

冰温结合1-MCP贮藏对西兰花品质及生理的影响

林本芳¹, 鲁晓翔^{1*}, 李江阔², 陈绍慧²

(1.天津商业大学生物技术与食品科学学院,天津市食品生物技术重点实验室,天津 300134;
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:通过对西兰花在贮藏期间理化指标及营养成分变化规律的分析,探讨冰温结合1-MCP处理对西兰花的保鲜效果。实验结果表明:与直接冰温贮藏相比,冰温结合1-MCP处理对延缓西兰花 V_c 含量和叶绿素含量的下降均有明显效果,可抑制西兰花的呼吸强度和乙烯生成速率,并降低其峰值;且冰温结合1-MCP处理提高了西兰花过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性,降低了多酚氧化酶(PPO)活性,延缓了相对电导率的升高。这说明西兰花经冰温结合1-MCP处理贮藏的效果优于直接冰温贮藏的效果。

关键词:西兰花, 1-MCP, 冰温贮藏, 品质

Effect of controlled freezing point storage combined with 1-MCP on quality and physiology of Broccolis

LIN Ben-fang¹, LU Xiao-xiang^{1*}, LI Jiang-kuo², CHEN Shao-hui²

(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science,
Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

2.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products,
National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: The effect of broccolis under the treatment of controlled freezing point storage combined with 1-MCP was detected by analyzing physicochemical indexes and nutrition components at different treatments during storage. Research results showed that broccoli's V_c and chlorophyll content by 1-MCP treatment decreased less than that of only controlled freezing point storage. Controlled freezing point storage combined with 1-MCP treatment inhibited the respiratory intensity and ethylene generation rate, increased peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities and slowed down polyphenol oxidase (PPO) activity, also decreased relative electric conductivity. Therefore, the storage effect of broccolis with 1-MCP treatment was superior than that of with only ice-temperature storage.

Key words: broccoli; 1-methylcyclopropene; ice-temperature storage; quality

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)12-0304-05

西兰花 (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) 亦称嫩茎花椰菜、绿菜花等, 属十字花科芸苔属甘蓝种^[1]。西兰花富含多种营养成分, 并具有防癌抗癌的功效^[2]。采后西兰花在常温下呼吸十分旺盛, 放置2~3d花蕾

便因失水、感染微生物及叶绿素降解而发生萎蔫、生霉、变黄等, 其营养成分也迅速被降解, 不仅严重影响其营养价值和商品价值^[3-4], 而且限制了其供应期。因此, 研究西兰花的贮藏保鲜技术具有现实意义。冰温保鲜是指将食品贮藏在0℃以下至其冻结点范围内的一种技术^[5]。该技术用于果蔬的贮藏保鲜, 能较好地保留原料的风味, 并最大程度地降低呼吸速率, 抑制病原微生物滋生, 使果蔬贮藏期延长, 从而提高果蔬品质与商品价值, 是果蔬保鲜领域最为先进的

收稿日期: 2012-11-19 * 通讯联系人

作者简介: 林本芳(1986-), 女, 在读硕士, 研究方向: 农产品加工与贮藏。
基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2012BAD38B01); 天津市重点科技攻关项目(11ZCKFNC01900)。

杏果实采后生理和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 254-257.

[18] 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.

[19] 冯叙桥, 关筱歆, 张鹏, 等. 1-MCP结合 ClO_2 处理对冰温贮藏玫瑰香葡萄生理和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 333-338.

[20] 关夏玉, 陈清西. 1-MCP采后处理在果实贮藏保鲜上应用的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(4): 46-49.

