

热处理对红富士苹果贮藏期间青霉病的抑制效果

邵兴锋, 屠康*, 静玮, 王海, 陈育彦, 陈莉

(南京农业大学食品科技学院, 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 南京 210095)

摘要: 初步研究了采后 38~96 h 热空气处理对红富士苹果青霉病的抑制效果, 并测定了与抗病相关酶的活性。结果表明: 直接接种病原菌后冷藏 8 周的苹果病害发病率和病斑面积达到 78.33% 和 20.83 cm², 与之相比, 热处理后再接种病原菌的果实发病率和病斑面积分别下降了 16.67% 和 22.8%。在贮藏过程中, 热处理组果实苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 和过氧化物酶 (POD) 活性、木质素和总酚含量在贮藏中后期均高于对照组, 可见热处理提高了红富士苹果果实的诱导抗病力。

关键词: 苹果; 热空气处理; 青霉病; 诱导抗病

中图分类号: S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 03-0743-04

Effect of Pre-storage Hot Air Treatment on the Blue Mold Rot of 'Red Fuji' Apple Fruit

SHAO Xing-feng, TU Kang*, JING Wei, WANG Hai, CHEN Yu-yan, and CHEN Li

(College of Food Science and Technology, Key Open Laboratory of Agri-Food Quality and Control of Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this paper, the inhibitory effects of hot air treatment (38~96 h) on the blue mold rot of apples fruit (*Malus domestica* Borkh 'Red Fuji') were investigated. The activities of related enzymes of disease resistance were also determined. The decay incidence and lesion area was 78.33% and 20.83 cm² respectively on the apples only inoculated with *Penicillium expansum* spores after storage at 2~8 weeks. Compared with the control apples, the decay incidence and lesion area was reduced by 16.67% and 22.8% respectively on the heat-treated apples before inoculation. Further research found that, the phenylalanine ammonium lyase (PAL) and peroxidase (POD) activity, the content of lignin and total phenols of treated apples were higher than controls at the later period of storage, which implied that heat treatment enhanced the induced disease resistance of the apples to *P. expansum*.

Key words: Apple; Hot air treatment; Blue mold; Induced disease resistance

青霉病是苹果贮藏期间的主要侵染性病害之一, 即使在低温贮藏下苹果感病后也会发生腐烂 (Jones & Aldwinckle, 1990)。研究发现, 38~96 h 热空气处理能完全控制在处理前接种 *Penicillium expansum* 的苹果青霉病的发生 (Fallik et al, 1995; Conway et al, 1999; 赵艺泽等, 2004; Tu et al, 2006a; 屠康等, 2006b), 这主要是由于热对孢子的直接作用, 也可能同时诱导了苹果自身的抗病力 (Fallik et al, 1995)。

本研究以红富士苹果为研究对象, 探讨 38~96 h 热空气处理对处理后接种青霉病的苹果病害的影响及其机理, 为热处理在控制苹果青霉病方面的实际应用提供理论基础。

收稿日期: 2006-09-13; 修回日期: 2007-02-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30270765); 教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-05-0491); 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2006707-2)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: kangtu@njau.edu.cn)

1 材料与方法

红富士苹果 (*Malus domestica* Borkh 'Red Fuji') 于 2006 年 10 月采收于徐州丰县大沙河商业果园。选择均匀一致、无伤病的果实, 用 2% 次氯酸钠浸泡 2 min, 清水冲洗, 晾干。 *Penicillium expansum* 购于中国微生物菌种保藏中心, 先接种到苹果果实上激活, 然后再进行分离、培养和保藏。菌种使用前先转接到 PDA (potato-dextrose-agar, 马铃薯葡萄糖琼脂) 培养基上, 20 ℃ 下培养 10 d, 再用 0.02% 的吐温 - 20 制成 1×10^5 个 / mL 的孢子悬浮液用于接种处理。试验分为两组, 每组 100 个果。对照组: 果实直接接种病菌后在 2 ℃ 下冷藏 8 周 (常温下放置 96 h 接种 冷藏)。处理组: 果实先进行 38 ℃ 96 h 热空气处理 (屠康等, 2006b), 然后接种病原菌, 2 ℃ 冷藏 8 周 (38 ℃ 96 h 接种 冷藏)。接种时用钉子在苹果赤道部位 4 个相对的位置刺直径 2 mm、深 2 mm 的伤口, 随后将 15 μ L 病菌悬浮液接种到伤口上。发病率和病斑面积测定参考屠康等 (2006b) 的方法。取伤口边缘半径 0.5 cm, 厚 1 cm 的去皮果肉测定 PAL (杨震峰等, 2005)、POD 和 PPO (Valentines et al, 2005) 活性、总酚 (Pan et al, 2004) 和木质素 (Valentines et al, 2005) 含量。均重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 热空气处理对苹果青霉病发病率和病斑面积的影响

