

# 库车小白杏对振动胁迫的生理反应研究

刘华英, 王大地, 包东东, 张锐利

(塔里木大学 生命科学院, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:**以新疆库车小白杏为试验材料,研究模拟运输过程中产生的机械伤害对杏果实采后生理的影响。结果表明:机械振动胁迫能够明显促进果实软化,随着振动强度、振动时间增大,软化速度加快,杏果实呼吸强度增强,脂质过氧化物丙二醛(MDA)含量增多、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、果胶酶(PG)等活性上升,果肉褐变加深,细胞渗透率增大、细胞壁结构被破坏。振动胁迫加速了杏果实采后成熟衰老进程。

**关键词:**库车小白杏;机械振动;采后生理

**中图分类号:**S 664.309<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)12-0176-04

库车小白杏是新疆著名的水果之一,营养丰富、肉质细腻素,有“白色蜂蜜”之称<sup>[1]</sup>。小白杏属于典型的呼吸跃变型果实,夏季高温季节采收,皮薄多汁,不耐贮藏和长途运输,在运输过程中容易受到机械伤害,造成果皮褐变、果实软化和腐烂<sup>[2]</sup>。长期以来,对小白杏的采后成熟与衰老过程中的生理生化代谢研究比较薄弱,报道较少。该试验研究模拟运输过程中的机械伤害对小白杏果实采后生理的影响,旨在为库车小白杏的贮运保鲜和减轻运输损伤的技术措施提供一定的理论数据和实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 试验材料 九分熟新疆库车小白杏,摘自阿拉尔果园。

1.1.2 试验试剂 聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)、冰醋酸、三氯乙酸(TCA)、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液、酒石酸钾钠、2,6-二氯酚、氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾分析纯;邻苯二酚、聚乙二醇(PEG)6000、愈创木酚、硫代巴比妥酸(TBA)、亚硫酸钠、3,5-二硝基水杨酸化学纯。

1.1.3 试验仪器与设备 T6 紫外可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;TGL-16C 高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器厂;ZHWHY-200B 恒温培养振荡器,上

海智诚分析仪器制作有限公司;GXH-3010F 便携式红外线测定仪,北京市华云分析仪器研究所有限公司;TZ-62 手持糖度计,福建省泉州光学仪器厂;GY-1 硬度计,牡丹江市机械研究所;101 电热鼓风干燥箱,北京市永光明医疗仪器厂。

### 1.2 试验方法

自果园采摘的小白杏果实运回实验室后,立即放入4℃的冷库中保鲜。选择果面色彩艳丽,大小均匀,成熟度基本一致,无病虫害和无机机械损伤、品质优良的果实,分为2组放入设计好的纸箱中,纸箱底部及四周均有1层0.5 cm厚的海绵,每个纸箱放2层,上下2层之间也用0.5 cm的海绵隔开,最后在上层表面也放上海绵,将纸箱封好。将装好的纸箱固定在恒温振荡培养器的振荡台上进行振动处理,一组设置振动频率为110 r/min,振动时间分别为2、6、12 h,另一组设置振动时间为6 h,振动频率分别为80、110、140 r/min,分别研究不同振动时间,振动频率对小白杏果实采后生理的影响。测定各项指标,2次重复<sup>[3]</sup>。在预试验中振动频率及振动时间过长,小白杏失去商品性,机械伤害明显,呈水渍状及褐变严重。因此采取以上2组设计研究机械振动胁迫对小白杏生理的影响。

### 1.3 项目测定

呼吸强度用GXH-3010F 便携式红外线仪测定。硬度用GY-1 硬度计测定。果胶酶活性<sup>[4]</sup>用3,5-二硝基水杨酸比色法;POD活性的测定<sup>[4]</sup>采用愈创木酚比色法;PPO活性的测定<sup>[4]</sup>采用邻苯二酚比色法。MDA含量的测定<sup>[4]</sup>采用硫代巴比妥酸比色法。果蔬细胞膜渗透率的测定参考姜微波等<sup>[4]</sup>的方法。

