

BTH浸泡处理对厚皮甜瓜采后病害的控制及贮藏品质的影响

任亚琳, 毕 阳*, 葛永红, 王云飞, 范存斐, 李大强, 王 毅
(甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 为了探讨BTH浸泡处理对厚皮甜瓜采后病害的控制及贮藏品质的影响, 以‘玉金香’厚皮甜瓜为试材, 用0.1g/L BTH常温浸泡处理10min, 研究处理对粉红单端孢(*Trichothecium roseum*)损伤接种果实病斑面积和自然发病率的抑制以及对果实主要贮藏品质的影响。结果表明: BTH处理显著降低了($P<0.05$)果实损伤接种*T. roseum*的病斑面积和常温贮藏期间的自然发病率; BTH处理明显诱导了果实体内苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)等防御酶活性的增强。此外, BTH处理还有效减缓了果实质量损失率和可溶性果胶含量的上升, 明显延缓了果实硬度、VC和可溶性固形物含量(SSC)的下降, 推迟了果皮颜色的转黄, 从而延缓了甜瓜果实采后衰老进程, 提高了果实的采后抗病性和贮藏品质。

关键词: 苯并噻重氮; 厚皮甜瓜; 诱导抗性; 采后病害; 贮藏品质

Effect of BTH Dipping Treatment on Postharvest Disease Control and Storage Quality of Muskmelon Fruits

REN Ya-lin, BI Yang*, GE Yong-hong, WANG Yun-fei, FAN Cun-fei, LI Da-qiang, WANG Yi
(College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The effect of BTH dipping treatment on postharvest disease control and storage quality of muskmelon fruits was investigated. Muskmelon (*Cucumis melo* L. cv. Yujinxiang) fruits were dipped in 0.1 g/L BTH solution for 10 min. The inhibitory effect of BTH treatment on the lesion area of fruits inoculated with *Trichothecium roseum* and natural disease incidence and major quality parameters of muskmelons was observed during storage at room temperature. The results showed that BTH treatment resulted in a significant decrease in the lesion area of fruits inoculated with *Trichothecium roseum* and the natural disease incidence of fruits during storage at room temperature ($P<0.05$). Moreover, BTH treatment could induce the activation of defense enzymes including phenylalanine ammonia lyase (PAL), peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) in fruits. Furthermore, BTH treatment could also delay the increase of weight loss rate and soluble pectin content, remarkably retard the decrease in fruit firmness and VC and soluble solid contents, and postpone fruit yellowing, thus delaying the senescence of muskmelons and increasing disease resistance and storage quality of fruits.

Key words: BTH; muskmelon; resistance; postharvest disease; storage quality

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)02-0267-06

厚皮甜瓜(*Cucumis melo* L.)是我国西北地区的主要经济作物, 营养丰富, 风味独特, 深受大众喜爱。由于缺乏有效的采后处理措施, 在贮藏和运输过程中极易腐烂^[1-2]。由粉红单端孢引起的粉霉病是造成厚皮甜瓜采后腐烂的主要病害之一^[3]。化学杀菌剂虽可有效控制采后病害^[4-5], 但由于病原菌产生抗药性, 环境污染, 危害人体健康等问题而受到限制^[6]。近年来利用物理、化学或生物方法诱导植物抗病性逐渐成为果蔬病害防治的发展方向和研究

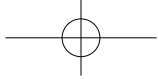
热点^[7-8]。苯并噻重氮(BTH)是一种新型人工合成的诱抗剂, 本身无抑菌活性, 但可以诱导多种植物产生系统获得抗病性(SAR)^[9-10]。据报道, BTH处理能够诱导甜瓜果实产生SAR^[11], 有效降低甜瓜果实的采后腐烂率^[11-13]。BTH处理降低了枇杷果实的自然发病率, 减小了接种炭疽病菌果实的病斑直径, 并且有效保持了果实的贮藏品质^[14]。目前尚无采后BTH处理对厚皮甜瓜果实品质和贮藏特性影响的研究报道。本实验以‘玉金香’厚皮甜瓜

