

不同浓度水杨酸处理对采后鸭梨果实贮藏过程中褐变的影响

王 君¹, 刘福春¹, 李 欣¹, 张玉星²

(1. 沧州师范学院 生命科学系, 河北 沧州 061001; 2. 河北农业大学, 河北 保定 071001)

摘 要:以不套袋鸭梨为研究对象, 采用不同浓度水杨酸处理, 以水浸果实为对照, 对鸭梨采后褐变指数、多酚氧化酶、酚类物质以及保护酶的活性进行测定。以有效地抑制采后鸭梨果实的黑心病, 调控鸭梨果实成熟衰老的进程、改善果实品质和贮藏性能提供理论依据。结果表明: 0.002、0.020、0.200 mmol 水杨酸处理鸭梨果实后有效减轻了腐烂和褐变的发生, 其中0.200 mmol 水杨酸处理能显著抑制鸭梨果心中 PPO 活性和酚类物质的合成, 并且对鸭梨果心中 SOD、POD 保护酶的活性促进效果最显著; 而 0.002 mmol 水杨酸处理对鸭梨果心中 MDA 的含量有显著抑制作用。表明水杨酸处理可以延缓果实衰老, 明显抑制鸭梨果心褐变的发生, 有利于延长果实的贮藏期。

关键词:采后; 鸭梨; 褐变; 水杨酸

中图分类号:S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)16-0151-04

鸭梨是我国特产的优良早熟性栽培品种, 营养丰富。果实色泽美观, 肉质松脆, 深受消费者青睐。由于鸭梨在采后贮藏过程中易发生黑心而使品质下降, 严重缩短了供应期, 从而影响鸭梨的市场地位及竞争力。因此, 鸭梨贮藏中的黑心病一直是生产上一个非常棘手的问题。生产上常采用早采收和后熟缓慢降温的方法来减轻果实褐变的发生, 但都影响了果实的商品价值。如何进一步控制采后鸭梨果实褐变的发生从而保持综合品质, 成为国内外鸭梨采后研究的热门课题。

水杨酸(Salicylic acid, SA)是植物中广泛存在的小分子酚类物质, 被认为是一种新的天然内源激素^[1], 参与调节植物的生长发育、后熟衰老以及成花诱导、植物抗病性等多种代谢过程。研究表明, 外源水杨酸处理可减少采后果实的腐烂, 提高保护酶活性, 延缓褐变的发生^[2]。在苹果、板栗^[3]、番茄^[4]上研究发现, 外源水杨酸处理可以延缓果实衰老, 抑制褐变的发生, 延长贮藏期。但关于水杨酸与采后鸭梨贮藏过程中褐变关系的报道较少, 该试验用不同浓度水杨酸处理采后鸭梨果实, 研究各处理对鸭梨贮藏期间抗氧化酶活性和总酚代谢的影响, 探索水杨酸在褐变过程中的作用机理, 为延缓鸭梨果实衰老和提高贮藏品质提供方法依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于2004年9月29日在河北省保定市清苑县东吕绿源果品有限公司梨园采收无机械损伤、无病虫害、大小均匀和成熟度一致的不套袋鸭梨果实, 当日运抵河北农业大学园艺学院实验室备用。

1.2 试验方法

将不套袋鸭梨分别置入浓度为0.200、0.020、0.002 mmol的水杨酸溶液中浸泡15 min, 以蒸馏水浸泡果实为对照, 晾干后, 纸箱包装, 放于室温下贮藏, 定期进行生理生化指标的测定。

1.3 项目测定

1.3.1 褐变和腐烂结果的统计 贮藏结束时(11月中旬), 对水杨酸处理后的鸭梨果心进行褐变和腐烂情况的统计, 每个浓度处理分别统计30个果实。果心褐变指数的统计: 依据切面上果心的褐变面积及褐变程度来划分为5级: 0级为无褐变; 1级为轻度褐变(果心个别心室内壁有褐斑); 2级为25%以下褐变(果心3~4个心室内壁褐变); 3级为果心25%~50%褐变(果心5个心室内壁褐变); 4级为果心褐变50%以上; 计算方法如下: 果心褐变指数 = $\sum(\text{果心褐变级别} \times \text{该级别果实数}) / (\text{最高褐变级别数} \times \text{检查总果数}) \times 100\%$; 果实褐变率 = 褐变果实数 / 检查总果数 $\times 100\%$; 果实腐烂率 = 腐烂果实数 / 检查总果数 $\times 100\%$ 。