取3个果实,用8 mm打孔器取果皮圆片若干均匀

**第一作者简介:**刘华英(1978-),女,硕士,讲师,研究方向为农产品贮藏生理。

**责任作者:**张锐利(1975-),男,硕士,副教授,研究方向为天然产物化学。

**基金项目:**塔里木大学校长基金资助项目(TDZKSS07011)。

**收稿日期:**2012-03-20

切成 1 mm 厚的涂片 15 片,放置于烧杯中,加入去离子水 40 mL,立即测定其电导率为  $P_0$ 。10 min 后,再次测定,电导率记为  $P_1$ ,然后煮沸 10 min,冷却至室温,再加水至刻度,测定电导率为  $P_2$ ,以煮沸前后果品浸提液电导率变化的比值表示果实贮藏过程中细胞损伤程度。计算公式:渗透率(%)=( $P_1 - P_0$ )/( $P_2 - P_0$ )。

褐变指数的测定参考陈文恒等<sup>[5]</sup>的方法。褐变指数=(褐变果数×褐变级别)/(总果数×最高级别)×褐变级别。果面无褐变的为 0 级;果面褐变小于 1/4 的为 1 级;果面褐变在 1/4~1/3 的为 2 级;果面褐变在 1/3~1/2 的为 3 级。

## 2 结果与分析

### 2.1 振动胁迫对小白杏呼吸强度的影响

呼吸强度是组织代谢的最好标志,与果实的耐贮藏性有密切联系。对比不同振动时间前后果实的呼吸强度(图 1、2),可以看出振动后小白杏果实的呼吸强度明显高于振动前,并且胁迫时间越长、振动频率越大,呼吸强度变化越大,意味着果实营养物质消耗的加快,促使果实衰老的进行。呼吸强度的增强说明机械振动胁迫同其它逆境一样,使果实呼吸加强以适应不良的环境。

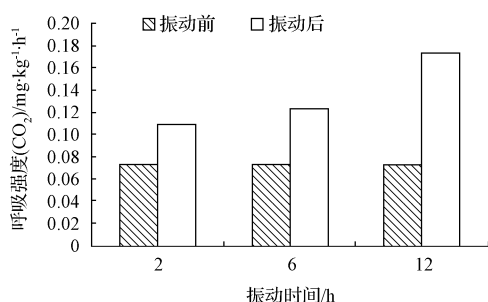


图1 振动时间对果实呼吸强度的影响

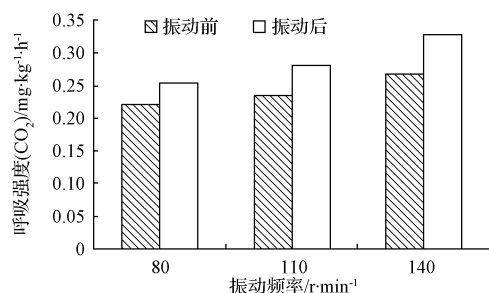


图2 振动频率对果实呼吸强度的影响

### 2.2 振动胁迫对小白杏硬度的影响

在不同的振动频率、振动时间下测定果实硬度变化情况。由图 3、4 可知,随振动时间、振动频率增加,果实硬度下降越明显,说明机械振动使果实细胞膜结构破坏严重,导致硬度下降,果实软化,不利于果实的贮藏保鲜。