收稿日期: 2011-12-09

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20096202110004); 国家自然科学基金面上项目(30671465; 31160405)

作者简介: 任亚琳(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为采后生物学。E-mail: yalin0814@st.gsau.edu.cn

*通信作者: 毕阳(1962—), 男, 教授, 博士, 研究方向为采后生物学与技术。E-mail: biyang@gsau.edu.cn



为试材, 研究BTH浸泡处理对其采后病害的控制及果实贮藏品质的影响, 以期寻求一种安全有效的防治厚皮甜瓜采后病害技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试‘玉金香’厚皮甜瓜于2011年7月15日采自甘肃省民勤县收成乡露天栽培大田(花后45d采收)。挑选大小、成熟度一致, 无损伤, 无病虫害的果实, 单果套袋后装箱(20个/箱), 第2天运抵实验室后于常温(22±2)℃、相对湿度55%~60%条件下贮藏待用。供试粉红单端孢(*T. roseum*)分离自典型自然发病的果实, PDA培养基上培养7d。BTH由Norvatis公司生产, 有效成分为50%。

聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)、β-巯基乙醇 上海宝曼生物科技有限公司; 乙二胺四乙酸(EDTA)、愈创木酚、抗坏血酸 北京普博斯生物科技有限公司; L-苯丙氨酸 上海西唐生物科技有限公司; 苯甲基磺酰氟(PMSF) 北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司; 邻苯二酚 上海泽吉生物科技有限公司; 咪唑 上海铭睿生物科技有限公司; 磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、硼酸、硼砂、盐酸、硫酸、无水乙醇均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

UV-2450紫外-可见分光光度计 日本岛津公司; GY-1型水果硬度计 杭州托普仪器有限公司; WYT-32型手持糖度计 厦门中村光学仪器厂; SP60 型色差计 美国爱色丽公司。

1.3 方法

1.3.1 BTH浸泡处理

参照Bi Yang等^[12]方法并修改。果实表面经自来水冲洗干净并晾干后, 用0.1g/L BTH(内含0.05% Tween-80)浸泡处理10min, 晾干后装箱, 于常温条件(22±2)℃、相对湿度55%~60%下贮藏待用。以清水(内含0.05% Tween-80)处理同样时间作为对照。

1.3.2 取样

参照Bi Yang等^[12]方法并修改。分别于处理后0、2、4、6、8、10d取皮下3~10mm处果肉组织3g, 锡箔纸包好, 液氮冷冻, -80℃超低温冰箱中保存待测。

1.3.3 果实损伤接种和自然发病率测定

果实损伤接种参照Bi Yang等^[12]方法并修改。选取处理后常温贮藏48h的果实, 经70%酒精表面消毒后, 用灭菌打孔器(直径3mm)在果实表面等距刺6个孔(深约3mm), 分别接入20μL孢子悬浮液(1.0×10⁶ CFU/mL)。晾干后装箱, 常温(22±2)℃、相对湿度 85%~90%贮藏, 采用十字交叉法测量病斑直径。

自然发病率测定: 分别将BTH和清水处理后晾干的果实放入纸箱内, 放置于常温条件(22±2)℃、相对湿度

55%~60%贮藏, 7d后每隔1周统计1次自然发病率。

$$\text{自然发病率}/\% = \frac{\text{发病果实个数}}{\text{总果实数}} \times 100$$

1.3.4 抗性酶活性的测定

PAL活性测定: 参照曹建康^[15]方法并修改。取3g冷冻果肉组织, 加入5mL 0.1mol/L pH8.8的硼酸缓冲液(含10g/100mL PVPP、0.001mol/L EDTA和0.05mol/L β-巯基乙醇), 冰浴充分研磨, 于4℃、12000×g离心30min, 上清液立即用于酶活性测定。取三支试管分别标记为I、II和III, 分别向I和II两支试管加入3mL 0.007mol/L L-苯丙氨酸溶液于37℃水浴保温5min, 然后分别向I和III两只试管中加入500μL粗酶液立即于37℃水浴保温30min, 保温完后立即于290nm波长处测其吸光度, 以II和III管混合后测得的吸光度为反应的初始值, I中测定值为反应的终止值。每小时吸光度变化0.01为1个活性单位(U), PAL活性表示为U/mg。

