

减压处理对采后柿果实软化生理效应的影响^{*}

黄 森¹, 张继澍¹, 李维平²

(1 西北农林科技大学 生命科学学院; 2 林学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 以火柿和水柿为试材, 研究了减压处理对采后柿果实硬度、果胶甲酯酶(PE)活性、多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性和乙烯释放速率的影响。结果表明, 减压处理显著地抑制了柿果实的软化衰老, 降低了 PE、PG 的活性和乙烯释放速率; 乙烯生成量的减少降低了 PE、PG 的活性, 表现为果实的软化衰老受到抑制; 减压处理对火柿的保硬效果优于水柿, 影响火柿果实软化的关键酶是 PG, 而在水柿的软化过程中, PE 和 PG 均起着重要作用。

[关键词] 柿; 减压贮藏; 果胶甲酯酶(PE); 多聚半乳糖醛酸酶(PG)

[中图分类号] S665.209⁺.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)05-0057-04

柿子采后极易软化腐烂, 严重影响着柿子的运销及商品价值。因此, 柿子采后的软化生理和贮运技术一直是人们研究的热点。有研究表明, 伴随着柿果实的软化, 原果胶含量下降, 可溶性果胶含量上升, 粗纤维含量变化的绝对值很小, 果实的软化与果胶酶活性变化有关^[1,2]。

减压贮藏是一种较新的果蔬贮藏方法, 它能显著抑制苹果、葡萄、杏、桃、枣、柿等果实的软化, 延长果实贮藏期^[3~5]。以往对减压贮藏的研究多侧重于贮藏效果, 而对软化生理的研究较少, 对柿果实软化生理影响的研究尚未见到报道。已有的研究表明, 减压贮藏能够延缓果蔬成熟衰老的原因是降低了果蔬的呼吸, 促进了组织内 CO₂、乙烯、乙醛、乙酸乙酯、 α -法呢烯等挥发性代谢产物向外排出, 延缓了叶绿素的降解^[6]。本试验的目的在于研究减压处理对果胶甲酯酶(PE)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)和成熟激素乙烯的影响, 探讨减压处理抑制软化的机理, 确定影响柿果实软化的关键酶, 为柿果的贮藏运输提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试柿 (*Diospyros kaki* L.) 品种为火柿和水柿。样品于 1999-09-29 采自陕西省乾县西北农林科技大学黄土高原试验站。选择大小均一、成熟度一致、无伤无虫果为试材。

1.2 处 理

柿子采收后当天运回学校, 第2天进行处理。试验共设2个处理: 1 为对照, 果实放入 22 cm × 33 cm

× 0.08 mm 的聚乙烯袋内。2 为减压处理, 将果实放入聚乙烯袋内, 用真空泵抽出袋内气体后扎口(抽气当时压力为 33 330 Pa), 每 5 d 抽气 1 次。各处理每袋装果 1 000 g, 共 20 袋, 均放入 Yamato L-82 型 Lo-Temp Incubator 中, 贮藏温度为 (10 ± 1) °C。每隔 5 d 取各处理 2 袋, 测定各项指标。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 PE 酶活性的测定 参照朱广廉等^[7]的方法, 采用酸碱滴定法测定。

1.3.2 PG 酶活性的测定 参照朱广廉等^[7]的方法, 采用氧化还原滴定法测定。

1.3.3 乙烯释放速率的测定 参照李震三等^[8]的方法测定。将果实放入预先已置入低温培养箱的干燥器内, 一定时间后用注射器抽取 1 mL 气体, 在日立 663-30 型气相色谱仪上测定乙烯含量。色谱条件为: FID 检测器, Porapak Q 色谱柱, 柱温 110 °C, 汽化室温度 140 °C, 检测器温度 140 °C, 外标法定量。

1.3.4 果实硬度的测定 去除果皮后用 GY-1 型硬度计测定。

2 结果与分析

2.1 减压处理对柿果实硬度的影响

由图 1 可知, 火柿果实采后硬度下降迅速, 21 d 时, 硬度由开始的 11.0 kg/cm² 降至测定的下限 2.0 kg/cm²。而减压处理能显著抑制火柿果实硬度的下降, 果实硬度降到 2.0 kg/cm² 的天数比对照延长 15 d。水柿比火柿果实硬度下降得更快, 采摘时水

^{*} [收稿日期] 2003-04-30

[基金项目] 国家杨凌示范区农业科技开发基金资助项目(97J-11)