技术之一。该技术已在磨盘柿、猕猴桃及四季豆等^[6-8]多种果蔬贮藏方面有所研究。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是近年发现的一种新型乙烯作用抑制剂,它通过竞争乙烯作用受体影响乙烯的生理活动,进而抑制果蔬的成熟与衰老。1-MCP用于果蔬保鲜具有高效、无毒、稳定性好、无异味、使用浓度低、易于合成等优点^[9-10],这在枣、葡萄等的保鲜中,已取得较好的效果^[11-12]。目前,将1-MCP用于西兰花保鲜已有一些报道^[13-15],但将冰温技术结合1-MCP处理贮藏西兰花的研究尚鲜有报道。冰温条件下结合1-MCP处理西兰花的保鲜效果是否会产生加强作用尚不清楚。本实验以西兰花为试材,通过比较冰温结合1-MCP处理的贮藏和直接冰温贮藏的西兰花的各项指标,探讨1-MCP处理对采后冰温贮藏西兰花的保鲜品质及生理的影响,旨在为西兰花的冰温贮藏保鲜提供新的理论依据和技术方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试西兰花品种为“优秀”采自天津市宝坻明强农产品有限公司基地;1-MCP 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);三氯乙酸、无水乙醇、冰乙酸、草酸 天津江天化工技术有限公司;磷酸氢二钠、磷酸二氢钠 天津市科威有限公司;邻苯二酚、愈创木酚、偏磷酸 天津市光复精细化工研究所;乙二胺四乙酸、双氧水 天津市光复科技发展有限公司;钼酸铵 天津市化学试剂四厂凯达化工厂;维生素C、DTT 天津博美科生物技术有限公司;PVPK-30 SbaseBio Corporation;上述所有试剂 均为分析纯。

BW-120冰温保鲜库 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);Genesys5紫外-可见分光光度计 美国Milton Roy公司;D-37520高速冷冻离心机 上海纳诺仪器有限公司;DDS-11A 电导率仪 上海雷磁;Check point 便携式O₂/CO₂测定仪 丹麦PBI Dansensor公司;岛津2010气相色谱仪、AUW220D电子分析天平 日本岛津公司;TDA-8002电子恒温水浴锅 天津中环实验电炉有限公司。

1.2 实验方法

选取无病害、无损伤、无霉变的西兰花置于1m³的密闭塑料帐内,帐内加设一台运行的风扇使1-甲基环丙烯(1-MCP)均匀分布于试材,帐内1-MCP浓度控制为2.5μL/L,在18℃条件下熏蒸18h^[16];然后打开帐口通风后,将处理过的西兰花置于冷库(-1~1℃)预冷24h;之后,随机取西兰花,按10个/袋整齐码入PE袋(保鲜中心提供),并将PE袋放入泡沫箱中,1袋/箱,再将泡沫箱放入冰温库(-0.7~-0.4℃),进行贮藏实验(记为A)。以未用1-MCP处理的西兰花(其他条件相同)放置在冰温库中贮藏作为对照(记为CK)。

贮藏期间每隔14d取样测定各指标,贮藏期共70d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 V_c的测定 采用钼蓝比色法^[17]。

1.3.2 叶绿素采用分光光度计法测定 称取打浆的西兰花1g置于100mL的三角瓶中,加入20mL混合液

(无水乙醇和丙酮1:1),放在黑暗处24h,过滤测定645、663nm处的吸光度,并计算叶绿素含量。

叶绿素含量=(20.0A₆₄₅+8.02A₆₆₃)×V/(1000×W) 式(1)

式中:A₆₄₅、A₆₆₃分别为在645、663nm处的吸光度;V为稀释倍数;W为样品质量。

1.3.3 相对电导率采用DDS-11A电导率仪测定 称取西兰花1.0g,清洗3次后,置于50mL三角瓶中,加蒸馏水40mL,平衡3h后采用DDS-11A电导率仪测定电导率P₁,沸水浴10min,冷却后加水至原刻度,测定电导率P₂,相对电导率(%)=P₁/P₂×100。

1.3.4 呼吸强度的测定 采用Check point便携式O₂/CO₂测定仪测定^[18]。

1.3.5 乙烯生成速率的测定 采用气相色谱法测定^[19]。

1.3.6 多酚氧化酶(PPO)的测定 采用儿茶酚比色法^[20]。

1.3.7 过氧化物酶(POD)采用愈创木酚法测定 称取西兰花1g冻样于预冷的研钵中,加入适量的0.05mol/L pH7.8的磷酸缓冲液(总用量20mL),冰浴研磨成匀浆,4℃、10000r/min离心10min,上清液即为POD粗提液。取2.9mL、pH7.0磷酸缓冲液,加入1.0mL、2% H₂O₂、1.0mL 0.05mol/L愈创木酚和5mL酶液,空白为加入5mL的缓冲溶液,于37℃水浴保温15min,迅速放入冰浴中,立即加入2mL 20%三氯乙酸终止反应,于470nm测其吸光度。POD活力计算公式如下:

酶比活力=(ΔA×D)/(0.01×t×W) 式(2)

式中:ΔA为反应时间内吸光度的变化;D为稀释倍数;t为反应时间;W为样品质量。

1.3.8 过氧化氢酶(CAT)的测定 采用紫外吸收法。称取西兰花1g冻样于预冷的研钵中,加入10mL、pH7.5的0.05mol/L的磷酸缓冲溶液(内含0.005mol/L二硫苏糖醇和2% PVPP)在冰浴条件下进行研磨成匀浆,转移至离心管中,于4℃、12000×g离心20min,上清液为CAT的粗提液。加入100μL的酶液,3mL的H₂O₂,于240nm处测定样品2min内吸光度值的变化。CAT酶活计算公式见式(2)。

1.4 数据处理

实验数据采用Excel软件处理,利用SPSS 17.0软件进行数据的差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花V_c含量及叶绿素含量的影响

从图1可以看出,随着贮藏时间的延长,不同处理西兰花的V_c含量呈现前42d缓慢下降,之后急剧降低的趋势,这可能是42d后西兰花迅速衰老所致。其中,前42d CK组与A组西兰花V_c含量几乎持平,无显著差异(p<0.05);第56d时,CK组与A组西兰花V_c含量分别为3.43、13.58mg/100g,差异显著(p<0.05);70d时,A组V_c含量(5.50mg/100g)显著(p<0.05)高于CK组值(2.86mg/100g)。由以上结果可知,A组相对CK组可延缓西兰花V_c含量下降。

由图2可见,在整个贮藏期间,西兰花叶绿素含量呈逐渐下降趋势。其中,CK组的叶绿素含量均低于A组的值。贮藏至70d时,A组的值(20.70mg/100g)

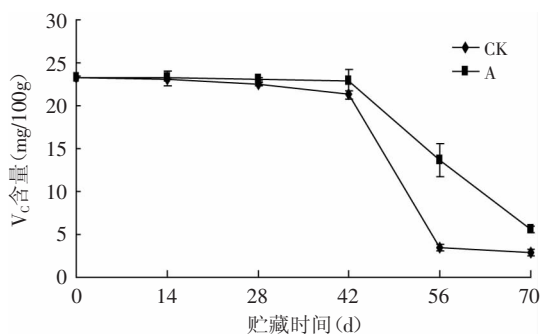


图1 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花V_c含量的影响

Fig.1 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on V_c content of Broccoli

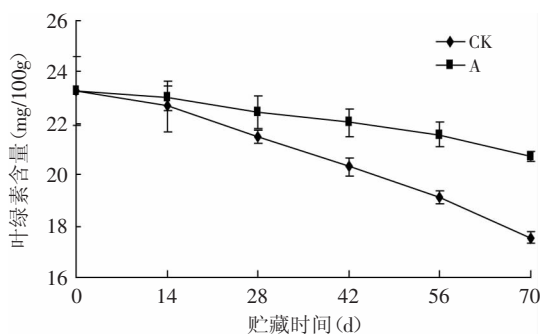


图2 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花叶绿素含量的影响

Fig.2 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on chlorophyll content of Broccoli

极显著 ($p < 0.01$) 高于CK组值 (17.55 mg/100g), 这说明冰温结合1-MCP处理的西兰花的叶绿素含量比直接冰温组降解的更慢。

2.2 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花相对电导率的影响

图3显示,随着贮藏时间的延长,两处理组的西兰花相对电导率均呈现前42d缓慢增加,之后几乎成线性增加的趋势。其中,整个贮藏期内A组的相对电导率值均低于CK组值。贮藏至70d时,A组的相对电导率 (5.27%) 极显著 ($p < 0.01$) 低于CK组值 (7.42%)。CK与A组相比较,可以看出冰温结合1-MCP贮藏的西兰花的相对电导率值低于直接冰温贮藏的值,这说明冰温结合1-MCP贮藏可以更好地保持西兰花细胞膜的完整性,抑制其衰老。