POD和PPO活性测定: 参照Liu Hongxia等^[16]方法并修改。取3g冷冻果肉组织, 加入5mL 0.05mol/L pH7.5的磷酸缓冲液(含8g/100mL PVPP、0.001mol/L 聚乙二醇、0.001mol/L PMSF和0.01% Triton X-100), 冰浴充分研磨, 于4℃ 12000×g离心30min, 上清液立即用于酶活性测定。POD反应体系为2.5mL 0.025mol/L愈创木酚、0.2mL 0.25mol/L H₂O₂溶液和0.2mL粗酶液; PPO反应体系包括2mL 0.05mol/L pH7.0磷酸缓冲液、0.5mL 0.05mol/L邻苯二酚和0.2mL粗酶液。加酶液后1min开始记录反应体系每分钟的吸光度变化, 连续测定2min。每小时吸光度变化0.01为1个活性单位(U)。POD和PPO活性分别表示为U/mg和ΔOD₄₂₀/(min·mg)。重复测定3次。

1.3.5 果实质量损失率和果皮色度测定

果实质量损失率采用称量法测定。

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{\text{贮藏前质量} - \text{贮藏后质量}}{\text{贮藏前质量}} \times 100$$

果皮色度参照王武等^[17]方法采用SP60型色差计测定。每处理随机测定10个果实, 每果测量3次果实赤道线部位的不同部位。原始数据中L*表示光泽明亮度, L*值越大, 亮度越高, 范围从0(黑)~100(白); a*代表红/绿, 正值越大红色越深, 当a*值为负值时表示绿色, 负值越小绿色越深; b*代表黄/蓝, 正值越大, 黄色越深, 当b*为负值时表示蓝色, 负值越小, 蓝色越深。根据a和b值可计算出果皮的色饱和度C值和色调角h°的值, $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$, 当a* < 0且b* > 0时 $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) + 180^\circ$ 。色饱和度反映的是果实色泽的鲜艳程度, 数值越大果实色泽越鲜艳; 色调角表示色彩分布情况, H°在135°~180°表示颜色介于黄绿到绿之间, 数值越小, 颜色越黄。

1.3.6 果实硬度和可溶性固形物含量(soluble solids content, SSC)的测定

参照曹建康^[15]方法并修改。果实硬度采用: 采用硬

度计测定, 围绕果实中部, 削去果皮后均匀取3个点测定; 果实SSC含量: 采用手持折光仪测定, 将甜瓜沿赤道部位剖开, 均匀取其3处可食部位果肉测定。

1.3.7 可溶性果胶含量的测定

参照刘红霞^[18]方法并修改。取果肉组织3g于50mL烧杯中, 加1.0mol/L硫酸溶液6mL, 70℃水浴中加热20min进行水解, 水解物冷却至室温后移入50mL容量瓶, 蒸馏水定容后得到样品溶液。准确移取样品溶液10mL并定容至50mL, 移取稀释后的样品溶液1mL于试管中, 加入浓硫酸6mL, 冷却至室温后加入0.5mL 0.15% 吡啶-无水乙醇溶液, 摇匀, 室温下暗处放置30min后, 以蒸馏水为参比, 530nm处测其吸光度, 以鲜质量计, $\Delta OD_{530}/g$ 表示可溶性果胶的含量。