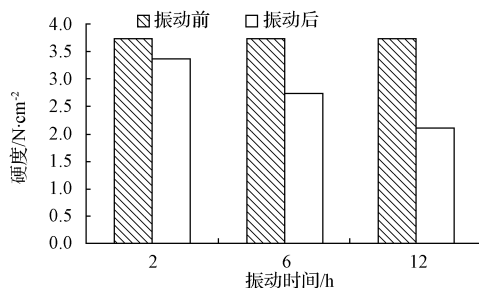


图3 振动时间对果实硬度的影响

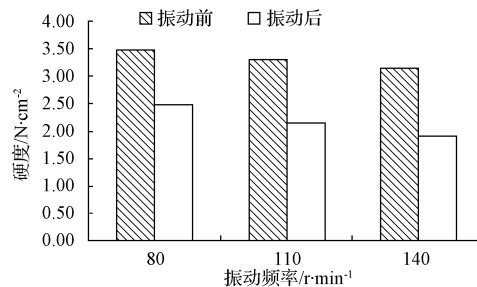


图4 振动频率对果实硬度的影响

### 2.3 振动胁迫对小白杏果实 PPO 活性和褐变程度的影响

褐变是果实成熟衰老的重要指标之一,褐变指数表示了褐变程度,褐变指数越高表明褐变越严重,而 PPO 是引起褐变最主要的酶之一。由图 5~8 可知,杏果实受到的振动频率越大,振动时间越长,果实的褐变指数、PPO 活性上升幅度越大。PPO 活性的上升,说明振动胁迫使果实的细胞膜组织结构遭到破坏后,酶和酚类物质迅速发生氧化产生醌,导致果肉发生褐变,这与褐变指数上升一致。

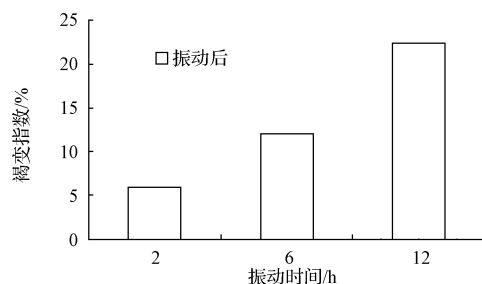


图5 振动时间对小白杏果实褐变程度的影响

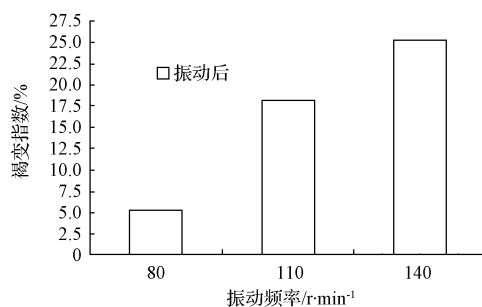


图6 振动频率对小白杏果实褐变程度的影响

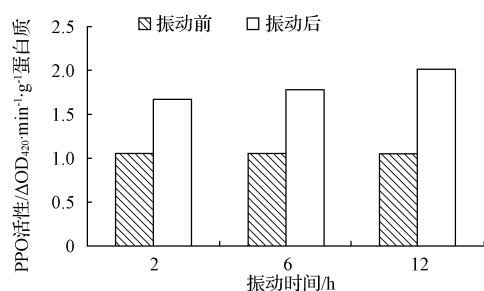


图7 振动时间对果实 PPO 活性的影响

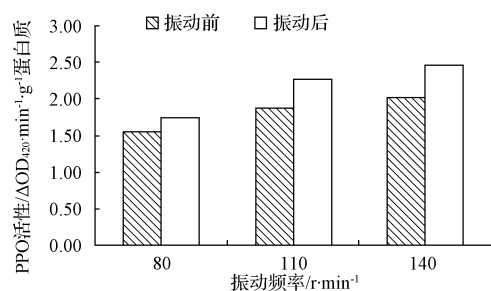


图8 振动频率对果实 PPO 活性的影响

#### 2.4 振动胁迫对小白杏果实细胞膜渗透率、MDA 含量、POD 活性的影响

细胞膜渗透率是果实采后生理的重要指标,同时细胞膜渗透率、MDA 含量和 POD 活性均与果实细胞膜脂质过氧化作用有关。由图 9~14 可知,振动后所有处理组果实细胞膜渗透率、MDA 含量、POD 活性都上升。MDA 作为膜脂过氧化产物在振动后含量明显上升,说明振动使组织细胞膜脂过氧化作用加剧,脂质过氧化作用能够破坏膜结构,使其透性增大,因此细胞膜渗透率和 POD 活性均上升。表明机械振动加速了衰老的速度和进程,果实组织趋于瓦解和崩溃。