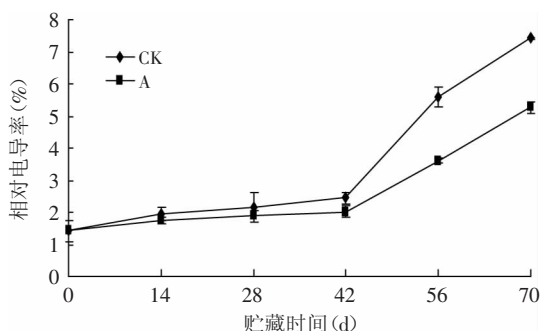


图3 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花相对电导率的影响

Fig.3 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on relative electric conductivity of Broccoli

2.3 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花呼吸强度和乙烯生成速率的影响

由图4可知,贮藏初期的西兰花呼吸强度较高,这可能与试材预冷不充分有关。不同处理组西兰花的呼吸强度变化趋势均为前14d先迅速下降于较低值,之后又缓慢波动且维持在较低水平,至42d时出现呼吸高峰,表明西兰花为呼吸跃变型蔬菜。42d时A组的呼吸峰值 (60.44 mg CO₂·kg⁻¹·FW·h⁻¹) 极显著 ($p < 0.01$) 低于CK组值 (69.90 mg CO₂·kg⁻¹·FW·h⁻¹), 且A组的呼吸强度始终低于CK组的值,说明1-MCP有效地抑制了西兰花冰温贮藏期内呼吸强度的升高。

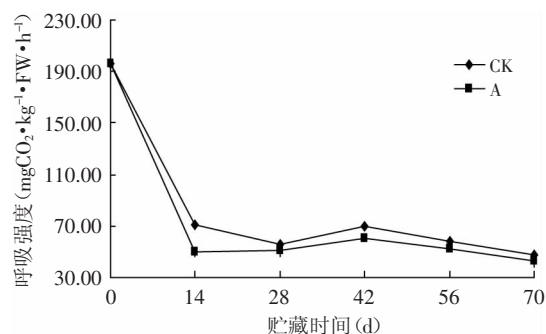


图4 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花呼吸强度的影响

Fig.4 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on respiratory intensity of Broccoli

从图5看出,两处理组西兰花的乙烯生成速率的变化趋势相似,均为先升高,到42d时出现峰值后呈下降趋势。贮藏至42d时,A组的乙烯峰值为CK组值的79.06%,但差异不显著 ($p > 0.05$)。这表明,较之直接冰温贮藏,冰温结合1-MCP贮藏能更好地降低西兰花的乙烯生成速率,抑制乙烯峰值,从而延缓果实的衰老,并延长西兰花的贮藏期。

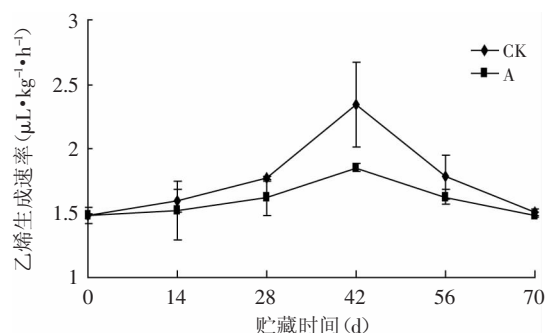


图5 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花乙烯生成速率的影响

Fig.5 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on ethylene generation rate of Broccoli

2.4 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花PPO、POD和CAT的影响

由图6可知,两处理组西兰花的PPO比活力均呈升-降-升-降模式,且均在第28d和56d时出现PPO活性高峰,总体呈双峰曲线。贮藏至28d时,A组的PPO比活力第一个峰值 (58.30 0.01 ΔA·g⁻¹FW·min⁻¹) 显著 ($p < 0.05$) 低于CK组 (62.15 0.01 ΔA·g⁻¹FW·min⁻¹);