1.3.8 VC含量测定

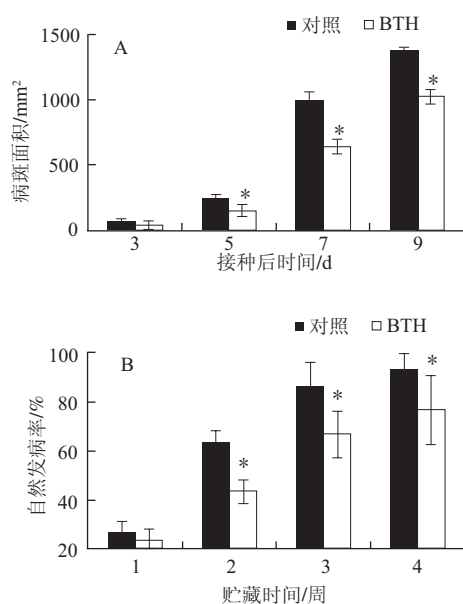
参照张水华^[19]方法并修改。取3g果肉组织, 加5mL 1%盐酸冰浴研磨, 于4℃、12000r/min离心20min。取0.1mL上清液加入0.2mL 1%的盐酸溶液并定容至10mL, 243nm处测其吸光度, 并以抗坏血酸制作标准曲线, 以鲜质量计, mg/g表示VC的含量。

1.3.9 数据处理与分析

用Microsoft Excel 2007软件计算标准误(±SE)并制图, SPSS 17.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 BTH处理对甜瓜果实损伤接种*T. roseum*病斑面积和自然发病率的影响



*表示同一时间处理和对照间差异显著, $P < 0.05$ 。

图1 BTH处理对厚皮甜瓜果实损伤接种*T. roseum*病斑面积(A)和自然发病率(B)的影响

Fig.1 Effect of BTH treatment on the lesion area of fruits inoculated with *T. roseum* (A) and natural disease incidence (B) of fruits

随贮藏时间延长, 处理组和对照组损伤接种果实病斑面积均呈现逐渐增大的趋势, 但BTH处理能够显著降低($P < 0.05$)损伤接种果实的病斑面积。接种后第5、7、9天处理组和对照组果实差异显著, 分别较对照组果实低38.1%、36.1%和25.6%(图1A)。同样BTH处理也能够明显降低($P < 0.05$)甜瓜果实的自然发病率。贮藏1周时处理组和对照组果实自然发病率差异还不显著, 贮藏2周后差异达到显著性水平。贮藏第2周和第3周时, 处理组果实自然发病率分别较对照组果实低31.6%和23.1%, 贮藏4周时对照组果实几乎全部发病, 处理组果实仅为对照组果实的70.5%(图1B)。

2.2 BTH处理对抗性酶活性的影响

整个贮藏期间, 处理组和对照组果实的PAL活性均呈现先上升后下降的趋势, 但BTH处理明显增强了甜瓜果实的PAL活性。第6天和第8天时处理组果实的PAL活性与对照组差异最为显著, 分别较对照组果实高出34.9%和49.1%(图2A)。同样, BTH处理也明显增强了甜瓜果实的POD和PPO活性(图2B和2C), 两者活性分别在处理后第4天和第6天时与对照组果实差异达到最大, 分别高出对照组果实的27.5%和26.7%。

