

‘脆枣’采后赤霉素处理对其生理生化的影响

薛梦林^{1,2} 张平² 张继澍^{1*} 王莉²⁽¹⁾ 西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; ⁽²⁾ 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

摘要: ‘脆枣’采后用 GA_3 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理, 较好地保持了硬度, 抑制了乙醛、乙醇含量的上升以及乙醇脱氢酶和多酚氧化酶的活性, 降低了呼吸强度和乙烯释放速率, 推迟了酒化和褐变的发生。

关键词: GA_3 ; 枣; 采后; 生理生化

中图分类号: S 665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 02-0147-05

鲜枣较难贮藏, 采后在自然条件下极易失水皱缩, 酒化变软, 发霉腐烂, 严重制约着鲜枣的大量上市, 枣果的保鲜成为枣产业中亟待解决的问题。目前人们越来越重视 GA_3 对果实采后生理生化的作用^[1,2], 进行了大量的研究, 但对枣果采后生理生化影响的研究报道不多。本研究旨在为枣果贮藏保鲜技术提供一定的理论依据。

1 材料与方法

试验所用的材料为中国枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.), 品种为 ‘脆枣’。于 2001 年 9 月 28 日采于山西省吕梁枣区, 当日用冷藏车 (0°C) 运至国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津) 恒温库 [$(-1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$] 中。挑选大小均匀、成熟度一致、无病虫害半红果, 用 GA_3 (水溶片剂) $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 液浸果 2 min (前期研究的最佳处理), 以不做处理果为对照。把处理果与对照果分别装入国家农产品保鲜工程技术研究中心研制生产的无毒聚氯乙烯 (PVC) 保鲜袋内, 每袋 2.5 kg, 于 $(-1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 恒温库贮藏, 定期测定各种生理生化指标。

用国产 GY-1 型果实硬度计测定硬度。用气流法测定呼吸强度^[3], 每次从恒温库取枣果 1 kg, 置 $(18 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 恒温库 24 h 后测定, 气体流速为 $0.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量^[3]。用碘液滴定法测抗坏血酸氧化酶和多酚氧化酶 (PPO) 活性^[4]。对羟基联苯比色法测定乙醛^[3]。氧化还原滴定法测定乙醇^[3]。奥氏气体分析仪测定呼吸商 (RQ)^[3]。苯甲基磺酰氟 (PMSF) 比色法测定乙醇脱氢酶^[5]。用美国产惠普 6890 型气相色谱仪测定乙烯释放速率, 氢火焰离子化检测器, 三氧化二铝填充柱, 进样口温度 250°C , 检测温度 250°C , 炉温 150°C , 外标法定量。

2 结果与分析

2.1 GA_3 处理对脆枣硬度的影响

脆枣在贮藏期间硬度逐渐下降。 GA_3 处理果的果肉硬度始终高于对照, 两者差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。采后入贮 33 d 时, 对照和处理果的硬度为 $11.85 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $13.35 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, 与入贮前 ($14.12 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) 相比分别下降了 17% 和 6%; 77 d 时对照与处理枣果的硬度分别为 $10.79 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $11.32 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, 比贮前下降了 24% 和 21% (图 1)。由此可见 GA_3 处理减缓了果实硬度的下降进

收稿日期: 2002-09-13; 修回日期: 2002-12-04

基金项目: 天津市重点攻关项目 (003120111)

* 通讯作者。

程。

从图 2 可知, 脆枣采后贮前维生素 C 含量 ($4.39 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$) 较高, 在贮藏前期下降不明显, 对照和处理差异不显著。贮藏后期维生素 C 含量大幅下降, 处理果含量略高于对照。处理果抗坏血酸氧化酶活性低于对照 (图 3), 但差异不显著。

