

# 冰温处理对白柚次生代谢产物及 相关酶活性的影响

曾顺德, 文泽富, 谢永红  
(重庆市果树研究所, 重庆 402260)

**摘 要:** 主要研究了冰温处理(0℃冰水)对垫江白柚贮藏过程中次生代谢产物及酶活性变化情况, 结果显示: 冰温处理可有效降低白柚呼吸强度、乙醇及MDA累积速率, 增加果皮POD酶活性, 减轻汁胞粒化发生的程度。  
**关键词:** 冰温处理; 垫江白柚; 酶活性; 次生化代谢产物; 粒化控制

## Effects of Ice Treatment on the Products of Physiological Metabolism and Relative Enzyme Activities in Pummelo Fruits

ZENG Shun-de, WEN Ze-fu, XIE Yong-hong  
(Chongqing Fruit Research Institute, Chongqing 402260, China)

**Abstract:** The products of physiological metabolism and relative enzymes activities of Dianjiang pummelo (*Citrus maxima*) with ice treatment were tested during storage. The results showed that ice treatment decreased the rate of respiration and the accumulation of alcohol and malondialdehyde, malondialdehyde (MDA) were significantly slowed down. Ice treatment also increased the activity of peroxidase (POD) in peel, and thus reduced the incidence of pulp granulation.

**Key words:** ice treatment; products of physiology metabolism; enzyme activity; granulation control

中图分类号 TS205.9

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)11-0250-03

果肉汁胞粒化是柚类采后贮运过程中普遍发生的一种生理病害。一旦发生, 果皮与囊瓣分离, 汁胞失水, 品质劣变, 严重者不堪食用。我市柚类主栽品种—垫江白柚采后贮藏一段时间后即发生不同程度的汁胞粒化, 严重制约、阻碍白柚产业的持续健康发展。为此, 我们采用冰温处理垫江白柚, 分析测试贮藏过程中次生代谢产物和酶活性变化情况, 以期冰温处理防止白柚汁胞粒化提供理论依据。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 材料

试验连续重复三年进行, 垫江白柚和沙田柚于每年11月初采自重庆垫江县和长寿区, 采后24h内选择大小均匀的垫江白柚果实置于溶融状态的0℃冰水中处理2.5h, 取出室内阴干, 编号为T, 另取未经任何处理的垫江白柚、沙田柚作对照, 分别编号为ck<sub>1</sub>、ck<sub>2</sub>, 各处理和对照果均单果袋包装, 置于自然通风库贮藏, 定期取样分析测试。

#### 1.2 测定方法

每次每组取果5个, 每次测定重复3次, 呼吸强

收稿日期: 2004-10-28

作者简介: 曾顺德(1968-), 男, 副研究员, 研究方向为果蔬贮藏加工相关技术。

435.

[7] Buescher R W, Furmanski R J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woollyness in peaches

[J]. J Food Sci, 1978, 43: 264-266.

[8] 黄森, 张继澍, 李维平. 减压处理对采后柿果实软化生理效应的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 23(5): 57-60.

度用草酸滴定法,乙醇含量用重铬酸钾氧化法,丙二醛含量用硫代巴比妥酸比色法,超氧化物歧化酶(SOD)用NBT光化还原法,过氧化物酶(POD)用愈创木酚法,汁胞粒化程度用粒化指数表示,测定方法参照陈昆松方法<sup>[1]</sup>:将柚果沿果蒂纵切成8瓣,按切面果肉汁胞的粒化程度确定粒化级别,无为0级,轻微粒化至10%为1级,10%~25%为2级,25%~40%为3级,40%以上为4级,检查总果数为10个,粒化指数计算方法:粒化指数 =  $\Sigma$ (粒化级别 $\times$ 该级别瓣数)/(4 $\times$ 检查果数)。

## 2 结果与分析

### 2.1 呼吸强度的变化

贮藏初期,垫江白柚呼吸强度随贮藏时间的延续至15d左右达到呼吸高峰,随后逐渐下降。其呼吸强度趋于平缓,但其乙醇含量从60d后剧增(图1、图2),表明垫江白柚贮藏60d后呼吸作用以无氧呼吸为主。对于易粒化的品种,呼吸强度的上升,使果实果肉的生理消耗急剧加强,易导致果实出现粒化和果实品质、风味劣变,这一点也可以从对照果60d即出现粒化现象(图3)得到印证,而冰温处理后柚果呼吸强度明显低于对照,乙醇累积速率明显低于对照,可延迟柚果粒化达30d左右(图3)。