贮藏至56d时, A组的PPO比活力第二个峰值($53.870.01\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$)比CK组的值低2.32%, 无显著性差异($p>0.05$)。这说明冰温结合1-MCP贮藏能降低西兰花的PPO活性。

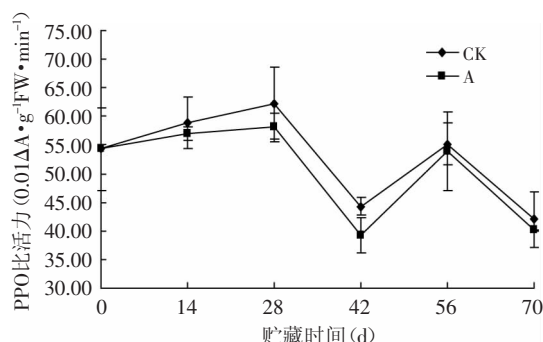


图6 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花PPO比活力的影响

Fig.6 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on PPO activity of Broccoli

由图7发现, 整个实验期间, 西兰花的POD活性均呈升-降-升-降的趋势。贮藏至56d时, A组的POD活性($82.43 \pm 0.01\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$)高于CK组($77.21 \pm 0.01\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$), 但无显著差异($p>0.05$); 贮藏至70d时, A组的POD活性($65.81\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$)显著($p<0.05$)高于CK组值($57.69\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$), 说明冰温结合1-MCP贮藏能提高西兰花的POD活性。

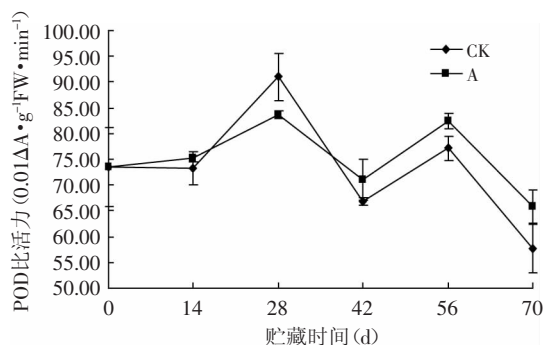


图7 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花POD活性的影响

Fig.7 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on POD activity of Broccoli

图8显示, 在贮藏期间, 两处理组的西兰花的

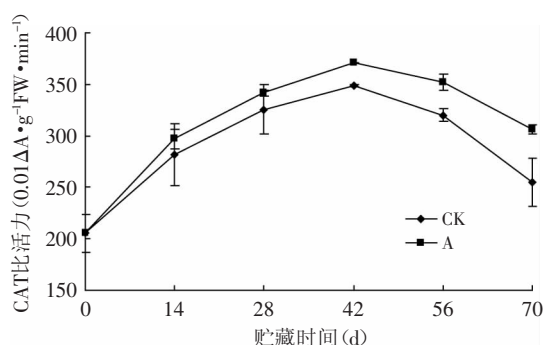


图8 冰温结合1-MCP贮藏对西兰花CAT活性的影响

Fig.8 Effect of controlled freezing-point storage combined with 1-MCP on CAT activity of Broccoli

CAT比活力均呈先增加后降低的趋势。贮藏至70d时, A组西兰花的CAT比活力($305.94 \pm 0.01\Delta A \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$)为CK组的119.90%, 差异显著($p<0.05$)。可见, 冰温结合1-MCP贮藏能提高西兰花的CAT活性。

3 结论与讨论

1-MCP能抑制植物的呼吸作用, 延缓果实的衰老进程, 使果实保持良好外观品质^[21]。研究表明, 梨^[22]、苹果^[23]等经1-MCP处理后, 冷藏期间果实外观品质得到了明显改善。实验发现, 冰温结合1-MCP处理较直接冰温贮藏对延缓西兰花V_c含量和叶绿素含量等的下降具有更明显效果, 这与钱春梅等^[24]人研究1-MCP对西兰花室温保鲜时的结果一致。冰温结合1-MCP处理可抑制西兰花的呼吸强度和乙烯生成速率, 是因为1-MCP竞争乙烯作用受体使乙烯生成速率减小进而使西兰花的呼吸强度减小; 还可以提高西兰花POD和CAT的活性, 降低PPO活性, 延缓相对电导率的升高。李志文等^[9]人研究表明, 1-MCP结合冰温贮藏可以延缓葡萄POD活性的下降、MDA的增加, 从而延缓果实的衰老, 这与本人的研究结果相似。