2.2 GA_3 处理对脆枣呼吸强度的影响

从图 4 可知, 脆枣采后呼吸强度变化为双峰曲线, 高峰分别出现在采后的 33 d 和 77 d, 呼吸强度分别为 CO_2 $61.24 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FM}$ 和 $59.52 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FM}$ 。 GA_3 处理对呼吸强度的双峰曲线变化趋势和第 1 个峰值出现的时间没有影响, 但延迟第 2 个呼吸峰至 88 d 出现, 且峰值下降, 两个峰值分别是对照的 94% 和 88%。这表明 GA_3 对脆枣呼吸强度有一定的抑制作用。相关分析表明, 当脆枣的第 1 个呼吸峰出现时, 枣果的硬度和维生素 C 含量开始迅速下降; 第 2 个呼吸峰后进一步下降。

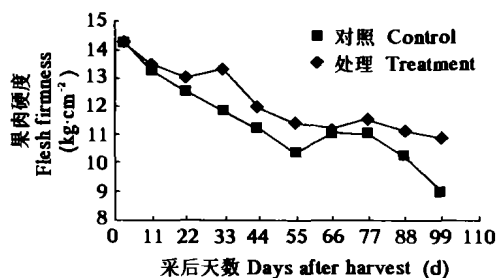


图 1 GA_3 处理对脆枣硬度的影响

Fig. 1 Effect of GA_3 treatment on firmness of Cui jujube fruit

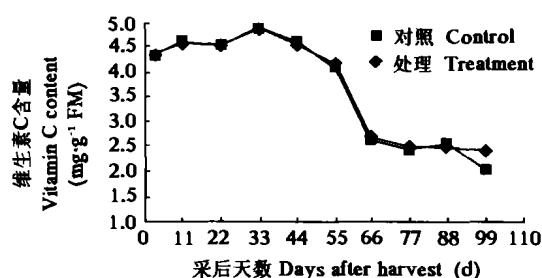


图 2 GA_3 处理对脆枣维生素 C 含量的影响

Fig. 2 Effect of GA_3 treatment on vitamin C content of Cui jujube fruit

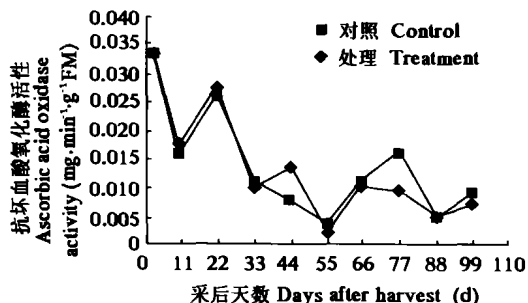


图 3 GA_3 处理对脆枣抗坏血酸氧化酶活性的影响

Fig. 3 Effect of GA_3 treatment on activity of ascorbic acid oxidase of Cui jujube fruit