1.3.2 生理指标的测定 定期随机选取不同浓度水杨

第一作者简介:王君(1979-), 女, 河北沧州人, 硕士, 讲师, 现主要从事植物栽培研究工作。E-mail: ufwangjun@sina.com.

收稿日期:2012-04-26

酸处理后的 5 个不套袋鸭梨果实,迅速取其果心切成约 $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$ 大小的样品,冷冻于 -70°C 以下冰柜中保存,用于生理生化指标的检测,3 次重复。多酚氧化酶(PPO)活性的测定参照张志良^[5]的方法,采用比色法;酚类物质含量的测定参照晏本菊^[6]的方法;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 NBT 法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸显色法测定^[7]。3 次重复。

2 结果与分析

2.1 采后 SA 处理对鸭梨果实腐烂和褐变情况的影响

对采后鸭梨果实采用不同浓度水杨酸处理,于贮藏结束时(11 月 10 日)观察果实的腐烂和褐变情况。由表 1 可知,随着鸭梨果实的后熟衰老,可以发生不同程度的腐烂和褐变。不同浓度水杨酸处理对鸭梨褐变和腐烂的发生均有一定的抑制作用,各浓度的抑制关系为:0.200 mmol SA 处理 > 0.020 mmol SA 处理 > 0.002 mmol SA 处理 > CK,即 0.200 mmol 水杨酸处理的抑制程度最强,其腐烂率和褐变率分别低于对照 28.38% 和 15.98%;0.002 mmol 水杨酸处理的抑制作用较弱,而对照的腐烂率和褐变率最高。结果表明,用 0.200 mmol 水杨酸处理可减少鸭梨果实腐烂和褐变的发生,保持了鸭梨果实的好果率,从而有利于延长鸭梨果实的贮藏期。

表 1 SA 处理对鸭梨果实腐烂率和褐变率的影响

Table 1 Effect of SA treatment on decay incidence and browning incidence of 'Yali' pears

SA 处理	腐烂率	褐变指数	褐变率
SA treatment	Decay incidence/%	Browning index	Browning incidence/%
CK	44.83	80.56	92.30
0.002 mmol SA	33.51	74.86	84.10
0.020 mmol SA	23.70	70.95	81.89
0.200 mmol SA	16.45	66.13	76.32

2.2 采后 SA 处理对鸭梨果实贮藏过程中 PPO 活性的影响

由图 1 可知,鸭梨果实采后贮藏过程中 PPO 活性呈先升后降趋势,与对照相比,采后不同浓度水杨酸处

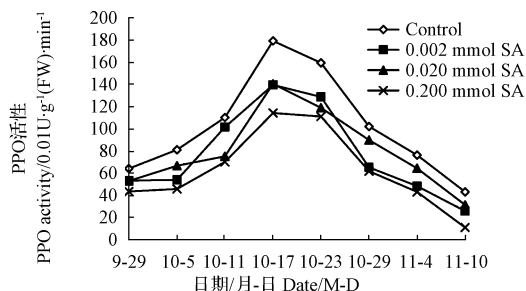


图 1 采后 SA 处理对贮藏过程中鸭梨果实 PPO 活性的影响

Fig. 1 Effect of SA treatment on PPO activity in 'Yali' pear fruit during storage

理对鸭梨果心中 PPO 的活性均有一定的抑制作用,且随着浓度的增加,抑制作用增强。当水杨酸处理浓度为 0.200 mmol 时,PPO 活性最低,贮藏结束时鸭梨果心 PPO 活性比对照降低了 66.7%,达到了极显著水平。而当处理浓度为 0.002 和 0.020 mmol 时,虽然鸭梨 PPO 活性也分别比对照有所降低,但未达到显著水平。说明随着水杨酸处理浓度的增加,对采后鸭梨果实 PPO 活性抑制作用越显著。