本实验结果表明, 1-MCP在冰温条件下仍可发挥正常作用; 1-MCP处理可以通过抑制西兰花乙烯生成速率延长其贮藏期; 将冰温技术与1-MCP处理技术融合用于贮藏西兰花不仅可行, 而且其效果好于直接冰温贮藏的效果。

参考文献

- [1] VOLDEN J, BENGTTSSON G B, WICKLUND T. Glucosinolates, L-ascorbic acid, totalphenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis); effects of longterm freezer storage[J]. Food Chemistry, 2009, 112 (4): 967-976.
- [2] QIN Fei-fei, WANG Cheng-rong, WANG Ran, et al. Regulation of endogenous hormones on post-harvest senescence in transgenic broccoli carrying an antisense or a sense BO-ACO₂ gene[J]. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2009, 7(2): 594-598.
- [3] MA Gang, WANG Ran, WANG Cheng-rong, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors in post-harvest broccoli[J]. Plant Growth Regulation, 2009, 57(3): 223-232.
- [4] 张娜, 关文强, 张怡. 冰温结合气调保鲜膜对西兰花保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 42-49.
- [5] 李志文, 张平, 刘翔, 等. 1-MCP结合冰温贮藏对葡萄采后品质及相关生理代谢的调控[J]. 食品科学, 2012, 32(20): 300-306.
- [6] 寇文丽, 李江阔, 张鹏, 等. 1-MCP对不同成熟度冰温贮藏磨盘柿品质和生理的影响[J]. 果树学报, 2012(2): 199-204.
- [7] 刘斌, 申江, 王素英, 等. 猕猴桃及香梨冰温贮藏实验研究[J]. 制冷学报, 2008, 29(2): 50-53.
- [8] Li Guo, Ying Ma, Da-wen Sun, et al. Effects of controlled freezing point storage at 0°C on quality of green bean as

(下转第311页)

处理对果实的诱导抗性作用密切相关;热水和热乙醇处理对贮藏期间果实失重率的降低与热融化了表面的蜡质,覆盖了果面的裂缝和伤口从而抑制水分蒸腾有关;热水和热乙醇处理对果实品质的维持与延缓枸杞的采后生理过程相关。综上所述,热乙醇和热水处理能有效控制枸杞低温贮藏期间的果实腐烂,降低失重率,维持果实品质,可作为枸杞防腐保鲜的新方法。