如图 1 所示, 发病率在贮藏的前 4 周上升迅速, 随后变化不大; 病斑面积在贮藏 4 周后大幅度上升。处理组果实在冷藏 4 周后发病率和病斑面积显著低于对照组 ($P < 0.05$), 第 8 周比对照组分别下降了 16.67% 和 22.8%。由此可见, 该热空气处理能降低感染青霉病的发病率和严重程度, 同时也说明该处理提高了果实的抗病力。

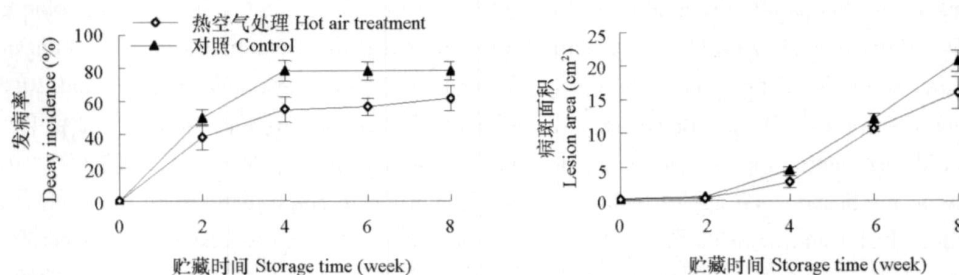


图 1 热空气处理对红富士苹果贮藏过程中由扩展青霉引起的发病率和病斑面积的影响

Fig. 1 Effects of hot air treatment on decay incidence and lesion area caused by *P. expansum* on Red Fuji apples

2.2 热空气处理对苹果果实 PAL 活性的影响

如图 2 所示, 果实的 PAL 活性随着病害的发展先上升随后下降。对照组在贮藏的第 2 周出现活性高峰, 而热处理组在第 4 周出现活性高峰, 且峰值高于对照组。在随后的贮藏中, 热处理组果实的 PAL 活性均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。PAL 是苯丙烷类代谢途径中的关键酶, 它与酚类物质、木质素以及植保素等植物抗病物质的合成密切相关 (杨震峰等, 2005)。PAL 活性越高, 说明果实的抗病能力越强。

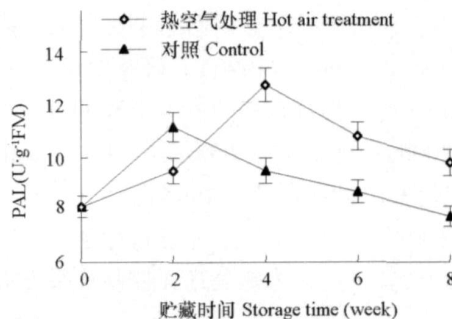


图 2 热空气处理对贮藏期间红富士苹果 PAL 活性的影响

Fig. 2 Effects of heat treatment on the enzyme activity of PAL of Red Fuji apples during the storage at 2 ℃

2.3 热空气处理对苹果果实 POD 和 PPO 活性的影响

如图 3 所示, 在贮藏过程中, 对照组 POD 活性上升迅速, 在第 4 周达到最高峰, 随后迅速下降。对于处理组而言, 其 POD 活性在 8 周的贮藏过程中一直上升, 在贮藏 6 周时约是对照组的 2 倍。在贮藏过程中, 两组果实的 PPO 活性差异不显著, 都呈先上升后下降的趋势。Valentines 等 (2005) 研究发现苹果在抵抗青霉病的过程中, POD 活性表现出非常重要的作用, 它参与木质素的合成, 木质素含量的上升能提高苹果的抗病能力, 但病害与 PPO 活性没有决定性的联系。Lruie 等 (1997) 发现热空气处理减缓了绿熟期番茄内阴离子性 POD mRNA 的降解, 提高了 POD 活性, 推测 POD 可能与热处理提高番茄抗病力的上升有关。

