

文章编号: 1001—411X (2002) 01—0020—04

龙眼采后果肉生理生化变化研究

韩冬梅¹, 吴振先², 陈维信², 戴宏芬¹

(1 广东省农业科学院果树研究所, 广东 广州 510640; 2 华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要: 观察了石硖、储良龙眼(*Dimocarpus longan* Lour. cv. Shixia & Chuliang)在4和20℃条件下的贮藏效果, 测定了果肉生理生化变化。结果表明: 低温能够大大延缓果肉的衰败进程, 石硖明显比储良耐贮藏, 储良33 d、石硖50 d时果肉几乎全部流汁。随着贮期延长, 整果和果肉质量损失率和霉烂率增加, 好果率降低, 果皮褐变。生理生化变化表现为丙二醛(MDA)含量逐渐增加; 超氧化物歧化酶(SOD)活性(4和20℃)变化不明显, 相对较稳定, 储良活性比石硖低; 过氧化物酶(POD)呈上升趋势, 20℃下活性明显比4℃下高; 过氧化氢酶(CAT)活性呈显著下降趋势, 储良活性明显比石硖弱。

关键词: 龙眼; 果肉; 贮藏; 生理生化

中图分类号: S667.2

文献标识码: A

龙眼鲜果难以保鲜, 除了果皮会迅速褐变外, 果肉的快速软化、流汁和腐烂更为突出, 其特征是果壳外观看似完整, 实际上内部果肉已经开始溶解、流汁, 趋于腐败, 一些研究者又称这种现象为“自溶”^[1], 它已经成为制约龙眼采后寿命的重要因素之一。目前, 关于龙眼采后腐败机理的研究, 主要有以下两方面: 一是采后生理研究, 主要集中在呼吸作用、乙烯^[1,2]、质量损失率变化^[3,4]以及果皮的褐变生理^[5,6]和自由基衰老理论^[7]; 二是果实的形态学研究, 主要是果皮方面^[8]。而有关果肉自溶衰老前后的生理变化主要限于营养成分的研究。本研究从龙眼采后果肉衰老与有关酶的角度研究了自溶前后的一些生理生化变化, 旨在为进一步研究龙眼采后果肉自溶机理及其调控研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验于2000年夏进行, 供试材料中石硖品种采自广东省东莞市荔枝科普基地, 储良品种采自广东省从化市。成熟度九成, 采收后立即运回实验室, 剪枝、挑选, 用质量浓度为0.1 g/L的漂白粉液清洗后, 再用保鲜剂处理, 置于20℃恒温室预冷、晾干。20℃贮藏果用塑料小托盘盛放, 0.01 mm厚无滴保鲜膜包装; 4℃贮藏果用厚0.03 mm的聚乙烯塑料袋包装。贮藏期间, 两种温度处理的果实分别进行贮藏效果和生理生化指标测定。另外, 仔细剥取54颗石硖龙眼果肉, 分装在3个塑料托盘中, 以0.01 mm厚保鲜

膜覆盖, 置于20℃下观察外观及质量损失率变化。

1.2 贮藏效果观察

每品种每处理定期称质量, 检查好果率和果实外观。质量损失率=(最初质量—贮藏后质量)/最初质量×100%。低温贮藏果以内果皮褐变程度占整果面积的比例低于1/4, 不长霉, 果肉完好、硬实、不流水的果实占调查总果数的百分率计算好果率; 20℃贮藏果以不长霉、果皮完好、手感较硬、果肉完好且不流汁的果实占调查总果数的百分率计算好果率。以腐烂和长霉果数占调查总果数的百分率计算霉烂率。每次检查30个果, 2次重复。以果肉的透明度、色泽、流汁与否、长霉程度、果蒂颜色变化等判断果肉的衰老程度。