参考文献

- [1] 周晶,李光华.枸杞的化学成分与药理作用研究综述[J].辽宁中医药大学学报,2009,11(6):93-95.
- [2] 李颖超,毕阳,王毅,等.塑料薄膜包装对常温和低温条件下枸杞鲜果主要贮藏性状的影响[J].食品工业科技,2011,32(2):302-304.
- [3] Lurie S. Postharvest heat treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1998, 14(3):257-269.
- [4] 陈莉,屠康,潘秀娟.采后热处理对草莓果实货架品质的影响[J].食品科学,2004,25(9):187-190.
- [5] Lay-Yee M, Clare G K, Petry R J. Quality and disease incidence of 'Waimanalo solo' papaya following forced-air heat treatments[J]. Hort Science, 1998, 33(5):878-880.
- [6] 黄锐,安力,王强,等.热处理对葡萄品质及保护性酶的影响[J].食品工业科技,2009,30(8):300-302.
- [7] 肖红梅,周光宏.贮藏热处理对番茄采后生理的影响[J].食品科学,2004,25(8):184-187.
- [8] 李永才,尹燕,陈松江,等.热处理结合 β -氨基丁酸对苹果采后青霉病的控制[J].食品科学,2011,32(6):265-269.
- [9] Corcuff R, Arul J, Hamza F, et al. Storage of broccoli florets in ethanol vapor enriched atmospheres[J]. Postharvest Biology and Technology, 1996, 7(3):219-299.
- [10] Lichter A, Zutkhy Y, Sonogo L, et al. Ethanol controls postharvest decay of table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3):301-308.
- [11] 杨爱萍,汪开拓,金文渊,等.乙醇熏蒸处理对杨梅果实保鲜及抗氧化活性的影响[J].食品科学,2011,32(20):277-281.
- [12] 汪峰,郑永华,冯磊,等.乙醇处理对食荚豌豆保鲜效果的影响[J].食品科学,2003,24(4):155-158.
- [13] Mlikota G F, Smilanick J L, Ghosop J M, et al. Impact of postharvest hot water or ethanol treatment of table grapes on gray mold incidence, quality, and ethanol content[J]. Plant Disease, 2005, 89(3):309-316.
- [14] Karabulut OA, Arslan U, Kuruglu G, et al. Control of postharvest diseases of sweet cherry with ethanol and hot water[J]. Journal of Phytopathology, 2004, 152(5):298-303.
- [15] Margosan D A, Smilanick J L, Simmons G F, et al. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines[J]. Plant Disease, 1997, 81(12):1405-1409.
- [16] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:24-25.
- [17] 韩雅珊.食品化学实验指导[M].北京:北京农业大学出版社,1992:30-31.
- [18] 周德庆,韩雅珊.紫外分光光度法快速测定果蔬及饮料中V_c含量的研究[J].中国农业大学学报,1997,2(5):7-13.
- [19] Porat R, Daus A, Weiss B, et al. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18(2):151-157.
- [20] 静玮,屠康,邵兴锋,等.热水喷淋处理对草莓果实采后腐烂和品质的影响[J].食品科学,2008,29(3):481-485.
- [21] 朱海侠,韩涛,李丽萍.乙醇对两个品种桃贮藏期品质变化的影响[J].食品科学,2007,28(10):540-544.
- [17] 李军.钼蓝比色法测定还原型维生素C[J].食品科学,2000,21(8):42-43.
- [18] 高俊凤.植物生理学研究技术[M].西安:世界图书出版公司,2000:121-122.
- [19] 郝再彬.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:166-167.
- [20] 朱广廉,钟海文,张爱琴,等.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990:37-40.
- [21] 张四奇,陈发河.1-MCP在果蔬采后保鲜上应用的研究进展[J].食品科学,2006,27(8):262-265.
- [22] VILLALOBOS-ACUNA M G, BIASI W V, FLORES S, et al. Effect of maturity and cold storage on ethylene biosynthesis and ripening in 'Bartlett' pears treated after harvest with 1-MCP[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(1):1-9.
- [23] P L A INSIR IC H AI M, T R INOK U, T UR N E R D W. 1-methylcyclopropene(1-MCP) reduces water loss and extends shelf life of fruits of Rose apple (*Syzygium jambos* Alston) cv. Tabtim Chan[J]. Fruits, 2010, 65(3):133-140.
- [24] 钱春梅,庞学群,杜嵩,等.1-MCP对青花菜室温保鲜的效果[J].中国蔬菜,2004(4):43-44.

(上接第307页)

- compared with cold and room-temperature storages[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86(1):25-29.
- [9] 董萍,辛广,张博,等.1-MCP处理对南果梨20℃贮藏期间香气成分的影响[J].食品科学,2010,31(22):477-479.
- [10] 陈明,陈金印.1-甲基环丙烯在果品贮藏保鲜上的应用[J].食品与发酵工业,2004,30(3):132-135.
- [11] 董国庆,李莉,班兆军,等.1-MCP对灵武长枣采后生理变化的影响[J].保鲜与加工,2009(5):15-17.
- [12] 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.
- [13] 林碧宝.1-MCP延缓青花菜衰老的效应及其可能的生理机理[D].杭州:浙江大学,2003.
- [14] Ku VVV, Wills RBH. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17:127-132.
- [15] 汪俏梅,林碧宝.1-MCP对青花菜贮藏寿命、品质和抗氧化酶活性的影响(英文)[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2002,28(5):507-512.
- [16] 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.