

1-甲基环丙烯处理对苹果冰温贮藏效果的影响

林 洋¹, 张 鹏², 李 江 阔², 刘 玲¹

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘 要:以“红富士”苹果为试材,研究了 1-甲基环丙烯(1-MCP)对冰温贮藏后果实的货架品质、生理代谢以及相关酶活性的影响。结果表明:1-MCP 处理可以显著地抑制冰温贮藏后果实的腐烂,降低果实的呼吸强度和乙烯生成速率,并延缓果实硬度、可溶性固形物含量下降速度,1-MCP 可以有效地诱导机体防御酶过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性升高,并抑制赖氨酸氧化酶(LOX)和多酚氧化酶(PPO)活性的增加从而抑制机体的衰老。可见,1-MCP 在苹果的冰温保鲜领域具有很好的应用前景。

关键词:“红富士”苹果;1-甲基环丙烯(1-MCP);冰温贮藏;生理;货架品质

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)12-0128-05

1-甲基环丙烯(1-MCP)是近年来引进到中国的一种新型的无毒、低量、高效乙烯抑制剂,它能够通过优先与乙烯受体中的金属离子不可逆结合来有效阻断乙烯与受体结合,使乙烯信号转导受阻,进而调节植物组织对乙烯的反应^[1]。苹果是典型的呼吸跃变型果实,乙烯具有促进果实成熟的作用,因此 1-MCP 在苹果贮藏保鲜中具有极大的应用前景^[2-4]。冰温贮藏是指在 0℃以下果蔬冻结点以上的温度范围内进行贮藏保鲜。该试验旨在通过研究 1-MCP 对冰温贮藏后“红富士”苹果的生理代谢、货架品质及与自由基形成和清除相关的酶变化的影响,探究冰温贮藏下 1-MCP 的调控效果,以期 1-MCP 在苹果冰温保鲜上的应用提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“红富士”苹果,于 2010 年 10 月 20 日采自天津蓟县;1-MCP 粉剂由国家农产品保鲜工程技术研究中心提供。

1.2 试验方法

采收后根据果皮颜色形态将果实分为全红果和条红果 2 类,全红果果实表面呈片红状;条红果果实表面呈条纹状。人工去除有病虫害、机械伤的果实,将好果

套网袋装入周围铺垫报纸的塑料周转箱内立即运回实验室进行处理,1-MCP 处理方法参照孙希生等^[5]的方法,处理浓度为 1.0 μL/L,在室温(18~20℃)条件下大帐熏蒸处理 18 h,分别以未用 1-MCP 处理的果实为对照(CK)。然后将 2 组果实经过预冷后放入 BW120 型冰温保鲜库(-0.5~-0.2℃)中贮藏。9 个月后取出进行常温(25~30℃)货架(18 d)试验,每个处理随机取 10 个果,重复 3 次。

1.3 项目测定

感官调查:主要通过肉眼观察,根据表面色泽以及是否出现褐斑、病斑等进行判断并求出好果率,好果率=好果实数/检查总果实数×100%;呼吸强度测定采用静置法;乙烯生成速率测定采用气相色谱法;可溶性固形物,采用手持式折光仪 PAL-1 测定;硬度(kg/cm²)采用英国产 TA.XT.Plus 物性测定仪测定,每次测定取 6 个苹果果实(在胴部去皮测定,单果重复测定 2 次取其平均值;测试深度为 10 mm,P/2 柱头(2 mm),测试速度为 2 mm/s;多酚氧化酶(PPO)活性参照郝再彬等^[6]方法,儿茶酚用比色法测定;POD 活性的测定参照陈建勋等^[7]的愈创木酚法测定;CAT 活性参照王艳颖等^[8]的测定方法并修改;LOX 活性参照陈昆松等^[9]的测定方法略加改进。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行统计分析并制图,采用 SPSS 12.0.1 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对冰温贮藏后货架期间果实好果率的影响

由图 1 可知,在货架 0 d 时,全红果的处理组和对照

第一作者简介:林洋(1988-),女,硕士,现主要从事食品质量安全等研究工作。E-mail:870759959@qq.com.