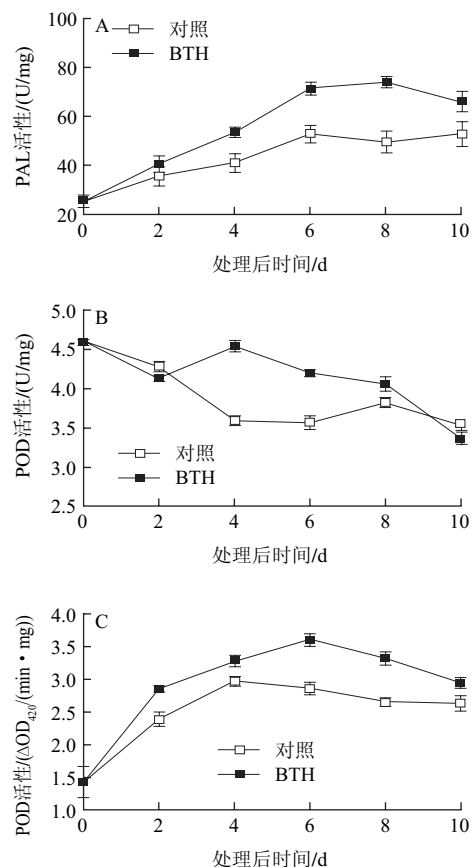


图2 BTH处理对厚皮甜瓜果实PAL(A)、POD(B)和PPO(C)活性的影响
Fig.2 Effect of BTH treatment on PAL (A), POD (B) and PPO (C) activities in muskmelon fruits

2.3 BTH处理对厚皮甜瓜果实质量损失率和果皮色泽亮度、色调角和色饱和度的影响

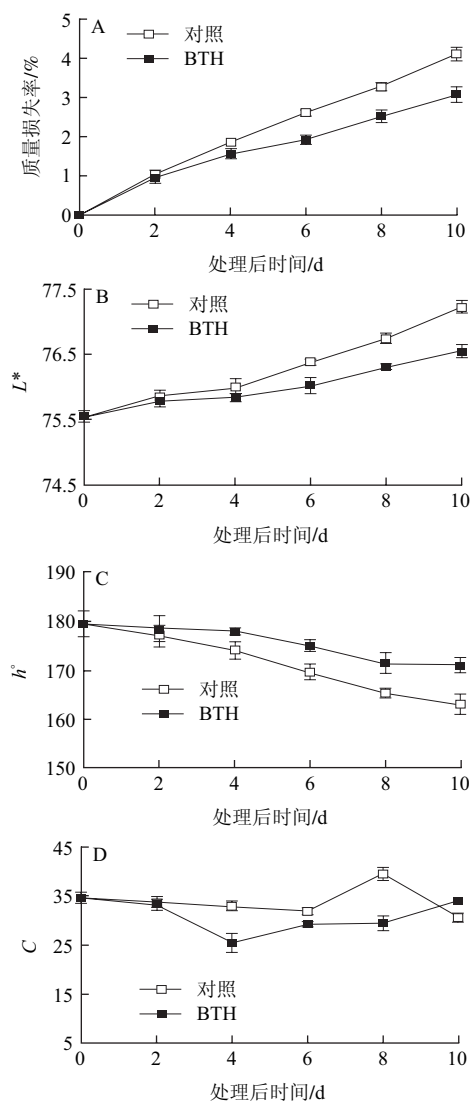


图3 BTH处理对厚皮甜瓜果实质量损失率(A)、果皮色泽亮度(B)、色调角(C)和色饱和度(D)的影响

Fig.3 Effect of BTH treatment on weight loss (A), lightness (B), hue angle (C) and saturation (D) of muskmelon fruits

BTH处理可显著降低果实质量损失率,且整个贮藏期间经BTH处理的果实其质量损失率始终低于对照果实,第6、8、10天时处理组果实与对照组果实之间差异显著,分别较对照组果实低26.2%、22.8%和25.1%(图3A)。

随贮藏时间的延长,果皮色泽亮度值 L^* 逐渐上升,未处理的果实其亮度值增加较快,经BTH处理的果实其 L^* 值上升较为平缓(图3B)。果皮色泽色调角 h° 在整个贮藏期间呈下降趋势,但BTH处理能明显减缓 h° 值的下降(图3C)。第10天时,对照组果实的 h° 从初始的179.5°下降到了163.1°,降幅达9.2%,而经BTH处理的果实其 h° 仅下降了4.7%。整个贮藏期间,处理组和对照组果实的色饱和

