

# 冬枣湿冷贮藏过程中生理生化变化的研究

刘晓军<sup>1</sup>, 王 群<sup>1</sup>, 张云川<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

**摘 要:** 水果的呼吸类型和生理生化变化特点是贮运保鲜中重要的参考因素。研究了不同成熟度冬枣在室温和湿冷贮藏条件下呼吸强度的变化趋势, 以及在湿冷库贮藏中, 中期半红果的硬度、可溶性果胶含量和多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性以及淀粉含量和淀粉酶活性的变化过程。试验结果表明, 冬枣属于非呼吸跃变型果实; 其硬度和PG活性之间呈极显著正相关, 可溶性果胶含量和PG活性之间呈显著负相关; 淀粉含量和淀粉酶活性之间呈显著负相关。

**关键词:** 冬枣; 湿冷; 果实贮藏; 呼吸强度; 酶活性

中图分类号: TS205.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0215-03

## 0 引言

冬枣 (*Ziziphus jujuba* Mill), 又名苹果枣, 是我国枣类中的名、优、稀、特产品, 也是我国北方地区的主要特色水果之一。它富含19种人体所需的氨基酸和多种维生素, 以及微量元素和较多的药用物质, 如环磷酸腺苷、环磷酸鸟苷以及黄酮类物质, 有很高的食疗价值和多种保健功效<sup>[1]</sup>。经过近几年的发展, 冬枣在我国环渤海湾地区已经形成了较大规模的商品化栽种局面, 据2002年冬枣主产区栽种面积调查显示, 山东、河北和天津的冬枣栽种面积已达27 000 hm<sup>2</sup>, 年产量超过6 000 t, 发展规划表明在未来几年我国冬枣的栽种面积和产量还会大幅度增加<sup>[2]</sup>。

但是, 冬枣属于一种易失水、易腐烂、易产生CO<sub>2</sub>伤害的水果。康明丽等<sup>[3]</sup>发现O<sub>2</sub> 3%并无CO<sub>2</sub>气体的条件有利于维持冬枣细胞膜的完整性, 提高冬枣的贮藏品质, 薛梦林等<sup>[4]</sup>报道, 低压环境可以降低冬枣抗坏血酸氧化酶的活性, 但对多酚氧化酶活性没有影响。湿冷贮藏技术作为一种新的贮藏方法, 提供了低温、高湿的贮藏环境, 同时结合臭氧的协同作用, 使果蔬虽处于低温高湿环境之中, 但不会受到霉菌的危害和外源乙烯的影响<sup>[5]</sup>, 而且实际生产中, 冬枣直接散放在四面有孔的果箱里, 同时每天开库门通风换气和冷库角落堆放生石灰等措施都会防止冷库内CO<sub>2</sub>的积累。

本文通过半红果和全红果的室温和低温的组合试验, 研究了冬枣的呼吸类型, 以及长期贮藏湿冷环境中, 冬枣的部分氧化分解酶活性的变化, 对进一步完善和提高冬枣湿冷保鲜技术, 延长冬枣的贮藏寿命, 提高冬枣产业的经济效益有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

冬枣, 产自河北省献县史庄, 选择中期半红果(着色度20%~60%)和全红果(着色度60%以上)<sup>[6]</sup>, 手工采摘, 轻拿轻放, 整个采摘和分选过程都需戴手套操作, 以免造成机械损伤。

### 1.2 处理方法

取全红果和半红果各5 kg, 用厚度为0.06 mm的聚乙烯(PE)打孔塑料袋(孔数10个, 直径1.2 cm)包装, 放到室温下。再取全红果5 kg和半红果20 kg(分四组, 每组5 kg)分别放到普通塑料果箱里, 然后直接放入-1.5℃的湿冷保鲜库(相对湿度90%~93%, PEM-002型臭氧发生器每8 h工作一次, 臭氧浓度在1~2 mg/m<sup>3</sup>间维持15 min, 用DCS-1臭氧分析仪检测)里。