责任作者:李江阔(1974-),男,辽宁兴城人,博士,副研究员,现主要从事农产品安全与贮藏保鲜研究工作。E-mail:lijkuo@sina.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2012BAD38B01);天津市农业科技成果转化与推广资助项目(201002020)。

收稿日期:2013-03-11

组好果率分别为 96%、58%，条红果的处理组和对照组好果率为 98%、71%，1-MCP 处理果实好果率分别高出未处理果实 38% 和 27%。在整个货架期间 1-MCP 处理的全红果和条红果果实好果率均呈缓慢下降趋势，在货架 15 d 其好果率仍能保持在 80% 以上，而 2 个对照组果实好果率则呈现线性下降趋势，在货架 9 d 时好果率低于 20%。对照组果实常温有效货架期只有 9 d，1-MCP 处理果实有效货架期可达到 15 d 以上，说明 1-MCP 可以显著地抑制果实的腐烂变质。

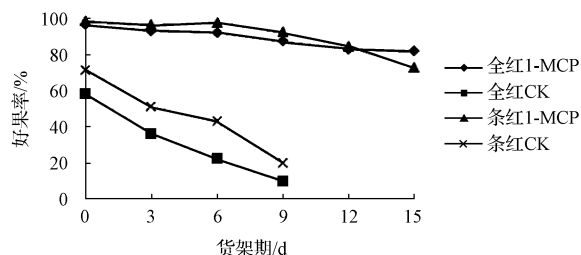


图 1 1-MCP 处理对果实好果率的影响

Fig. 1 Effect of 1-MCP treatment on the good rate of fruit

2.2 1-MCP 处理对冰温贮后货架期间果实生理代谢的影响

呼吸强度和乙烯生成速率是植物新陈代谢强弱的重要指标。由图 2~3 可知，对照果实和处理果实的呼吸强度均呈现下降趋势，乙烯生成速率呈现先下降后缓慢上升的趋势。货架 0 d 时，全红果的处理果实呼吸强度是对照果实的 2.4 倍左右，乙烯生成速率是对照果实的 55 倍；条形果的处理果实呼吸强度是对照组果实的 2.7 倍左右，乙烯生成速率是对照果实的 32 倍，6 d 时全红果和条形果 1-MCP 处理的果实的呼吸强度和乙烯生成速率仍然极显著高于同期的对照果实 ($P < 0.01$)，说明 1-MCP 处理可以有效地抑制果实的呼吸强度和乙烯生成速率，从而延缓果实的衰老。

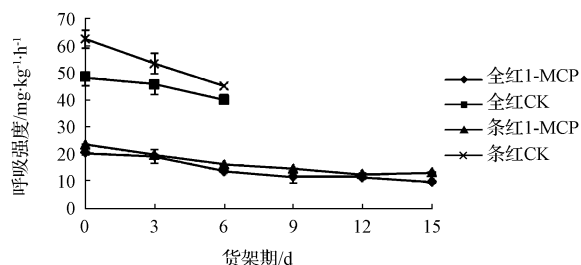


图 2 1-MCP 处理对果实呼吸强度的影响

Fig. 2 Effect of 1-MCP treatment on the respiration intensity of fruit

2.3 1-MCP 处理对冰温贮后货架期间果实货架品质的影响

可溶性固形物含量和果肉硬度是果实品质的重要

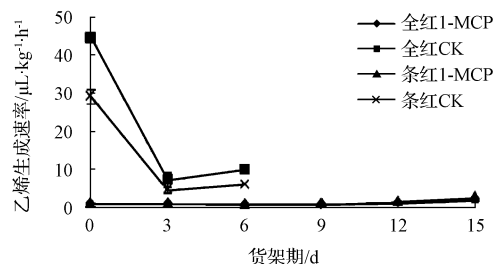


图 3 1-MCP 处理对果实乙烯生成速率的影响

Fig. 3 Effect of 1-MCP treatment on the ethylene production rate of fruit

指标，它们不仅影响到鲜食时的口感味觉，也与果实的贮藏加工性状相关。从图 4 可以看出，可溶性固形物含量呈现先升高后下降之后变化缓慢的过程。货架 0 d 时，全红果和条形果 1-MCP 处理的果实可溶性固形物含量均显著高于其对照组 ($P < 0.01$)，说明 1-MCP 处理降低了冰温贮藏期间果实中营养物质的消耗；由图 5 可知，在常温货架期间的 2 组对照和处理的果实硬度均呈现下降趋势，但 1-MCP 处理的果实硬度下降速度缓慢。在货架 0~6 d 期间，全红果和条形果的处理果实硬度均显著高于对照果实 ($P < 0.01$)，并且在货架期 15 d 时 1-MCP 处理果实的硬度仍保持在较高的水平。说明 1-MCP 处理有效地延缓果实硬度和果实可溶性固形物含量的下降，在冰温贮藏 9 个月 1-MCP 仍能很好的保持果实货架品质。