度 C 值总体呈现先下降后上升的趋势,但BTH处理延缓了甜瓜果实 C 值的上升,处理后第4天和第8天时,处理组果实的 C 值分别为对照组果实的77.2%和74.7%(图3D)。

2.4 BTH处理对厚皮甜瓜果实硬度、可溶性果胶、SSC和VC含量的影响

整个贮藏期间,处理组和对照组果实的硬度均呈现整体下降的趋势,但BTH处理明显减缓了果实硬度下降的速度,在第8天和第10天时处理组果实的硬度分别为对照组果实的1.2倍和1.16倍(图4A)。同样,BTH处理也明显减缓了果实体内VC含量的下降(图4B)。处理组果实的VC含量贮藏前后变化不大,而对照组果实的VC含量呈现持续下降趋势,到第10天时较初始值下降了15.0%,处理组果实仅下降了5.8%,差异显著。

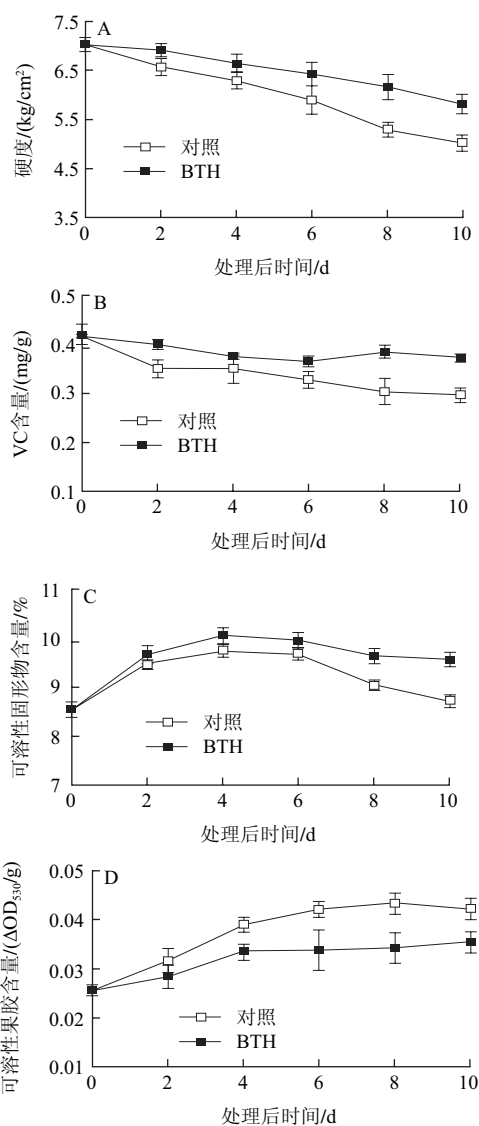
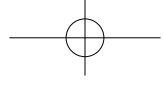


图4 BTH处理对厚皮甜瓜果实硬度(A)、VC(B)、SSC(C)和可溶性果胶(D)含量的影响

Fig.4 Effect of BTH treatment on firmness (A), and VC (B) and soluble pectin (C) and SSC (D) contents of muskmelon fruits



果实SSC含量随贮藏时间的延长呈现先升后降的趋势,但BTH处理可明显延缓果实SSC含量的下降(图4C)。随贮藏时间的延长,处理组和对照组果实的可溶性果胶含量均呈现逐渐上升的趋势,但处理组果实的可溶性果胶含量始终低于对照组果实(图4D)。

3 讨论

本实验结果显示,采后0.1g/L BTH处理有效抑制了处理后损伤接种*T. roseum*厚皮甜瓜果实的病斑面积的扩展,显著降低了甜瓜果实在常温贮藏期间的自然发病率。这表明采后BTH处理能够增强厚皮甜瓜果实在采后病害的抗性,该结果与前人分别在草莓^[20]、桃^[16]和梨^[21]果实上所得的结果基本一致。