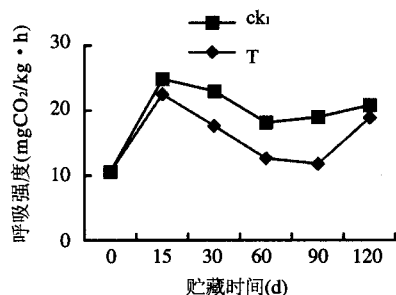


图1 柚果呼吸强度的变化情况

Fig.1 Change of fruit rate of respiration

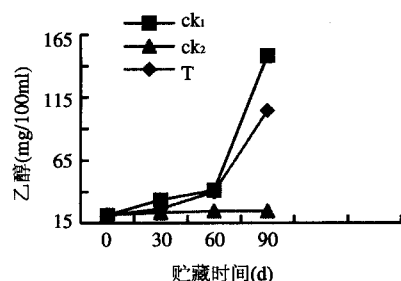


图2 柚果乙醇含量的变化情况

Fig.2 Change of fruit accumulation of alcohol

### 2.2 乙醇含量的变化

乙醇是果实进行无氧呼吸的代谢产物,其积累使果实产生异味,加速衰老,对于汁胞易粒化的品种,当

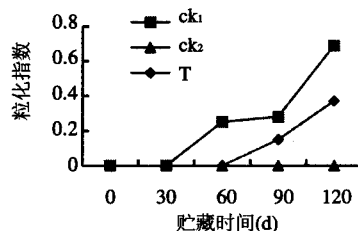


图3 柚果汁胞粒变化情况

Fig.3 Change of fruit granulation degress

乙醇含量迅速积累上升到一个高峰值时,就意味着汁胞粒化即将发生,而对不易发生汁胞粒化的沙田柚,其乙醇含量与入贮初期相差甚微。冰温处理可明显减轻垫江白柚的乙醇积累程度(图2),从而延缓柚果的衰老、粒化。

### 2.3 柚果粒化进程

垫江白柚在常温通风库一般贮藏60d左右即开始出现汁胞粒化现象,随着贮藏时间的延续,粒化程度逐渐加重,果肉咀嚼无味,不堪食用,冰温处理可明显减轻粒化发生程度。推迟粒化发生时间达30d左右(图3)。

### 2.4 MDA含量变化

脂质过氧化物(MDA)能破坏维持正常代谢的内膜系统,导致细胞透性增加,细胞代谢失调,膜结构及其功能被破坏,果肉组织衰老<sup>[2]</sup>。其绝对含量和累积速率可作为柚果耐贮性指标之一<sup>[3]</sup>。垫江白柚及沙田柚果皮、果肉组织中MDA含量均随贮藏时间的延续而成上升趋势,其果皮的模拟回归方程为: $y_{ck_1}=19.99+0.31x$  ( $r=0.9873^{**}$ ),  $y_{ck_2}=12.97+0.19x$  ( $r=0.9843^{**}$ ),  $y_T=19.73+0.28x$  ( $r=0.9733^{**}$ ),其果肉的模拟回归方程为 $y_{ck_1}=14.35+0.16x$  ( $r=0.9674^{**}$ ),  $y_{ck_2}=10.48+0.06x$  ( $r=0.9413^{**}$ ),  $y_T=14.28+0.16x$  ( $r=0.9464^{**}$ )。沙田柚MDA含量始终维持在一个相对较低水平。而垫江白柚无论在果皮或果肉中,其MDA含量和累积速率均显著高于沙田柚,因而组织衰老进程快。而冰温处理后,垫江白柚果皮、果肉MDA含量、累积速率均低于对照,说明冰温处理有利于延缓柚果衰老进程。