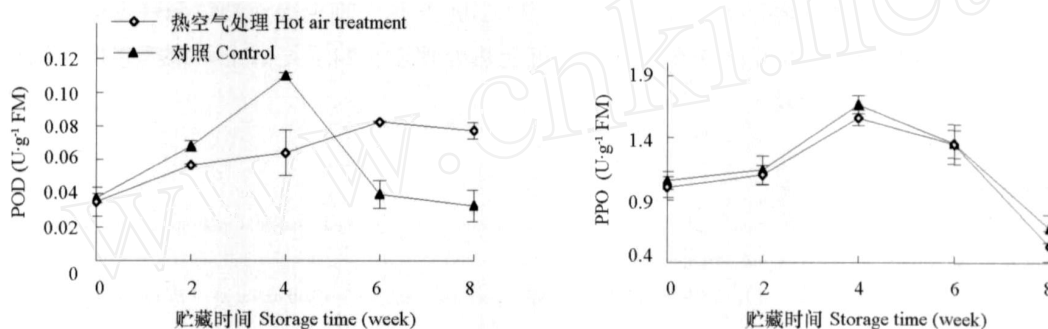


图 3 热空气处理对贮藏期间红富士苹果 POD 和 PPO 活性的影响

Fig 3 Effects of heat treatment on the enzyme activity of POD and PPO of Red Fuji apples during the storage at 2

2.4 热空气处理对苹果果实木质素含量的影响

从图 4 可见, 在贮藏过程中, 两组果实木质素含量在贮藏过程中先上升, 后变化较平缓。处理组果实的木质素含量在 4 周后已显著高于对照组 ($P < 0.05$)。前人的研究发现, 热水处理提高了感病柠檬接种部位木质素的含量, 减少病害发生 (Nafussi et al., 2001)。POD 在木质素合成的最后一步起作用, 因此热处理可能通过提高贮藏中后期果实伤口处的 POD 活性, 提高了木质素的含量, 从而提高果实对病原菌的抵抗能力。

2.5 热空气处理对苹果果实总酚含量的影响

在贮藏过程中, 对照组果实总酚含量先上升后下降 (图 5), 处理组上升较快, 直至 6 周后下降。在贮藏 2 周后, 处理组的总酚含量均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。Pan 等 (2004) 研究也发现热处理草莓能提高其总酚含量, 降低自然病害的发生。PAL 是多酚类物质合成的关键酶, 热处理组提高了贮藏中后期果实伤口处的总酚含量, 可能是通过对 PAL 活性的提高造成的。总酚中包括很多对病原菌有毒性的酚类物质和植保素, 因此热处理提高了果实的总酚含量也就增加了果实自身的抗病能力。

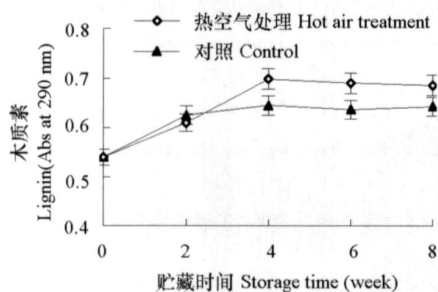


图 4 热空气处理对贮藏期间红富士木质素含量的影响

Fig 4 Effects of hot air treatment on the content of lignin of Red Fuji apples during the storage at 2

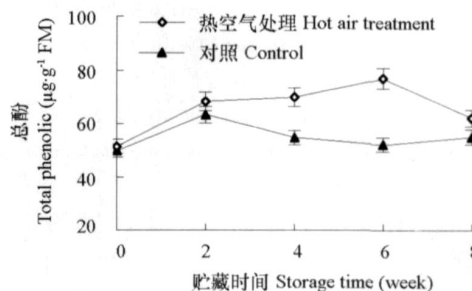


图 5 热空气处理对贮藏期间红富士苹果总酚含量的影响

Fig 5 Effects of hot air treatment on the content of total phenolic of Red Fuji apples during the storage at 2