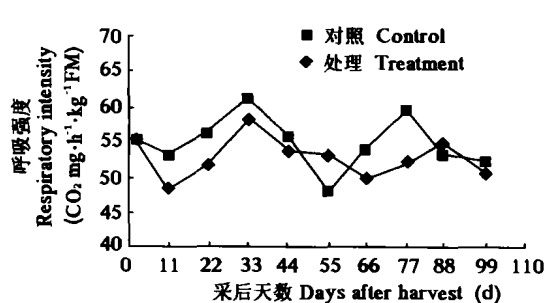


图 4 GA_3 处理对脆枣呼吸强度的影响

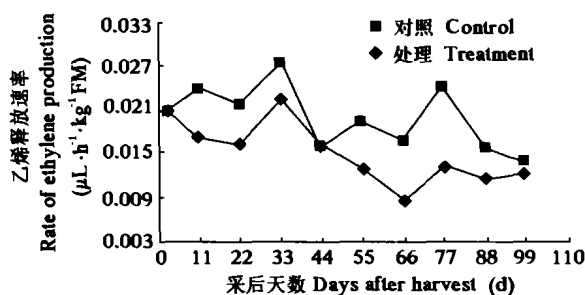
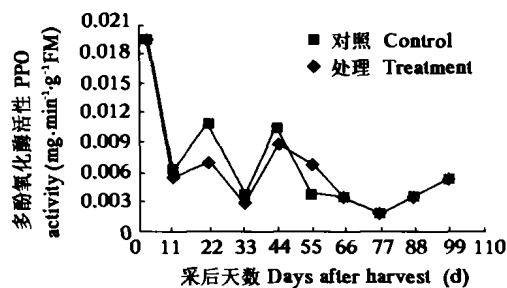
Fig. 4 Effect of GA_3 treatment on respiratory intensity of Cui jujube fruit

2.3 GA_3 处理对脆枣乙烯释放速率的影响

GA_3 处理果的乙烯释放速率低于对照, 且差异显著 ($P < 0.05$)。在呼吸峰出现的 33 d 和 77 d 均出现乙烯释放高峰, 分别为 $0.0267 \mu\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FM}$ 和 $0.0237 \mu\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FM}$, 表明乙烯释放与呼吸密切相关。 GA_3 处理的枣果乙烯释放速率比对照明显降低, 分别为对照的 85% 和 54% (图 5)。对比分析表明, GA_3 对乙烯释放速率的抑制明显大于对呼吸强度的抑制。

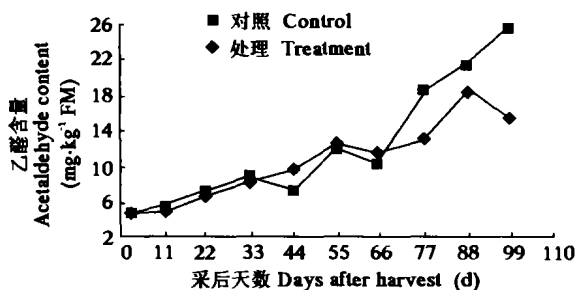
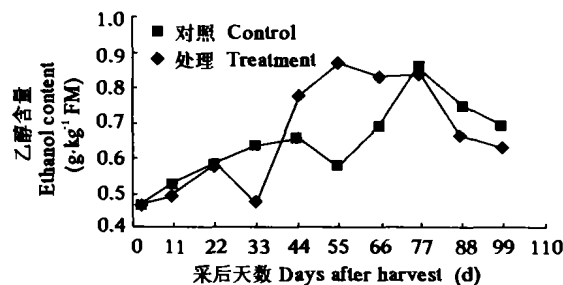
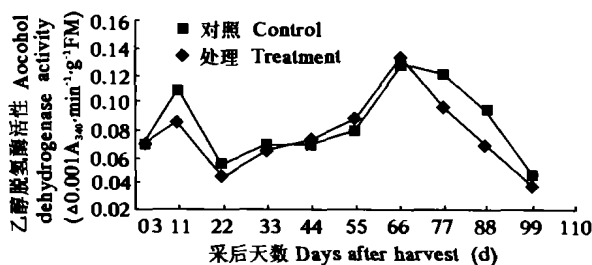
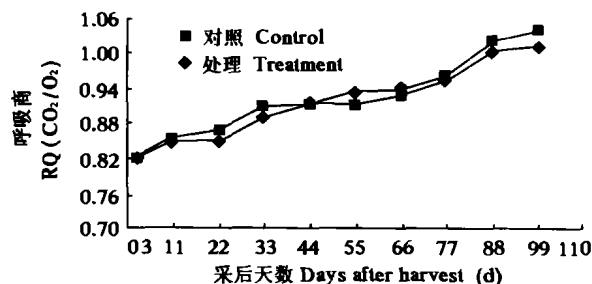
2.4 GA_3 处理对脆枣酶促褐变的影响