PAL是苯丙烷代谢途径中的关键酶和限速酶,由此途径合成的中间产物如酚类物质等是植物体内一些重要的抗菌物质^[16,22]。POD可催化酚类前体聚合为木质素,起到加固细胞壁抵抗病原物入侵的作用^[13,21]。POD也是细胞内活性氧清除酶之一,可避免活性氧的过量积累^[13,21-22]。PPO可将酚类物质氧化成高毒性的醌类物质而对病原物进行毒杀,同时也参与木质素的形成^[16,22]。经BTH处理的桃^[16]、梨^[21]和芒果^[22]果实中PAL、POD、PPO等防御酶的活性明显升高,参与了果实的抗病反应。本研究发现采后BTH处理明显增强了厚皮甜瓜果实在PAL、POD、PPO等防御酶的活性,表明BTH处理提高厚皮甜瓜果实的抗病性与防御酶活性的升高有关。

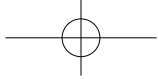
果实采后的品质劣变和生理衰老是限制果实贮藏保鲜的重要因素。这些品质成分主要包括:香气物质、硬度、糖、酸、SSC、VC和水分等^[23]。本实验结果表明,厚皮甜瓜果实在贮藏期间质量损失率上升,果皮颜色变黄,硬度、VC和SSC含量下降,可溶性果胶含量上升,果实逐渐进入衰老阶段。而BTH处理能够有效减缓厚皮甜瓜果实在贮藏期间质量损失率和可溶性果胶含量的上升,明显降低果实硬度、VC和SSC含量下降的速度,降低了果皮颜色转黄的速率,从而延缓甜瓜果实在采后衰老速度,延长其贮藏时间。曹建康^[15]研究发现,采后BTH处理降低了鸭梨果实的呼吸强度和乙烯释放量,从而延缓了果实的衰老进程。Zhang Yu等^[24]研究认为,采后SA处理抑制了ACC氧化酶(ACO)和ACC合成酶(ACS)的活性,从而抑制了乙烯释放量,推迟了猕猴桃果实的成熟和衰老进程。因此本试验结果表明,作为SA的功能类似物,BTH可能是通过抑制与乙烯合成相关的酶(ACO、ACS等)活性从而抑制了甜瓜果实的乙烯释放,推迟了果实的衰老进程,提高了果实的贮藏品质。尽管本实验组对BTH处理后果实的主要采后品质指标做了检测,但关于BTH处理对果实生理代谢、口感及风味等方面的影响还需进一步的深入研究,

以全面了解BTH处理对果实采后品质造成的影响。

综上所述,BTH处理显著降低了损伤接种*T. roseum*厚皮甜瓜果实的病斑面积和常温贮藏期间的自然发病率,明显诱导了果实体内PAL、POD、PPO等防御酶活性的增强,有效减缓了果实质量损失率和可溶性果胶含量的上升,明显降低了果实硬度、VC和SSC含量下降的速度,降低了果皮颜色转黄的速率,从而延缓甜瓜果实在采后衰老进程,提高了果实的采后抗病性和贮藏品质。由此表明,采后适当浓度的BTH处理不仅能够增强厚皮甜瓜果实的抗病性,还能提高果实的贮藏品质。

参考文献:

- [1] BI Yang, GE Yonghong, WANG Chunling, et al. Melon production in China[J]. Acta Horticulturae, 2007, 731(1): 493-500.
- [2] GUO Yurong, LIU Lei, ZHAO Jian, et al. Use of silicon oxide and sodium silicate for controlling *Trichothecium roseum* postharvest rot in Chinese cantaloupe (*Cucumis melo* L.)[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2007, 42(8): 1012-1018.
- [3] 葛永红, 毕阳. 苯丙噻重氮结合枯草芽孢杆菌B₁处理对甜瓜采后主要病害的抑制效果[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 428-432.
- [4] BOKSHI A I, MORRIS S C, MCCONCHIE R. Environmentally-safe control of postharvest diseases of melons (*Cucumis melo*) by integrating heat treatment, safe chemicals, and systemic acquired resistance[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2007, 35(2): 179-186.
- [5] MA Lingyun, BI Yang, ZHANG Zhengke, et al. Control of pre-and postharvest main diseases on melon variety Yindi with preharvest azoxystrobin spraying[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2004, 39(1): 14-17.
- [6] TIAN Shiping, CHAN Zhulong. Potential of resistance in postharvest diseases control of fruits and vegetables[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2004, 34(5): 385-394.
- [7] TERRY L A, JOYCE D C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 32(1): 1-13.
- [8] BI Yang, LI Yongcai, GE Yonghong. Induced resistance in postharvest fruits and vegetables by chemicals and its mechanism[J]. Stewart Postharvest Review, 2007, 3(6): 11-18.
- [9] MANDAL B, MANDAL S, CSINOS A S, et al. Biological and molecular analyses of the acibenzolar-S-methyl-induced systemic acquired resistance in flue-cured tobacco against tomato spotted wilt virus[J]. Phytopathology, 2008, 98(2): 196-204.
- [10] LEONARDO P B, ODAIR J K, SÉRGIO F P, et al. Effect of acibenzolar-S-methyl and *Saccharomyces cerevisiae* on the activation of *Eucalyptus* defences against rust[J]. Australasian Plant Pathology, 2009, 38(6): 594-602.
- [11] WANG Yi, LI Xuan, BI Yang, et al. Postharvest ASM or Harpin treatment induce resistance of muskmelons against *Trichothecium roseum*[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(2): 217-223.
- [12] BI Yang, GE Yonghong, LI Yongcai, et al. Postharvest acibenzolar-S-methyl treatment suppresses decay and induces resistance in Hami melon[J]. Acta Horticulturae, 2006, 712(1): 393-399.
- [13] GE Yonghong, BI Yang, LI Xuan, et al. Induces resistance against



- Fusarium* and pink rots by acibenzolar-*S*-methyl in harvested muskmelon (cv.Yindi) [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2008, 7(1): 58-64.
- [14] 张紫微, 朱世江. 苯并噻重氮对采后枇杷果实病害及品质的影响[J]. *食品科学*, 2009, 30(6): 264-267.
- [15] 曹建康. SA、ASM、INA和柠檬酸对鸭梨果实采后抗病性和品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [16] LIU Hongxia, JIANG Weibo, BI Yang, et al. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35(3): 263-269.
- [17] 王武, 邓烈, 何绍兰, 等. 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽的影响[J]. *中国农学通报*, 2007, 23(7): 415-421.
- [18] 刘红霞. 1-MCP, BTH和PHC对桃果(*Prunus persica* L.)采后衰老的调控作用及诱导抗病机理的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [19] 张水华. 食品分析实验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [20] CAO Shifeng, HU Zhichao, ZHENG Yonghua, et al. Effect of BTH on antioxidant enzymes, radical-scavenging activity and decay in strawberry fruit[J]. *Food Chemistry*, 2011, 125(1): 145-149.
- [21] CAO J, JIANG W, HE H. Induced resistance in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) fruit against infection by *Penicillium expansum* by postharvest infiltration of acibenzolar-*S*-methyl[J]. *Journal of Phytopathology*, 2005, 153: 640-646.
- [22] 潘永贵, 刘新华, 黎寿英. 采后BTH处理对不同品种芒果果实防御酶活性的影响[J]. *食品科学*, 2010, 31(20): 469-472.
- [23] 潘腾飞, 李永裕, 邱栋梁. 果实品质形成的分子机理研究进展: 综述[J]. *亚热带植物科学*, 2006, 35(1): 81-84.
- [24] ZHANG Yu, CHEN Kunsong, ZHANG Shanglong, et al. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28(1): 67-74.