[作者简介] 黄 森(1954-), 男, 陕西宝鸡市人, 副教授, 硕士, 主要从事果实采后生理研究。

柿硬度高出火柿硬度 4.1 kg/cm^2 , 达 15.1 kg/cm^2 , 但硬度降为 2.0 kg/cm^2 的天数仅为 16 d。减压处理对水柿硬度的下降有一定的抑制作用, 6 d 后果实硬度下降较快, 果实硬度降为 2.0 kg/cm^2 的天数仅比对照延长 5 d。据此得出, 减压处理具有抑制柿果实软化衰老的作用, 其特点为采后前期对柿果实软化的抑制作用明显, 但对不同的品种抑制作用不同, 对火柿果实软化的抑制作用比水柿好。

2.2 减压处理对柿果实 PE 活性的影响

水柿和火柿果实采后 PE 活性的变化均表现为逐步上升, 不同的是水柿 PE 活性的上升幅度远大于火柿, 水柿后期未出现 PE 活性峰而火柿第 21 天出现一明显 PE 活性峰值(图 2)。PE 的作用是水解

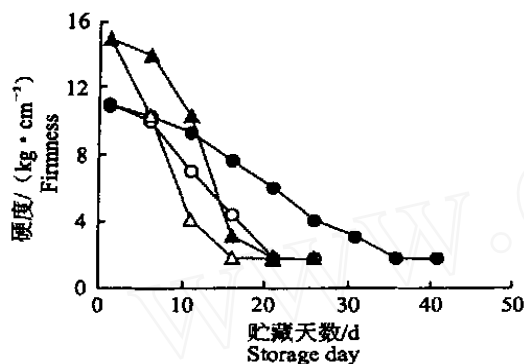


图 1 减压处理对柿果实硬度的影响

- ○ - . 火柿对照; - ● - . 火柿减压处理;
- △ - . 水柿对照; - ▲ - . 水柿减压处理

Fig. 1 Effect of hypobaric treatment on firmness of persimmon fruit

- ○ - . “Huoshi”CK; - ● - . “Huoshi”hypobaric treatment;
- △ - . “Shuishi”CK; - ▲ - . “Shuishi”hypobaric treatment

2.3 减压处理对柿果实 PG 活性的影响

PG 的作用是水解 PE 作用的产物聚半乳糖醛酸的糖苷键生成半乳糖醛酸, 使构成细胞壁的原果胶变为可溶性果胶, 进而使细胞结构破坏, 导致果实软化^[9]。由图 3 可以看出, 柿果采后 6 d 内 PG 活性很低且变化不大, 从第 6 天开始 PG 活性急剧增大, 水柿和火柿果实分别在第 11 天和第 16 天出现峰值, 之后又下降。PG 活性急剧增大期正是柿果实硬度迅速下降期, 表明 PG 对火柿和水柿果实硬度的迅速下降起着更重要的作用。

减压处理能降低柿果实 PG 活性上升的速率, 推迟 PG 活性峰值出现的时间。第 11 天处理水柿的 PG 活性为对照的 75%, 第 16 天处理火柿的 PG 活性仅相当于对照的 50%; 减压处理使水柿和火柿 PG 活性峰值出现的时间分别推迟了 5 和 15 d。联

聚半乳糖醛酸长链上的甲酯^[8]。柿果实采后硬度下降趋势与 PE 活性变化趋势相反, 表明 PE 在柿果实软化衰老中起着重要作用, PE 在水柿果实软化衰老中的作用可能更大。

减压处理对柿果实 PE 活性变化的抑制效应十分明显。处理水柿采后 6 d 内 PE 活性下降, 6 d 后 PE 活性上升, 但上升幅度明显比对照减缓, 第 11 天 PE 的活性仅相当于对照的 39.7%; 减压处理对火柿 PE 活性的降低幅度更大, 处理果的 PE 活性始终较低, 第 21 天其 PE 的活性仅相当于对照的 25.8%。联系减压处理对柿果硬度的影响(图 1)可以看出, PE 对水柿硬度下降的贡献率大于火柿。

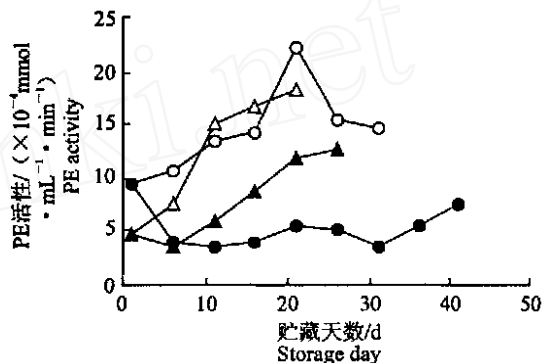


图 2 减压处理对柿果实 PE 活性的影响

- ○ - . 火柿对照; - ● - . 火柿减压处理;
- △ - . 水柿对照; - ▲ - . 水柿减压处理

Fig. 2 Effect of hypobaric treatment on PE activity of persimmon fruit

- ○ - . “Huoshi”CK; - ● - . “Huoshi”hypobaric treatment;
- △ - . “Shuishi”CK; - ▲ - . “Shuishi”hypobaric treatment