3 讨论

本研究发现, 38~96 h热空气处理能提高贮藏中后期的 PAL和 POD活性、木质素和总酚的含量, 从而提高了处理后感病果实的诱导抗病力, 使得在冷藏 4周后处理组的发病率和病斑面积显著低于对照组。Lurie等 (1997) 也发现 38~3 d热处理前接种灰葡萄孢霉的绿熟番茄贮藏中无腐烂发生, 热处理后接种的发病率下降 40%, 病斑面积减半, 这可能与热处理提高果实的 POD活性有关。葡萄柚果实采后用 62 °C热水处理 20 s可诱导几丁质酶和 β -1, 3葡聚糖酶蛋白的积累, 抑制青霉病的发生 (Pavoncello et al., 2001)。Roy等 (1994, 1999) 研究发现, 金冠苹果在长时间贮藏后, 微小裂纹会变宽变深, 成为扩展青霉等病原菌的入侵点; 38~96 h热处理后表面裂纹和气室会被溶化的果蜡封闭, 形成机械的屏障来阻止病原菌的入侵。可能热处理还影响了红富士苹果其它抗病物质的合成, 需要今后进一步深入研究。

References

- Conway W S, Janisiewicz W J, Klein J D, Sams C E. 1999. Strategy for combining heat treatment, calcium infiltration, and biological control to reduce postharvest decay of 'Gala' apple. *HortScience*, 34 (4): 700 - 704.
- Fallik E, Grinberg S, Gambourg M, Klein J D, Lurie S. 1995. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit. *Plant Pathology*, 45: 92 - 97.
- Jones A L, Aldwinkle H S. 1990. Compendium of apple and pear diseases. St. Paul: APS Press, MN: 54 - 55.
- Lurie S, Fallik E, Handros, Shapier R. 1997. The possible involvement of peroxidase in resistance to *Botrytis cinerea* in heat treated tomato fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 50: 141 - 149.
- Nafussi B, Ben-Yehoshua S, Rodov V, Peretz J, Ozer B K, D'hallevin G. 2001. Mode of action of hot-water dip in reducing decay of lemon fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 107 - 113.
- Pan J, Vicente A R, Martínez G A, Chaves A R, Civello P M. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1831 - 1838.
- Pavoncello D, Lurie S, Drobny S, Porat R. 2001. A hot water treatment induces resistance to *Penicillium digitatum* and promotes the accumulation of heat shock and pathogenesis-related proteins in grapefruit flavedo. *Physiology Plantarum*, 111: 17 - 22.
- Roy S, Conway W S, Watada A E. 1994. Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharvest calcium uptake in 'Golden delicious' apples. *HortScience*, 29: 1056 - 1058.
- Roy S, Conway W S, Watada A E. 1999. Changes in ultrastructure of the epicuticular wax and postharvest calcium uptake in apples. *HortScience*, 34: 121 - 124.
- Tu K, Shao X F, Chen L, Jing W, Chen Y Y, Wang H, Pan L Q. 2006a. Effects of pre-storage hot air treatments on the post-harvest quality and blue mold control of 'Red fuji' apple fruit. *Acta Horticulture*, 712: 793 - 798.
- Tu Kang, Shao Xing-feng, Zhao Yi-ze. 2006b. Effect of hot air treatments on postharvest ripeness and disease resistance of golden delicious apple fruit during storage. *Journal of Fruit Science*, 23 (4): 562 - 567. (in Chinese)
- 屠康, 邵兴锋, 赵艺泽. 2006b. 采后热空气处理对金冠苹果后熟衰老及病害的影响. *果树学报*, 23 (4): 562 - 567.
- Valentines M C, Vilapana R, Torres R, Usall J, Larrigaudiere C. 2005. Specific roles of enzymatic browning and lignification. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 227 - 234.
- Yang Zhen-feng, Zheng Yong-hua, Cao Shi-feng, Li Na, Ma Su-juan, Chen Xue-hong, Wang Xue-xiu. 2005. Inhibition of postharvest decay and induction of defensive enzymes by pure oxygen in Chinese bayberry fruit. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 31 (4): 425 - 430. (in Chinese)
- 杨震峰, 郑永华, 曹士锋, 李娜, 马素娟, 陈学红, 王薛修. 2005. 纯氧对采后杨梅果实腐烂的抑制与抗病相关酶的诱导. *植物生理与分子生物学学报*, 31 (4): 425 - 430.
- Zhao Yi-ze, Tu Kang, Pan Xiu-juan, Pan Lei-qing, Shao Xing-feng, Chen Li. 2004. Postharvest heat treatments for Red Fuji apple fruit. *Food and Fermentation Industries*, 30 (12): 129 - 133. (in Chinese)
- 赵艺泽, 屠康, 潘秀娟, 潘磊庆, 邵兴锋, 陈莉. 2004. 采后热处理对红富士苹果青霉病和灰霉病的控制. *食品与发酵工业*, 30 (12): 129 - 133.