### 1.3 测定项目及方法

室温下存放的冬枣, 每2 d测定一次呼吸强度(取样量为200左右, 重复3次, 温度21℃、相对湿度65%), 呼吸室为以色列生产的小粒果专用呼吸室; 贮藏湿冷保鲜库里的冬枣, 每5 d在冷库里测定一次呼吸强度(取样量为1 kg左右, 温度-1.5℃、相对湿度90%), 呼吸室自制。用于测定硬度、可溶性果胶含量、多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性、淀粉含量和淀粉酶活性的试样(湿冷贮藏半红果)是每15 d取样一次, 每项测定的取样量为15~20个果。呼吸强度用北京分析仪器厂生产的GXH-305型红外气体分析仪测定(气流量为100 mL/min); 硬度用以色列Chatillon公司产的手动硬度测定仪测定; 可溶性果胶含量用咔唑比色法测定; 淀粉含量用碘量法测定; PG活性和淀粉酶活性参照韩雅珊<sup>[7]</sup>提出的方法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 存放在不同环境不同成熟度冬枣的呼吸强度变化

采摘后用打孔塑料袋包装, 存放在室温下的冬枣和散放在果箱中, 直接贮藏湿冷保鲜库里的冬枣, 两者呼吸强度(以每公斤冬枣每小时放出的CO<sub>2</sub>量计)随贮藏时间的变化有着很大的差异。用打孔塑料袋

收稿日期: 2003-07-11 修订日期: 2003-12-02

基金项目: 农业科技成果转化资金资助项目(合同编号: 02EFN211100012)

作者简介: 刘晓军(1975-), 山西兴县人, 博士生, 北京市海淀区清华东路17号 中国农业大学食品科学与营养工程学院230信箱, 100083

包装, 存放在室温条件下的中期半红果和中期全红果在贮藏过程中, 均出现了呼吸强度高峰, 见图 1。在  $-1.5$ 、相对湿度 90% 湿冷保鲜库里存放的中期半红果和中期全红果在贮藏过程中, 没有出现明显的呼吸强度高峰, 总的趋势是贮藏前期呼吸强度均呈下降趋势, 然后维持在一个较低的水平, 见图 2。

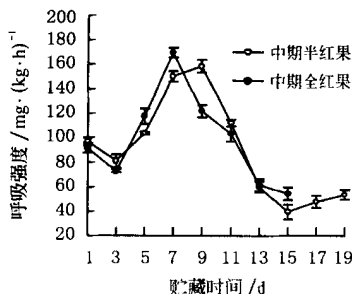


图 1 室温下不同成熟度冬枣呼吸强度的变化

Fig 1 Respiration intensity change of winter jujube with different maturity under room temperature condition

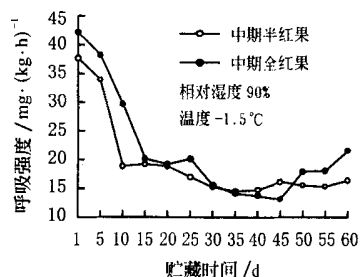


图 2 湿冷条件下不同成熟度冬枣呼吸强度的变化

Fig 2 Respiration intensity change of winter jujube with different maturity under humid cool condition

不同成熟度冬枣在室温和低温两种温度下, 其呼吸强度的变化规律可以说明冬枣不属于呼吸跃变型果实, 原因在于: 传统的呼吸跃变理论认为, 低温可以延迟呼吸高峰出现, 适当降低呼吸峰值, 但不会消除呼吸高峰; 呼吸高峰过后, 果实会很快衰败<sup>[8]</sup>。在室温条件下的试验中, 有呼吸强度高峰出现, 但是半红果和全红果的呼吸强度高峰出现的时间比较接近, 而且呼吸高峰过后的半红果仍然可以存放较长的时间, 没有出现很快衰败的现象。因此, 在室温条件下有呼吸强度高峰出现, 可能是因为采摘后正常的水分、养分传送和新陈代谢被打断, 果实出现抗逆反应, 增强了果实的呼吸作用, 而且枣果采摘时果柄脱落会出现一个自然伤口, 也会影响枣果的呼吸作用。当冬枣处于低温环境中, 全红果存放 35 d 时就有酒软褐变等衰败现象出现, 45 d 时已经有非常明显的衰败现象, 但此时枣果的呼吸作用仍然比较低; 试验发现存放 50 d 后枣果的呼吸作用又有了一定的提高, 即冬枣存放在  $-1.5$  的低温下, 其呼吸作用会大幅度降低, 并且在果实发生明显衰败前, 没有呼吸高峰出现, 但果实发生衰败后呼吸作用会有所提高, 可能是乙醇积累引发了别的代谢机制。因此, 从呼吸强度的角度考虑, 冬枣采摘后在常温下出现的呼吸强度高峰和低温下果实衰败后呼吸作用的提高并不是真正意义上的呼