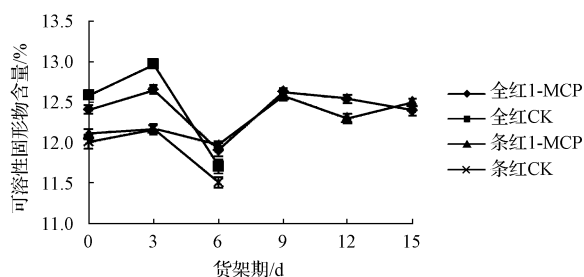


图 4 1-MCP 处理对果实可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effect of 1-MCP treatment on the soluble solid content of fruit

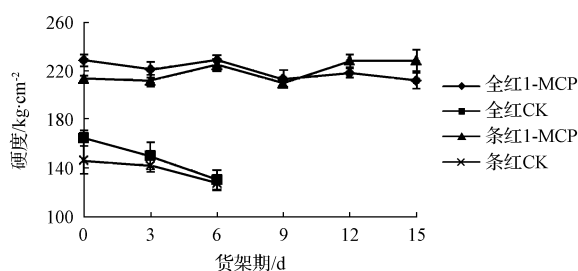


图 5 1-MCP 处理对果实硬度的影响

Fig. 5 Effect of 1-MCP treatment on the firmness of fruit

2.4 1-MCP 处理对冰温贮后货架期间果实衰老相关酶活性的影响

POD 具有清除植物体内过氧化物的作用,能将 H_2O_2 分解成 O_2 和 H_2O ,与 CAT 相互协调配合,清除过剩的自由基以提高植物的抗逆性^[10]。由图 6 可知,货架 0 d 时,全红果和条红果的对照果实 POD 活性均高于处理组,之后对照果实 POD 活性缓慢下降,到货架 3 d 时,2 组对照果实 POD 活性均显著低于同期的处理组($P < 0.01$),说明 1-MCP 处理诱导了 POD 活性升高,从而抑制了果实的衰老速度。由图 6~7 可知,CAT 活性变化与 POD 相似,在货架 0 d 时,全红果和条红果的对照果实 CAT 活性均高于处理组,随后呈下降趋势,到货架 6 d 时,2 组对照果实 POD 活性均低于同期的处理组,其中全红果 1-MCP 处理果实的 POD 活性达到了对照处理的 2.6 倍左右,1-MCP 处理抑制了 CAT 活性的下降。1-MCP 处理的果实 CAT 活性呈现先增加再下降的趋势,货架 9 d 时 1-MCP 处理的全红果和条红果出现活性高峰,说明 1-MCP 处理能诱导 CAT 活性显著升高,增加了苹果果实对自由基的清除能力。

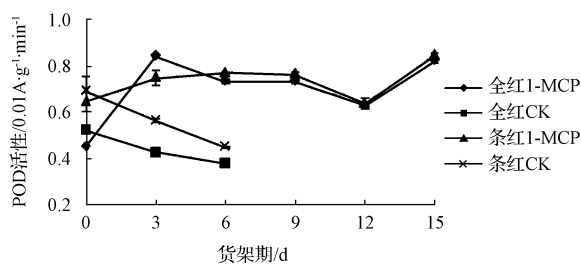


图 6 1-MCP 处理对果实 POD 活性的影响

Fig. 6 Effect of 1-MCP treatment on the POD activities of fruit

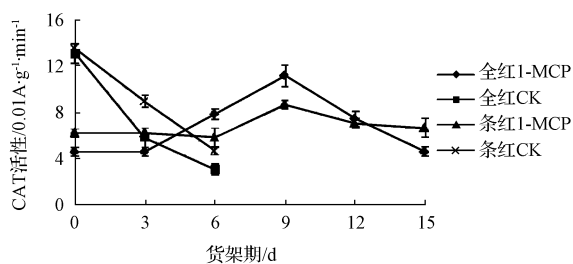


图 7 1-MCP 处理对果实 CAT 活性的影响

Fig. 7 Effect of 1-MCP treatment on the CAT activities of fruit

赖氨酰氧化酶(LOX)是一种以多不饱和脂肪酸为催化底物的酶,专一催化 1,4-戊二烯结构的多不饱和脂肪酸的过氧化反应,产生多种自由基,对细胞膜结构的破坏及衰老有促进作用^[11]。从图 8 可以看出,在货架初期 LOX 活性呈上升趋势,但在货架 0~6 d 期间 1-MCP 处理的全红果和条红果果实 LOX 活性始终低于其对照组($P < 0.05$),说明 1-MCP 处理能显著抑制 LOX 活性,进