2.3 采后 SA 处理对鸭梨果实贮藏过程中酚类物质含量的影响

由图 2 可知,不同浓度水杨酸处理对采后鸭梨果实酚类物质合成的影响是很明显的,随着贮藏期的延长,果心中酚类物质的含量呈逐渐下降趋势。总体来看,0.002 和 0.020 mmol 水杨酸处理后果心中酚类物质含量下降缓慢,与对照相比,差异不显著,但贮藏前期对果实中酚类物质的含量表现出明显的抑制作用,而随着鸭梨衰老程度的加重,对酚类物质合成的抑制作用逐渐消失,由此说明水杨酸的作用逐渐淡化。而当处理浓度为 0.200 mmol 时,鸭梨果心中酚类物质的含量显著低于对照,达到显著水平,明显抑制了鸭梨果心的褐变。

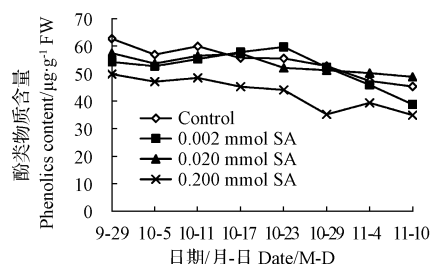


图 2 采后 SA 处理对贮藏过程中鸭梨果实酚类物质含量的影响

Fig. 2 Effect of SA treatment on phenolics contents in 'Yali' pear fruit during storage

2.4 采后 SA 处理对鸭梨果实贮藏过程中丙二醛(MDA)含量的影响

由图 3 可知,随着采后鸭梨果实衰老程度的加剧,果心中 MDA 的含量呈升高的趋势。贮藏结束

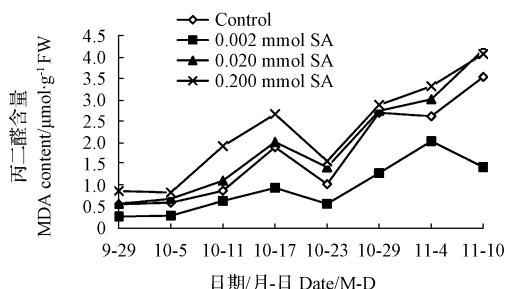


图 3 采后 SA 处理对贮藏过程中鸭梨果实 MDA 含量的影响

Fig. 3 Effect of SA treatment on MDA content in 'Yali' pear fruit during storage

时, 0.002 mmol 水杨酸处理对鸭梨果心中酚类物质的合成表现出明显的抑制作用, 为同期对照的 40.1%, 达到极显著水平。但 0.020 和 0.200 mmol 水杨酸处理均不同程度的提高了 MDA 的含量, 且随着贮藏时间的延长, 促进效果趋于对照, 其中以 0.200 mmol 水杨酸处理促进效果最为显著, 说明低浓度的水杨酸处理可降低 MDA 的合成, 有利于防止鸭梨膜脂过氧化反应的发生和果心的褐变。

2.5 采后 SA 处理对鸭梨果实贮藏过程中 SOD 活性的影响

由图 4 可知, 采后鸭梨果心中 SOD 活性呈现下降趋势。贮藏前期, 不同浓度水杨酸处理后鸭梨果心 SOD 活性明显升高, 当贮藏至 12 d (10 月 11 日) 时, 0.002、0.020、0.200 mmol 水杨酸处理分别高于对照 35.7%、45.8% 和 57.6%, 而整个贮藏过程中以 0.200 mmol 水杨酸处理对 SOD 活性的促进效果最显著, 从而延缓了果心中 SOD 保护酶活性的下降, 由此表明, 水杨酸处理有助于清除酶促褐变反应所需的活性氧, 使保护酶系统不因受到超氧阴离子 ($O_2^{\cdot-}$) 攻击而受损。同时, 发现 SOD 活性在鸭梨贮藏后期有明显下降趋势, 尤其以 0.002、0.020 mmol 水杨酸处理抑制作用最显著, 表明随着鸭梨果实衰老程度的加重, SOD 清除活性氧的能力下降, 也可能与水杨酸作用逐渐淡化有关, 使得鸭梨果实在贮藏后期时褐变较严重。