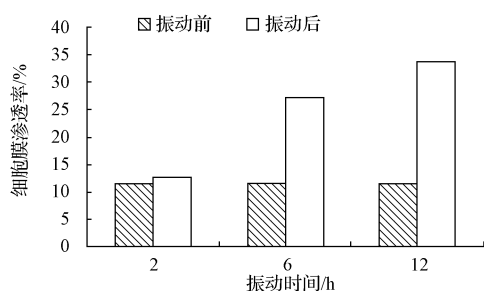


图9 振动时间对果实细胞膜渗透率的影响

#### 2.5 振动胁迫对小白杏果实 PG 活性、纤维素酶活性的影响

果实细胞壁的主要成分为果胶质、半纤维素和纤维素等多糖类。不同振动频率下,测定其受振前后 PG、纤维素酶活性。由图 15~18 可知,与振动前相比 PG、纤维素酶活性迅速增加,果实受振频率越大,PG、纤维素酶活性上升越高。说明振动破坏了果实细胞的组织结构,细胞区域化结构被打破,促进了酶和底物快速接触发生反

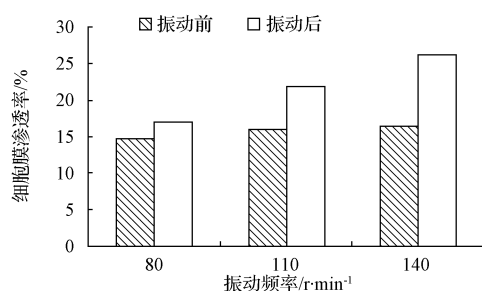


图10 振动频率对果实细胞膜渗透率的影响

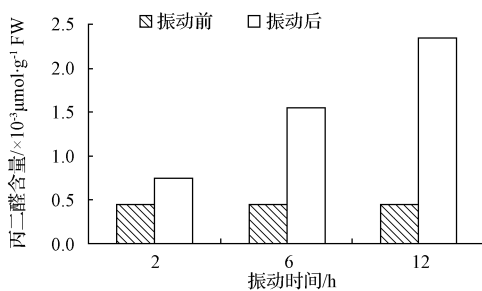


图11 振动时间对果实 MDA 含量的影响

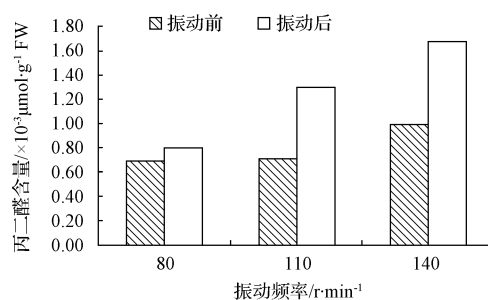


图12 振动频率对果实 MDA 含量的影响

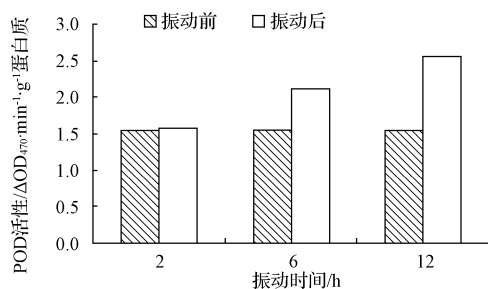


图13 振动时间对小白杏果实 POD 活性的影响

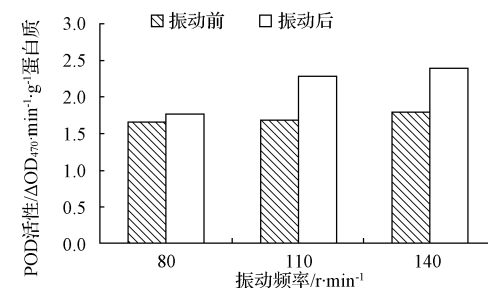


图14 振动频率对小白杏果实 POD 活性的影响

应,提高了 PG 和纤维素酶的活性。不同振动时间条件下,对 4 组小白杏果实进行振动处理。测定结果表明,

处理前 PG、纤维素酶活性较低,处理后果胶酶急剧上升。PG 是一种特异性表达的细胞壁水解酶,它可将果实细胞壁中的原果胶成分水解为可溶性果胶,从而使细胞壁的结构解体,导致果实的软化。

