色法测定^[15]。多酚氧化酶(PPO)活性参照儿茶酚比色法测定^[14]。

腐烂率计算公式为

$$C = \frac{A}{B} \times 100\%$$

式中 A——腐烂果数 B——调查总果数

黑斑病斑点共分 4 级:0 级为不发病,1 级为果实表面有极个别斑点(1~5),2 级为果实表面有个别斑点(6~10),3 级为果实表面有一些斑点(10 个以上)。果心、果皮褐变分级标准见表 1。果心、果皮褐变指数计算公式为

$$H = \frac{\sum ab}{cd} \times 100\%$$

式中 a——褐变级数 b——该级数果数

c——最高褐变级数

d——调查果数

黑斑病指数计算方法与褐变指数相同。

表 1 果心、果皮褐变分级标准

Tab. 1 Indexes of grading standard of core and peel browning

级数	褐变标准
0	无褐变
1	褐变面积占总面积的 10%,轻度褐变
2	褐变面积占总面积的 10%~30%,中度褐变
3	褐变面积占总面积的 30%~60%,严重褐变
4	褐变面积占总面积的 60%~100%,极度褐变

1.3 数据处理

采用 Excel 统计和绘图,DPS v3.01 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏品质

2.1.1 果实硬度和可溶性单宁含量

由图 1 可以看出,随着贮藏时间的延长,各处理果实硬度呈逐渐下降的趋势,但不同处理下降的速率不同,对照果实贮藏 30 d 后急速下降,贮藏 75 d 时果实硬度为 6.78 kg/cm^2 ;冰温贮藏和 1-MCP 结合冰温贮藏果实硬度下降较为缓慢,在贮藏 60 d 后两者差异随着贮藏的延长而逐渐明显,贮藏 90 d 时冰温贮藏果实硬度为 14.39 kg/cm^2 ,1-MCP 结合冰温贮藏果实硬度为 17.56 kg/cm^2 ,两者达到极显著差异水平($P < 0.01$)。表明冰温贮藏有效延缓果实硬度的下降,1-MCP 结合冰温贮藏抑制效果更为明显。

由图 1 可以看出,各处理果实可溶性单宁含量变化与硬度相似,对照果实可溶性单宁含量下降最快,在贮藏 75 d 时可溶性单宁含量为 0.11%;冰温贮藏果实可溶性单宁含量下降较为缓慢,在贮藏后

期冰温贮藏可溶性单宁含量极显著高于同期对照果实 ($P < 0.01$), 表明冰温贮藏可以有效延缓果实中可溶性单宁向不可溶性单宁的转化。1-MCP 结合冰温贮藏果实可溶性单宁含量在贮藏期间略高于

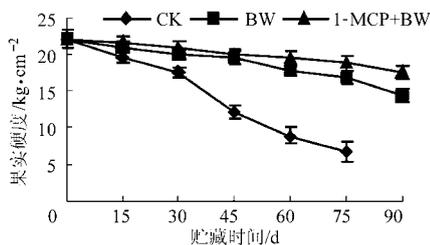
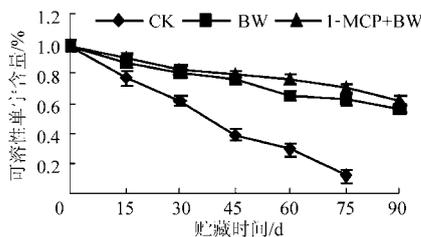


图1 不同处理对磨盘柿果实硬度和可溶性单宁含量的影响

Fig.1 Effects of different treatments on flesh firmness and soluble tannin content of Mopan persimmon

冰温贮藏果实, 在贮藏 60 d、75 d 时差异较为明显, 其他差异并不显著 ($P > 0.05$), 表明 1-MCP 处理对冰温贮藏果实可溶性单宁的转化有一定的抑制作用。



2.1.2 可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量

随着贮藏时间的延长, 可溶性固形物含量的减少是果实代谢的结果, 变化快慢影响着果实的衰老褐变进程。由图 2 可以看出, 在整个贮藏过程中, 各处理果实可溶性固形物含量整体呈下降趋势, 对照果实下降较快, 贮藏后期略有回升; 冰温贮藏果实下降趋势不明显并略有波动, 1-MCP 结合冰温贮藏果实可溶性固形物含量在贮藏前期高于冰温贮藏果实, 贮藏后期低于冰温贮藏果实, 但差异并不显著 ($P > 0.05$)。结果表明, 冰温贮藏有效延缓了果实可溶性固形物含量的下降, 而 1-MCP 处理对冰温贮藏果实可溶性固形物含量影响不大。