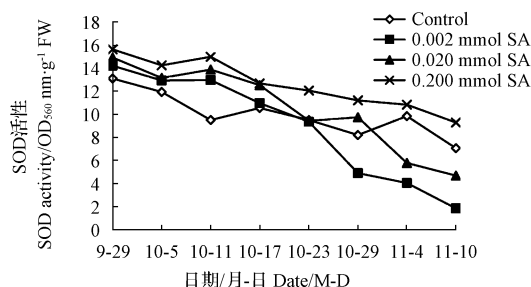


图 4 采后 SA 处理对贮藏过程中鸭梨果实 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effect of SA treatment on SOD activity in Yali pear fruit during storage

2.6 采后 SA 处理对鸭梨果实贮藏过程中 POD 活性的影响

研究表明, 水杨酸有提高果实 POD 活性的作用, 从而增强果实的抗性。由图 5 可知, 鸭梨果心中 POD 活性随着贮藏时间的推移逐渐降低。不同浓度水杨酸处理均不同程度提高了果心中 POD 的活性, 其中以 0.200 mmol 水杨酸处理的促进效果最为显著, 该处理在贮藏中期 (10 月 11 日) 和贮藏结束 (11 月 10 日) 时 POD 活性比对照分别提高了 46.2% 和 53.3%, 而 0.002、0.020 mmol 水杨酸处理在贮藏前期表现出对 POD 活性具有一定的促进作用, 但随着果实后熟衰老的

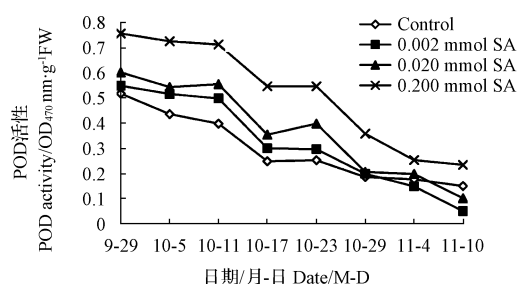


图 5 采后 SA 处理对贮藏过程中鸭梨果实 POD 活性的影响

Fig. 5 Effect of SA treatment on POD activity in Yali pear fruit during storage

加剧, 自身氧化和清除氧自由基的能力降低, 对 POD 活性表现出一定的抑制作用。

3 结论与讨论

鸭梨果心褐变是贮藏过程中普遍发生的生理病害, 前人研究表明, 果蔬组织的褐变主要是由于多酚氧化酶催化总酚物质而发生氧化反应导致的。李红震^[8]研究表明, 水杨酸处理延缓了香蕉果皮酚类物质含量的增加, 抑制了 PPO 活性的提高, 减轻了褐变的发生。同时水杨酸处理可以改善早酥梨果实的感官品质^[9]。该试验结果与此基本类似。采后 SA (0.002、0.020、0.200 mmol) 处理鸭梨果实, 均可抑制果心中 PPO 活性和酚类物质的含量, 并且有效减轻了果实腐烂和褐变的发生, 其中以 0.200 mmol 水杨酸处理的抑制效果最显著, 与丁青松^[10]对草莓的研究结果类似。由此说明水杨酸处理可以延缓鸭梨果实的后熟衰老。

组织褐变与细胞膜系统稳定性的高低密切相关, 而膜脂过氧化可以对细胞膜造成伤害, MDA 作为膜脂过氧化的产物, 其含量的高低直接影响细胞膜系统的稳定性。该试验结果中 0.002 mmol 水杨酸处理对鸭梨果心中 MDA 的含量有明显抑制作用, 而 0.020 和 0.200 mmol 水杨酸处理却不同程度的增强了 MDA 的含量, 这可能与高浓度水杨酸处理可以破坏鸭梨果实细胞膜有关。