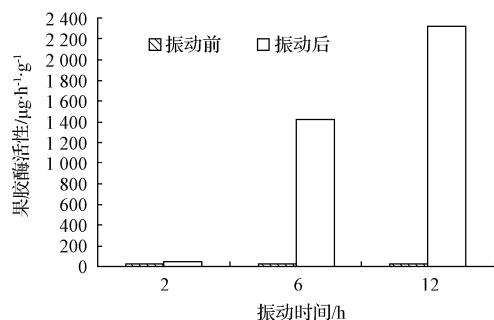


图 15 振动时间对果实果胶酶活性的影响

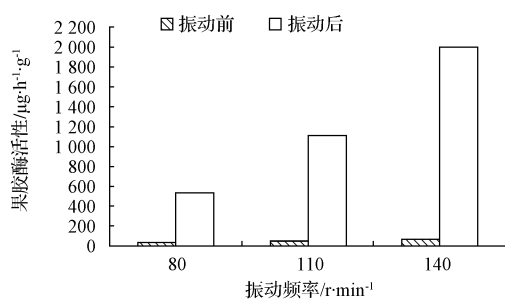


图 16 振动频率对果实果胶酶活性的影响

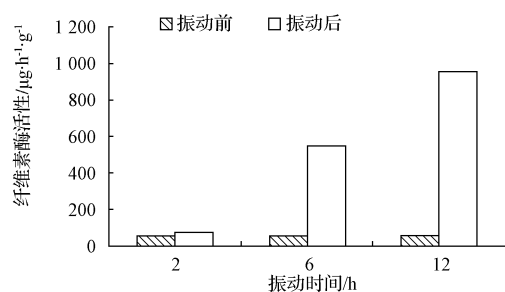


图 17 振动时间对果实纤维素酶活性的影响

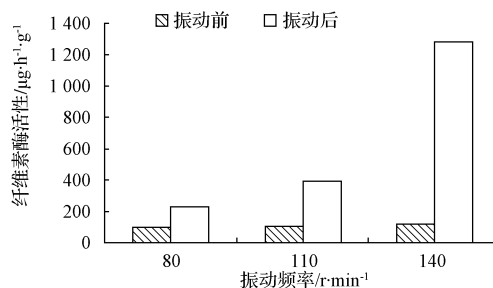


图 18 振动频率对果实纤维素酶活性的影响

### 3 结论与讨论

机械振动造成的机械损伤不仅影响运输过程中小白杏的外观,而且影响其水解酶活性,导致细胞壁成分的快速损失,造成果实软化,果肉褐变加深,加速小白杏果实采后成熟衰老进程。

研究表明,库车小白杏是一种极易受到机械振动损伤的品种,这也是影响其货架期的关键问题,应加大对其该方面的技术研究,为库车小白杏的贮运保鲜提供技术支持。

### 参考文献

- [1] 张加延,张钊. 中国果树志:杏卷[M]. 北京:中国林业出版社,2003:16-17.
- [2] 郭香凤. 杏果实采后活性氧代谢的变化及调节[D]. 武汉:华中农业大学,2005.
- [3] 肖丽娟. 振动胁迫对水蜜桃和黄花梨采后生理及贮藏品质的影响[D]. 重庆:西南大学,2006.
- [4] 姜微波,曹健康,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
- [5] 陈文烜,邵海燕,陈杭君,等. 减压贮藏条件下水蜜桃生理生化指标的变化[J]. 保鲜与加工,2004(6):118.
- [6] 茅林春,张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和繁殖中的作用[J]. 园艺学报,2001,28(2):107-111.
- [7] 卢立新,王志伟. 果品运输中的机械损伤机理及减损包装研究进展[J]. 包装工程,2004,25(4):131-134.
- [8] 周然,李元飞. 不同强度运输振动对黄花梨的机械损伤及贮藏品质的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(11):255-259.

## Physiological Reactions of Kuqa Apricot to Mechanical Vibration

LIU Hua-ying, WANG Da-di, BAO Dong-dong, ZHANG Rui-li  
(College of Life Sciences, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract:** The postharvest physiology changes of Kuqa apricot were studied with mechanical vibration of simulator transporting. The results showed that the respiration rate and the activities of PPO, POD, PG increased, the content of malonaldehyde(MDA) rose, induced faster decrease of pectin contents in the cell wall of Kuqa apricot and faster browning and softening of the fruits. The results showed that severe transportation vibration not only led to heavy mechanical damage to Kuqa apricot, but also had effects on the qualities of the fruits during the transport.

**Key words:** Kuqa apricot; mechanical vibration; postharvest physiology