可滴定酸含量是影响果实风味品质的重要指标之一。由图 2 可以看出, 在整个贮藏过程中, 各处理果实可滴定酸含量均呈整体下降的趋势, 但变化规律不明显。对照果实在贮藏后期可滴定酸含量显著低于同期其他处理 ($P < 0.01$), 而冰温贮藏果实与

1-MCP 结合冰温贮藏果实在贮藏期间可滴定酸含量差异不明显。结果表明, 冰温贮藏果实可以抑制贮藏后期可滴定酸含量的下降, 而 1-MCP 处理对冰温贮藏果实可滴定酸含量影响不大。

由图 2 可以看出, 在整个贮藏期间, 对照果实维生素 C 质量比在贮藏 15 d 后呈迅速下降的趋势, 在贮藏 30 d 后质量比极显著低于其他处理 ($P < 0.01$); 冰温贮藏和 1-MCP 结合冰温贮藏果实维生素 C 质量比变化趋势一致, 即贮藏初期逐渐下降, 在贮藏 45 d 后缓慢上升, 贮藏 75 d 后略有下降; 1-MCP 结合冰温贮藏果实维生素 C 质量比均高于冰温贮藏果实, 贮藏 90 d 时 1-MCP 结合冰温贮藏果实维生素 C 质量比为 307.24 mg/(100 g), 与采后果实维生素 C 质量比相当, 冰温贮藏果实维生素 C 质量比为 237.26 mg/(100 g), 两者达到极显著差异水平 ($P < 0.01$)。结果表明, 冰温贮藏可以延缓果实维生素 C 质量比的下降, 而 1-MCP 结合冰温贮藏抑制效果更为明显。

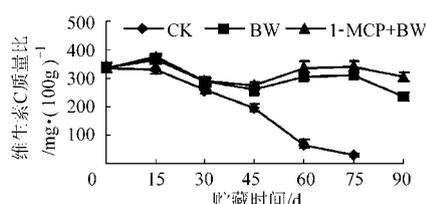
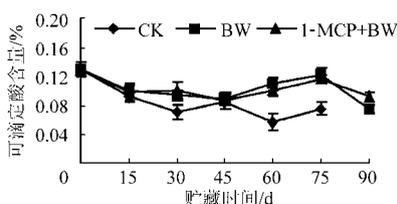
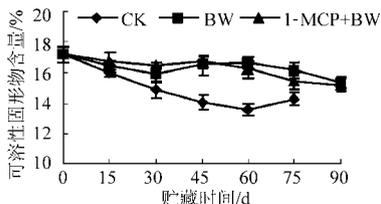


图2 不同处理对磨盘柿果肉可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on flesh total soluble solids content, titratable acidity content and vitamin C of Mopan persimmon

2.1.3 果实感官品质

褐变指数和腐烂率是影响果实商品价值的重要决定因素。由表 2 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 采后病害逐渐显现出来, 各处理果实出现病害时间有所不同。对照处理果实在贮藏 30 d 后开始出现黑斑病害, 随着贮藏时间的延长果实的病害程度逐渐增加, 在贮藏后期柿果出现了严重褐变与腐烂现象。冰温贮藏果实在整个过程中, 均未出现果实腐

烂和果皮褐变, 贮藏 120 d 时出现了轻微的果心褐变, 贮藏 75 d 开始出现了轻微的黑斑病害, 而 1-MCP 结合冰温贮藏果实在贮藏期间未出现果心褐变, 贮藏 120 d 时出现极轻微的黑斑病害。结果表明, 冰温贮藏延缓果实病害的出现, 而 1-MCP 结合冰温贮藏抑制效果更为明显, 与普通冷藏果实相比, 1-MCP 结合冰温贮藏果实贮藏期可以延长 60 d 以上。