从图 6 可知, GA_3 处理果与对照的 PPO 活性变化趋势一致。但 GA_3 处理总体表现对 PPO 活性有所抑制, 尤其是前期, 如采后 22 d 时, 处理是对照的 67%。因此, 贮藏前期, GA_3 处理在一定程度上抑制了脆枣的酶促褐变, 而贮藏后期作用不明显。

图5 GA_3 处理对乙烯释放速率的影响Fig. 5 Effect of GA_3 treatment on rate of ethylene production of Cui jujube fruit图6 GA_3 处理对多酚氧化酶 (PPO) 活性的影响Fig. 6 Effect of GA_3 treatment on PPO activity of Cui jujube fruit

2.5 GA_3 处理对脆枣酒化的影响

如图7所示, 脆枣在贮藏期间, 乙醛含量呈上升的趋势, GA_3 处理总体低于对照; 在77 d时, 对照果和处理果的乙醛含量为 $18.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ FM}$ 和 $13.54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ FM}$, 分别是采后贮前枣果含量的5.72倍和4.14倍。这说明贮藏后期乙醛含量增加, 厌氧呼吸增强, GA_3 处理对乙醛含量的增加有一定的抑制作用。

图7 GA_3 处理对脆枣乙醛含量的影响Fig. 7 Effect of GA_3 treatment on acetaldehyde content of Cui jujube fruit图8 GA_3 处理对脆枣乙醇含量的影响Fig. 8 Effect of GA_3 treatment on ethanol content of Cui jujube fruit图9 GA_3 处理对脆枣乙醇脱氢酶活性的影响Fig. 9 Effect of GA_3 treatment on alcohol dehydrogenase activity of Cui jujube fruit图10 GA_3 处理对脆枣呼吸商 (RQ) 的影响Fig. 10 Effect of GA_3 treatment on RQ of Cui jujube fruit

乙醇的含量变化在贮藏前期逐渐增加, 贮藏后期有所下降。 GA_3 处理的枣果在贮藏前期和后期其乙醇含量均低于对照, 但在出现第1个呼吸、乙烯释放高峰后高于对照 (图8), 说明 GA_3 处理对脆枣酒化的影响与呼吸以及乙烯释放相关。乙醇脱氢酶的活性变化趋势与乙醇含量相一致, GA_3 对乙醇

脱氢酶的抑制作用也比较明显, 77 d 时对照是处理的 1.33 倍 (图 9)。乙醇脱氢酶活性的降低使乙醛转化为乙醇的量减少, 从而出现贮藏后期乙醛含量较高而乙醇含量不与之正相关的现象。图 10 显示, 呼吸商在贮藏期间也呈上升趋势, 但 GA_3 处理果的呼吸商低于对照。

3 讨论

脆枣贮藏期间, 未出现呼吸峰和乙烯峰时, 酒化呈逐渐增加的趋向, 此时维生素 C 含量及硬度下降幅度较小, 而在出现呼吸峰和乙烯峰后, 酒化迅速增强, 随之维生素 C 含量及硬度明显下降。表明枣果的呼吸、乙烯释放以及酒化与果肉硬度和维生素 C 含量是相关联的。 GA_3 处理枣果能够有效抑制呼吸强度, 减慢乙烯释放速率及酒化进程, 有利于保持枣果的硬度以及食用品质。有报道认为, 枣果软化与多聚半乳糖醛酸酶关系不大^[6]。因此可以认为, 枣果呼吸强度、乙烯释放速率以及酒化程度是影响枣果软化的主导因素。

已有研究表明, GA_3 处理红桔果实, 可明显降低果胶甲酯酶的活性, 提高过氧化物酶活性和 Ca 水平, 延缓原果胶降解, 增进果皮硬度^[7]; GA_3 处理杏果实具有清除 O_2^- 的作用, 使细胞内 O_2^- 产生速率降低, 从而一定程度上避免了细胞膜结构的破坏, 防止果实软化^[8]。本研究结果与上述观点一致, 即 GA_3 降低呼吸强度、乙烯释放速率以及酒化程度, 起到延缓枣果软化的作用。一些研究结果表明, 维生素 C 含量在枣果后熟衰老过程中呈逐渐下降趋势^[9], 本研究结果与此相同, 但 GA_3 处理后的枣果维生素 C 含量与对照差异不显著。