1.3 生理生化指标测定

定期取果30个, 剪取3 g果肉, 加入适量提取液, 制样, 测定。丙二醛(MDA)含量测定参照刘祖祺的方法^[9], 以硫代巴比妥酸为底物, 测定生成的红色产物的 $D_{532\text{ nm}}$ 和 $D_{600\text{ nm}}$, 计算 $b(\text{MDA})/(\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1})$; 超氧化物歧化酶(SOD)样品制备同丙二醛, 活性测定参照王爱国的方法^[10], 以抑制氮蓝四唑(NBT)光化还原50%作为一个酶活性单位(U); 蛋白质含量测定参照Bradford的方法^[11]; 过氧化物酶(POD)活性测定参照曾韶西的方法^[12], 以过氧化氢和愈创木酚为底物, 以每克鲜质量每分钟 $D_{470\text{ nm}}$ 变化0.001表示一个酶活性单位(U); 过氧化氢酶(CAT)酶液提取同POD, 测定参照Chance和Maehly的方法^[13], 以过氧化氢为底物, 以 $D_{240\text{ nm}}$ 下降0.001为一个酶活性单位(U)。

每样品重复3次。

2 结果与分析

2.1 贮藏效果

与20℃相比,低温(4℃)明显延长了石硖、储良2个品种的贮藏期,减慢了果实的质量损失速度。而在2种温度条件下,石硖都比储良耐贮藏。20℃下,储良5d后好果率只有37.4%,而石硖10d后好果率仍然有76.6%;低温下,储良33d后好果率已降到6.7%,石硖36d后好果率为84.5%,50d后降到9.6%。随着贮期延长,在4和20℃下,龙眼果实的质量损失率和霉烂率都逐渐增加,好果率逐渐降低。从果皮/整果和果肉/整果之比来看,两品种的变化都不明显,表明果实是内外均匀失水,而且失去的水分主要来源于果肉。另外,值得注意的是,在低温下贮藏33d时,两品种的质量损失率很接近,都约为0.65%左右,但好果率相去甚远,石硖约为90%,而储良已经降到6.7%。说明品种之间质量损失率的大小不一定能反映好果率的高低差别。

贮藏期间果肉从外到内都发生了明显的变化。从图1可看出,在20℃下果肉的质量损失率与整果的质量损失率几乎是一致的,并呈逐渐升高之势。当放置第6d时,质量损失率达到4.3%,果肉表面出现明显的自溶溃烂现象(表1)。在观察中还发现,果肉的溃败大部分从果蒂处开始,少部分从其他部位开始,果蒂也逐渐变黑,与果肉组织的衰败进程相一致。

表1 20℃下石硖果肉自溶过程观察

Tab. 1 Investigation of pulp self-dissolve of Shixia at 20°C

t(贮藏 storage)/ d	质量损失率 mass loss/%	外观表征 appearance feature
1	0	肉色晶莹,半透明,微黄色,有光泽,果蒂白色
3	1.09	肉色晶莹,半透明,微黄色,有光泽,果蒂白色
5	2.99	果肉表面呈现出水状,略微浑浊,微黄,色泽较暗;27.8%的果肉表面长有白色霉斑,表面发粘
6	4.39	全部长霉,肉色发白,浑浊,表面腐烂,流汁严重,果蒂变黑

2.2 MDA含量变化

在20和4℃条件下,储良和石硖果肉中的MDA含量均随贮期延长呈上升趋势。其中,4℃条件下石硖上升速度较平缓,储良前期变化不大,19d后快速上升,33d时达最高值,但两者差异不大,较为接近。