而保持细胞膜的完整性,从而减慢了果实呼吸代谢的速率,保持了果实品质。1-MCP 处理的 2 类果实 LOX 活性呈上升又有所下降趋势,在货架 9 d 时产生 LOX 活性高峰,达到了 $0.43(0.01A \cdot g^{-1} \cdot min^{-1})$ 左右,但仍低于在货架 6 d 时对照组的 LOX 活性值,说明 1-MCP 处理延缓了 LOX 活性增加的速度,使 LOX 活性维持在较低水平进而延缓了果实的衰老。果实衰老时 POD、CAT 与 LOX 活性增加,意味着体内清除活性氧能力下降与膜脂过氧化作用加强,膜的破坏使原来区隔化的 PPO 与底物有了接触的机会,因而在氧气的作用下发生酶促褐变,这是一种典型的防御反应^[12]。由图 9 可知,货架 0 d 时,全红果对照果实 PPO 活性比 1-MCP 处理果实高 $0.7(0.01A \cdot g^{-1} \cdot min^{-1})$,货架 3 d 时对照组 PPO 活性快速上升,到 6 d 时,对照果实比处理果实高 $1.4(0.01A \cdot g^{-1} \cdot min^{-1})$,可以看出 1-MCP 处理有效的抑制了 PPO 活性并减缓其增加的速度,抑制了酶促褐变的发生。货架 15 d 时 1-MCP 处理的全红果和条红果出现活性高峰,1-MCP 有效诱导了防御反应的发生,其峰值出现的时间较晚,这说明在前 3 种防御酶发挥作用的条件下,仍需要加强体内酚类物质的氧化作用来进一步抑制果实衰老。

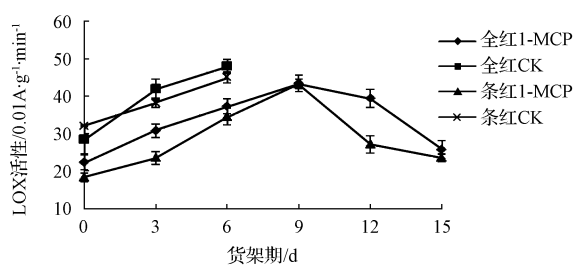


图 8 1-MCP 处理对果实 LOX 活性的影响

Fig. 8 Effect of 1-MCP treatment on the LOX activities of fruit

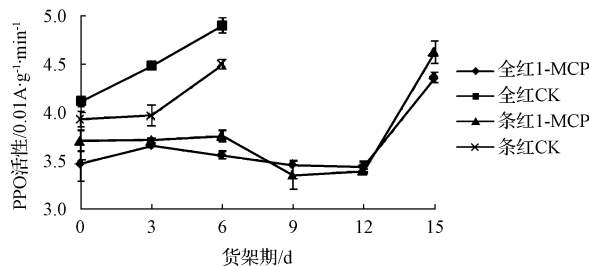


图 9 1-MCP 处理对果实 PPO 活性的影响

Fig. 9 Effect of 1-MCP treatment on the PPO activities of fruit

3 讨论与结论

“红富士”苹果是我国苹果的主要栽培品种,果肉脆而多汁,味道芳香爽口,但随着采后贮期的延长衰老加速,导致口味劣变,甚至易引起病害的发生,直接影响果品的食用价值和市场竞争力,因此研究“红富士”苹果的