枣果大部分品种为非跃变型果实^[10]。而本研究表明, 脆枣采后呼吸强度较高, 出现两个呼吸峰值, 乙烯释放也同时出现两个峰。这表明呼吸与乙烯释放有密切关系, 脆枣可能为跃变型果实。前人的研究结果表明, GA_3 能降低杏果的呼吸强度, 可延迟番茄、番石榴和香蕉的成熟, 对延迟成熟的效果表现在降低呼吸强度和抑制呼吸峰的出现^[11]。另外 GA_3 处理还能使乙烯引起的叶绿素降解受到抑制^[12], 也可抑制黄瓜乙烯的产生^[13]。本研究结果表明, GA_3 处理枣果在抑制乙烯释放的同时, 也使呼吸强度明显地降低, 同时延缓了枣果的硬度下降。

大枣在贮藏过程中, 由于组织结构的特异性^[14,15], 易发生酶促褐变和酒化现象。PPO 是植物体内普遍存在的一类呼吸末端氧化酶, 可把底物的酚氧化成醌, 醌进一步聚合成有色化合物^[16,17]。本试验结果表明, 经 GA_3 处理后的枣果其 PPO 活性低于对照, GA_3 有抑制枣果酶促褐变的效果, 这与刘淑娴等在三华李上的研究结果相似^[18]。同时 GA_3 处理能抑制乙醇脱氢酶的活性, 降低枣果乙醛、乙醇的积累, 推迟枣果酒化的发生, 在延长枣果贮藏期中可以应用。

参考文献:

- 1 杨书珍, 任小林, 彭丽桃, 等. GA_3 处理对采后油桃果实膜脂过氧化的影响. 西北植物学报, 2001, 21 (3): 575~578
- 2 郑国华, 米森敬三, 平野健, 等. 喷施 GA_3 和乙烯利对柿果实成熟及内源 GAs 活性、ABA 含量的影响. 园艺学报, 1991, 18 (3): 193~197
- 3 李喜宏. 实用果蔬保鲜技术. 北京: 科学技术文献出版社, 2000. 473~503
- 4 高俊凤. 植物生理学研究技术. 西安: 世界图书出版公司, 2000. 89~92
- 5 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 2000. 313
- 6 寇晓虹, 王文生, 吴彩娥, 等. 鲜枣冷藏过程中生理生化变化的研究. 中国农业科学, 2000, 33 (6): 44~49
- 7 陈秀伟, 张百超. 红桔果实浮皮的研究. 园艺学报, 1988, 15 (1): 13~17
- 8 史国安, 郭香凤, 张益民, 等. GA_3 和乙烯利对杏果实采后活性氧代谢的影响. 园艺学报, 1997, 24 (1): 87~88
- 9 甘霖, 谢永红, 吴正琴, 等. '嘉平大枣' 果实发育过程中糖、酸及维生素 C 含量的变化. 园艺学报, 2000, 25 (5): 317~320
- 10 吴延军. CaCl_2 和低温处理对枣软化衰老的生理效应: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 1997. 39~40
- 11 潘塔斯蒂科. 热带和亚热带果蔬采后生理、处理及利用. 中国科学院华南植物研究所生理生化室译. 北京: 农业出版社, 1982. 131
- 12 Aharoni N, Renreni A, Drir O. Modified atmosphere in film packages delays senescence and decay of fresh herbs. Acta Horticulture, 1989, 258:

255 ~ 262

- 13 吕贵华, 吕忠恕. 黄瓜果实圆片诱导呼吸和乙烯产生的研究. 植物生理学通讯, 1989, (5): 21 ~ 23
- 14 王勋陵. 枣果实发育解剖学的初步研究. 植物学报, 1974, 16 (2): 161 ~ 169
- 15 寇晓虹, 王文生, 吴彩娥, 等. 鲜枣果实解剖结构与其耐藏性关系的研究. 食品科技, 2001, (5): 67 ~ 68
- 16 Coseteng M Y, Lee C Y. Changes in apple polyphenol oxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. J. Food Sci., 1978, 52: 985 ~ 986
- 17 Mayer A M, Harel E. Polyphenol oxidases in plants. Phytochem., 1979, 18: 193 ~ 215
- 18 刘淑娟, 蒋跃明, 李月标, 等. GA₃ 对三华李采后色泽的影响. 园艺学报, 1994, 21 (4): 320 ~ 322

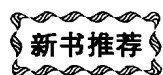
Effect of Postharvest Treatment with GA₃ on Physiological and Biochemical Changes of 'Cui jujube' Fruit during Cold Storage

Xue Menglin^{1,2}, Zhang Ping², Zhang Jishu¹, and Wang Li²

(¹ College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; ² National Engineering and Technology Centre for Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300384, China)

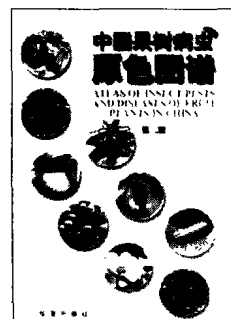
Abstract: In this experiment effect of postharvest treatment with GA₃ on physiological and biochemical changes of 'Cui jujube' fruit during cold storage was studied. The results showed that the treatment significantly delayed the decrease of jujube fruit firmness, inhibited the increase in contents of acetaldehyde and ethanol and the activities of alcohol dehydrogenase and polyphenol oxidase, reduced respiratory intensity and rate of ethylene production, slowed down the occurrence of alcoholism and flesh browning.

Key words: GA₃; Jujube; Postharvest; Physiology and biochemistry



《中国果树病虫原色图谱》(第二版) 吕佩珂主编

为了适应我国调整产业结构和发展名特优水果及生产绿色果品的需要, 对原图谱进行了大刀阔斧的修订。修订第二版含彩版 144 页, 彩色生态照片 1152 幅, 文字 120 万, 包括落叶果树病害 305 种, 害虫 338 种; 常绿及热带亚热带果树病害 195 种, 害虫 160 种, 全书介绍果树病虫害近千种, 较原图谱图片和病虫数量增加了 50%, 成为中国果树病虫识别与防治大全。该书图文并茂、内容新颖、信息量大, 既突出了无公害和生物防治, 也介绍了综合防治方法, 以适应入关后南北方生产无公害果品防治病虫的需要。可供全国果树站、植保站、果树科技人员、广大果农、农资系统、农林院校师生参考。定价: 101 元 (含邮资)



《中国蔬菜病虫原色图谱》(第三版·无公害)

《中国蔬菜病虫原色图谱》第三版包括南北方瓜类、茄果类、豆类、葱蒜类、绿叶蔬菜类、多年生及水生蔬菜等病虫害 521 种, 其中蔬菜病害 389 种, 虫害 134 种, 彩图 680 幅、文字 55 万, 该书图文并茂, 内容新颖。第三版防治方法定位在无公害蔬菜生产上, 除充实大量生物防治法外, 还介绍了综合防治技术和方法, 药剂防治中删去了蔬菜上不得使用 and 限制使用的农药, 重点选择使用全国农业技术推广服务中心推荐的无公害农药及高效、低毒、低残留的新品种, 以适应加入世贸组织后, 全国实施新阶段“菜篮子”工程生产无公害蔬菜的防治病虫害的需要。可供蔬菜站、植保站、农技站、农资系统、庄稼医院、农业院校师生、有关农业企业和科技人员参考。定价: 69 元 (含邮资)。

购书者请汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。