表 2 磨盘柿果实感官品质调查结果

Tab. 2 Organoleptic quality survey result of Mopan persimmon fruit

处理	贮藏时间/d	果心褐变指数/%	果皮褐变指数/%	腐烂率/%	黑斑病指数/%
普通冷藏	30	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	45	14.375 ± 1.875 ^b	0 ^a	0 ^a	3.334 ± 1.667 ^b
	60	28.125 ± 4.375 ^c	8.750 ± 1.250 ^b	0 ^a	20.000 ± 3.333 ^c
	75	52.500 ± 3.750 ^d	40.000 ± 2.500 ^c	0 ^a	35.834 ± 5.833 ^d
	90	73.750 ± 5.000 ^e	69.375 ± 3.125 ^d	15.000 ± 5.000 ^b	45.000 ± 3.333 ^d
	120	100 ^f	100 ^e	40.000 ± 10.000 ^c	64.117 ± 5.834 ^e
冰温贮藏	30	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	45	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	60	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	75	0 ^a	0 ^a	0 ^a	2.500 ± 0.833 ^b
	90	0 ^a	0 ^a	0 ^a	10.833 ± 2.500 ^c
	120	5.000 ± 1.250 ^b	0 ^a	0 ^a	21.667 ± 3.334 ^d
1-MCP 结合冰温贮藏	30	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	45	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	60	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	75	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	90	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	120	0 ^a	0 ^a	0 ^a	8.334 ± 1.667 ^b

注:同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 丙二醛含量和膜相对电导率

丙二醛 (MDA) 是膜脂过氧化作用的主要产物之一,常被用作膜脂过氧化的指标,表示细胞膜脂过氧化程度与植物的衰老状态。由图 3 可以看出,在整个贮藏过程中,对照和冰温贮藏果实 MDA 含量(质量摩尔浓度)呈逐渐上升的趋势,在贮藏前 30 d 各处理果实 MDA 含量上升较缓慢,差异不明显,随着贮藏时间的延长各处理果实 MDA 含量差异愈加明显,对照在贮藏 30 d 后果实 MDA 含量上升最快,并极显著高于同期冰温贮藏 ($P < 0.01$),表明冰温贮藏可以有效延缓贮藏后期果实 MDA 含量的增加。1-MCP 结合冰温贮藏果实在贮藏 45 d 后 MDA 含量均低于冰温贮藏,贮藏 75 d 两者达到显著差异水平 ($P < 0.05$),结果表明 1-MCP

结合冰温贮藏抑制了贮藏后期果实 MDA 含量的增加,进而减少细胞膜脂氧化程度,延缓果实衰老进程。

膜相对电导率越高,越容易使原来区域化分布的酶与底物接触而使果实产生褐变现象。由图 3 可以看出,随着贮藏时间的延长,各处理果实膜相对电导率均呈上升趋势,但上升幅度有所不同,对照果实膜相对电导率上升最快,在贮藏 30 d 后极显著高于同期冰温贮藏,结果表明冰温贮藏可以有效延缓贮藏后期果实膜相对电导率的增加。1-MCP 结合冰温贮藏在贮藏 45 d 后果实膜相对电导率低于冰温贮藏,但差异并不显著 ($P > 0.05$),表明 1-MCP 结合冰温贮藏抑制效果更好,较好地保持了细胞膜的完整程度和稳定性。

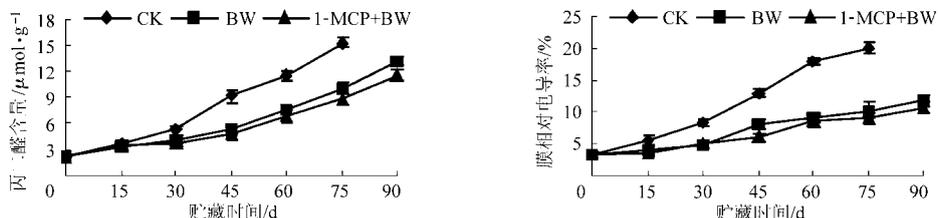


图 3 不同处理对磨盘柿果肉丙二醛含量和果皮膜相对电导率的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on flesh MDA content and peel membrane conductance of Mopan persimmon

2.3 总酚含量和 PPO 活性

柿果在贮藏过程中极易发生褐变,严重降低了果实的食用价值和商品性,而酚类物质是果实发生褐变的重要底物。由图4可以看出,随着贮藏时间的延长,对照和冰温贮藏果实总酚含量整体呈下降趋势,对照果实总酚含量下降较快,贮藏后期极显著低于其他处理($P < 0.01$),而冰温贮藏果实总酚含量缓慢下降,在贮藏75 d后略有升高,结果表明冰温贮藏能够有效控制贮藏后期果实总酚含量的降低。1-MCP结合冰温贮藏贮藏45 d后果实总酚含量均高于同期冰温贮藏,贮藏90 d时达到了显著性差异水平($P < 0.05$),表明1-MCP结合冰温贮藏抑制了果实贮藏后期总酚含量的降低,这与该处理