保鲜效果在我国保鲜领域中具有重要意义。1-甲基环丙烯作为一种高效安全的乙烯受体抑制剂被广泛应用在苹果、桃、香蕉、柑橘^[13-16]等水果保鲜上,该试验着重研究在冰温贮藏下 1-MCP 对“红富士”苹果的生理代谢、货架品质及与衰老相关酶变化的影响。从研究结果可以看出,1-MCP 可以显著地抑制全红果和条红果 2 类果实在冰温贮藏下的软化、褐变及腐烂变质的发生进程并有效延长果实的有效货架期,可以显著地抑制果实呼吸强度和乙烯生成速率,这与孙希生等^[17]、唐燕等^[18]研究结果相一致;陈丹生等^[19]研究表明采用 1-MCP 处理可以延缓“红富士”苹果的硬度和可溶性固形物含量下降趋势,使苹果在贮藏期间保持了较高的硬度和可溶性固形物含量。该试验也表明 1-MCP 处理能有效降低果实中营养物质消耗,延缓果实硬度的下降,在冰温贮藏 9 个月 1-MCP 仍能发挥其药效,很好的保持果实货架品质。机体防御酶 POD 和 CAT 能在植物衰老过程中清除体内过量的活性氧,维持活性氧代谢平衡。保护膜结构进而延缓衰老,该试验研究表明,1-MCP 可以有效地诱导自由基清除酶 POD 和 CAT 活性升高并抑制自由基形成酶 LOX 和 PPO 活性的增加从而抑制果实的衰老,与李富军^[20]研究 1-MCP 能够明显促进果实 POD 和 CAT 的活性这一结果一致。目前 1-MCP 商业化应用的前景越来越广阔,特别是对像苹果这样具有呼吸跃变型的果实来说,意义更加明显,但苹果品种繁多,不同树种、不同品种、甚至同一品种在不同产地、不同年份的果实,对 1-MCP 的反应都不同,而且 1-MCP 处理还受其浓度、处理时间、温度和果实成熟度等很多因素的影响,因此,还需要更多周密的试验来确定 1-MCP 在多种贮藏方面的应用技术来确保其使用的安全性和可靠性。

该试验结果表明,1-MCP 可以显著地抑制全红果和条红果 2 类苹果果实在冰温贮藏下的腐烂变质情况,对照组果实的常温有效货架期只有 9 d,1-MCP 处理果实有效货架期可达到 15 d 以上;1-MCP 可以显著抑制冰温贮藏后货架期间果实生理代谢情况并很好地保持果实的货架品质;1-MCP 可以有效地诱导 POD 和 CAT 活性升高并抑制 PPO 和 LOX 活性,从而延缓果实的衰老。在冰温贮藏下 1-MCP 可以很好地发挥其调控作用,通过二者结合可使冰温贮藏效果更加显著。

Effect of 1-methylcyclopropene on Controlled Freezing Point Storage Quality of Apple

LIN Yang¹, ZHANG Peng², LI Jiang-kuo², LIU Ling¹

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agriculture Products, Tianjin 300384)

参考文献

- [1] Sisler E C, Serek M. Compound controlling ethylene receptor[J]. Bot Bull of Acad Sinica, 1999, 40: 1-7.
- [2] Chris B, Watkins. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(4): 389-409.
- [3] 程顺昌, 冷俊颖, 任小林, 等. 不同环丙烯类乙烯抑制剂对苹果常温贮藏保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 269-273.
- [4] Fan X T. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening[J]. Journal of American Society For Horticultural Science, 1999, 124(6): 690-695.
- [5] 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(6): 14-17.
- [6] 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.
- [7] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
- [8] 王艳颖, 胡文忠, 庞坤, 等. 机械损伤对富士苹果酶促褐变的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 430-434.
- [9] 陈昆松, 徐昌杰, 许文平, 等. 猕猴桃和桃果实脂氧合酶活性测定方法的建立[J]. 果树学报, 2003, 20(6): 436-438.
- [10] Gechev T, Willekens H, Montagu M V, et al. Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress[J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160(5): 509-515.
- [11] 姜爱丽, 孟宪军, 胡文忠, 等. 高 CO₂ 冲击处理对采后蓝莓生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 362-368.
- [12] 胡文忠. 鲜切果蔬科学与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 67-70.
- [13] Jennifer R, Dennis P, Murray D, et al. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3): 349-353.
- [14] Infante R, Meneses C, Crisosto C H. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe ‘September Sun’ peach following cold storage[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(5): 1011-1016.
- [15] Jiang Y, Joyce D C, Macnish A J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16(2): 187-193.
- [16] Mullins E D, McCollum T G, McDonald R E. Consequence on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased nonclimacteric fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19(2): 155-164.
- [17] 孙希生, 王志华, 辛广, 等. 不同处理条件下 1-MCP 对金冠苹果呼吸强度和品质的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(2): 141-144.
- [18] 唐燕, 马书尚, 武春林, 等. 1-MCP 对嘎拉苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 42-45.
- [19] 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.
- [20] 李富军. 1-MCP 对几种果实衰老的效应及调控机制研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.