吸高峰, 即冬枣属于非呼吸跃变的水果。

## 2.2 湿冷环境中冬枣的硬度、可溶性果胶含量和多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性的变化趋势

冬枣(半红果)存放在温度约为  $-1.5$ , 相对湿度为 90% 的湿冷保鲜库, 其硬度和可溶性果胶含量以及 PG 活性的变化如图 3 所示。贮藏过程中, 冬枣硬度和多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性随贮藏时间延长, 呈不断下降的趋势, 可溶性果胶含量随贮藏时间延长, 呈上升趋势(见图 3)。

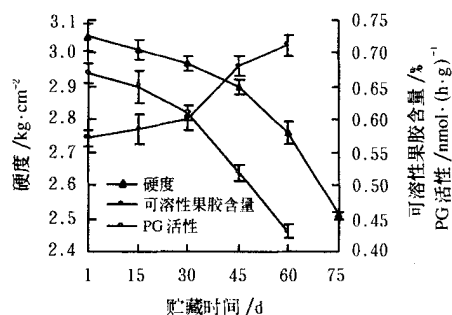


图 3 湿冷贮藏中冬枣硬度、可溶性果胶含量和 PG 活性的变化

Fig 3 Change of firmness, soluble pectin content and PG activity of winter jujube during humid cool storage

数据统计表明: 冬枣硬度与 PG 活性呈极显著正相关 ( $r = 0.962$ ), 即 PG 活性随着硬度的下降而线性下降; 冬枣硬度与可溶性果胶含量呈显著负相关 ( $r = -0.95$ ), 可溶性果胶含量和 PG 活性呈显著负相关 ( $r = -0.957$ ), 说明果实硬度变化与果胶物质的变化密切相关, 果胶物质的变化又与 PG 活性密切相关, 这与 PG 在猕猴桃、芒果、番茄等果实软化中的作用是一致的, 多聚半乳糖醛酸酶也属于冬枣软化的关键酶。

试验发现, 对于中期半红果来说, 贮藏前期(约 30 d)可溶性果胶含量和 PG 酶活性变化不大, 30 d 后两者变化都比较快; 而硬度明显降低是在 45 d 以后出现, 这与以前对糖、酸、维生素 C 含量等营养成分随时间变化趋势的试验结果一致<sup>[9]</sup>。由于中期半红果有大约 40 d 的后熟期, 在半红果后熟过程中, 冬枣的各种营养成分和主要物理指标都变化不大, 只有当冬枣表皮全变红后, 即后熟期结束后, 冬枣的各种营养成分和物理指标才开始发生明显变化。

## 2.3 湿冷环境中冬枣的淀粉含量和淀粉酶活性的变化

淀粉是果实细胞内部的一种主要的碳水化合物, 贮藏中, 果实细胞内的淀粉会降解, 引起细胞膨压的降低, 最终导致果实硬度的下降<sup>[10]</sup>。淀粉代谢是在淀粉酶的作用下完成的, 冬枣贮藏过程中, 淀粉含量呈下降趋势, 淀粉酶活性呈上升趋势(见图 4), 且淀粉含量和淀粉酶活性呈显著负相关 ( $r = -0.939$ ), 即贮藏中冬枣淀粉含量随淀粉酶活性的线性增加而线性减少。

试验发现, 在有臭氧作用的湿冷保鲜库里, 淀粉含量下降 24%, 淀粉酶活性从  $0.32 \text{ nmol}/(\text{h} \cdot \text{g})$  上升到  $0.63 \text{ nmol}/(\text{h} \cdot \text{g})$ ; 而在无臭氧作用的同样环境中存放 60 d 其淀粉含量下降了 43%, 淀粉酶活性达到  $0.82$

nmol/(h·g), 其原因可能是臭氧对枣果的淀粉酶活性有一定的抑制作用, 从而影响到淀粉含量的变化<sup>[11]</sup>。

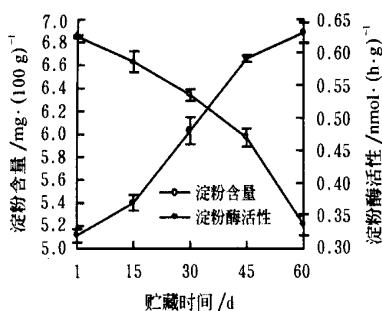


图 4 湿冷贮藏中冬枣淀粉含量和淀粉酶活性的变化

Fig 4 Change of starch content and amylase activity of winter jujube during humid cool storage