### 2.5 POD酶活性的变化

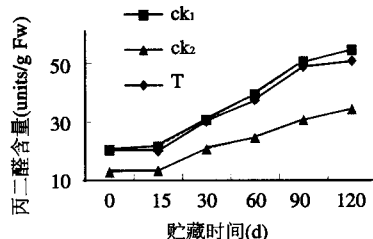


图4 柚果果皮丙二醛含量的变化情况

Fig.4 Change of MDA content in the peel

垫江白柚果皮POD酶活性在贮藏前期,随贮藏时

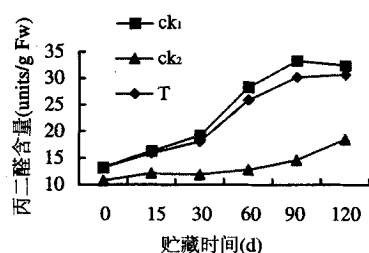


图5 柚果果肉丙二醛含量的变化情况  
Fig.5 Change of MDA content in the pulp

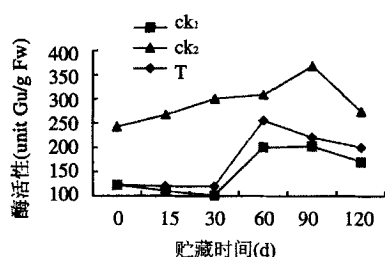


图6 柚果果皮POD酶活性变化情况  
Fig.6 Change of POD activity in the peel

间的延续而成逐渐下降之势。至60d左右活性急剧上升到最高峰,以后又逐渐下降。冰温处理对果皮酶活性变化进程影响不大,但可明显增加果皮的酶活性,结合粒化情况发现:维持较高的POD酶活性有利于延缓垫

江白柚果实汁胞粒化现象的发生,同耐贮沙田柚POD酶活性进行比较,发现其POD酶活性含量特别高,说明POD酶对柚果汁胞粒化具有重要的调控作用。

### 3 结 论

柚果汁胞粒化发生是一个复杂的生理过程。垫江白柚易发生粒化现象同其较厚的果皮以及果肉的生理活性、代谢水平密切相关,尤以POD酶活性的影响最为关键。维持柚果较高的POD酶活性,可使柚果清除过氧化物毒害的能力增强,减轻膜脂过氧化程度,从而有利于延缓粒化的发生。冰温处理可使柚果果皮POD酶活性贮藏中后期维持在一个相对较高的水平,因而可减轻或延缓粒化的发生。

### 参考文献:

- [1] 陈昆松, 张上隆, 李方, 等. 胡柚果实采后枯水的研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 35-39.
- [2] 关军锋, 束怀瑞. 苹果果实衰老与膜脂过氧化作用的关系[J]. 园艺学报, 1996, 23(4): 326-328.
- [3] 文泽富, 黄国评, 曾顺德, 等. 冷激处理对柚果实酶活性变化及膜脂过氧化的影响[J]. 果树科学, 1999, 16(2): 159-160.

## 欢迎订阅 2006 年《中国乳品工业》

美国《食品科学文摘》,《乳品科学文摘》收录

《中国乳品工业》系由轻工业联合会主管,黑龙江省乳品工业技术开发中心主办的我国乳品行业国内国外公开发行的权威期刊。本刊主要报道国内外乳品行业新技术、新设备、新科研成果及发展趋势。内设研究报告、专题论述、生产与管理、消费与市场、综述、资料、厂商论坛、文摘等栏目。内容新颖、实用、权威,是乳品生产企业经营决策者、技术人员及大专院校有关人员掌握国内外乳品科学技术、行业动态必不可缺的专业读物。2006年本刊将进一步加大对实践性强、贴近企业生产的实用技术文章的报道力度,欢迎广大读者订阅。

《中国乳品工业》月刊,大16开,每月25日出版,单价10元,全年120元。邮发代号:14-136,全国各地邮局均可订阅,也可汇款至本杂志社订阅,本刊发行部常年办理邮购订阅业力。

#### 银行汇款:

户名:《中国乳品工业》杂志社

开户行:哈尔滨市工商行和兴支行

帐号:3500042109014495687

#### 邮政汇款:

地址:哈尔滨市南岗区学府路337号《中国乳品工业》杂志社

邮编:150086

电话 0451-86833441 0451-86662740

联系人:鲍曼华