壳聚糖处理对青蚕豆贮藏品质的影响

贾西灵, 杨志谟, 郭青范, 王林成, 郭延平

(临夏州农业科学研究院, 国家食用豆产业技术体系临夏综合试验站, 甘肃 临夏 731100)

摘要:以“临蚕6号”青蚕豆为试材,研究了不同质量浓度的壳聚糖涂膜处理对青蚕豆采后品质的影响。结果表明:在温度 $(1\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度85%~90%条件下冷藏7周时,1.50%壳聚糖涂膜处理的保鲜效果最显著,其果实失重率较对照低33.6%;腐烂指数较对照低54.6%;壳聚糖处理还可显著降低豆荚的呼吸强度、多酚氧化酶(PPO)及过氧化物酶(POD)活性,抑制丙二醛(MDA)含量上升,延缓果实叶绿素及维生素C含量的下降,较好地保持了果实的感官品质,从而有效延长青蚕豆的贮藏期。

关键词:青蚕豆;壳聚糖处理;贮藏品质

中图分类号:S 643.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)12-0132-04

青蚕豆是鼓粒期籽粒饱满、适度成熟即采收,豆荚呈青绿色而供新鲜食用的一种重要的豆类蔬菜,其外形美观、风味独特,深受消费者青睐^[1]。我国北方青蚕豆采摘集中在6~8月份,由于气温较高,采后生理代谢旺盛,常温下豆荚易腐烂褐变、失水皱缩,豆粒口感粗糙,品质劣化,采后寿命较短^[2]。低温虽然可以有效抑制豆荚的腐烂褐变,保持豆粒品质,但仍存在失重率和褐变度偏高等问题。因此,控制青蚕豆低温贮藏期间的失重和褐变,保持产品品质就显得十分必要。壳聚糖是由自然界中仅次于纤维素的第二大生物衍生资源甲壳素经脱乙酰基后的产物^[3],具有良好的成膜、生物可降解、抑菌防腐和无毒无害等优良性能。经壳聚糖处理的果蔬组织内可形成微气调环境,调节内外的气体交换,抑

制呼吸、减少水分蒸发,延长贮藏期^[4],因此壳聚糖涂膜处理被广泛应用于多种果蔬的贮藏保鲜。但尚鲜见壳聚糖涂膜保鲜青蚕豆的报道。

该试验采用不同质量浓度的壳聚糖对青蚕豆进行采后涂膜处理,通过对青蚕豆主要理化指标的测定,研究其对青蚕豆贮藏期品质的影响,以期筛选出壳聚糖处理的最佳质量浓度,为壳聚糖在青蚕豆贮藏保鲜中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试青蚕豆为甘肃省临夏州农业科学研究所选育的春蚕豆品种“临蚕6号”,采收当天选择大小、成熟度基本一致(七成成熟),无病虫害、褐变、腐烂及机械伤的豆荚运回实验室,室内常温 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$,RH 55%~60%条件下,预冷6 h后待用。

壳聚糖(脱乙酰度 $\geq 90.0\%$),山东潍坊海之源生物有限公司;冰乙酸(分析纯)杭州化学试剂有限公司;其它试剂均为分析纯,购于甘肃省兰州市化学试剂公司。

HWF-1型红外二氧化碳分析仪,金坛市科析仪器有限公司;分析天平,上海分析天平仪器厂;722S可见光

第一作者简介:贾西灵(1972-),男,本科,助理研究员,研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail:lxjxl.72@163.com

责任作者:杨志谟(1958-),男,高级农艺师,现主要从事农产品贮藏保鲜技术工作。E-mail:lxz198@126.com

基金项目:国家现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-09-Z23);甘肃省科技支撑计划资助项目(0708NKCNO67)。

收稿日期:2013-01-17

Abstract: Taking ‘Red Fuji’ apple as material, the effect of 1-methylcyclopropene after controlled freezing point storage on the shelf-life quality, metabolic physiology and relevant enzyme activities were studied. The results showed that the fruit’s rot was significantly inhibited by treatment with 1-methylcyclopropene treatment, which significantly reduced the fruit’s respiration intensity and ethylene production rate, retard the rate of decline of the firmness and soluble solid content of fruit, effectively induced the rise of activity of defensive ferments including POD and CAT, inhibited the activity of PPO and LOX, and inhibited the senescence of organism. These results indicated that there was a great potential to use 1-MCP in controlled freezing point storage of apple.

Key words: ‘Red Fuji’ apple; 1-MCP; controlled freezing point storage; physiology; shelf-life quality