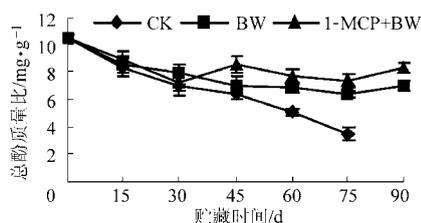
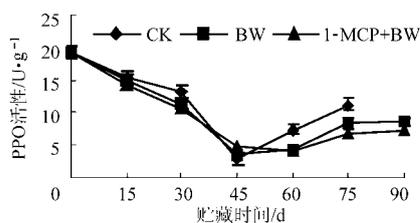


图4 不同处理对磨盘柿果肉总酚含量和 PPO 活性的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on flesh total phenol content and PPO activity of Mopan persimmon

果实后期的低褐变程度是一致的。

多酚氧化酶(PPO)活性是决定果蔬组织褐变程度的一个重要因素。由图4可以看出,在整个贮藏过程中,各处理果实PPO活性总体呈下降趋势,对照和冰温贮藏果实PPO活性均呈先下降后上升的趋势,对照果实PPO活性在贮藏45 d后迅速回升,贮藏后期PPO活性极显著高于冰温贮藏($P < 0.01$),结果表明冰温贮藏可以抑制贮藏后期果实PPO活性的增加。1-MCP结合冰温贮藏在贮藏75 d、90 d时果实PPO活性低于冰温贮藏,但差异不显著($P > 0.05$),表明1-MCP结合冰温贮藏在延缓贮藏后期果实PPO活性上升上有一定的作用。



3 讨论

生物体液细胞中溶解了糖、有机酸、盐类、多糖、氨基酸、肽类和可溶性蛋白等许多成分,因而细胞液不同于纯水,冰点一般在 $-0.5 \sim -3.5^{\circ}\text{C}$ 之间,这是冰温贮藏的基础。另外,细胞中各种天然高分子物质及其复合物以空间网状结构存在,使 H_2O 分子的移动和接近受到一定阻碍而产生冻结回避。因此,果蔬在 0°C 与冻结点之间的狭小温度带内仍能保持细胞活性,降低果蔬采后的呼吸强度,提高果蔬品质,减少果蔬营养成分流失,有效抑制有害微生物的活动,延长其保鲜期。从研究结果来看,冰温贮藏在磨盘柿保鲜上也符合以上观点。与普通冷藏相比,冰温贮藏有效减缓了果实硬度的下降,具有极佳的保脆作用,减少了果实自身的营养成分如维生素C、可溶性固形物、可滴定酸、可溶性单宁含量的流失。

从果实感官调查中发现,冰温贮藏对延缓果实衰老褐变和生理病害有一定作用。1-MCP是一种新型乙烯受体抑制剂,能够阻断乙烯受体的结合,抑制乙烯所诱导的各种生理生化反应,降低果实的呼吸强度,延缓成熟进程,延长贮藏寿命,进而达到果蔬保鲜效果^[16-17]。

4 结束语

1-MCP结合冰温处理具有增效作用,有效延缓了果实品质的下降和营养成分的损失,并抑制了贮藏后期果实的MDA含量、膜相对电导率的增加,维持了细胞膜的完整性,延缓了贮藏后期PPO活性的增加和总酚含量的降低,从而抑制果实的衰老褐变进程以及生理病害的发生,将磨盘柿贮藏寿命延长60 d。因此,1-MCP结合冰温双重调控磨盘柿的生理代谢,提高了果实的商品性,是有效抑制果实衰老褐变、延长贮藏期的保鲜措施。

参 考 文 献

- 江英,赵晓梅,吴玉鹏,等.西瓜冰温贮藏保鲜技术的研究[J].食品工业科技,2005,26(12):172~174.
Jiang Ying, Zhao Xiaomei, Wu Yupeng, et al. Study on storage technology for watermelon in ice temperature conditions [J]. Science and Technology of Food Industry, 2005, 26(12):172~174. (in Chinese)
- 张桂,赵国群.草莓冰温保鲜技术的研究[J].食品科技,2008,33(3):237~239.
Zhang Gui, Zhao Guoqun. Study on the storage of strawberries at controlled freezing point [J]. Food Science and Technology, 2008, 33(3):237~239. (in Chinese)
- 胡位荣,张昭其,蒋跃明,等.采后荔枝冰温贮藏的适宜参数研究[J].中国农业科学,2005,38(4):797~802.
Hu Weirong, Zhang Zhaoqi, Jiang Yueming, et al. Study on the parameter of ice-temperature storage in Litchi (*Litchi*