植物体内存在复杂的自由基清除系统, 自由基的清除主要是靠植物体内产生的保护酶系统来完成。SOD、POD 是 2 个重要的保护酶, SOD 可以催化超氧阴离子 ($O_2^{\cdot-}$) 生成 H_2O_2 , 而 POD 可以分解 H_2O_2 生成无毒害作用的 H_2O 。该试验结果表明, 贮藏过程中随着鸭梨果实后熟衰老程度的加重, 保护酶 (SOD、POD) 活性呈下降趋势。而不同浓度水杨酸处理均不同程度的提高了果心中 SOD、POD 的活性, 以 0.200 mmol 水杨酸处理提高效果最为显著。该结果与水杨酸处理提高香蕉^[11]和甜樱桃^[12]果实中保护酶活性的结果一致。

因此, 采后水杨酸处理鸭梨果实明显减轻了腐烂率和褐变率的发生, 其原因是水杨酸处理降低了果实中褐变底物—酚类物质的含量, 抑制了 PPO 的活性, 提高了

鸭梨果实中保护酶的活性,增强了氧自由基的清除能力,使膜脂过氧化产物 MDA 的含量降低,从而提高了鸭梨果实的保鲜效果。

参考文献

- [1] Hayata O, Hayata S, Irfan M, et al. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2010, 68(1):14-25.
- [2] Chen J Y, Wen P F, Kong W F, et al. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonialyase in harvested grape berries [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 40(1):64-72.
- [3] 池明, 鲁周民, 刘驰旻, 等. 水杨酸处理对板栗贮藏品质的影响[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(6):117-120.
- [4] 姜爱丽, 胡文忠, 田密霞, 等. 水杨酸处理对采后番茄果实成熟衰老的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2009, 35(5):205-209.
- [5] 黄昆仑. 新疆库尔勒香梨、鸭梨采后病害生理研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2000.
- [6] 晏本菊, 李焕秀. 梨外植体褐变与多酚氧化酶及酚类物质的关系[J]. *四川农业大学学报*, 1998, 16(3):310-313.
- [7] 汤章程. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社, 1999.
- [8] 李红震. 三种酸处理对香蕉表皮褐变抑制的研究[J]. *食品与发酵科技*, 2011, 47(4):45-48.
- [9] 王军节. 采后水杨酸处理对早酥梨果实色泽和质地的影响[J]. *现代食品科技*, 2010, 26(10):1047-1051.
- [10] 丁青松. 外源水杨酸对草莓贮藏品质影响的研究[J]. *吉林农业*, 2011(6):102-103.
- [11] 胡会刚. 水杨酸提高香蕉采后果实抗氧化能力和保鲜效果研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(2):254-259.
- [12] Yao H, Tian S. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2005, 35:253-262.

Effects of Different Salicylic Acid Concentrations Treatments on Postharvest ‘Yali’ Pear During Storage Browning

WANG Jun¹, LIU Fu-chun¹, LI Xin¹, ZHANG Yu-xing²

(1. Department of Life Science, Cangzhou Teachers College, Cangzhou, Hebei 061001; 2. Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: In reference to immersed fruit, the physiological changes of ‘Yali’ pear (unbagged fruit), especially browning index, polyphenol content, polyphenoloxidase (PPO) and membrane lipid’s peroxidation were studied by using different concentrations of SA processing. Aimed to provide theoretical basis for suppressing brown cores, ripening control, improving the quality and extending the storage life of postharvest ‘Yali’ pear fruit. The results showed that 0.002, 0.02, 0.2 mmol SA could reduce the rotten rate and browning of fruit. 0.2 mmol SA could inhibit PPO activity and the composition of polyphenols apparently. And it promoted the activity of protective enzyme SOD and POD of the pear core most effectively, while 0.002 mmol SA concentration inhibited the MDA content of pear core evidently. It showed that SA treatment could preserve the senescence of the fruit, inhibit the browning, and prolong the storage period of fruit.

Key words: postharvest; ‘Yali’ pear; browning; salicylic acid(SA)