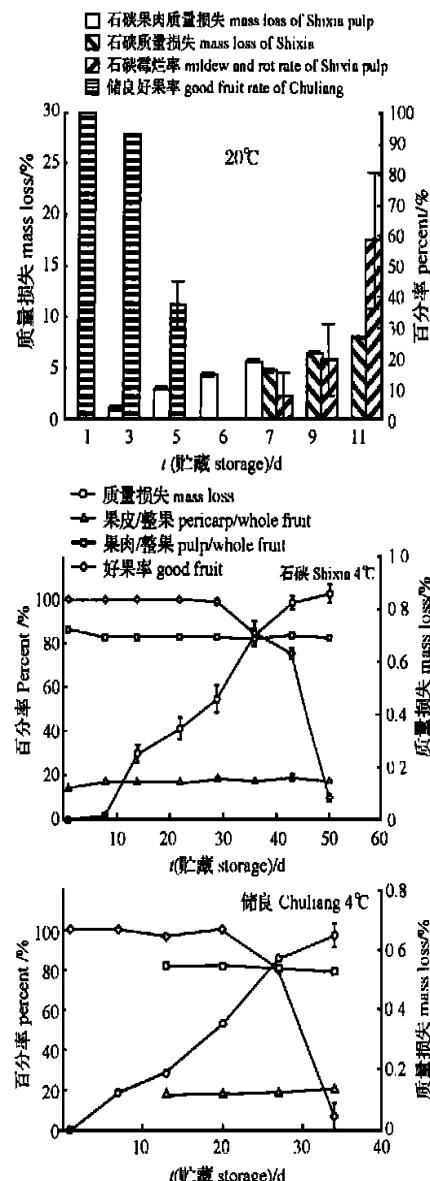


图1 石硖、储良龙眼在4和20℃下的贮藏效果

Fig. 1 Quality characteristic of Shixia and Chuliang longan stored at 4 and 20°C

(图2)。说明随贮期延长,果肉逐渐衰老,细胞膜脂过氧化加剧。

2.3 SOD活性变化

在20和4℃条件下,贮藏期间,两品种果肉的SOD活性变化都不明显,而且储良SOD活性比石硖弱。说明在果肉逐渐衰老的过程中,SOD活性变化微弱,对自由基(O_2^-)的清除能力未随着衰老的增进而有所提高,不能有效起到清除 O_2^- 、降低衰老速度的作用,储良果肉SOD酶在衰老过程中的保护作用比石硖弱。

2.4 POD和CAT活性变化

在4和20℃条件下,两品种POD活性均呈上升趋势,而且20℃下活性都比4℃下明显升高,说明低

温可以显著降低龙眼果肉中 POD 的反应活性(图 4)。另外,在2种温度条件下,储良 POD 活性上升速度都比石硖快,尤其 20℃ 条件下,2 d 后储良 POD 活性明显比石硖高,说明储良可能比石硖更早、更快地产生大量自由基等有毒物质,诱导了 POD 活性迅速上升。

CAT 活性,除了 4℃ 下储良变化不明显外,储良

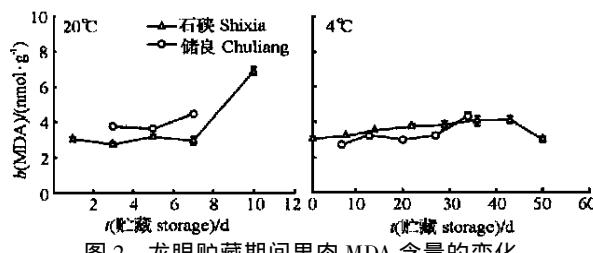


图 2 龙眼贮藏期间果肉 MDA 含量的变化

Fig. 2 Changes in MDA contents in pulp of longan stored at 4 and 20°C

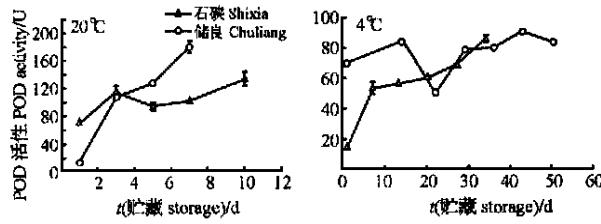


图 4 龙眼贮藏期间果肉 POD 活性的变化

Fig. 4 Changes of POD activity in pulp of longan stored at 4 and 20°C

3 讨论

龙眼果肉自溶是果实采后衰老败坏的主要形式。在贮藏期间,果皮逐渐褐变和破裂是果实衰老的外部表现,而果肉自溶流汁、直至腐败则是衰老的内部表现。到目前为止,龙眼的采后生理研究大多集中在果皮上,而果肉的自溶机理研究则鲜有报道。一些研究者发现^[1],龙眼的腐烂先从果实内部败解开始,并认为是由于龙眼本身降解酶的作用导致果肉自溶。其腐烂进程是果肉流汁、蒂周腐烂、果肉全部腐烂、整果腐烂长霉。本研究对果肉自溶过程的观察结果与上述大体一致,大部分果肉的腐烂从蒂周开始,其表面表现为出水状,但也有少部分从其他部位开始腐烂。随着贮期延长,果肉严重长霉,迅速腐烂。