- chinensis Sonn.) [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(4):797~802. (in Chinese)
- 4 Guo Li, Ma Ying, Sun Dawen, et al. Effects of controlled freezing-point storage at 0°C on quality of green bean as compared with cold and room-temperature storages [J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 86(1):25~29.
- 5 Kashimura Y, Hayama H, Ito A. Infiltration of 1-methylcyclopropene under low pressure can reduce the treatment time required to maintain apple and Japanese pear quality during storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 57(1):14~18.
- 6 Villalobos Acuna M G, Biasi W V, Mitcham E J, et al. Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Bartlett' pears [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 60(1):17~23.
- 7 Fawbush F, Nock J F, Watkins C B. Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'Empire' apples in air and controlled atmosphere storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(1):30~37.
- 8 Egea I, Flores F B, Martinez-Madrid M C, et al. 1-Methylcyclopropene affects the antioxidant system of apricots (*Prunus armeniaca L. cv. Bulida*) during storage at low temperature [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(4):549~555.
- 9 杨虎清,王允祥,庞林江,等. 1-MCP 对不同成熟度白凤桃冷害发生的影响[J]. *果树学报*,2008,25(1):111~114.
Yang Huqing, Wang Yunxiang, Pang Linjiang, et al. Effect of 1-MCP on the fruit chilling injury of Baifeng peach cultivar during storage [J]. *Journal of Fruit Science*, 2008, 25(1):111~114. (in Chinese)
- 10 李江阔,李爽,张平,等. 1-MCP 处理对磨盘柿货架期果实保脆效果的影响[J]. *沈阳农业大学学报*,2007,38(2):162~165.
Li Jiangkuo, Li Shuang, Zhang Ping, et al. Effects of shelf life and brittleness-keeping for Mopan persimmon stored under 1-MCP treatment [J]. *Journal of Shenyang Agriculture University*, 2007, 38(2):162~165. (in Chinese)
- 11 孙希生,王文辉,李志强,等. 1-MCP 对砀山酥梨保鲜效果的影响[J]. *保鲜与加工*,2001,1(6):14~17.
Sun Xisheng, Wang Wenhui, Li Zhiqiang, et al. Effects of 1-MCP on cold storage of Dangshansuli pears [J]. *Storage & Process*, 2001, 1(6):14~17. (in Chinese)
- 12 郑巧林. 柿果真空包装脱涩和保鲜技术的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2001:10~11.
- 13 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. *食品科学*,2000,21(8):42~45.
Li Jun. Study on molybdenum blue method of L-VC test by spectrometry [J]. *Food Science*, 2000, 21(8):42~45. (in Chinese)
- 14 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- 15 徐辉艳,孙晓东,张佩君,等. 红枣汁中总酚含量的福林法测定[J]. *食品研究与开发*,2009,30(3):126~128.
Xu Huiyan, Sun Xiaodong, Zhang Peijun, et al. Determination of total polyphenols of Chinese jujube juice by Fulin-Ciocalciu method [J]. *Food Research and Development*, 2009, 30(3):126~128.
- 16 Jeong J, Huber D J, Sargent S A. The potential benefits of 1-MCP for regulating the ripening and extending the storage life of avocados [J]. *Hort Science*, 1999, 34(3):538~544.
- 17 Fan X, Argenta L, Mattheis J P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20(2):135~142.
- 18 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.
Zhang Peng, Li Jiangkuo, Meng Xianjun, et al. Effects of 1-MCP and film packaging treatments on postharvest physiology and quality of mopan persimmons [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(2):130~133, 143. (in Chinese)
- 19 李志文,张平,张昆明,等. 1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄果实质地的影响[J]. *农业机械学报*,2011,42(7):176~181.
Li Zhiwen, Zhang Ping, Zhang Kunming, et al. Effect of 1-methylcyclopropene combined with controlled freezing-point storage on texture of grape fruit [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(7):176~181. (in Chinese)
- 20 邵毅,罗云波,陈安均,等. 1-MCP 处理和贮藏温度对黑宝石李果肉褐变的影响[J]. *农业机械学报*,2010,41(3):128~133.
Shao Yi, Luo Yunbo, Chen Anjun, et al. Effect of 1-MCP treatment and storage temperature on pulp browning of friar plum (*Prunus salicina* lindell. cv. friar) [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(3):128~133. (in Chinese)