### 3 结论与讨论

1) 通过常温和低温环境中半红果和全红果的贮藏试验, 可确定冬枣是属于非呼吸跃变型水果。在实际的贮藏实践中, 不同呼吸类型的水果, 确定其适宜的贮藏条件和保鲜方法时考虑的因素是不同的, 尤其是在水果混贮、混运和混装过程中, 水果呼吸类型是影响贮运效果的重要因素。因此确定冬枣的呼吸类型对于贮藏中植物激素的使用、短期催红着色等处理有一定的指导意义。

2) 贮藏过程中, 半红冬枣的硬度和多聚半乳糖醛酸酶活性呈极显著性正相关, 可溶性果胶含量和多聚半乳糖醛酸酶呈显著性负相关。冬枣的硬度既是鲜脆度的直接反映, 又是维生素 C 等营养成分损失率的间接指标<sup>[12]</sup>, 因此, 贮藏中延缓冬枣的硬度下降对于提高冬枣的商品品质和营养价值有一定的积极作用。

3) 在湿冷贮藏中, 冬枣淀粉含量呈下降趋势, 而淀粉酶活性呈上升趋势, 但与无臭氧作用环境中的冬枣相比, 前者的淀粉含量和淀粉酶活性的变化要明显小于后者。软化是冬枣贮藏中存在的主要问题之一, 王贵禧等

发现猕猴桃的淀粉酶活性及淀粉含量与果实的硬度之间存在着直接的联系<sup>[13]</sup>。研究冬枣的淀粉酶活性变化规律, 寻找适宜的抑制方法(臭氧气体暴露、臭氧水浸泡、冷激处理等等)对于抑制淀粉酶活性、维持冬枣硬度、延长冬枣的贮藏寿命也有一定的积极作用。

### [参 考 文 献]

- [1] 于洪长, 高新一. 珍稀果品——沾化冬枣[J]. 植物杂志, 1998(3): 8- 9
- [2] 石效贵, 公庆党. 立足资源优势, 发展红枣产业[J]. 山东林业科技, 2000(2): 43- 45
- [3] 康明丽, 张平, 马岩松. 气体成分对冬枣细胞膜和贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(2): 112- 115
- [4] 薛梦林, 张继澍, 张平. 减压对冬枣采后生理生化变化的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 196- 200
- [5] 刘晓军, 王群, 张云川. 湿冷保鲜新技术研究与发展前景[J]. 粮油加工与食品机械, 2001(3): 7- 8
- [6] 韩雅珊. 食品科学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 201.
- [7] Joseph A M, Mary L A, Marita C, et al. Postharvest technology of horticultural crops[M]. California: University of California Communication Services Publications, 1992, 97- 99
- [8] 刘晓军, 王群. 冬枣湿冷保鲜技术的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(4): 93- 97.
- [9] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 290 - 298
- [10] 梁小娥, 王三宝, 赵迎丽, 等. 枣采后果肉软化的生化和细胞超微结构变化[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 333- 337.
- [11] Skog L J, Chu C L. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage [J]. Can J Plant Sci, 81: 773- 778
- [12] 吴延军. CaCl<sub>2</sub> 和低温处理对冬枣软化衰老的效应[D]. 西北农业大学, 1997.
- [13] 王贵禧, 韩雅珊, 于梁. 猕猴桃总淀粉酶活性与果实软化的关系[J]. 园艺学报, 1994, 21(4): 329- 333

## Physiological-biochemical changes of winter-jujube during humid cool storage

Liu Xiaojun<sup>1</sup>, Wang Qun<sup>1</sup>, Zhang Yunchuan<sup>2</sup>

(1. College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Types of respiration and characteristics of physiological-biochemical changes are some important reference factors in the storage and transportation of fruits. Respiration intensity changes were studied on winter-jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) of different maturity at room temperature and humid cool temperature respectively. In humid cool storage condition, the firmness, soluble pectin content, polygalactouronase (PG) activity, starch content and amylase activity of half-red fruit were measured. Results showed that winter-jujube was not a kind of climacteric fruit. The change of firmness and PG activity showed a significant positive correlation, and there was a significant negative correlation between soluble pectin content and PG activity, the same as starch and amylase activity of winter-jujube.

**Key words:** winter-jujube; humid cool; fruit storage; respiration intensity; enzyme activity