通过对果实、果肉的好果率、质量损失率和腐烂率等指标的测定和观察,可看出整果的失水与果肉的失水进程是一致的,说明果实内外失水是均匀的,而且失去的水分主要来自于果肉;另外从好果率和质量损失率的关系还可看出,当储良与石硖的质量损失率相近时,两者的好果率却相差很大,说明同一品种果实贮藏前后的质量损失率与好果率具有较强的相关性,而品种之间质量损失率的大小不能反映

20℃、石硖 4 和 20℃ 条件下都是随着贮期延长表现为明显的下降趋势;而且储良的活性明显比石硖弱,尤其 20℃ 条件下,第 6 d 时 CAT 活性已经接近 0,这与储良比石硖不耐贮藏的试验结果相一致。说明龙眼果肉 CAT 活性在果肉自溶衰败期间对过氧化氢的清除能力很快下降,保护反应较弱(图 5)。

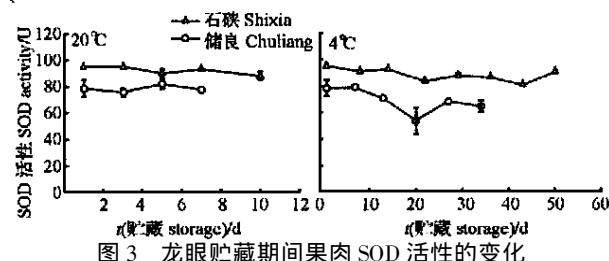


图 3 龙眼贮藏期间果肉 SOD 活性的变化

Fig. 3 Changes of SOD activity in pulp of longan stored at 4 and 20°C

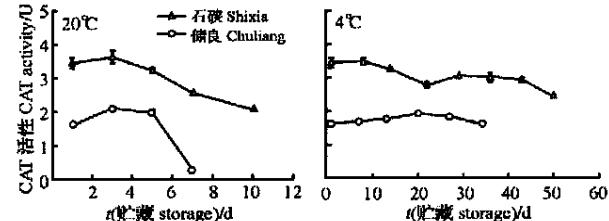


图 5 龙眼贮藏期间果肉 CAT 活性的变化

Fig. 5 Changes of CAT activity in pulp of longan stored at 4 and 20°C

好果率的高低,这与品种的细胞结构和生理特性有关,而且大部分的失水应该是衰老后细胞结构遭到破坏、膜透性差别消失所导致的结果。龙眼果肉由大量薄壁细胞组成,内含物以水分和糖为主,当细胞结构严重破坏,大量果汁外溢,水分来不及散失,果肉表面呈溶水状。随着水分逐渐挥发,自溶的果肉又会慢慢干枯。

研究结果表明,果肉中有关生理生化变化在其衰老过程中表现出了一定的规律性。在贮藏过程中(4 和 20℃),两品种果肉的 MDA 含量变化趋势一致,随贮期延长而上升,含量相近,说明在衰老期间果肉细胞膜脂过氧化反应明显,程度相似。而植物器官衰老过程中,膜脂过氧化的结果造成膜系统的破坏,表现在膜透性增大和离子渗漏^[14]。说明龙眼果肉在贮藏期间的衰老过程也是一个细胞膜逐渐遭到破坏的过程。

但是,两品种的贮藏寿命差异较大,试验结果表明与保护酶活性变化有一定的关系。贮藏期间(4 和 20℃),两品种果肉 SOD 酶活性变化不大,储良活性比石硖弱;CAT 酶活性均呈下降趋势,储良活性显著低于石硖;POD 酶都随贮期延长而升高,这与衰老过程中大量有毒自由基产生,诱导了该酶活性的升高