系减压处理对柿果硬度的影响(图 1)可以看出, 减压处理使柿果 PG 活性上升速率降低, 峰值推迟, 是柿果软化衰老被抑制的直接原因。

2.4 减压处理对柿果实乙烯释放速率的影响

乙烯作为一种成熟激素, 对柿果实的成熟衰老有重要的调节作用。由图 4 可知, 水柿和火柿采后乙烯释放速率均呈上升趋势, 11 d 内水柿乙烯释放速率的上升幅度较火柿大; 第 26 天火柿乙烯释放速率出现了峰值, 而水柿乙烯释放速率未出现峰值。减压处理能在一定程度上抑制火柿和水柿果实的乙烯释放速率, 对火柿乙烯释放速率的抑制作用要大于水柿。减压处理不仅显著抑制了火柿果实乙烯释放速率而且还使乙烯峰值出现的时间推迟了 15 d。表明减压处理具有抑制柿果实释放乙烯的作用。

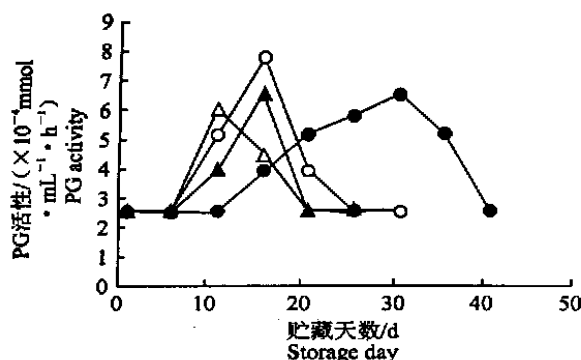


图3 减压处理对柿果实 PG 活性的影响

- ○ - . 火柿对照; - ● - . 火柿减压处理;
- △ - . 水柿对照; - ▲ - . 水柿减压处理

Fig 3 Effect of hypobaric treatment on PG activity of persimmon fruit

- ○ - . “Huoshi”CK; - ● - . “Huoshi”hypobaric treatment;
- △ - . “Shuishi”CK; - ▲ - . “Shuishi”hypobaric treatment

3 讨 论

本试验结果表明,减压处理具有显著抑制柿果实软化衰老的作用,这一结论与谢春阳等^[3]对葡萄的研究结果一致。但减压处理对不同柿品种降低软化的效果不同,对火柿软化衰老的抑制作用优于水柿。

果实的软化是果实成熟、衰老的重要标志,果实软化的直接原因主要是细胞壁结构变化和细胞壁物质降解导致细胞分离所致^[10]。果胶质和纤维素-半纤维素是构成细胞壁的主要物质,这些物质分别在PE、PG和纤维素酶的作用下降解^[11]。柿果实软化过程中原果胶含量逐渐下降,可溶性果胶含量不断上升,粗纤维变化的绝对值很小,柿果实的软化与果胶酶活性变化有关^[1,2]。减压处理能显著降低柿果实PE、PG的活性,延缓PG峰出现的时间,表明减压处理抑制柿果实软化衰老的原因是PE、PG的活性得到了抑制。具体分析减压处理对水柿和火柿硬度、PE活性、PG活性的影响,可以看出一个有趣的现象:减压处理显著降低了火柿果实PE的活性,在果实软化过程中PE活性一直很低,但这并不能阻止果实的软化,这似乎说明PE不是制约火柿软化的关键酶,火柿软化的关键酶是PG,这一结论与田建文等^[1]的结论一致。而减压处理对水柿PE活性的

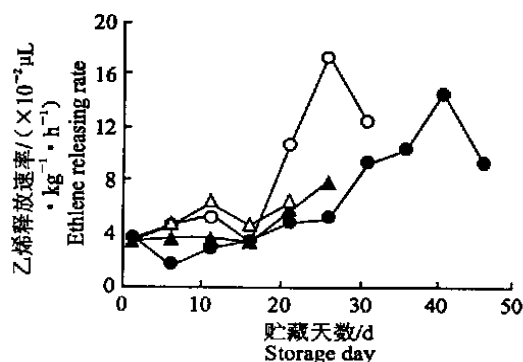


图4 减压处理对柿果乙烯释放速率的影响

- ○ - . 火柿对照; - ● - . 火柿减压处理;
- △ - . 水柿对照; - ▲ - . 水柿减压处理

Fig 4 Effect of hypobaric treatment on ethylene releasing rate of persimmon fruit