有关, 因为 POD 是一种诱导酶。另外, 对于两品种来说, 4℃下的 SOD、MDA 和 CAT 活性或含量与 20℃下相差不大, 却显著抑制了 POD 酶活性; 而且两种贮温下, 储良 POD 活性变化都比石硖剧烈, 尤其 20℃下贮藏后期活性显著高于石硖, 说明储良的生理活动较为旺盛, 易于衰老, 但是由于 SOD、CAT 的活性较低, 其中 CAT 活性尤为微弱, 不能快速、有效清除机体内的 O_2^- 和 H_2O_2 , 导致自由基积累, 毒害细胞, 造成膜系统的破坏, 胞内物质外渗。两品种龙眼的生化变化规律和差异与它们之间衰老进程的差异是一致的。

品种不同, 生理特征有异, 决定了其抗衰老能力高低和采后寿命的长短。而低温贮藏则能够有效地减弱龙眼果肉旺盛的生化活动, 延缓果肉细胞的衰老进程。适宜的低温贮藏是控制龙眼果肉衰老自溶的有效方法之一。

参考文献:

- [1] 施清. 龙眼采后生理特性及保鲜技术研究[J]. 福建果树, 1990, (2): 1—4.
- [2] 潘一山, 蔡晓东, 孙立南, 等. 龙眼采后生理及贮藏保鲜[J]. 果树科学, 1996, 13(1): 19—22.
- [3] 陈文军, 洪启征. 龙眼防腐试验初报[J]. 福建农业科技, 1982, (3): 44—45.
- [4] 吕荣欣, 占雪娇, 吴金珠. 龙眼果实防腐保鲜实用技术研究[J]. 食品工业科技, 1990, (6): 46—49.
- [5] 莫长耕, 王梅. 荔枝龙眼多酚氧化酶活性的测定[J]. 中国果品研究, 1986, (3): 22.
- [6] 吴振先, 韩冬梅, 季作梁, 等. SO_2 对贮藏龙眼果皮酶促褐变的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(2): 91—95.
- [7] 韩冬梅, 吴振先, 季作梁, 等. SO_2 对龙眼的氧化作用与衰老的影响[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 24—29.
- [8] 潘润操. 龙眼果实的显微结构与贮藏关系的探讨[J]. 广西农业大学学报, 1994, 13(2): 85—89.
- [9] 刘祖祺. 植物抗性生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994, 370—372.
- [10] 王爱国, 罗广华, 邵从本, 等. 大豆种子超氧化物岐化酶的研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77—83.
- [11] BRAFORD M M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein—Dye Binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72: 248—254.
- [12] 曾韶西. 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应[J]. 植物生理学报, 1991, 17(2): 171—182.
- [13] CHANCE B, MAEHLY A C. Assay of Catalase and Peroxidase[J]. Methods Enzymol, 1995, (2): 755—764.
- [14] MEAD J F. Free radical mechanism of lipid damage and consequence for cellular membranes[A]. PRYOR W A. Free radicals in Biology: Vol. I [C]. New York: Academic Press, 1976. 51—56.

Studies on the Physiological and Biochemical Changes of Longan (cv. Shixia & Chuliang) Pulp After Harvest

HAN Dong-mei¹, WU Zhen-xian², CHEN Wei-xin², DAI Hong-fen¹

(1 Pomology Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;

2 College of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of storage and the activities of some enzymes on longan (cv. Shixia & Chuliang) stored at 4 and 20℃ were investigated. The results showed that low temperature retarded the decay process of longan pulp during storage and the storage life of Shixia longan was much longer than that of Chuliang longan. The pulp of Chuliang longan was nearly entirely decayed after 33 days of storage, while that of Shixia after 50 days. Along with storage, the rate of mass loss, mildew infection and rotting of the fruits or their pulp all increased; the rate of sound fruits decreased and the pericarp browned. The physiological changes during storage were shown to be as follows: The MDA content increased gradually; SOD activity had no obvious change; the POD activity increased and was significantly higher at low temperature than that at normal temperature. The CAT activity of Chuliang was significantly lower than that of Shixia, but both of them showed a significant tendency to decrease during the course of storage.

Key words: longan (*Dimocarpus longan* Lour.); pulp; storage; physiology and biochemistry

【责任编辑 柴 焰】