- ○ - . “Huoshi”CK; - ● - . “Huoshi”hypobaric treatment;
- △ - . “Shuishi”CK; - ▲ - . “Shuishi”hypobaric treatment

影响与对火柿的影响不同,水柿PE活性虽受到抑制,但抑制程度很小,PE活性仍呈上升趋势,这表明在水柿硬度的下降中,PE、PG酶均起着十分重要的作用。PE对水柿硬度下降的贡献率要大于火柿。因此可以认为,柿果实软化过程中的关键酶会因品种的不同而不同。

乙烯与果实的软化关系密切。用乙烯处理牛心柿可明显促进柿果实的后熟过程^[12]。用乙烯处理番茄明显提高了PG的活性,促进了果实的软化^[13]。本研究表明,减压处理不仅显著地抑制了柿果实的乙烯释放速率,而且还推迟了乙烯峰出现的时间。因此,可以推测减压处理抑制柿果实软化的最根本原因是成熟激素乙烯受到了抑制。乙烯生成量的减少降低了PE、PG的活性,进而抑制了果实的软化。

已有的研究表明,减压贮藏能够显著地延缓果蔬的成熟和衰老^[3~5],这一贮藏方法被许多学者认为是一种很有前途的方法。但减压贮藏也存在需要耐压容器、造价高、不易推广等缺点^[14]。本研究中的减压处理贮藏以较厚的塑料袋代替了耐压容器,不仅同样具有延缓果实成熟和衰老的作用,而且大大降低了使用成本,这一技术更便于在偏远农村使用。若将乙烯吸收剂处理、GA处理、低温等措施与减压处理相结合,果蔬的贮藏效果会更好。

[参考文献]

- [1] 田建文,许明究,贺普超. 柿果实采后软化生理分析[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 109-111.
- [2] 张子德,马俊莲,甌增立. 柿果采后生理研究[J]. 河北农业大学学报, 1995, 18(2): 105-107.

- [3] 谢春阳, 谢德圣, 潘 彭. 葡萄充氮、减压处理贮藏效果[J]. 果蔬科学, 1991, 8(2): 100- 102
- [4] 黄 森, 张继澍. “火罐”柿减压处理低乙烯MA 贮藏技术的研究[J]. 西北农业学报, 1996, 5(1): 82- 84
- [5] 常燕平, 胡振华, 王如福. 减压贮藏条件下梨枣某些生理指标的变化[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(5): 434- 435
- [6] Wu M T. Effects of subatmospheric pressure storage on ripening of tomato fruit[J]. J Food Sci, 1972, 37: 952- 956
- [7] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 227- 301.
- [8] 李震三, 宋述香, 周爱莲. 苹果、梨果实乙烯的气相色谱测定方法[J]. 中国果树, 1980, (3): 44- 50
- [9] Buescher R W, Fumanski R J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches[J]. J Food Sci, 1978, 43: 264- 266
- [10] Redgwell R J, Melton L D, Brasch D J. Cell wall dissolution in ripening kiwifruit[J]. Plant Physiol, 1992, 98(3): 71- 78
- [11] Fuscger R L, Bennett A B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol, 1991, 42: 675- 703
- [12] 高经成, 袁明耀, 徐荣江. 柿子后熟过程中生理代谢和品质变化及乙烯的催熟效果[J]. 食品科学, 1993, (4): 14- 16
- [13] 卢春彬, 刘存德, 沈全光, 等. PG 在番茄果实成熟中的作用及二价金属离子与乙烯对PG 活性的影响[J]. 植物学报, 1990, 32(5): 337- 342
- [14] 康名利, 张 平. 减压贮藏理论及技术研究进展[J]. 食品与机械, 2001, (2): 9- 10

Effect of hypobaric treatment on the softening physiology in post-harvested persimmon fruits

HUANG Sen¹, ZHANG Ji-shu¹, LI Wei-ping²

(1 College of Life Sciences; 2 College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The effect of hypobaric treatment on firmness, PE activities, PG activities and ethylene releasing rate in post-harvested persimmon fruits (“huoshi” and “shuishi”) is studied. The results showed this treatment can remarkably restrain softening and senility of persimmon fruits, decrease PE and PG activities, and reduce ethylene releasing rate. The decrease of the amount of ethylene production can minimize the activities of PE and PG, with the resulting effect that the softening and senility of fruits will be controlled. The hypobaric treatment may have better effect on firmness maintenance of “huoshi” than on that of “shuishi”. The key enzyme affecting fruit softness in “huoshi” is PG. PE and PG all play an important role in the process of the softness in “shuishi”.

Key words: persimmon; hypobaric storage; PE; PG